



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

R103:1986

Energisparkvarter i Malmö

Energihushållning i flerbostadshus

Erling Hansen
Bengt Lindström
Bo Norlin

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

k/p
17

Byggeforskningsrådet

R103:1986

ENERGISPARKVARTER I MALMÖ

Energihushållning i flerbostadshus

Erling Hansen
Bengt Lindström
Bo Norlin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800941-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Malmö kommuns
fastighetskontor, Malmö.

REFERAT

Projektets syfte är att genom förhållandevis enkla energisparåtgärder åstadkomma en kraftig minskning av energiförbrukningen för uppvärmning och tappvarmvatten. Projektet omfattar 3 kvarter/byggnader i Malmö och är valda för att vara typiska för flerbostadshus i Malmö. Att åtgärderna skall vara enkla innebär att de skall kunna genomföras utan större olägenheter för hyresgästerna. Vidare skall de vara fastighetsekonomiskt lönsamma.

Rapporten är en sammanfattning av preliminär rapport 1984 med vissa kompletteringar betr mätningar. Fullständiga mätresultat redovisas i separat rapport från mätgruppen vid institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH. För det mest väldokumenterade energisparkvarteret är besparingen 20 %. Beräknad besparing 30 % har ej nåtts, främst beroende på att hyresgästerna ej accepterar inomhustemperatur sänkningar. Detta trots att genomsnittliga inomhustemperaturer är 23°C.

En åtgärd har varit tillsatsruta på fönster, "3:e rutan". En viss sänkning av inomhustemperaturen med bibehållen operativ temperatur är därvid möjlig. Sänkning har dock ej accepterats. Tvärtom har installation av tillsatsruta lett till en något högre inomhustemperatur och därmed lägre energibesparing än förväntat, t o m lägre energibesparing än i jämförbara hus utan tillsatsruta.

Utän hyresgästernas positiva medverkan synes enkla energisparåtgärder ej kunna ge teoretiskt beräkningsbart sparresultat.

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

R103:1986

ISBN 91-540-4635-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1986

<u>INNEHÅLL</u>	<u>SID</u>
FORORD	4
SAMMANFATTNING	5
FIGURFORTECKNING	7
1 BAKGRUND OCH SYFTE	9
2 FÖRUTSÄTTNINGAR	11
2.1 PROJEKT, OBJEKT OCH METOD	11
2.2 MÅTPROGRAM, ÅTGÄRDER OCH GENOMFÖRANDE	14
2.3 PROBLEM	17
2.4 ENERGISPARPOTENTIAL	19
3 GENOMFÖRANDE	26
3.1 INKOP, INSTALLATION OCH MÄTNING	26
3.2 PROJEKTERING, UPPHANDLING, PRODUKTION OCH KONTROLL	26
3.3 SVÄRIGHETER OCH HINDER	26
4 RESULTAT	29
4.1 ANALYS AV MÅTRESULTAT. JÄMFÖRELSE MED TIDIGARE MÄTNINGAR	29
4.2 BESPARING	44
4.3 RESULTAT	46
5 KOSTNADER, BESPARINGAR OCH LÖNSAMHET	48
5.1 KOSTNADER	48
BIL 1 REDOVISNING KV KROKSBACK. SAMMANFATTNING	52
BIL 2 REDOVISNING KV ERIKSTORP. SAMMANFATTNING	62
BIL 3 AREABERÄKNINGAR ENL SS 021050	73
BIL 4 FÖRDELNING AV BESPARINGSMOJLIGHETERNA VID TILLSÄTSRUTA	75
BIL 5 BERÄKNING AV OPERATIV TEMPERATUR	76
BIL 6 SPECIFIKT VÄRMEBEHOV KV HUSSVALAN. BERÄKNINGAR	77
REFERENSER	78

FÖRORD

Fastighetskontoret i Malmö stad har, av Statens råd för byggnadsforskning, (BFR), beviljats anslag för att genomföra ett projekt, betitlat "Energisparåtgärder i flerbostadshus i Malmö - Energisparkvarter Hussvalan, Erikstorp och Kroksbäck i Malmö".

Projektet har genomförts under ledning av projektledare, utsedd av fastighetskontoret. För åtgärdsförslagen, uppföljningen och redovisningen till BFR har anlitats Bengt Lindström, VVS-Teknik AB, och Bo Norlin, AnB byggkonsulter AB.

Därutöver har matgruppen vid institutionen för byggnads-konstruktionslära vid Lunds Tekniska Högskola, under ledning av Bertil Fredlund, svarat för mätningar och härur dragna slutsatser.

Fastigheterna har upplåtits av Malmö Kommunala Bostads AB, MKB, och företaget har beviljats experimentbyggnadslån av BFR för genomförandet.

Foreliggande rapport utgör slutrapport för projektet. Den är utformad som en sammanfattning av preliminärreporten från maj 1984. Dessutom redovisas mätresultat för kv Hussvalan från våren 1985. För fullständig redovisning av mätningar hänvisas till "Energisparkvarter, Malmö", Bertil Fredlund, 1985, ref (1) eller preliminärreport ref (2).

Rapporten behandlar i huvudsak kv Hussvalan. Kv Erikstorp, och kv Kroksbäck redovisas i sammanfattning i bilagor.

SAMMANFATTNING

Energisparkvarter Malmö omfattar 3 kvarter: Hussvalan, Erikstorp och Kroksbäck. Energisparkvartererna är valda för att vara typiska för byggnationen i Malmö.

Energisparåtgärder omfattande vindsisolering, tillsatsruta ("3:e rutan"), tätning vid fönster, termostatventiler, in-justering av värmesystem m m har genomförts. I kv Kroksbäck dessutom värmeåtervinning och frånluftvarmepumpar.

De valda åtgärderna är samtliga sådana som bedömdes vara (fastighetsekonomiskt) lönsamma. Projektets syfte är att skapa demonstrationsobjekt, vilka skall initiera fastighetsägare att vidta liknande eller andra sparåtgärder.

För dokumentation av spareffekterna har mätningar av energiförbrukningen enligt före/efter-principen genomförts. I kv Kroksbäck har dock föremätningar ej kunnat göras på ombyggnation. Även mätning av inomhustemperaturen före/efter har gjorts.

Energisparåtgärden tillsatsruta har bedömts som ej i sig själv lönsam. Men den 3:e rutan ger en högre yttemperatur på fönstrets insida och tillåter därmed en något lägre innelufttemperatur utan att den sk operativa temperaturen (den subjektivt upplevda temperaturen) sjunker.

Den förväntade energibesparingen är därför beroende av att genom inreglering inomhustemperaturen sänks.

Total energibesparing i kv Hussvalan kalkyleras till	
rumstemp-sänkning	10,3 %
avstalln sommartid	
av värmesystemet	5,2 %
sänkta k-varden och	
minskad luftomsattn	9,7 %
minskade rörförluster	
p g a lägre varme- o	
tappvarmvattentemp	1,5 %
övrigt	<u>3,3 %</u>
SUMMA	30,0 %

I energisparkvarter Kroksbäck har intresset främst knutits till de installerade varmepumparna och deras energisparformåga. Av tre installerade varmepumpanläggningar i olika hus visar en anläggning mycket goda resultat med en värmefaktor över 3, en goda resultat med värmefaktor ca 2,5 samt en mindre bra utfall med värmefaktor ca 1,2.

I det senare fallet är det en varmepump som utnyttjar avluft som värmekälla och som bereder tappvarmvatten. Det dåliga utfallet beror på havererad kompressor, felaktig inkoppling till tappvarmvattensystemet m m. Av mer principiellt intresse är emellertid att resultatet till någon del beror på konstruktionen av varmvattenackumulatorerna. Dessa är 3 st på totalt 3600 liter och de är parallellkopplade. Den önskvärda skiktningen i ackumulatorerna erhålls ej på omrörning då stora mängder förbrukningsvarmvatten tappas. Utan en fungerande skiktning måste tillsatsvärme offras för att ge en acceptabel varmvattentemperatur. Tillsatsvärme erfordras således trots att varmepumparnas gångtid är endast 16-18 h/dygn.

Varmepumpen med bästa resultatet är även den för tappvarmvatten. Här är dock ackumulatorerna, 5 st à 800 liter, seriekopplade. Denna varmepump täcker praktiskt taget helt

varmvattenbehovet för 64 lägenheter och dess nominella värmeeffekt är 28 kW.

Den 3:e varmepumpen med 2,5 i värmefaktor utnyttjar frånluft som värmekälla och avger värme till radiatorsystemet, som är av lågtemperaturtyp, 60/40°C. Varmepumpen täcker 25,7 % av fjärrvärmebehovet. Den egentliga energibesparingen då varmepumpens elförbrukning avräknas, är 15,4 %. Varmepumpens kapacitet utnyttjas till 80 %. Genom trimning av anläggningen kan resultatet ytterligare förbättras. Denna varmepump är på gransen till fastighetsekonomiskt lönsam utan statligt energistöd.

Inom kv Erikstorp har energisparresultaten ej nått uppställda förväntningar, bl a genom bristfalligt utförande av åtgärderna. Ej heller har rumstemperaturen sänkts. Uppmätt energibesparing är 6 %. Därmed är åtgärderna ej lönsamma. För lönsamhet hade krävts 2°C temperatursänkning från 23,6 till 21,6 %. Med perfekt utförande av åtgärderna, så att teoretiska isoleringsförbättringar nåtts hade 1,3°C rumstemperatursänkning till 22,3°C varit tillräcklig för lönsamhet.

Inom kv Hussvalan har energibesparingen enligt före/eftermätningarna blivit drygt 20 %, alltså lägre än beräknat. Orsaken är att inga temperatursänkningar totalt för hela objektet genomförs. Enligt fastighetsägaren är det omöjligt att sänka temperaturen under den nuvarande nivån 23°C. Hyresgäster hotar då med uppsägning och avflyttning.

Inom ett av de fem husen i kv Hussvalan är dock inomhustemperaturen ca 0,5°C lägre än genomsnittet. I detta hus har 30 % besparing av uppvärmningsenergin erhållits.

Inom kv Hussvalan finns också två identiska (till storlek, form, läge, antal lägenheter etc) hus. Det ena har getts tillsatsruta. Det konstateras vid eftermätningar ca 0,5°C högre inomhustemperatur i detta hus jämfört med huset utan tillsatsruta.

Därför har också energibesparingen i huset med tillsatsruta blivit lägre än huset utan. Till en del har de förbättrade k-värdena som tillsatsrutan innebär utnyttjats för temperaturhöjning i stället för energibesparing.

Uppmätt genomsnittstemperatur i kv Hussvalan efter åtgärder är 23°C, vilket är samma värde som vid föremätningar. För att nå 30 % energibesparing i stället för uppmätta 20 % krävs 1,5°C temperatursänkning till 21,5°C. Den ekonomiska kalkylen visar dock att även 20 % besparing är tillräcklig för lönsamhet, trots att priset på primärenergi (fjärrvärme) är endast 18,74 öre/kWh.

FIGURFÖRTECKNING

- Figur 1 Kv Hussvalan
 " 2 Kv Hussvalan
 " 3 Tidplan för energisparkvarter
 " 4 Möjliga temperatursänkningar kv Hussvalan
 " 5 Del av planritning hus A kv Hussvalan. Beräkningspunkter för operativ temperatur
 " 6 Kallras vid yttervägg
 " 7 Kallras utmed golv
 " 8 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv Hussvalan, plan och sektion
 " 9 a) $Q = f(dt K)$ b) $Q = f(t_u \text{ } ^\circ\text{C})$
 " 10 Mätvärden av uppvärmningseffekten, som funktion av temperaturdifferens inne-ute
 " 11 Inomhustemperatur hus A kv Hussvalan
 " 12 Inomhustemperatur hus B kv Hussvalan
 " 13 Inomhustemperatur hus C kv Hussvalan
 " 14 Inomhustemperatur hus D kv Hussvalan
 " 15 Inomhustemperatur hus E kv Hussvalan
 " 16 Mätvärden VVC-temperatur vid varierande utetem
 " 17 Varmvattenförbrukning kv Hussvalan, samtliga 5 hus
 " 18 Kallvattenförbrukning kv Hussvalan, samtliga 5 hus
 " 19 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur hus A
 " 20 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur hus B
 " 21 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur hus C
 " 22 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur hus D
 " 23 Radiatoreffekt som funktion av utetemperatur hus E
 " 24 Rumstemperaturer kv Hussvalan
 " 25 Specifikt värmebehov som funktion av tid (vecka 48 - vecka 23)
 " 26 Tot energiförbrukning kv Hussvalan, exkl hushållsel och fastighetsel
 " 27 Kassafloresanalys (cash-flow) för kv Hussvalan
 Fig 1:1 Kv Sörbäck och Norrbäck (karta)
 " 2:1 Byggnadstekniska energisparåtgärder kv Sörbäck, plan och sektion
 " 3:1 Inkoppling av frånluftvarmepump till radiator-system
 " 4:1 Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 3 som $f(\text{tid})$
 " 5:1 Varmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 3 som $f(\text{tid})$
 " 6:1 Flodesschema, varmepumpsinstallation hus 4
 " 7:1 Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 4 som $f(\text{tid})$
 " 8:1 Varmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 4 som $f(\text{tid})$
 " 9A:1 Frånluftvarmepumpsanläggning hus 9
 " 9B:1 Inkoppling av frånluftvarmepump till tappvarmvatten hus 9
 " 10:1 Tillförd av avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 9
 " 11:1 Varmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 9 som $f(\text{tid})$
 " 1:2 Plan och sektion kv Erikstorp
 " 2:2 Energiförbrukning 1975-1983 normalårskorrigerat
 " 3:2 Kassafloresanalys (cash-flow) kv Erikstorp
 Energisparberäkning, teori
 a) Beräkning av riktad operativ temperatur i sovrum (förutsättningar)

- b) Beräkning av riktad operativ temperatur i sovrum (beräkn av yttemperaturer)
 - c) Beräkning av riktad operativ temperatur i sovrum (radiatorns vinkelkoefficient)
 - d) Beräkning av riktad operativ temperatur i sovrum (takets vinkelkoefficient)
 - e) Beräkning av riktad operativ temperatur i sovrum (sammanställning efter åtgärder)
 - f) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (förutsättningar)
 - g) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (beräkn av yttemperaturer)
 - h) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (fönsterbröstningens...)
 - i) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (radiatorns vinkelkoefficient)
 - j) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (väggytans vinkelkoefficient)
 - k) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (takets vinkelkoefficient)
 - l) Beräkning av riktad operativ temperatur i vardagsrum (sammanställning före åtgärder)
- Redovisning av ytor (fönster, fasader, tak, bjälklag)

Fig 1:4 Energisparberäkning, teori

1 BAKGRUND OCH SYFTE

Foreliggande rapport utgör resultatet av ett studium av ett forskningsinriktat energisparprojekt i samverkan mellan BFR, Malmö stads fastighetskontor, Malmö Kommunala Bostads AB (MKB) och Lunds Tekniska Högskola (LTH), institutionen för byggnadskonstruktionslära. Projektet utgöres av "Energisparkvarter Hussvalan, Erikstorp och Kroksbäck i Malmö", vilka objekt är representativa för flerbostadshus på orten.

Bakgrunden till projektet är den sedan årsskiftet 1978/79 av fastighetskontoret bedrivna besiktnings- och rådgivningsverksamheten. Vid tidpunkten för fastighetskontorets ansökan till BFR, sommaren 1980, föreligger förvaltningens intresse för och behov av att i anslutning till rådgivningen till fastighetsägarna kunna stödja sig på egna erfarenheter av energibesparande åtgärder.

Byggforskningsuppgiften formuleras under medverkan av BFR, fastighetskontoret, MKB, LTH och LBN/BS, vilka senare representerar länemyndigheterna, samt konsulter.

Upplaggningsen av projektet, med avseende på dess organisation och styrning, förutsätter en samordning av flera förekommande och från varandra skilda funktioner. Dessa upprätthålles av de medverkande i projektet, med olika företagstillhörighet, inriktning, uppgift och ansvarsområde att bevaka.

Ansvarsfordelningen inför BFR kan sammanfattas som följer:

- 1) Fastighetskontoret ansvarar, genom anlitade konsulter för åtgärdsförslagen, uppföljningen, utvärderingen och redovisningen av byggforskningsprojektet i sin helhet till BFR.
- 2) MKB ansvarar för projekteringen genom konsulter, för genomförandet genom entreprenörer samt för kontroll och besiktning av arbetena.
- 3) LTH ansvarar, genom sin mätgrupp, för installation av mätutrustning, för kalibrering och kontroll av mätinstrument, för mätningar före och efter åtgärd, samt för analys och utvärdering av mätningarna och slutligen redovisning av resultaten och slutsatserna till BFR, fastighetskontoret och MKB.

Energisparkvarter Malmö avser att genom införande av energisparande anordningar dokumentera vilka spareffekter som kan uppnås. De energisparande åtgärderna är såväl bygg- som VVS-tekniska. Syftet är att med förhållandevis enkla åtgärder nå kraftiga besparingar. Kraven på enkelhet och god spareffekt är styrt av att endast om lönsamhet kan uppnås (fastighetsekonomisk lönsamhet) kan projektet förväntas initiera fastighetsägare att genomföra liknande eller andra sparåtgärder.

Åtgärdsprogrammet, med avseende på dess innehåll, genomförande och kontroll, rättar sig i icke ringa mån efter MKBs intentioner och policy, i kraft av företagets roll som fastighetsägare och förvaltare. Konsulternas åtgärdsförslag

är baserade på deras okulärbesiktningar och beräkningar samt syftar till att avhjälpa de protokollförda brister i byggnads- och installationstekniskt hänseende, som har betydelse för hushållningen med energi.

Åtgärdsförslagen, som betecknas som enkla, är sammanfattade till åtgärdspaket, som till innehåll och omfattning är avpassade att under perioden för åtgärdernas varaktighet verksamt bidra till en tillräcklig besparing av i huvudsak uppvärmningsenergi. Det innebär att värdet av de under perioden ackumulerade avkastningarna av nämnda åtgärder skall förränta gjorda investeringar med beaktande av energipris och internränta samt därtill ge ett överskott, d v s vara lönsamma.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 PROJEKT, OBJEKT OCH METOD

2.1.1 PROJEKTBESKRIVNING

Projektet omfattar fastigheterna Erikstorp 4 (Innerstaden), Hussvalan 2 och 3 (Limhamn) och Norrbäck 1 samt Sörbäck 2 inom Kroksbäcksområdet (Hyllie), fig 1. (Betr Kroksbäck och Erikstorp se bilaga 1 och 2.)



Kv Hussvalan är uppfört år 1950-52 och utgörs av 5 byggnader i 3 våningar. Dessutom finns en mindre tillbyggnad (tandläkarmottagning). Av situationsplan fig 2 framgår att hus A och C är motbyggda i en gavel och hus B och D är delvis motbyggda i en gavel. Hela bottenvåningen i hus E upptas av mindre affärslokaler och byggnad i 1 våning, som är sammanbyggd med C i en gavel, inrymmer tandläkarpraktik. Våningshöjden i bebyggelsen är 2,90 m och rumshöjden är 2,60 m.



Antalet bostadslagenheter uppgår till 88, av ursprungligen 108, som förklaras av sammanslagningar, varvid ett antal enkelrum lagts till angränsande lagenheter. Enligt Folk- och bostadsräkningen 1980 uppgick sålunda antalet lagenheter till 92 st, varav 14 st enkelrum, 1 st 1 r o k, 54 st 2 r o k, 21 st 3 r o k och 2 st 4 r o k. Nettoarean, enligt svensk standard (SS 021050) uppgår till ca 6 200 m², varav primär nyttjandeenhet (bostadsenhet) utgör ca 5 650 m² och sekundär (lokalenhet) ca 550 m². Betr areaberäkning se bil 3.

Befolkningen i Hussvalan, som uppgick till 170 personer 1981-01-01, har reducerats till 147 personer 198501-01 under perioden. Medelåldern är hög och det finns få barn och ungdomar bland hyresgästerna.

2.1.2 OBJEKTBSKRIVNING

Ytterväggarna i kv Hussvalan består av $1\frac{1}{2}$ -stens tegel och bjälklagen är av betong. Vindsbjälklagen är isolerade med 30 mm mineralullsmatta resp 80-100 mm platsgjuten cellbetong. Däravindarna används som lägenhetsförråd är överbetong gjuten på cellbetongen. Källarbjälklagen är isolerade med 40 mm mineralullsmatta. Fönstren är 2-glas inåtgående eller pivåhånga. Balkongdörrarna är 2-glas och inåtgående.

Uppvärmningssystemet är anslutet till fjärrvärme. Distributionen sker i källar- och kulvertförlagda ledningar mellan olika byggnader inom fastigheterna. Gemensam fjärrvärme-central, för värme- och tappvarmvattenberedning, är försedd med reglerutrustning, bestående av reglercentral, som via motorventil styr framledningstemperaturen efter utetemperatur. Värmeanläggningen är utförd som 2-rörssystem. Tappvarmvattnet distribueras genom s k övre fördelning, med cirkulationsledningar i källaren. Ventilationen av byggnaderna sker genom självdrag, med kanaler i kök och badrum. Luftintag sker genom ventiler i ytterväggarna, vilka dock normalt är övertapetserade.

2.1.3 METODBSKRIVNING

Metoden för utvärdering av energisparande åtgärder karakteriseras som ett före-efter-experiment, varvid förutsättes att före- resp eftermätperioderna skall uppgå till minst en halv eldningssäsong.

För att bestämma energiförbrukningen med god noggrannhet krävs att mätningar av värmeförbrukning sker vid såväl låga som höga utetemperaturer.

Energibalansen för byggnaderna korrigeras med avseende på skillnader i klimatpåverkan genom att uppmätta energiförbrukningar (före- och efterperiod) omräknas till ett normalår. De klimatberoende energiandelarna, såsom varmvatten och varmvattencirkulation, behandlas därvid som konstanter. Energi för varmvatten är dock säsongsberoende och kan beräknas med kannedom om kallvattentemperaturen. Genom att konstruera sambandet mellan energi till radiatorsystem och utetemperatur för före- resp eftermätningssperioden erhålls med god approximation två rätlinjiga samband (funktion av reglerkurvor) vilka beskriver husets energiförbrukning före och efter vidtagna åtgärder.

Energiåtgången för ett normalår beräknas härur genom att summera energiåtgången i de två fallen vid givna månadsmedeltemperaturer för normalåret och med aktuell innetemperatur vid vald reglerkurva.

Energibesparingen beräknas som skillnaden mellan erforderlig radiatorenergi ett normalår plus skillnaden mellan varmvatten samt VVC-energi före och efter åtgärd.

2.2 PROGRAM FÖR MÄTNINGAR, ÅTGÄRDER OCH GENOMFÖRANDE

2.2.1 MÄTPROGRAM

Mätning i falt är alltid förenad med vissa svårigheter. Exempel på svårigheter är följande:

- Hänsynen till de boende Avbrott i värmeförseln för installationer, kan inte göras under eldningssäsong.
- Tillförlitligheten av abonnentmätare för fjärrvärme (t ex sommartid) Underskattar energiförbrukningen och kan därför inte ligga till grund för bestämning av varmvattenförbrukningen.
- Registrering av lägre flöden (alt restpostberäkning av energiförbrukningen) Mindre mätare kan registrera lägre flöden och är tillförlitligare samt ger bättre information om storleksordningen av mätfelen.
- Rådighet och kontroll över anläggningens drift (t ex för upptäckande av oavsiktliga ändringar i reglerfunktionen utan matansvarigas vetskap) Genom kontinuerliga mätningar av kombinationen framlednings- och utetemperatur upptäckes detta.
- Tid för mätningar går förlorad I samband med injustering av värmesystemet.
- Olämplig vaderlek Ej tillräcklig variation av utetemperaturen.

Tidplanen för genomförande och mätning före resp efter åtgärd framgår av fig 3. Mätperiodernas variation mellan byggnaderna inbördes förklaras av

- att komplett mätutrustning ej finns tillgänglig från början för samtliga byggnader, utan tillverkas och installeras fortlöpande under projektets första år
- att åtgärdsprogrammet inte påbörjades samtidigt i byggnaderna A, B och C, D, E och ej heller pågår lika länge
- att efterföljande indelningen i före- resp eftermätningar rättar sig efter förutsättningen att vardera delperiodens längd skall vara minst en halv eldningssäsong lång.

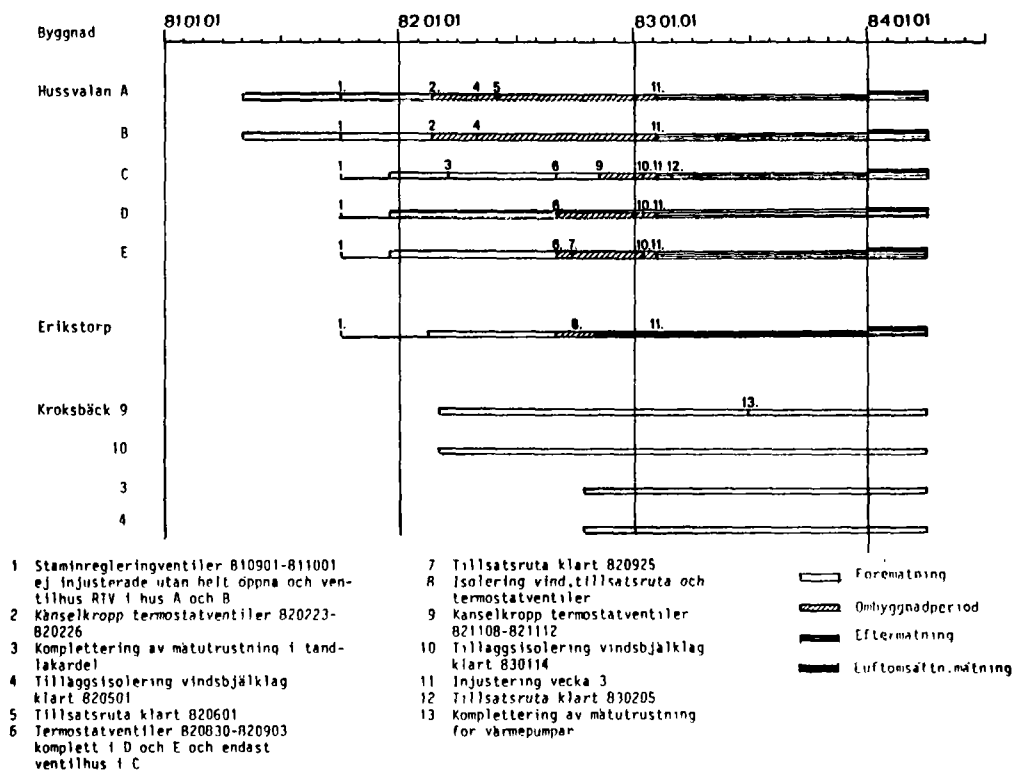


FIG. 3 Tidplan för energisparvarter, Malmö

Mätningarna omfattar veckomedelvarden och avser följande uppmätta storheter för Hussvalan totalt resp för vart och ett av husen A-E, som följer:

- Tot tillförd fjärrv-energi
- VVC-energi
- Radiatorenergi
- Varmvattenförbrukn
- Kallvattenförbrukn
- Luftomsättning
- Varmvattentemperatur
- Kallvattentemperatur
- Lagenhetstemperatur
- Integrationstid för dito
- Utetemperatur
- SMHI klimatdata

Matvärdesinsamlingen för förbrukningsmangder och medeltemperatur sker helt manuellt genom avlasningar av direktvisande instrument, typ räkneverk. Avläsningarna har utförts av MKB en gång per vecka. Utetemperaturmätningen kompletteras med mätdata från SMHI med temperaturuppgifter dygnsvis.

Energiförbrukning, före och efter åtgärd, redovisas i MWh/år resp kWh/m²·år (m² BLY+LLY), med fördelning på bostadsenhet (medellägenhet) resp lokalenhet.

Energi för varmvatten beräknas med hjälp av skillnaden mellan varmvattentemperatur, kallvattentemperatur och uppmätt varmvattenförbrukning. Kall- och varmvattentemperatur utgör momentanvarden vid stickprov.

Lagenhetstemperaturer mätts med temperaturgivare i lagenheter (25 % av samtliga), och är slumpvis utvalda.

Luftomsättningar mätes efter åtgärd, i slumpvis utvalda lagenheter. Företrädesvis de lagenheter, som är föremål för temperaturmätning väljes och utgör drygt 25 % av lagenhetsbeståndet eller 30 st. Mätningarna omfattar dels infiltration, d v s med tejpade frånluftsdon, dels mätning av naturlig ventilation. Som mätmetod tjänar spårgasmetoden, med avtagande gaskoncentration. Under luftomsättningsmätningens gång registreras vindhastigheten, ca 2 m över marken framför den husfasad mot vilken lägenhetens största ytterväggsyta vetter.

Matutrustningen kalibreras efter avslutade mätningar.

Mätresultaten används primärt för att dokumentera effekten av genomförda åtgärder i energisparande syfte. Medvetet har mätresultat under mätperioderna ej utnyttjats för att under hand förbättra resultaten. Det anses väsentligt att mätningarna så lite som möjligt påverkar resultaten. Resultaten bör därför motsvara möjligheterna t ex för en privat fastighetsägare att spara energi genom enkla åtgärder.

2.2.2 ÅTGÄRDSPROGRAM

Vanligen förekommande energisparande åtgärder omfattar bl a varmeisolering (tilläggsisolering av fasader och vindsbjälklag), justering och tätning av dörrar och fönster, åtgärder i uppvärmnings-, ventilations-, styr- och regler-system, utbildning av fastighetsskötare samt information till fastighetsägare.

Åtgärderna i projektet är av relativt enkelt slag och är:

- Tillaggsisolering av vindsbjalklag
- Inmontering av tredje ruta i befintliga båggar (hus A,C,E)
- Justering av fönster och dorrar
- Montering av nya tätningsslistor
- Tätning mellan karm och smyg
- Stängning av skafferiventil vintertid
- Sänkning av rumslufttemperaturen från ca 22,8°C till ca 20°C med bibehållen operativ temperatur.
- Stopp av cirkulationspumpen sommartid
- Sänkning av tappvarmvattentemperaturen från 55 å 60°C till 50°C
- Installation av termostatventiler
- Installation av stamregleringsventiler
- Injustering av varmesystemet (justering av ventilinställningen)
- Inreglering av varmesystemet (justering av reglerkurvan)

2.3 PROBLEM

Syftet med projektet är att dokumentera energisparmöjligheterna och redovisa de hinder och problem som uppstår under genomförandet.

Såväl administrativa som tekniska hinder kan inverka på genomförandetiden och energisparresultatet är starkt beroende av kvaliteten på alla skeden i byggprocessen.

Energisparandet skall för övrigt ske utan någon namnvard komfortförsämring för hyresgästerna. I den kalkylerade energibesparingen ingår emellertid som en viktig faktor att lufttemperaturen i lägenheterna kan sänkas från 22,8°C till 20°C, motsvarande en kalkylerad besparing av 18-20 % av uppvärmningsenergin.

För att klara den sänkta lufttemperaturen och för att upprätthålla den operativa temperaturen föreslås en tilläggsruta (3:e rutan) och tätning jämte tillaggsisolering av vindsbjalklaget.

Sparåtgärden 3:e rutan medför emellertid ökat arbete med putsning och sämre åtkomlighet av fönstervred och persiennsnören.

Tätningen kan upplevas som tvivelaktig åtgärd om den koncentrerar nödvändig lufttillförsel till punkter med ofullständig tätning, varigenom eventuellt luftomsättningen totalt kan minska, men upplevs som större genom lokalt högre lufthastigheter. Även baksug i ventilationskanaler kan bli en följd av tätning.

Fungerande termostatventiler eller sankt reglerkurva, som medför att delar av radiatorytan är kall uppfattas ofta av hyresgästerna som funktionsfel trots samma inomtemperatur som under perioder med varma radiatorer. Detta leder till klagomål inför fastighetsförvaltaren eller överkan på termostatventilerna.

En sänkning av inomtemperaturen är en långdragen process för att vänja hyresgästerna vid en lägre temperaturnivå. Under denna period måste lägenhetstemperaturerna följas upp med mätningar och eventuellt injustering görs för att kompensera i utsatta kalla lägenheter. Det går inte att hitta den "rätta" reglerkurvan direkt, utan fastighetsskötaren måste prova sig fram.

Fastighetsskötarna intar därför en nyckelställning, genom att de sköter reglercentralen. Detta har inte beaktats tillräckligt i informationen.

Boendeinverkan har bland övriga variabler den kanske största betydelsen för möjligheterna att uppnå en besparing av uppvärmningsenergin. Hyresgästernas positiva eller negativa inställning till experimentet spelar här en avgörande roll. Tilltänkta snabba förändringar får ersättas av en mera långsam och successiv övergång från invand högre till eftersträvd lägre temperatur inomhus. Även här har informationen en viktig uppgift.

2.4 ENERGISPARPOTENTIAL

2.4.1 PROBLEMATIK

Då flera energisparåtgärder genomförs samtidigt blir den totala energibesparingen ej summan av varje enskild åtgärds spareffekt. Om exempelvis tilläggsisolering och rumstemperatursänkning genomförs samtidigt kommer besparingen av tilläggsisoleringen att vara mindre än om enbart isoleringen utförts. Å andra sidan förutsätter en tilläggsisolering att värmeförlusten begränsas för att isoleringen inte skall leda till högre rumstemperatur (som ju tenderar att öka transmissionen).

Den interaktion som finns mellan olika energisparåtgärder leder till att enkla hypoteser som exempelvis "1°C lägre temperatur motsvarar 5 % lägre energiförbrukning" ej bör tillämpas.

2.4.2 ENERGISPARBERÄKNINGAR, PRINCIP

Utgående från antagandet, att den inomhustemperatur, som faktiskt råder i en byggnad, är en funktion av isoleringsförhållanden (som vid brister leder till kallras) och otatheter men också en funktion av varmesystemets inreglering kan den möjliga temperatursänkningen i en byggnad fördelas enligt fig 4. Det antas således, att det finns en viss overtemperatur (i fig 1°C) som utan kostnader kan sparas genom ändrad installation av varmesystemets reglercentral. Genom injustering av varmesystemet utjämnas temperaturen mellan olika rum och lagenheter. Är varmaste rumstemperaturen 2°C över kallaste, antas att den genomsnittliga temperatursänkningen är 1°C.

Tilläggsisolering av vindsbjalklag har endast marginell betydelse för den genomsnittliga temperaturen i huset medan tätning kring fönster och tillsatsruta kan visas betyda att ca 1,7°C lagre lufttemperatur kan hållas med oförändrad operativ temperatur (i byggnader med 1½-stens vägg dock endast ca 1°C i stallet för 1,7°C).

Energibesparingen av vindsisolering sammansätts då av dels den lägre transmissionen (men vid lägre temperaturdifferens inne - ute) dels den (marginella) totala temperatursänkning som möjliggörs av tilläggsisoleringen.

För energisparåtgärden tillsatsruta med tätning kring fönster galler detsamma men i det fallet ger den möjliga temperatursänkningen det viktigaste bidraget till energibesparingen, se bilaga 4.

För bedömning av hur operativa temperaturen ändras vid montering av tillsatsruta har för kv Hussvalan beräknats operativa temperaturen dels i ett typiskt vardagsrum, dels i ett typiskt sovrum, se fig 5.

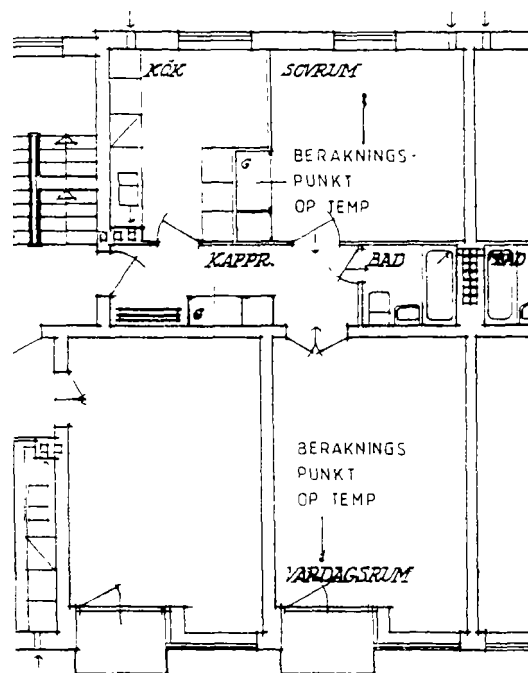
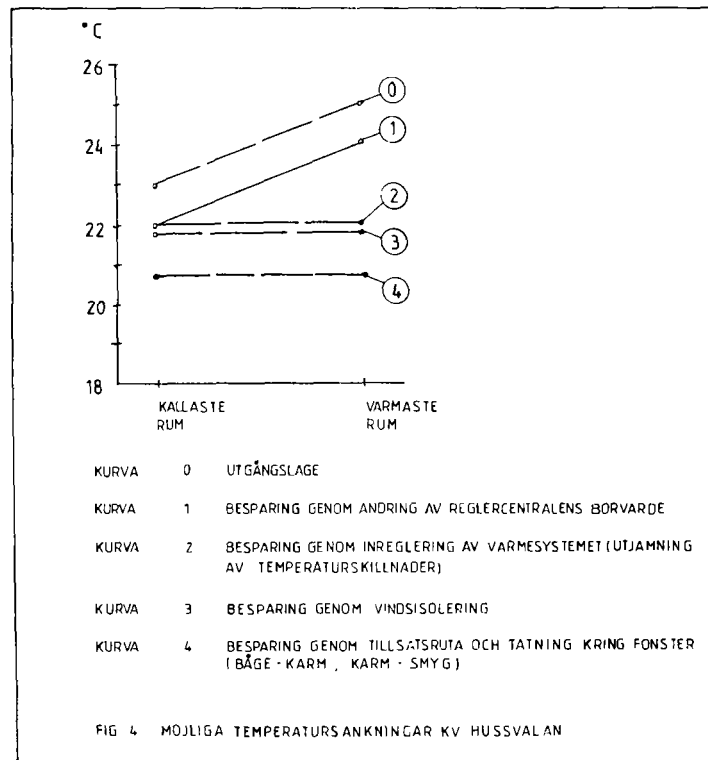


FIG 5. Del av planritning hus A kv Hussvalan
Beräkningpunkter för op temp

Beräkningarna av operativ temperatur har utförts enligt Planverkets anvisningar i SBN 1977:3, se bilaga 5, och givit som resultat att erforderlig lufttemperatur för att hålla lägst 18°C operativ temperatur måste vara:

	vardagsrum	sovrum
befintligt fönster	22,16°C	20,68°C
med tillsatsruta	20,47°C	18,74°C
differens	1,69°C	1,94°C

Lufttemperaturen kan således sänkas 1,69°C (resp 1,94°C) utan att operativa temperaturen ändras då tillsatsruta monteras.

Operativa temperaturen sammanväger lufttemperatur och medelyttemperatur till en subjektivt upplevd temperatur. Komfortupplevelsen påverkas även av luftrörelserna som främst beror på egenkonvektion i bostadsrum. Det är framför allt eventuellt kallras vid fönster och ytterväggar som ger upphov till oönskade luftrörelser, fig 6.

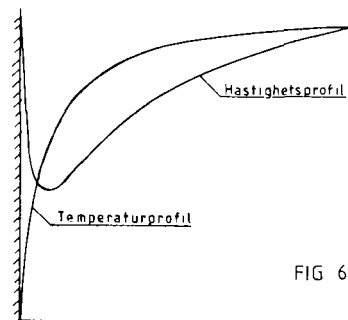
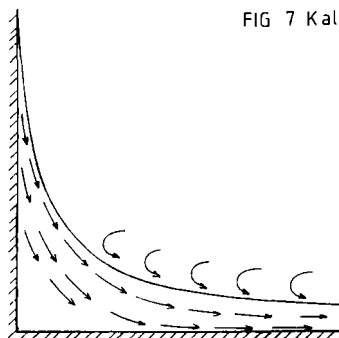


FIG 6 Kallras vid yttervägg

Ytterväggars yttemperatur på insidan är 15,7°C vid LUT. Enligt (3) är maximal lufthastighet $U_{max} = 0,10 \cdot x \cdot (t_r - t_y)$ där x = höjden, t_r = rumslufttemp och t_y = yttemp. Vid 20°C lufttemp och normal rumshöjd kan då kallrasets uppskattas till $u = 0,1 \cdot 2,5(20 - 15,7) = 0,33$ m/s. Enligt (3) motsvarar denna hastighet en ekvivalent undertemperatur av $dt = 8 \cdot 0,33 = 2,62$ °C. Vidare sker en avkylning av luften vid passage utmed väggen som enligt (3) kan skrivas $dt \leq 0,4 (t_r - t_y)$, d v s $dt = 0,4 (20 - 15,7) = 1,72$ °C. Total effektiv undertemperatur p g a kallras är då $2,62 + 1,72 = 4,34$ °C.

Då kallraset lämnar väggen och sprider sig längs golvet uppblandas luften med omgivande rumsluft och den effektiva undertemperaturen utjämnas, fig 7. Utjämnningen beror till stor del på de konvektiva luftrörelser som finns i rummet. Den främsta orsaken till sådan konvektion är radiatorn som "suger" luft i golvnivån och "trycker" den upp mot taket. Vid energisparåtgärder, som skall leda till minskat värmebehov och minskat värmeuttag från radiatorerna, sjunker den möjliga konvektionen radiatorerna ger. Därmed ökar risken att kallraset ger dragförmimmelser.

FIG 7 Kallras utmed golv



I kv Hussvalan med ytterväggar av $1\frac{1}{2}$ -stens tegel befaras kallras vid ytterväggar. Därför väljs att kalkylera energibesparingen p g a tillsatsruta till 1°C möjlig lägre inomhustemperatur, trots att beräkningen av opertiv temperatur medger $1,69^{\circ}\text{C}$ (resp $1,94^{\circ}\text{C}$) lägre lufttemperatur.

2.4.3 VAL AV ÅTGÄRDER

De energisparåtgärder som väljs skall uppfylla följande kriterier:

- a) vara ekonomiska (fastighetsekonomiska)
- b) vara enkla att genomföra

Andra kriterier som ej prioriteras i projektet är

- c) hyresgästernas acceptans
- d) åtgärdernas varaktighet eller livslängd.

Vid val av åtgärder enligt punkt a är det inte bara sparformågan och installationskostnaden som har betydelse, utan även det statliga energistodet (lån och bidrag). För att anse en åtgärd enkel att genomföra har ställts kravet att hyresgästerna ej skulle påverkas, störas, av genomförandet, annat än i mycket begränsad omfattning motsvarande att varje lagenhet ej behövt ges tillträde för hantverkare mer än ca 1 dag.

Då huvudidén i projektet är att energisparåtgärderna ej skall påverka inomhuskomforten ansågs särskild hänsyn till hyresgästerna ej behöva tas vid genomförandet (pkt c). Denna åsikt har senare reviderats.

Åtgärdernas varaktighet (pkt d) är delvis svårbedömd. Inreglering av varmesystemet är exempelvis en åtgärd, vars livslängd helt beror av fastighetsskotarens kunskaper. På samma sätt är rumstemperatursänkning genom andring av reglercentralen helt beroende av det framtida handhavandet.

Utifrån kriterierna a och b har för kv Hussvalan valts följande åtgärdsprogram:

- 1) sänkning av rumstemperatur (sänkning 1°C)
- 2) stopp av radiatorsystemets cirkulationspump sommartid (start/stopp av pumpen skall ske manuellt, vid åtgärdens genomförande fanns automatik ej tillgänglig på marknaden)
- 3) sänkning av tappvarmvattentemperaturen till 50°C (från 55 à 60°C)
- 4) installation av termostatventiler
- 5) inreglering av värmesystemet
- 6) justering av fönster och dörrar, nya tätning-
lister samt tätning mellan karm och smyg
- 7) tilläggsisolering av vindsbjalklag, fig 8
- 8) tilläggsruta, s k "3:e rutan" (endast hus A,
C och E; ej i hus B och D), fig 8
- 9) tätning entréer
- 10) stängning av skafferiventil

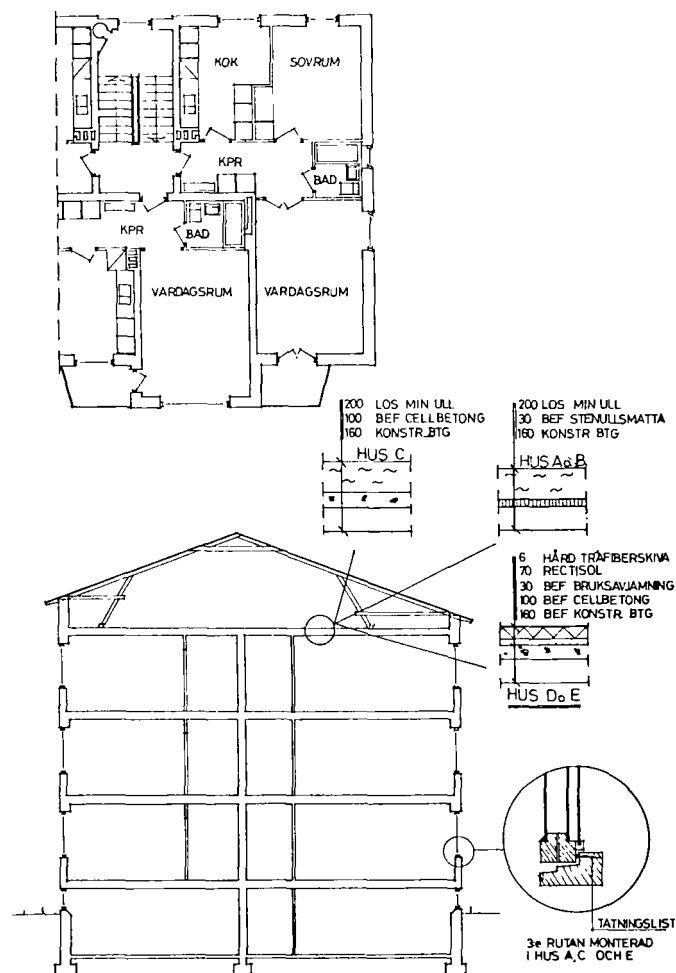


FIG. 8 Byggnadstekniska energisparåtgärder för kv. Hussvalan, plan och sektion.

Åtgärder som ej valts är bl a fasadisolering, som utgått p g a både kriterium a och b, installation av nya reglerutrustningar p g a kriterium a, utbyte av torkaggregat mot elektriska eller avfuktningssaggregat p g a kriterium a samt installation av varmpump p g a kriterium a.

Av de valda åtgärderna kan samtliga anses som enkla, dock är punkt 8, tillsatsruta, ett gränsfall. I kv Hussvalan valdes tillsatsruta i 3 av de 5 huskropparna för att om möjligt kunna jämföra denna sparåtgärds inverkan på totalresultatet.

2.4.4 BESPÄRINGSBERÄKNINGAR

Följande energibesparingar av valda åtgärder kalkyleras utifrån följande förutsättningar: Totalt värmebehov 1675 MWh/år, darav antas 1256 MWh hänförs till uppvärmning och ventilation och 419 MWh (=25 %) till tappvarmvatten (inkl VVC).

Av 1256 MWh antas 285 MWh kunna hänföras till ventilationsvärmebehov motsvarande 0,5 luftomsättningar/h (= 0,6 oms/h räknat på lagenheternas nettovolym, se bilaga 3) och 971 MWh till transmissionsförluster.

- 1) Sänkning av rumstemperaturen 1°C ger vid 23°C en minskning av temp-differensen inne - ute = $(22 - 4) / (23 - 4) = 0,947$ (+4°C utetemperaturens medelvarde under eldningssäsongen). Energibesparingen alltså $(1 - 0,947) \cdot 1256 = 66$ MWh.
- 2) Stopp av cirkulationspumpen sommartid beräknas ge 4°C lägre temp-differens mellan radiatorer och rumsluft under icke-eldningssäsong. Detta motsvarar en ofrivillig värmeavgivning från radiatorerna på ca 16 W/m² radiator (= 3,5 % av nominell effekt, vilket erhålls genom att avgivningen från en radiator följer sambandet $q_1/q_2 = (dt_1 / dt_2)^{1,33}$. $dt_1 = 4^\circ\text{C}$, $dt_2 = 50^\circ\text{C}$ ger $q_1/q_2 = 3,5 \%$). Då totala radiatorytan för husen A-E är ca 1650 m² erhålls en förlust på 26,4 kW, vilket under 3350 h icke eldningssäsong ger energin 88 MWh.
- 3) Sänkning av varmvattentemperaturen med 5 å 10°C antas kunna ske utan ökad vattenförbrukning. Energibesparingen blir då $(1 - \frac{50-10}{55-10}) \cdot 419 = 46$ MWh. Då emellertid VVC-förlusterna ingår i 419 MWh för tappvarmvatten reduceras besparingen räknemässigt till ca 30 MWh
- 4) Installation av termostatventiler sker i första hand för att kompensera för ev brister i inregleringen av varmesystemet. Den egentliga energibesparing som termostaterna kan ge antas vara att de vid onormalt höga rumstemperaturer stänger. Besparingen bedoms till 2 % av uppvärmningsenergin, d v s $0,02 \cdot 1256 = 25$ MWh.

- 5) Inreglering av varmesystemet omfattar dels in-justering av vattenflodena till varje radiator, dels sänkning av radiatorsystemets temperatur. Inregleringen möjliggörs genom att andra åtgärder som tillsatsruta och tilläggsisolering utförs, se bilaga 4. Besparingen motsvarar 2,2°C sänkt temperatur i hus A, C och E och 1,2°C i hus B och D, motsvarande $(20-4) / (22-4) = 0,89$ resp $(21-4) / (22-4) = 0,94$, d v s besparingen $(1-0,89) + (1-0,94)/2 \cdot 1256 = 107$ MWh.
- 6, 9 och 10) Justering av fönster och dorrar samt tätningsslister förväntas sänka luftomsättningen från 0,5 till 0,4 ggr/h, d v s en besparing på 0,1 oms/h motsvarande 20 % av ventilationsenergin eller 57 MWh.
- 7,8) Vindsisolering och tillsatsruta sänker specifika värmebehovet för transmission från 9,315 kW/K till 7,947 kW/K. Vid uppvärmning till +17°C (3°C gratisvärme) och avstängd radiatoranläggning sommartid ger 3100 graddagar. Energibesparingen är då $3100 \cdot 24 (9,275 - 7,890) = 105$ MWh. (Beräkning av specifika värmebehov se bilaga 6.)

Total besparing enligt pkt 1 - 10 blir då 478 MWh eller 28,5 % av uppmätt fjarrvarmeenergi 1675 MWh. Av besparingen är 10,3 procentenheter att hänföra till rumstemperatursänkning, 5,2 procentenheter till avställning av varmesystemet sommartid, 9,7 procentenheter till förbättringar i k-värden och luftomsättning och resterande 3,3 procentenheter av de totalt 28,5 % hänförs till övriga åtgärder.

Sammanställning av besparingar:

	Besparing %
rumstemp-sänkning	10,3
avställn sommartid av varmesystemet	5,2
sänkta k-värden och minskad luftomsattn	9,7
övrigt	<u>3,3</u>
Summa	28,5

Genom ovan beskrivna åtgärder kan/skall temperaturen i såväl varmebärarsystem som tappvarmvattensystem sänkas 5 å 10°C. Detta motsvarar en minskad förlust från ca 800 m kallar- och vindsforlagda huvudror på ca 5 W/m (10 % av förlusterna) vilket omräknat blir totalt ca 25 MWh/år. Total förväntad energibesparing är alltså 478 + 25 = 503 MWh/år eller 30 % av köpt fjarrvarmeenergi.

3 GENOMFORANDE

3.1 INKÖP, INSTALLATION OCH MATNING

Inkop av mätutrustning, förmätning av förbrukningar och temperaturer, sker under våren 1981. Viss temperaturutrustning finns att tillgå inom institutionen (LTH), medan annan saknas och måste tillverkas. Föremätningar startar därför successivt.

Installation av mätutrustning sker med början under mars och april 1981 i hus A och B. Samtidigt bestalles installation av erforderliga värmemängdsmätare till samtliga hus inom Hussvalan.

Fullständiga energi- och temperaturmätningar påbörjas 1981-04-30 i hus A och B. Resterande temperaturmätutrustning för Hussvalan tages i drift 1981-12-15. Luftomsättningsmätningar genomföres efter åtgärd, med början 1984-01-01.

3.2 PROJEKTERING, UPPHANDLING, PRODUKTION OCH KONTROLL

Projektering, på MKBs uppdrag, utföres av samma konsulter, som står bakom energisparförslagen. Härigenom uppnås att de ursprungliga intentionerna med forslagen behålles oförändrade i underlaget för upphandlingen av bygg- och VVS-entreprenörerna.

Upphandlingen, av bygg- och VVS-entreprenörerna, som är MKBs initiativ och ansvar, verkställs av MKBs driftavdelning.

Produktion och kontroll verkställs av MKB.

3.3 SVÄRIGHETER OCH HINDER

Projektet drabbas i genomförandeskedet av en onormal tidsutdräkt (se tidplan, fig 3). Såväl administrativa som tekniska missoden inverkar ogynnsamt på den ursprungliga uppbyggda tidplanen.

Energisparresultatet är starkt beroende av kvaliteten i alla skeden av byggprocessen och det förmodas att den närmast efterföljande mätperioden ej avser fullt genomförda energisparåtgärder.

Forseningarna i produktionen orsakas av:

- Entreprenören gör ett dåligt resp felaktigt arbete
- Vissa arbeten kan bara utföras viss bestämd säsongs
- Olyckliga omständigheter

Vid stickprovskontroll konstateras vissa brister beträffande såväl det byggnadstekniska som det installationstekniska utförandet, såsom otillfredsstillande tätningar resp felaktigt monterade radiatorventiler. I det senare fallet får man vanta med att skifta ventiler till våren 1983, då varmesystemet kunde stängas av utan olagenhet för hyresgästerna.

Andra arbeten som endast kan utföras under den varma årstiden är fönsterarbetena.

Fastigheterna ingående i Energisparkvarter ägs av Malmö Kommunala Bostads AB (MKB). MKBs verksamhet är i huvudsak förvaltning av fastigheter men har också en byggnadsavdelning. Inom förvaltningsfunktionen finns en driftavdelning (och numera även energisparavdelning). I energisparkvarter Hussvalan har MKBs driftavdelning (bygg- resp VVS-personal) handlagt frågorna. Under ett senare skede har energisparpersonal vid MKB deltagit i verksamheten. Av denna beskrivning framgår att fastighetsägaren saknat organisatorisk uppbyggnad för att hantera energisparfrågor i allmänhet och energisparkvarter i synnerhet. En ny verksamhet, energisparande (i detta fall i form av energisparkvarter), låter sig ej friktionsfritt inordnas i en fastighetsförvaltande organisation.

Energisparkvarter i Malmö har i princip tre parter: Fastighetskontoret med ansvar för projektledning och intresse av att erhålla demonstrationsobjekt, MKB med ansvar för genomförande av sparpaket samt Matgruppen vid LTH med ansvar för mätningar och utvärdering av sparresultatet. Ett färre antal "parter" i projektet skulle säkerligen gett ett smidigare genomförande.

Lånemyndigheterna måste engagera sig mer i projekt av detta slag. Ett långsamt och restriktivt beteende av lånemyndigheterna leder till arbetskrävande och kostbart arbete för den sökande. Detta medför att effekten av energisparstöd snarast får motsatt verkan mot den avsedda (att stimulera till energisparande), emedan fastighetsägarna passiviseras. En bättre service från berörda myndigheter efterlyses.

Energibesparande anläggningar i byggnader, t ex fönstertätning, inreglering av värmesystem etc, bör funktionsprovas för att kontrollera utförda arbeten. Åtminstone måste entreprenörens arbeten genomgå en slutbesiktning. Genom de mätningar LTH utför har indikationer erhållits på brister och fel i utförandet. Även vid projektgruppens efterbesiktning konstaterades brister och fel i utförandet. Till eftermätningsperioden våren 85 var emellertid samtliga fel åtgärdade liksom vissa förbättringar såsom avstängning av hetvattenkrets till torkaggregat och bortkoppling av en större tank i VVC-systemet.

För objektet Hussvalan har föreskrivits termostatventilhus i två storlekar och utplacering beroende på förekommande floden. Genom förbiseende av entreprenören har termostatventilhusen fått en slumpvis utplacering. Monteringen har skett under 1982. Först vid inregleringen, och efter byggnadstekniska åtgärder, har misstaget upptäckts. Först efter eldningsperioden 1982/83 har detta kunnat rättas till.

När injustering åter är möjlig, hösten 1983, har upptäckts att rorsystemet innehåller antirostskyddsmedel. Detta har en benägenhet att orsaka igensättningar i ventilerna, vid strypning av flodena. Någon inreglering av varmesystemet har inte kunnat göras förrän våren 84.

Trots varmvattenförbrukningen under icke eldningssäsong har Energiverkens varmemängdsmätare knappast gjort något utslag. Det föranleder matgruppen att i efterhand göra en kompletterande mätning av energiförbrukningen under dessa förutsättningar.



Tilläggsisolering av vindbjälklag med lösull, kv Hussvalan
Observera rör för övre fördelning av tappvarmvatten.

4 RESULTAT

4.1 ANALYS AV MATRESULTAT
JÄMFÖRELSE MED TIDIGARE MATNINGAR

För föreliggande analys har mätdata erhållits från LTH, matgruppen vid institutionen för byggnadskonstruktionslära. Matgruppen gör egen utvärdering av matresultaten och redovisar i separat rapport fastighetens energiförbrukning m m.

Nedan redovisas ett antal iakttagelser och slutsatser som kan dras av mätdata. Dessutom görs jämförelser med beräkningar av värmebehov och jämförelser med den tidigare rapporten från maj 1984 m m.

4.1.1 TEORI FOR UTVÄRDERING

Betrakta en byggnad, se fig 9, eller som i fallet Hussvalan ett helt kvarter bestående av 5 byggnader.

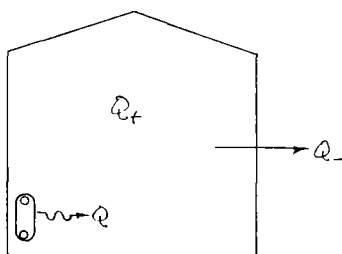
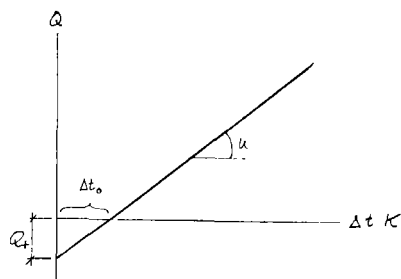
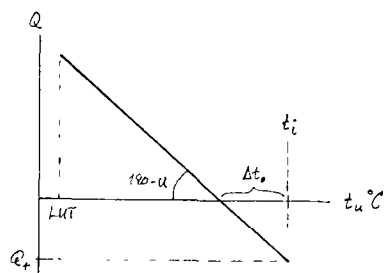


FIG 9

ab

Genom transmission och ventilation förloras varmeeffekten Q_- och p g a värmestillskott (personvärme, el och solstrålning) tillfors varmeeffekten Q_+ . För att upprätthålla varmebalans krävs att radiatorer tillför effekten Q så att det gäller

$$Q + Q_+ = Q_-$$

eller erforderlig radiatoreffekt är

$$Q = Q_- - Q_+$$

Om Q_- vet man att det kan skrivas

$$Q_- = (kA + \cdot cp \cdot L) \cdot dt$$

där kA = summan av k-värde och area för samtliga omslutningsytor i byggnaden och L ventilationsflödet.

dt = temp-differens inne-ute.

Värmebalans ($Q + Q_+ = Q_-$) råder inte i varje ögonblick emedan byggnadsstommen m kan uppta eller avge värme beroende på omständigheterna. Betraktar man byggnaden över en längre tid utjämnas emellertid värmelagring och -avgivning så att tidsmedelvärdet av energierna (radiator-, värmestillskotts- och transmissions- + ventilationsenergi), d v s effekterna uppfyller värmebalanskvationen $Q + Q_+ = Q_-$.

Nedan redovisade effekter avser samtliga veckomedelvärden av avlästa eller beräknade energier. Det är inte givet att veckomedelvärden är tillräckligt långa tidsintervaller, dock ger detta ett hanterligt antal data. Vid stora utetemperaturförändringar från en vecka till en annan bör dock mätvärden endast godtas med viss reservation.

Ur mätningarna kan beräknas radiatoreffekten Q vid olika utetemperaturer eller temperaturdifferenser inne-ute. Om veckomedelvärdena har undertryckt laddning resp urladdning i stommen erhålls ett rätlinjigt samband representerande ekvationen

$$Q = (kA + cp \cdot L) \cdot dt - Q_+$$

resp

$$Q = (kA + cp \cdot L) \cdot t_i - (kA + cp \cdot L) t_u - Q_+$$

Se diagram a resp b i fig 9. Härvid galler diagram b vid konstant rumtemperatur eller (korrektare) linjen parallellförskjuts vid ändring av innetemp t_i .

Linjens lutning representerar fastighetens spec värmebehov så att om u är lutningsvinkeln gäller

$$\tan u = \pm kA + cp \cdot L$$

Minustecken för diagram b.

Vidare erhålls ur diagrammen storheten Q_+ , d v s summan av alla värmestillskott. Dessa värmestillskott kan ev vara negativa, det förutsätts endast att totalt och genomsnittligt skall Q_+ vara en konstant.

Man avläser också ur diagrammen storheten t_0 = den temperaturdifferens då $Q = 0$, d v s den temperaturdifferens inne-ute som värmestillskottet Q_+ formår upprätthålla.

Ur mätdata av radiatoreffekt vid olika temperaturdifferenser erhålls således möjlighet att bestämma husets(-ens) specifika värmebehov och varmetillskott samt därur göra prognoser betr energiförbrukningen.

4.1.2 MATDATA. SPEC VARMEBEHOV

Av LTH överlämnade mätdata, som omfattar temperatur- och energiavläsningar veckovis från vecka 48 1984 till vecka 23 1985 redovisas här vissa delar, se tabell 1, 2 och 3. Angiven innetemperatur, t_i i tab 1 är medeltemp för de 5 huskropparna (vägt medelvärde med hänsyn till golvytan). Av mätdata ansåts som radiatorenergi hela fjärrvärmeenergin till fastigheten minskat med uppmätt varmvattenenergi. Det antas alltså tills vidare att hela VVC-förlusten tillförs byggnaden och bidrar till att täcka transmissionsförlusterna.

Data i tab 2 och 3 ger då diagram enl fig 10. Man observerar att ett rätlinjigt samband knappast kan läggas in i diagrammet då uppenbarligen en krökning erhålls vid $dt < 10K$. Om man tolkar krökningen som en följd av att fjärrvärmemätaren har låg noggrannhet vid små värmeuttag och då alltid ger för lågt värde kan mätpunkter vid $dt < 10$ uteslutas i den fortsatta analysen. Vidare bortses från mätvärden i vecka 51 och 52 som markant avviker från punktskaran.

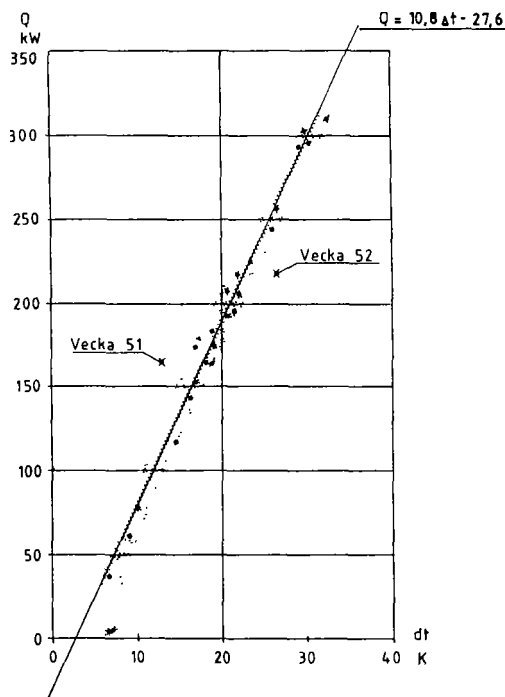


FIG 10 MATVARDEN AV UPPVÄRMNINGSEFF SOM FUNKTION AV TEM-DIFF INNE-UTE, KV HUSSVALAN SAMTLIGA 5 BYGGNADER

Inritad linje utgör en grafisk uppskattning av övriga punkters medellinje (för noggrann bestämning av linjen enligt minsta kvadratmetoden hänvisas till matgruppens rapport). Linjens ekvation är $Q = 10,8 \cdot dt - 27,6$ varav kan beräknas

$$Q_+ = 27,6 \text{ kW}$$

$$t_0 = 2,6^\circ\text{C}$$

Det kan noteras att i preliminarrapporten (maj 1984) erhöles $Q_+ = 87,28 \text{ kW}$ och $t_0 = 7,2^\circ\text{C}$ och ekvationen för erforderlig radiatoreffekt var $Q = 12,122 \cdot dt - 87,28$, trots att matningarna även då avsåg förhållanden efter energisparåtgärder.

TABELL 1

Vecka	t_u °C	t_i °C	$dt = t_i - t_u$
48	-0,10	23,29	23,19
49	6,17	23,28	17,18
50	3,02	23,54	20,52
51	8,74	22,50	13,76
52	-3,89	22,49	26,38
1	-6,87	22,88	29,75
2	-6,50	22,76	29,26
3	-3,62	22,81	26,43
4	-0,82	22,47	23,29
5	0,52	22,40	21,88
6	-7,17	23,10	30,27
7	-9,21	23,38	32,59
8	-2,74	23,53	25,87
9	1,71	22,46	20,75
10	1,82	23,28	21,46
11	0,90	23,02	22,12
12	3,55	22,62	19,07
13	3,63	22,84	19,21
14	6,60	22,80	16,20
15	4,58	22,91	18,33
16	8,36	23,08	14,72
17	4,24	23,29	19,05
18	5,92	22,97	17,05
19	12,85	22,95	10,10
20	14,30	23,32	9,02
21	17,17	23,87	6,70
22	16,94	23,67	7,74
23	16,49	23,24	6,85

$$\bar{t}_i = 23,01$$

TABELL 2

Vecka	% VV/KV	kWh/vecka VV	fjv-VV kWh/vecka
48	28,6	4224	?
49	30,7	4444	29336
50	30,1	4444	34936
51	30,7	4915	27545
52	35,5	5130	36810
1	32,5	4963	50677
2	33,2	5379	49751
3	30,9	5382	43148
4	31,3	4979	37961

5	31,7	5132	36718
6	32,5	5252	49878
7	31,9	4878	51822
8	32,7	5265	41365
9	33,8	5716	32194
10	33,2	5532	32978
11	34,3	5800	34740
12	32,1	5424	30716
13	30,7	5160	29210
14	34,6	6037	27363
15	32,0	4493	23737
16	32,3	5374	19946
17	30,7	4968	27432
18	31,6	5249	25611
19	30,9	4877	13243
20	31,8	4826	10184
21	30,5	5403	7217
22	29,8	3868	772
23	29,0	4116	944

TABELL 3

<u>Vecka</u>	<u>kWh/vecka VV</u>	<u>kWh/vecka VVC</u>
48	4224	2384
49	4444	2331
50	4444	2208
51	4915	2009
52	5130	2096
1	4963	1982
2	5379	2241
3	5382	1809
4	4979	1399
5	5132	1824
6	5252	1585
7	4878	2345
8	5265	2531
9	5716	2372
10	5532	2332
11	5800	2393
12	5424	2351
13	5160	2325
14	6037	2604
15	4493	1955
16	5374	2153
17	4968	2213
18	5249	2228
19	4877	4158
20	4826	2799
21	5403	2223
22	3868	1684
23	4116	2015
SUMMA	141229	62549

4.1.3 MATDATA. TEMPERATURER

Rums-(inne-)temperaturmätningar redovisas som medelvärden för varje hus A-E i figur 11-15. Man iakttar att rumstemperaturen är i huvudsak mellan 23 och 23,5°C för hus A och B, 22,5 - 23°C för hus C och D samt 22-23° för hus E.

Då med hänsyn till golvytan ett vagt medelvarde beraknas för de 5 husen erhålls värden enligt tabell 1 samt det totala medelvärdet för hela objektet och hela perioden till 23,01°C.

I preliminär rapporten (maj 1984) angavs inomhus-temperaturen till 23 - 23,5°C före energisparåtgärder och till ca 22,5°C omedelbart efter. Senare noterades en höjning till ca 23°C vilket nu bekräftats genom mätningarna våren 1985.

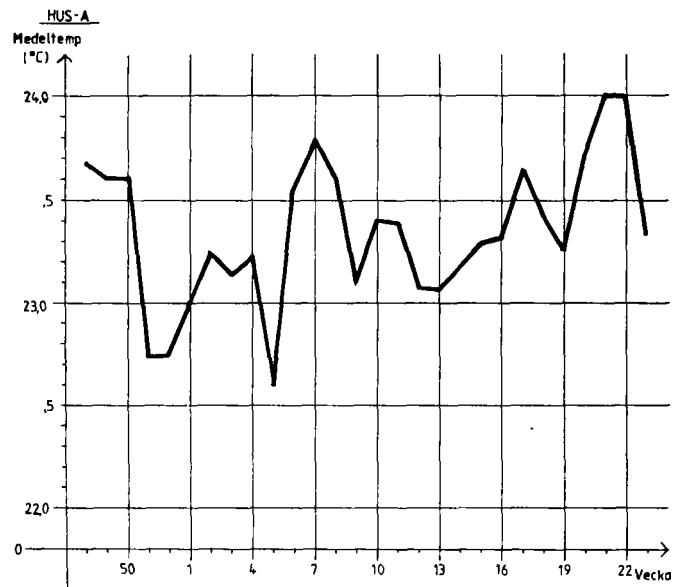


FIG 11 INOMHUSTEMP HUS A KV HUSSVALAN

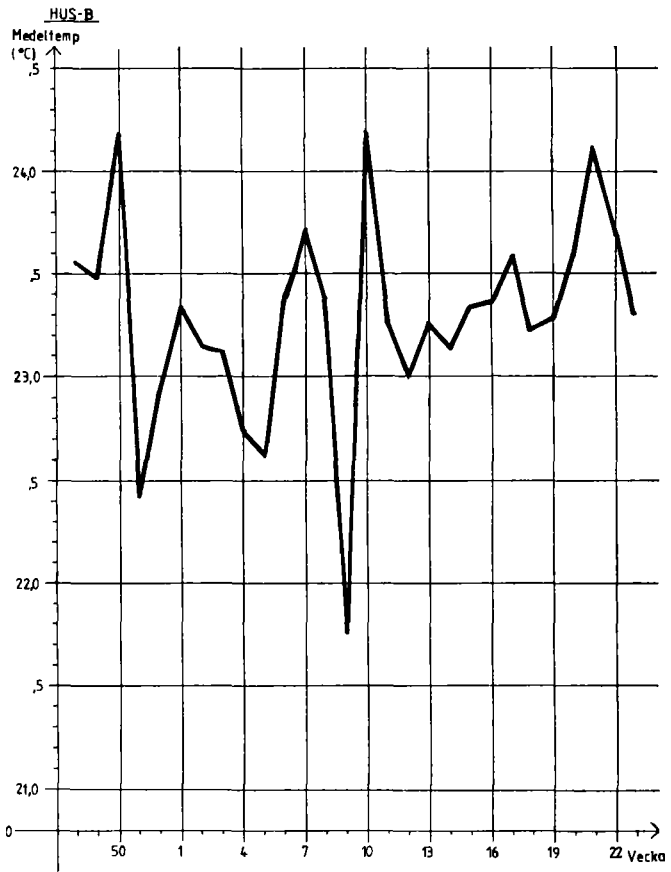


FIG 12 INOM HUSTEMP HUS B KV HUSSVALAN

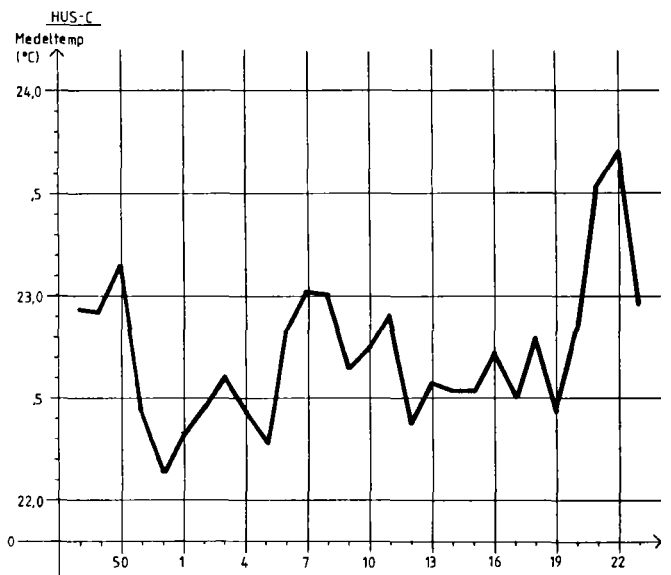


FIG 13 INOM HUSTEMP HUS C KV HUSSVALAN

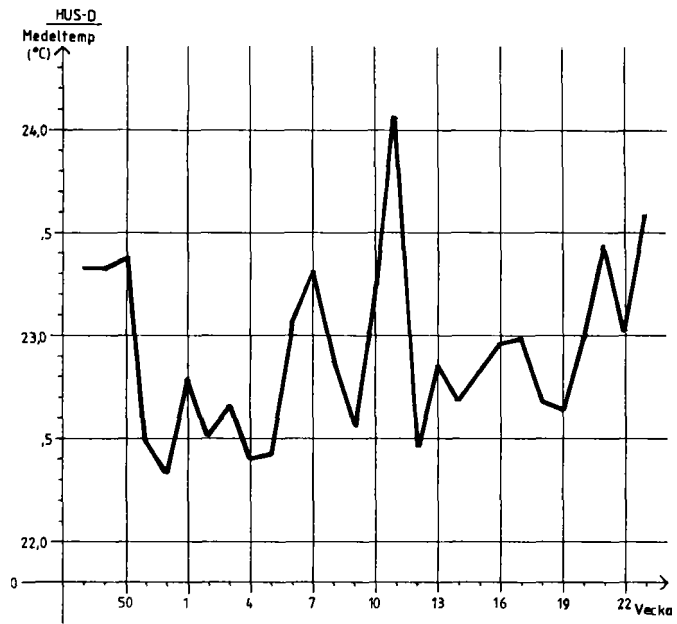


FIG 14 INOMHUSTEMP HUS D KV HUSSVALAN

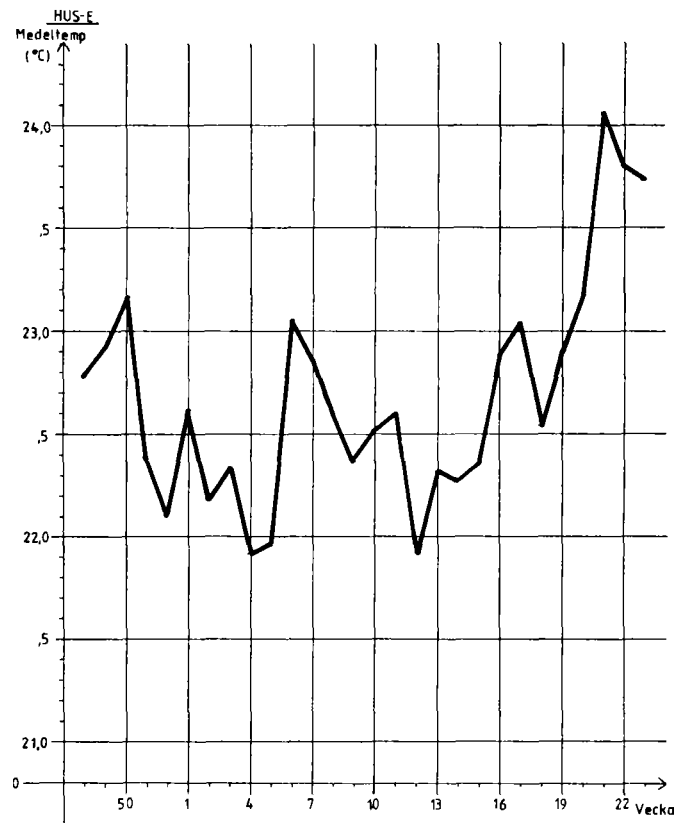


FIG 15 INOMHUSTEMP HUS E KV HUSSVALAN

4.1.4 MÄTDATA. VARMVATTEN, VARMVATTENCIRKULATION

Energiförbrukningen för varmvatten resp varmvattencirkulation ges i tabell 4. Summeras värdena och extrapoleras till helt år erhålls varmvattenenergiförbrukning 262,3 MWh/år och varmvattencirkulationsenergi 116,2 MWh/år. Motsvarande siffror i preliminärreporten var 221 resp 148 MWh/år.

Mätvärden för VVC-förluster avsatta i diagram som funktion av utetemp framgår av fig 16. Det syns att VVC-förlusterna är normalt 10-15 kW och knappast beroende av utetemperatur. I preliminärreporten angavs VVC-förlusterna till 15-20 kW med ett visst (ganska svagt) utetemperaturberoende.

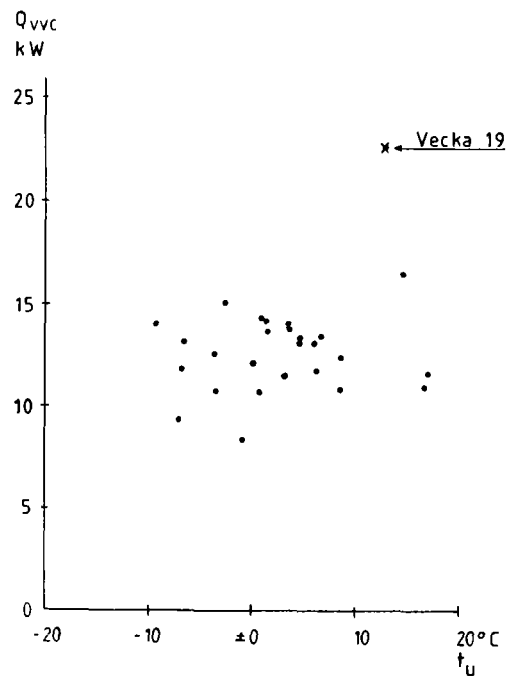


FIG. 16 Mätvärden vvc-temp vid varierande utetemp

Varmvattenförbrukningen under mätperioden är förhållandevis konstant med ett medelvärde på 85,96 m³/vecka och standardavvikelsen 6,22, se också fig 17.

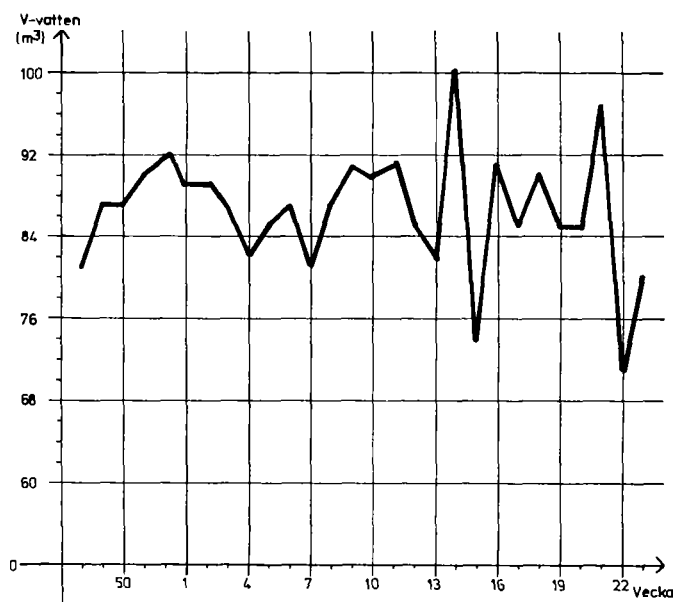


FIG 17 VARMVATTENFÖRBRUKNING KV HUSSVALAN, SAMTLIGA 5 HUS

Motsvarande för kallvattenförbrukningen är medelvärde 271,75 m³/vecka, standardavvikelse 16,33, se också fig 18.

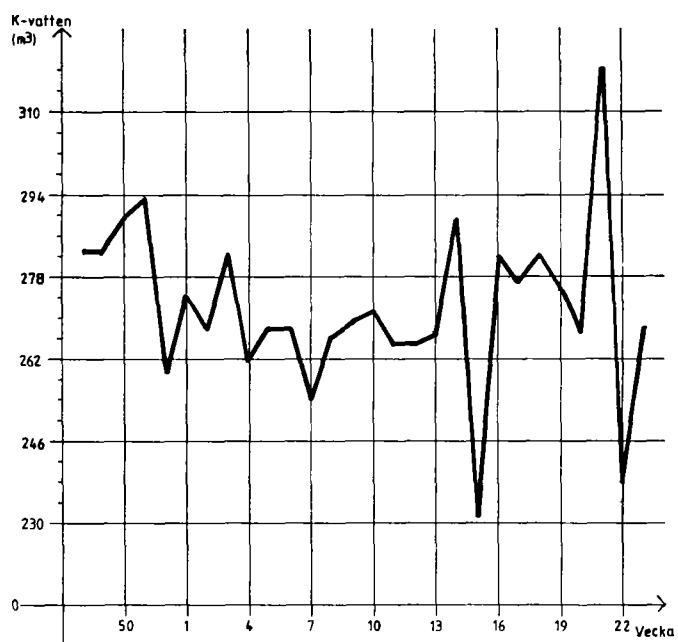


FIG 18 KALLVATTENFÖRBRUKNING KV HUSSVALAN, SAMTLIGA 5 HUS

Varmvattenförbrukningen är knappt 1/3 av totala kallvattenförbrukningen (31,6 %).

4.1.5 SPECIFIKT VARMEBEHOV

Byggnadernas specifika värmebehov definierat som $kA + cp \cdot L$ och uttryckt i kW/K (värmebehov per °K temp-differens inne-ute) är enligt beräkningar och mätningar:

före tilläggsisolering av vind, 3:e rutan och tätningstätgar (beräkning)	11,890
efter åtgärder (beräkning)	9,974
efter åtgärder (mätningar hosten 1983)	12,122
efter åtgärder (mätningar våren 1985)	10,8

Utgående från mätningarna för resp hus A-E erhålls (se fig 19-23)

hus A	2,117
hus B	2,200
hus C	1,935
hus D	1,755
hus E	<u>2,535</u>
SUMMA	10,542

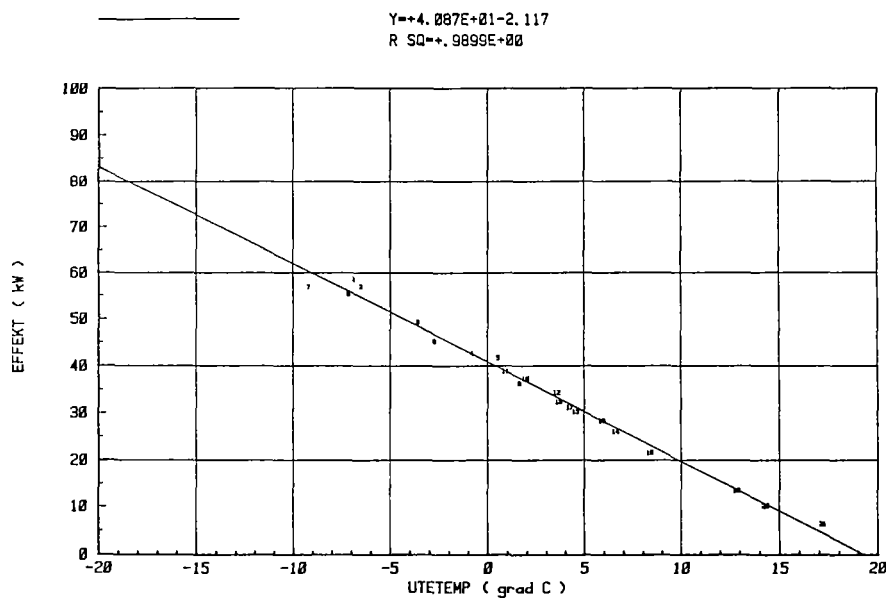


FIG 19 Radiatoreff som funktion av utetemp HUS A

HUSSVALAN
85.01.01-85.06.17

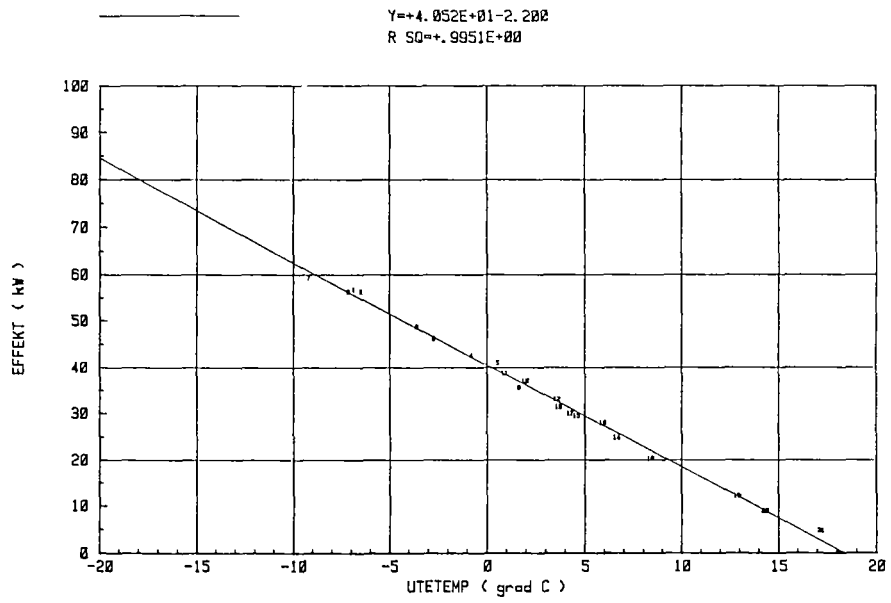


FIG 20 Radiatoreff som funktion av utetemp HUS B

HUSSVALAN
05.01.01-05.06.17

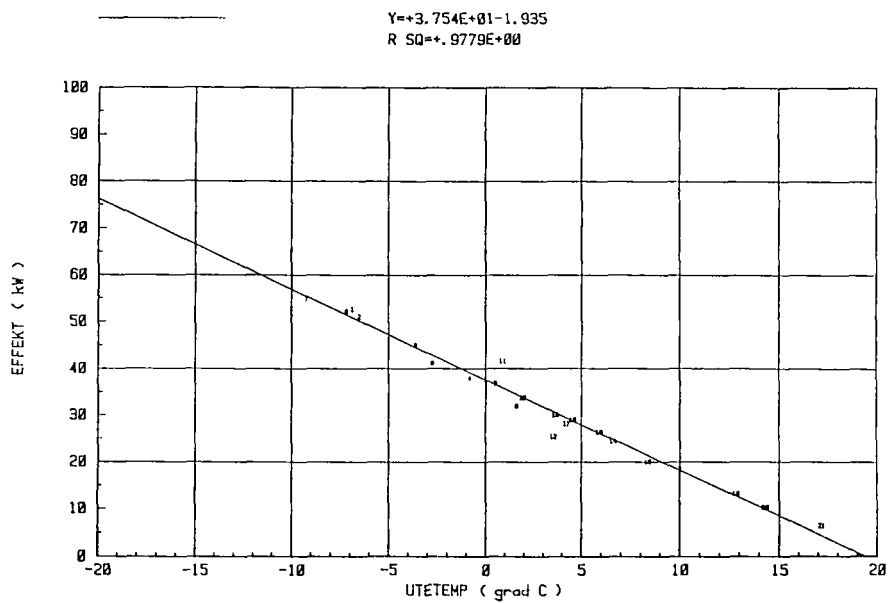


FIG 21 Radiatoreff som funktion av utetemp HUS C

HUSSVALAN
05.01.01-05.06.17

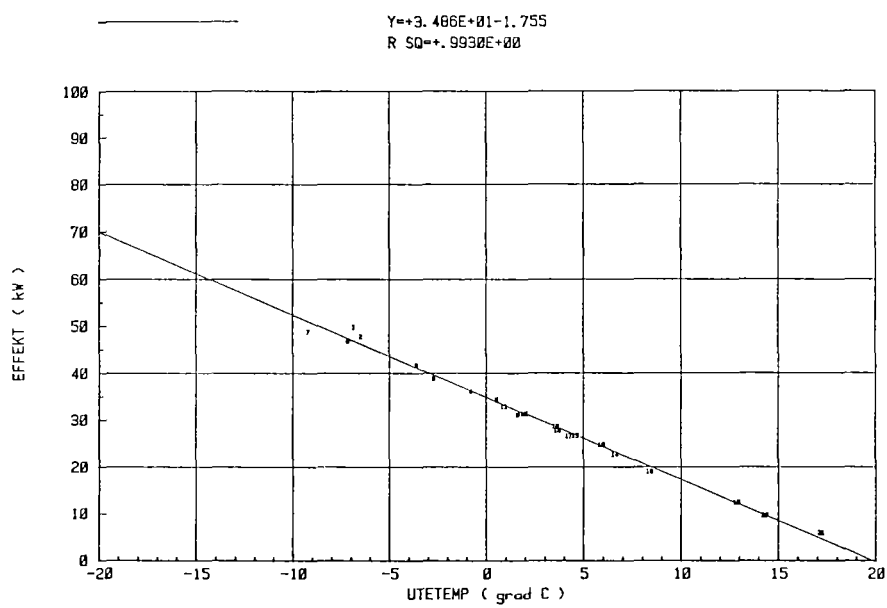


FIG 22 Radiatoreff som funktion av utetemp HUS D

HUSSVALAN
85.01.01-85.06.17

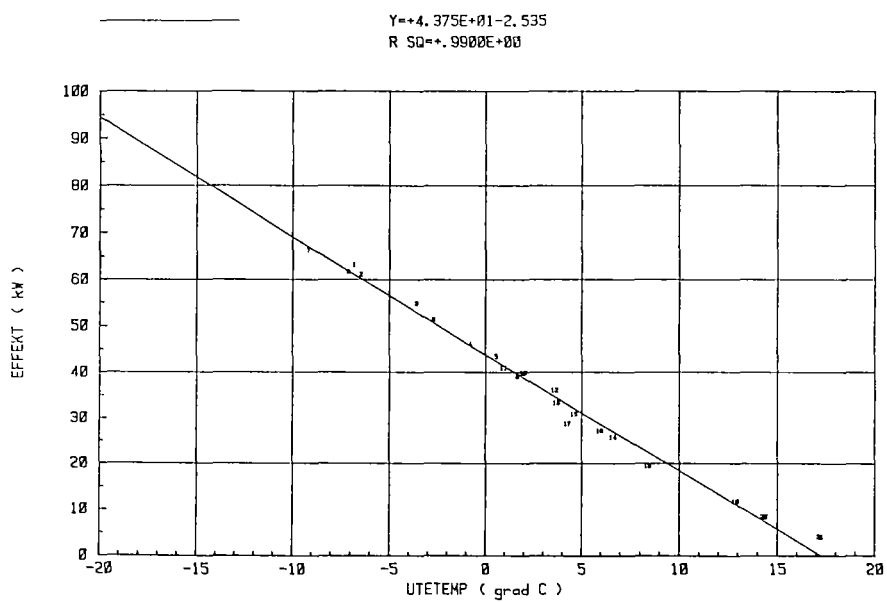


FIG 23 Radiatoreff som funktion av utetemp HUS E

HUSSVALAN
85.01.01-85.06.17

Beräkningar för resp hus (se bil 6) ger

	kA	cp L
hus A	1,538	0,484
hus B	1,772	0,484
hus C*)	1,060 + 0,406	0,334
hus D	1,268	0,325
hus E	1,904	0,400
SUMMA	7,947	2,027
SUMMA TOTALT		9,974

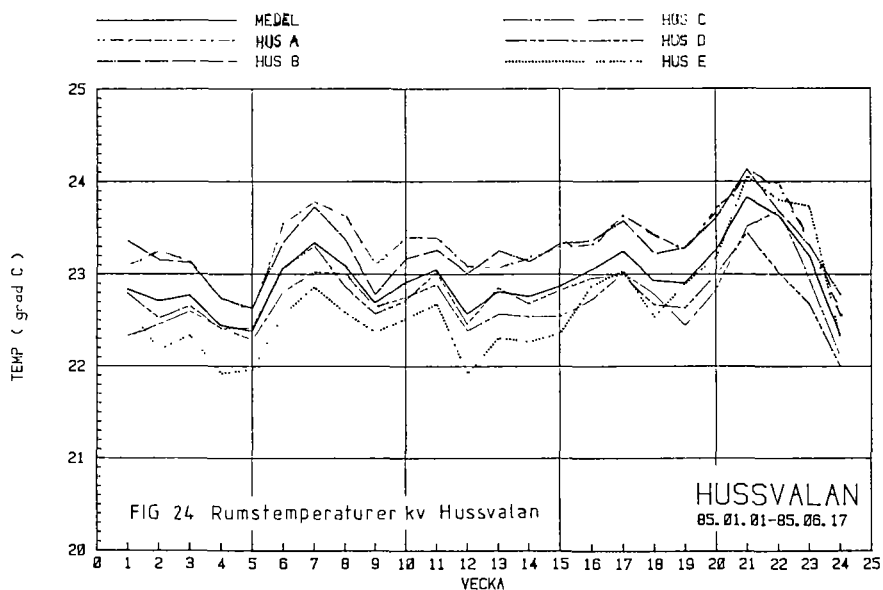
*) Inkl tandlakarmottagning i tillbyggnad till hus C.

Man finner alltså god överensstämmelse mellan mätvärden och beräkningsvärden för efterperioden. Detta gäller såväl på husnivå som totalt för hela objektet.

Eftermätningar hösten 1983 avviker dock markant från eftermätningen våren 1985 och de teoretiska beräkningarna. Inga isolerings- eller tätningåtgärder har veterligen vidtagits mellan hösten 1983 och våren 1985.

Det specifika varmebehovet enligt mätningar (värdena 12,122, 10,8 och 10,542 i tabellerna ovan) förutsätter att inomhus-temperaturen varit konstant under mätperioden. Egentligen är de mätta spec varmebehoven en funktion av värmesystemets reglerutrustnings installation. Det synes rimligt att tolka mätningen hösten 1983 som ett resultat av felaktig inställning av reglercentralen vilket medfört onödigt hög energiförbrukning och varierande inomhustemperaturer.

För perioden våren 1985 stämmer mätvärden bra med teoretiskt beräknade och det är rimligt att tolka denna mätperiod som ett resultat av bättre installation av reglercentralen. Inomhustemperaturen har under denna period varit tämligen konstant, se fig 24. Endast en viss mycket svag tendens till stigande innetemperatur finns. Värden efter vecka 19 kan man bortse ifrån då inverkan av solvarme vid denna tid finns.



Overhuvudtaget är det intressant att studera hur det specifika varmebehovet varierar över tiden. I fig 25 är angivet det specifika behovet för hela husgruppen enligt fjärrvarmeförbrukaren (med avdrag för varmvatten). Figuren visar att specifika behovet avtar kontinuerligt från vecka 49 1984 till vecka 22 1985. Mätpunkterna för vecka 51 och 52 avviker väsentligt från trenden i övrigt. I diagrammet är därför även angivet medelvärdet för dessa två veckor. Figuren visar mängden köpt värme för uppvärmning per °C temp-differens inne-ute som funktion av årstid. Uppenbarligen minskar behovet av köpt värme snabbare än temp-diff minskar då man går från vinter till vår och sommar. Detta tolkas som att mängden solvärme ökar allteftersom tiden går från vecka 49 till vecka 22.

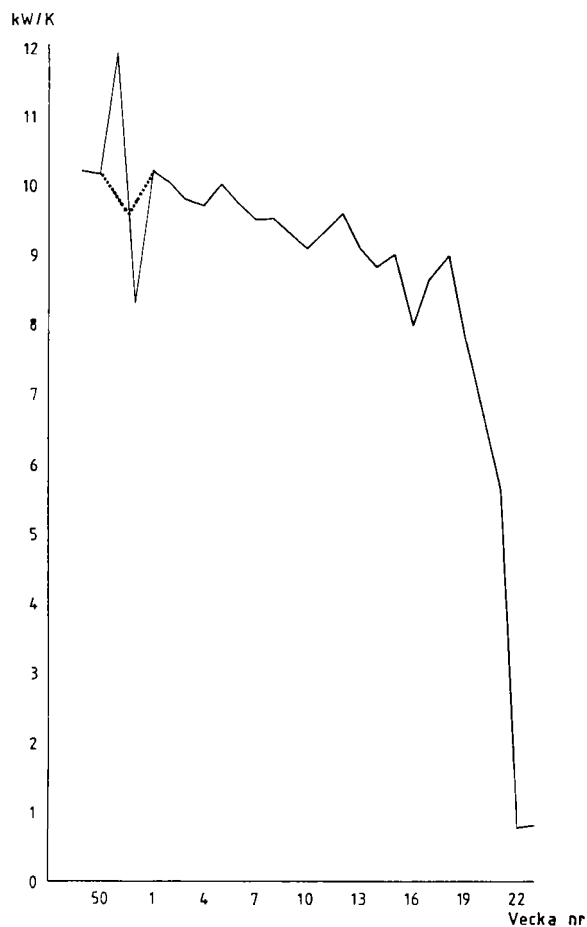


FIG 25 Specifikt värmebehov som funktion av tid
(vecka 48 - vecka 23)

Kv Hussvalans värmebehov och energibesparing baseras på energiberäkning med hjälp av specifika värmebehovet, vilket mats genom att fastställa ett linjärt samband mellan värmebehov och temperaturdiff inne-ute resp utetemperatur, se fig 19-23.

Samtidigt som ett ratlinjigt samband mellan effekt och utetemperatur finns, finns en systematisk förändring av effekten med årstiden. För att utvärderingsmetoden skall vara korrekt krävs då att utemperaturen och solvärmen har ett normalt samband eller åtminstone att solförhållandena vid före- och eftermätningen varit lika. En del av den stora skillnaden i specifikt värmebehov vid mätningar hösten 1983 och våren 1985 torde bero på olika solförhållanden.

4.2 BESPARING

Normalårsförbrukningen beräknad utifrån mätta samband mellan effekttillförsel och utetemperatur är enligt (1) uttryckt i MWh/år:

	Period	
	Hosten 81 (före)	Våren 85 (efter)
hus A	229,6	205
hus B	245,8	212
hus C	171,4	184
hus D	171,4	156
hus E	309,8	216
varmvatten	221	221
VVC	155	114
hetvatten	30	-
formluster	184,9	64*)
SUMMA RADIATORER	1128	972
SUMMA TOTALT	1718,9	1371*)

*) Fjärrvarmemängdsmätaren är ej kalibrerad efter mätningarna. Viss korrigering av totalvärdet kan därför komma att ske och därmed även i restposten kallad "Förluster".

Den totala energibesparingen med denna utvärderingsmetod är således $1 - \frac{1371}{1718,9} = 20,2\%$

I förhållande till kalkylerad energiförbrukning 1675 MWh/år är besparingen 18,1 %.

Det är därvid att notera att inomhustemperaturen under eftermätningen varit 23°C, d v s praktiskt taget oförändrad innetemperatur.

Hus E visar den största energibesparingen, 30,3 %. Det framgår också av rumtemperaturmätningarna att detta hus har en temperatursänkning på 0,5 - 1°C (då totala genomsnittliga rumstemperaturen är oförändrad, har alltså i övriga hus innetemperaturen ökat efter åtgärderna).

Som komplettering till ovanstående kalkylerade normalårsförbrukningar visas i fig 26 energistatistiken för kv Hussvalan från 1974-1984. Figuren visar debiterad fjärrvarme men korrigerad till normalår enligt i fig angivna värden.

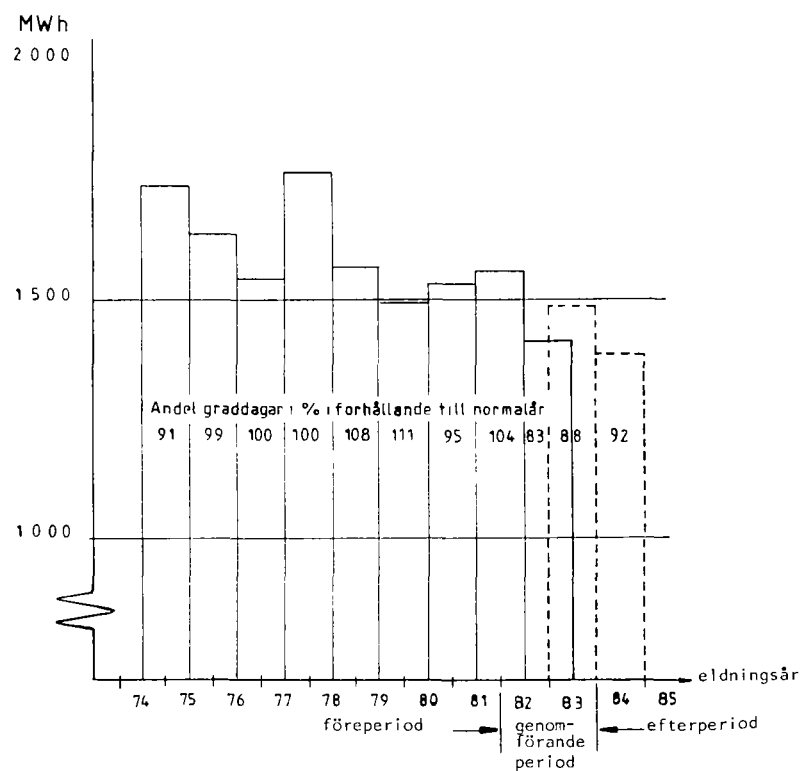


FIG 26 Total energiförbrukning, kv Hussvalan, exklusive hushållsel och fastighetsel. Streckade staplar avser kalenderåren 83 och 84. Normalårs korrigerade värden.

4.3 RESULTAT

Ursprunglig energibesparing bedomdes till 32 % eller 536 MWh av totalt 1675 MWh där 1675 MWh ansågs vara normalårskorr förbrukning 1977-1980. Efter noggrannare kalkyl (se redovisning tidigare) bedomdes möjlig energibesparing till 30 % eller 503 MWh/år med de tidigare redovisade sparförslagen.

Den totala energiförbrukningen före åtgärder var för perioden 1977-1980 1685 MWh/år (ej normalårskorr), dock med avsevärt högre förbrukning eldningsssäsongen 1978/79 jämfört med säsongerna 1977/78 resp 1979/80. Energistatistiken från 1974-1981 visar en medelförbrukning på 1614 MWh/år (normalårskorr).

Forematningar hosten 1981 gav energiförbrukning 1718,9 MWh. Vardet är dock troligen något högt då under matperioden staminregleringsventiler monterades (men ej injusterades), vilket kan ha påverkat förbrukningen.

Energiförbrukningen före åtgärder synes därför vara lägst 1615 MWh/år och högst 1715 MWh/år eller 1665 ± 50 MWh/år.

Energiförbrukning efter åtgärder är enl (1) 1371 MWh/år och enl energistatistik för år 1984 1388 MWh/år (normalårskorrigerat). Energiförbrukningen efter åtgärder synes därför vara 1380 ± 8 MWh/år.

Total energibesparing (= fastighetsägarens minskade fjärrvarmeförbrukning) är då lägst $1615 - 1388 = 227$ MWh/år och högst $1715 - 1372 = 343$ MWh/år.

Uttryckt i % är besparingen ca $17 \pm \frac{2}{3}$ %.

Besparingen har uppkommit trots att den genomsnittliga rumstemperaturen före och efter åtgärder är ungefär oförändrad ($+23^{\circ}\text{C}$). Den genomsnittliga rumtemperaturen i resp hus visar att hus A och C, vilka försetts med tillsatsruta, har en temperatur något högre än de identiska husen B resp D, vilka ej har tillsatsruta. Differensen är $0,4 - 0,5^{\circ}\text{C}$. Åtgärden tillsatsruta synes därför inte ha utnyttjats för rumstemperatursänkning utan i stället för en viss temperaturohöjning. Samtliga hus styrs från gemensam reglercentral. Då tillsatsruta monterades i vissa hus förutsattes att genom inreglering och genom termostatventiler skulle varmetillförseln begränsas i hus med tillsatsruta motsvarande dels k-vardesförbättringen, dels sänkning av lufttemperaturen men utan ändrad operativ temperatur. Inreglering av varmesystemet har varit förenat med oönskade problem, bl a har kemikalier i varmesystemets vatten orsakat igensättningar. Även termostatventilerna har visat sig ha otillfredsställande funktion. De synes regleras först vid ca 23°C temp i stället för föreskrivna 21°C . Förbättringsåtgärden tillsatsruta har således i hus A och C ej utnyttjats för någon temperatursänkning, snarare tvärtom.

I hus E, där även tillsatsruta monterats, har temperaturen sänkts och är under eftermätningen ca 1°C lägre än i hus A och C. I hus E har också nåtts det bästa sparresultatet, 30 % besparing av uppvärmningsenergin.

Besparingen i uppvärmningsenergi i de olika husen är

hus A	10,7 %
hus B	13,8 %
hus C	-7,4 %
hus D	9,0 %
hus E	30,3 %

Den negativa besparingen (= ökad förbrukning) för hus C är ej reell, då vid eftermätningen även en mindre tillbyggnad (tandlakarmottagning) ingår. För- och eftermätningar i hus C är alltså ej jämförbara.

Man observerar att i hus A, med tillaggsruta, är besparingen lägre än i hus B, som är identiskt men utan tillsatsruta. Orsaken är som ovan angetts, att tillsatsruta i hus A ej utnyttjats för temperatursänkning utan i stället rumstemperaturhöjning.

5 KOSTNADER, BESPARINGAR OCH LONSAMHET

5.1 KOSTNADER

I tabell 4 och 5 redovisas de kalkylerade anlaggningskostnaderna inkl mervardesskatt, kalkylerat statligt stöd juni 1980 och verkliga kostnader inkl moms för kv Hussvalan 2 och 3.

Kalkylerade kostnader baseras på kostnadslaget juni 1980. Summan skall indexregleras enligt indexserie för flerfamiljshus upptagna i "Entreprenadindex H63".

TABELL 4 Beräknade och verkliga anläggningskostnader samt statligt energistöd

Hussvalan 2 och 3

Åtgärder	Kalk anlaggn-	Verkl kostn**	Kalk statl stod	Enl beslut
	kostn inkl moms juni 1980	inkl moms febr 1983	juni 1980	om statl stod 1985-02-27
Sänk rumstemp				
Stäng skafferi-				
ventil vintertid				
Stoppa cirk-pump				
sommartid				
Sänk tappvarm-				
vattentemp till				
50°C				
Inst termostat-	606x150=90.900		606x125 =75.750	
ventiler				
Inst stamregl-	90x700 =63.000		90x700 =63.000	
ventiler				
Inreglera	45.000		4x5.715 =22.800	
SUMMA INST KOSTN	198.900	195.306	161.610	
Just fönster och	27.000		108x250 =27.000	
dorr + montera				
nya tätning				
listor				
Tätning mellan	27.000		108x250 =27.000	
karm och smyg				
Tilläggsisol				
vindsbjalklag				
HUS A			560x61.4=34.384	
HUS B			516x61.4=31.682	
HUS C	127.055		345x61.4=21.183	
HUS D			355x51.1=18.140	
HUS F			424x51.1=21.666	
Montering av				
tillsatsruta				
HUS A	220			
HUS C	175	595x350=208.250		
HUS E	200		595x350=208.250	
SUMMA BYGGKOSTN	389.305	402.464	389.305	570.906
SUMMA ANL KOSTN	588.205	597.770	550.915	
PROJEKTERING	50.000	47.500*		
TOTAL KOSTNAD	638.205	645.200	550.915	

* anger att ränta (15 %) under 2 år har pålagts projekteringskostnaden

** verkliga kostnaders fördelning se tabell 5.

TABELL 5 Specificering av verkliga kostnader inkl mer-
 vardesskatt och index febr 1983

<u>Kv Hussvalan 2 och 3</u>	
Byte av radiatorventiler och stam- ventiler i hus A och B	92.189:12
Tilläggsarbete hus A och B	9.054:--
Tilläggsarbete	1.130:--
Index hus A och B	3.999:--
Byte av radiatorvent hus C, D, E	55.492:48
Byte av stamventiler hus C, D, E	47.625:--
Tilläggsruta + tatning hus A och B	77.280:--
Tilläggsruta + tatning hus C	55.475:65
Tatning hus D	8.625:95
Tilläggsruta + tatning hus E	53.726:75
Vindsisolering hus A och B	34.907:--
Vindsisolering hus C	11.175:--
Vindsisolering hus D	59.126:34
Vindsisolering hus E	87.964:53
	597.770:--

Vid jämförelse mellan kalkylerade anläggningskostnader och de verkliga kostnaderna ligger de kalkylerade kostnaderna något lagre än de verkliga kostnaderna före indexreglering.

De kalkylerade kostnaderna är baserade på de schablonpriser som användes av energigruppen vid Malmö Kommun i juni 1980.

5.2 LONSAMHETSBERÄKNING

Finansiering

Total investeringskostnad	645.000:--
Energibidrag	199.800:--
Energilån	371.000:--
BFR-lån	60.000:
Banklån	14.200:--

Energilånet 371.000:-- amorteras under 25 år och har en räntesats på 2,6 % som ökar med 0,25 % enheter per år.
 Eget kapital 14.200:-- amorteras under 20 år och förutsätter en räntesats på 15 %.

For att ej spekulera i inflationsvinster och energipris-
 höjningar så redovisas lonsamhetskravet enligt en kassa-
 flodesplan under 25 år, där inflation och energiprishöj-
 ningar antagits vara 0 %.

Därvid beräknas fjärrvarmeenergipriset enligt följande

Fjärrvarme rörliga kostnader (taxa gällande 1985):	
sommar 10 öre/kWh	maj-sept
vinter 20 öre/kWh	okt-april

Varmvatten och VVC är ca 25 % av total fjärrvarmebruk-
 ning (26 % i Hussvalan).

$$\text{Medelvarmvattenpris} = \frac{5}{12} \cdot 10 + \frac{7}{12} \cdot 20 = 15,83 \text{ öre/kWh}$$

Uppvarmingsenergi utnyttjas till 97,1 % under okt-april och till 2,9 % under maj-sept.

$$\text{Medeluppvarmingspris} = 0,971 \cdot 20 + 0,029 \cdot 10 = 19,71 \text{ ore/kWh}$$

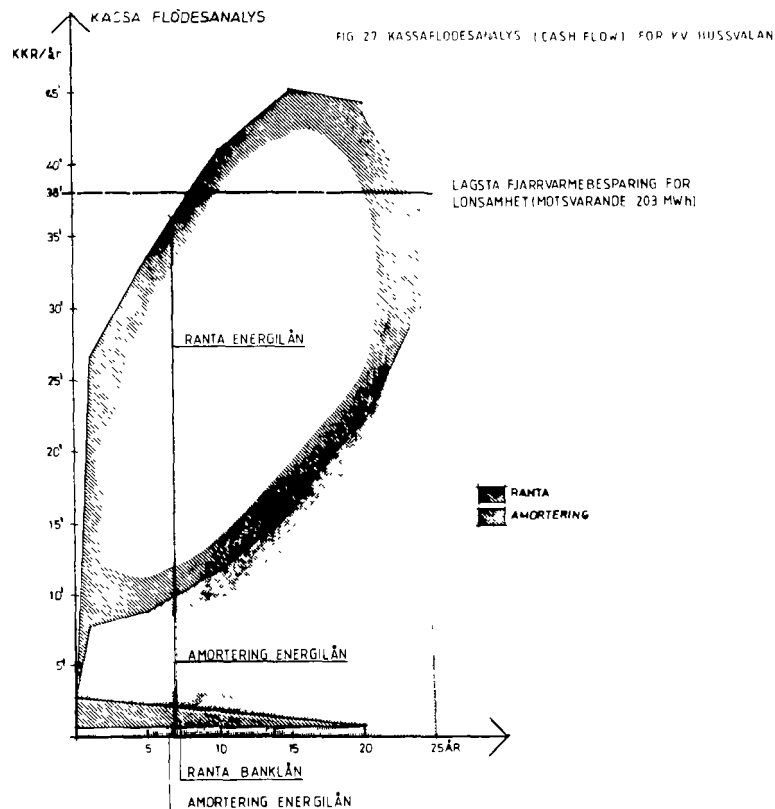
$$\text{Totalt medelfjärrvärmepris: } 0,25 \cdot 15,83 + 0,75 \cdot 19,71 = 18,74 \text{ ore/kWh}$$

Aktuellt fjärrvärmepris 1985 är således 18,74 ore/kWh (endast rörlig del av priset).

Cash-flow-beräkningen av kostnaderna ger årliga kostnader enligt fig 27. Den lagsta besparing som krävs för att totala kostnaderna skall balansera med besparingarna är 38.000 kr/år, d v s en energibesparing vid priset 18,74 ore/kWh på motsvarande 203 MWh/år. Enligt ovan är besparingen 227 - 343 MWh/år eller enligt ref (1) 1718,9 - 1371 = 347,9 MWh/år. Således föreligger lönsamhet.

Besparingen 347,9 MWh/år motsvarar 64.000 kr/år. Detta ger ett årligt överskott varje år, jämför fig 27 där 38.000 kr/år ger överskott år 1-8 och år 24 och framåt.

Payoff-tiden är (räknat på hela investeringen) ca 10 år eller (med avdrag av energibidrag) knappt 7 år.



ENERGISPARKVARTER KROKSBACK

Energisparkvarter Kroksback omfattar 8 huskroppar med vardera 80 lägenheter. Efter ombyggnad är lägenhetsantalet 64 st.

Fastigheten består av 8 st 8-våningshus fördelade på 2 grupper om 4 hus fördelade på kv Sörbäck respektive Norrbäck.

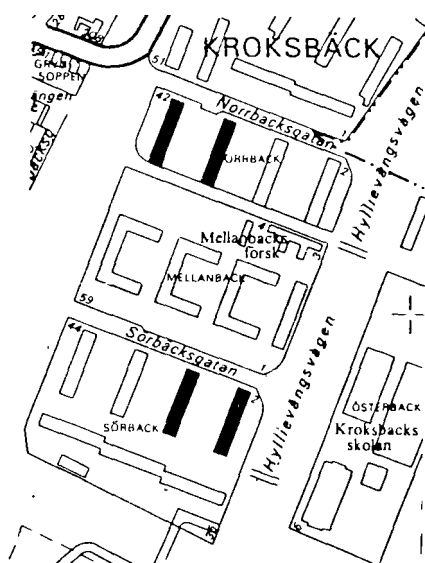


FIG. 1 1 Kv Sörbäck och Norrbäck

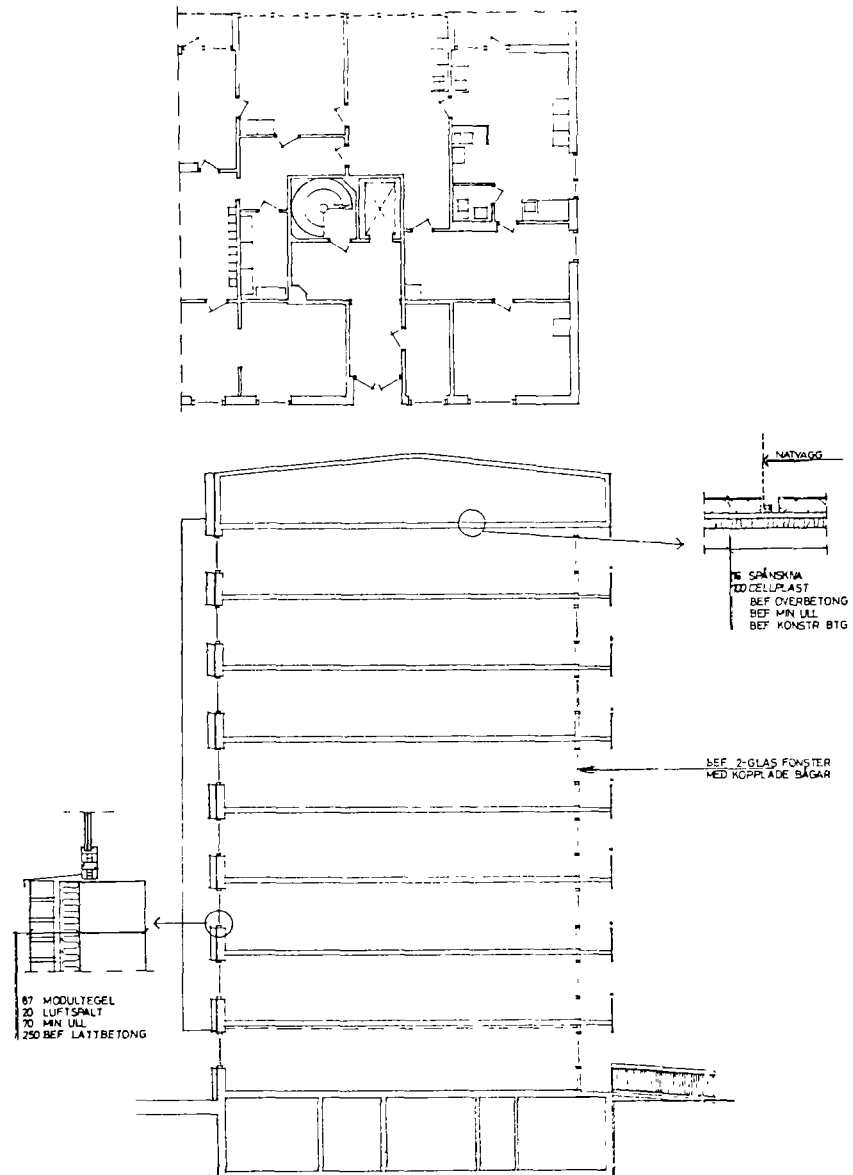
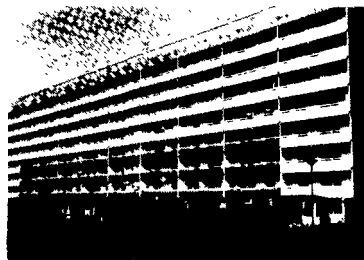


FIG. 2.1 Byggnadstekniska energisparåtgärder, kv Sörbäck, plan och sektion



Ett flertal energisparåtgärder har genomförts i samband med ombyggnad av husen. Då husen före ombyggnad varit obebodda eller endast delvis bebodda har metoden med före- och eftermatningar ej kunnat användas.

Matresultat har redovisats i (1) och (2). De hus som ingått i matningarna är numrerade 3, 4, 9 resp 10. Av de energisparåtgärder av installationskaraktär som genomförts har matgruppen särskilt redovisat de 3 utförda frånluftvarmepumparna.

Enligt (1) är energiförbrukningen för uppvärmning enligt tabell 1:1.

Tabell 1:1 Beräknad normalårsförbrukning 1951-1980, Kroksbäcksområdet. Enbart radiatorenergi.

Hus	Rad energi enl regler- kurva MWh	Rad energi per m ² enl reglerkurva kWh/m ² BLY	Rad energi cirk-pump stängd juni, juli, aug MWh	Rad energi per m ² enl reglerkurva cirk-pump stängd juni, juli, aug kWh/m ² BLY
3	560,9	81	525	76
4	582,8	84	519	75
9	446,3	64	406	59
10	445,8	66	428,8	61

I hus 3, 4 och 9 är installerat frånluftvarmepumpar. Värmepumpen i hus 3 avger värme till radiatorsystemet. Värmepumpar i hus 4 och 9 avger värme till tappvarmvattnet.

Värmepumpanläggningen i hus 3 består av 3 aggregat, som är i drift helt parallellt. Värmepumparnas inkoppling till radiatorsystemet framgår av fig 3:1.

HUS 3

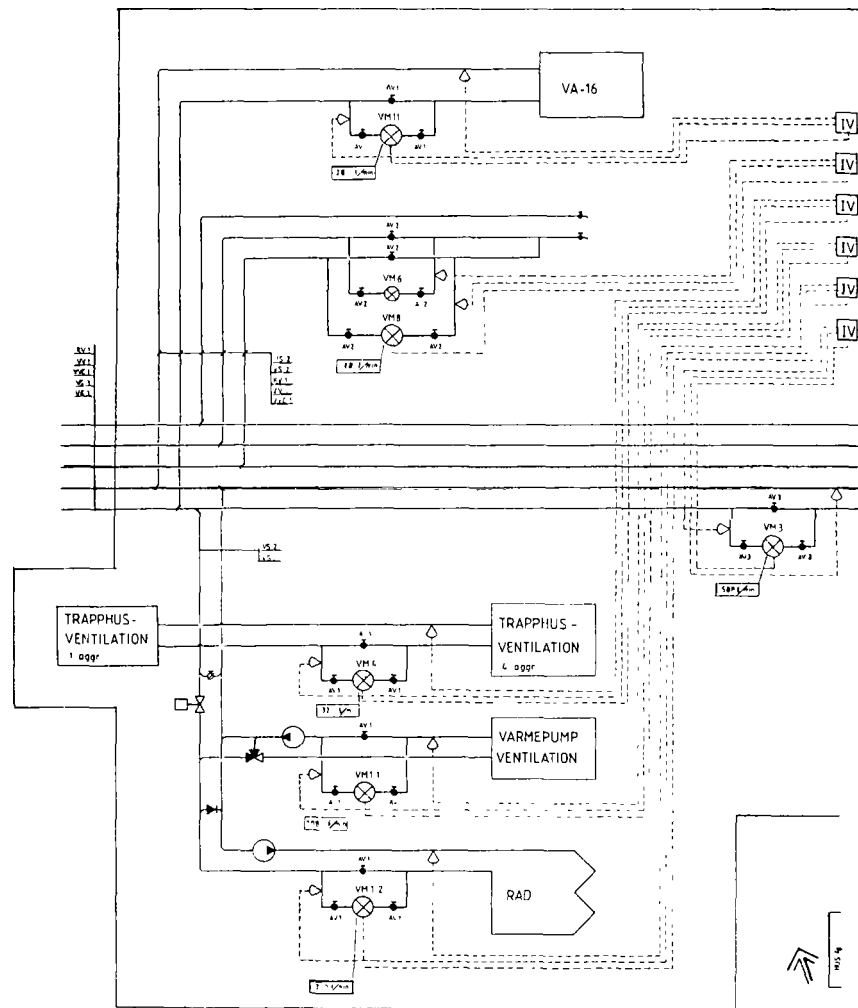


FIG 3 1 Inkoppling av frånluftvarmepump till radiatorsystem

Matresultat för varmpump i hus 3 framgår av fig 4:1 och 5:1, som avser mätningar under perioden okt 83 febr 84.

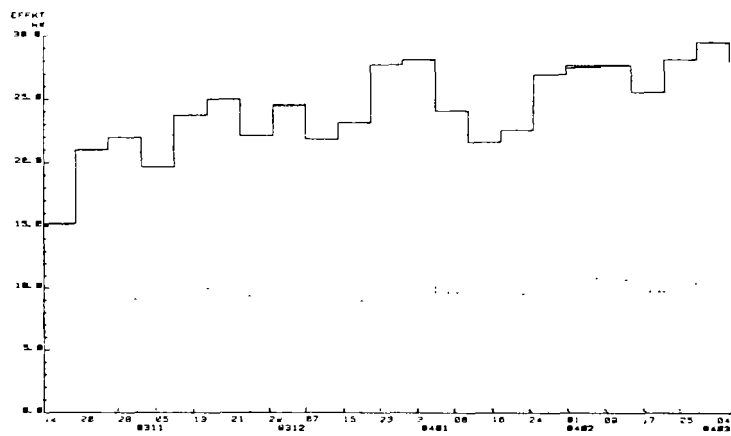


FIG. 4.1 Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 3 som funktion av tiden.

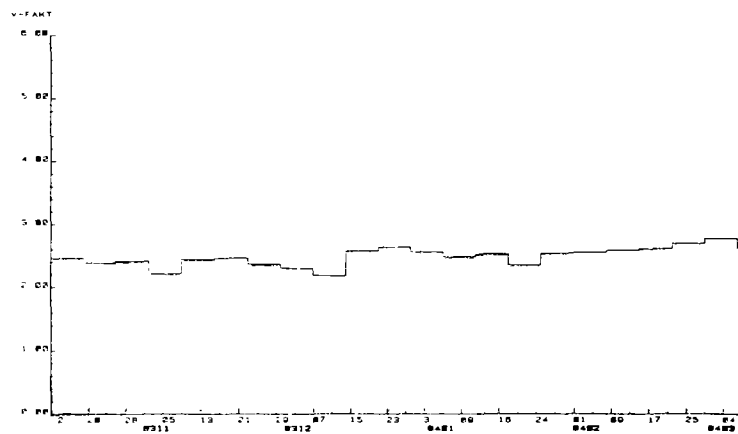


FIG. 5.1 Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 3 som funktion av tiden.

BILAGA 1, sid 6

Värmepumpar i hus 3 avger i genomsnitt 25 kW vid 10 kW effektförbrukning. Varmefaktorn är $2,5 \pm$ ca 0,15. Energibesparingen blir 15 kW och fjärrvarmebesparingen 25 kW. Extrapolerat till en hel eldningsäsong (225 dygn i Malmö) är besparingen 81 MWh och fjärrvarmeminskningen 135 MWh.

Enligt tabell 1:1 är totalt uppvärmningsbehov för ett normalt mål i hus 3 525 MWh. Energibesparingen är således 15,4 % och fjärrvarmeminskningen 25,7 %.

Det kan noteras att frånluften kyls endast 5 à 6°C. Potentialen för energibesparing genom värmepump frånluft-radiatorer är därför ej utnyttjad mer än till en del.

Installationskostnaden för de 3 värmepumpaggregaten i hus 3 inkl rördragning och automatikläggning är 215.000 kr. Annuiteten med 4 % realränta och 15 års teknisk livslängd är ca 19.300 kr/år. Energibesparingen 81 MWh motsvarar ca 16.200 kr/år.

Lagsta energipris (varme- och elenergi) för att balansera annuiteten 19.300 kr/år är 24 öre/kWh. Vid lagre energipris är värmepumpen ej lönsam.

I (2) anges relativa gångtiden för värmepumpinstallationen till 80 %. Detta betyder inte nödvändigtvis att gångtiden varit lagre än totaltid men att värmepumpens kapacitet ej utnyttjas till mer än 80 %.

Orsaker till att värmepumpen ej utnyttjas till mer än 80 % (tids- eller effektmässigt) kan ej avgränsas. Om genom intrimning full kapacitet kan erhållas blir det lagsta energipriset för primärenergi (varme och el) för lönsamhet ca 19 öre/kWh.

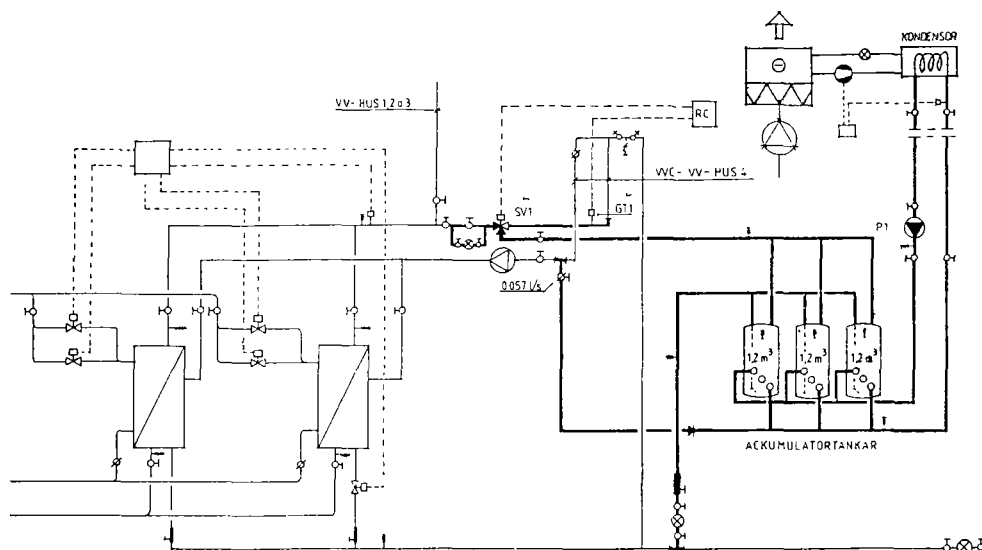


FIG 6 1 FLODESSCHEMA Värmepumpsinstallation HUS 4

BILAGA 1, sid 7

Värmepumpen i hus 4 är utförd för tappvarmvattenberedning, se fig 6:1 och utnyttjar frånluft som varmekälla. Värmepumpen är en experimentanläggning, som installerats 1979, d v s innan BFR-projektet. Strax efter installationen utrymdes byggnaden på grund av ombyggnad. Värmepumpen var därför ej i drift under viss tid. Efter ombyggnaden har funktionen ej kontrollerats, ej heller har service eller underhåll utförts. Matresultat från okt 83 - febr 84 visar att värmepumpen ej fungerar, se fig 7:1 och 8:1. Värmefaktorn är endast ca 1. Efter att resultatet av matningarna blivit känt har värmepumpen reparerats men därefter har inga matningar utförts.

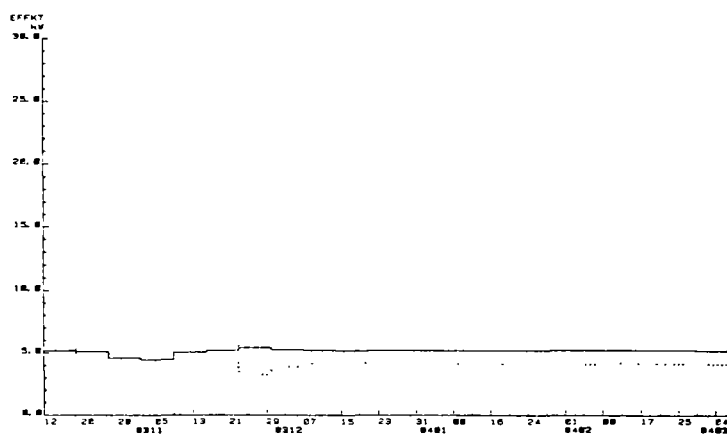


FIG. 7 1 Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 4 som funktion av tiden.

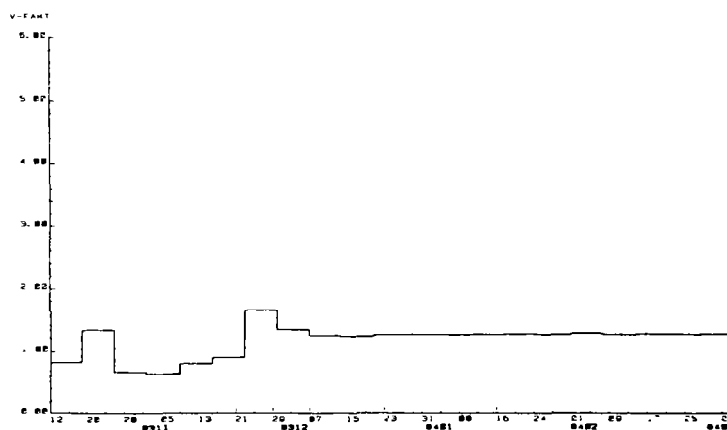


FIG. 8 1 Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 4 som funktion av tiden.

BILAGA 1, sid 9

Anlagningskostnaderna är 221.000 kr, se tab 3:1. Hela kostnaden täcks av energilån, dock erhålls inget energibidrag. Fjärrvarmepris 19 öre/kWh, elpris 27 öre/kWh ger följande lönsamhet 1:a året.

besparing fjärrvarme	39.760 kr
ökad elkostnad	./. 17.940 kr
amortering	./. 4.830 kr
rantor	./. 6.630 kr
netto	10.360 kr

För följande år blir nettoöverskottet högre.

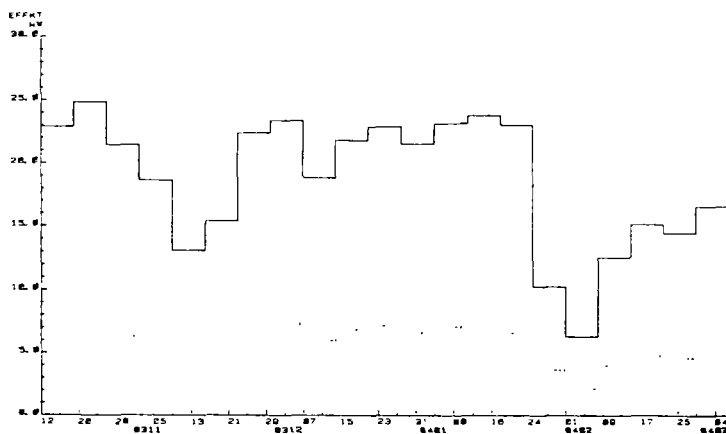


FIG. 10 1 Tillförd och avgiven effekt för frånluftsvärmepump i hus 9.

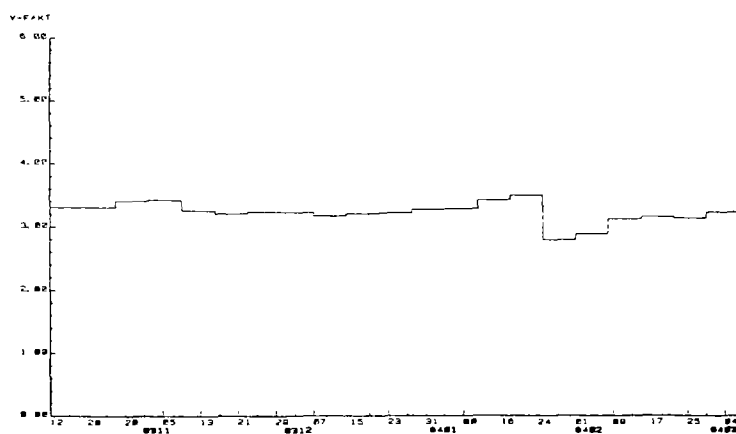


FIG. 11 1 Värmefaktor för frånluftsvärmepump i hus 9 som funktion av tiden.

BILAGA 1, sid 10

Som komplement till fig 10:1 och 11:1 redovisas i tab 2:1 matningar som genomfördes i anslutning till installationen av varmpumpen.

TABELL 2:1 Matresultat varmpump hus 9 for perioden
830428 - 830530

Mattid	773,5 h
Gångtid varmpump	771,35 h
Relativ gångtid	99,7 %
Avgiven energi	17,6 MWh
Upptagen energi	5,58 MWh
Varmefaktor	3,15
Varmvattenberedning i varmpump	367,85 m ³
Varmvatten från fjarrvarme	57,35 m ³
Antal lagenheter	64 st
Varmvattenförbrukning per lgh	206 l/lgh·dygn
Darav från varmpump	86 %

Omräknas matvardena i tab 2:1 till helt år erhålls total vattenförbrukning ca 75 m³/lgh·år, varmvattenenergi 3760 kWh/år lgh, darav från varmpump 3270 kWh/lgh·år.

TABELL 3:1 Anlaggningskostnader varmpump hus 9,
kv Kroksback

<u>Anlaggningskostnader</u>	
Varmepump TK 40 med 2 st kylbatterier	
TKB 30, kylrorsinst samt uppstartn (enl faktura)	83.000:-
Ventilationsarb för inst av kylbatt (enl faktura)	9.000:-
Rorinst (eget arbete) med avdrag för överskottsmaterial	52.950:-
Isolering rör och ackumulatorer (enl faktura)	6.400:-
Akkumulatorer, 5 st (enl faktura)	39.550:-
Byggarbeten (enl faktura)	5.600:-
Elarbeten (enl faktura)	8 120:-
Transporter	460:-
Projektering 8 %	16.000:-
SUMMA	221.080:-

REDOVISNING KV ERIKSTORP. SAMMANFATTNING

Utförlig redovisning av energisparvarter Erikstorp finns i ref (1) och (2). Här ges en kortare sammanfattning.

Fastigheten Erikstorp 4 är uppförd 1955 i 6 våningar, med totalt 23 lägenheter, fördelade på en byggnad, se fig 1:2 (bostadslagenhetsytan 1344 m² och lokalytan 53 m²). Ytterväggarna består av 1½-stens tegel och bjälklagen är av betong. Källarbjälklaget är isolerat med 80 mm traullsplattor på betongen och med 50 mm överbetong. Vindsbjälklaget är isolerat med 100 mm platsgjuten cellbetong med 30 mm överbetong. Husets båda gavlar är motbyggda. Fönstren är 2-glas och pivåhangda. Balkongdörrar är 2-glas, med kopplade bågar och utåtgående.

Fastigheten har fjärrvarmeundercentral för varme- och tappvarmvattenberedning. Varmeanläggningen är utförd som 2-rørsystem med övervägande delen radiatorer av paneltyp. Tappvarmvatten distribueras genom s k övre fördelning med cirkulationsledning i källare.

Varmesystemet är försett med reglerutrustning, som styr utgående temperatur efter utetemperaturen. Byggnaden är försedd med mekanisk frånluft och frånluftfläkt med 2-hastighetsmotor. Frånluftdon är s k kontrollventiler med kedja, med vilken hyresgästerna kan reglera luftflödet. Ersättningsluft tas genom springventiler under fönster.

Energisparåtgärder, kalkylerade och verkliga kostnader samt kalkylerat statligt stöd jämfört med beslutat statligt stöd redovisas i tabellform.

Kostnaderna inkluderar mervardesskatt.

Kalkylerade kostnader baseras på kostnadslaget juni 1980. Summan skall indexregleras enligt indexserie för flerfamiljshus upptagna i "Entreprenadindex H63"



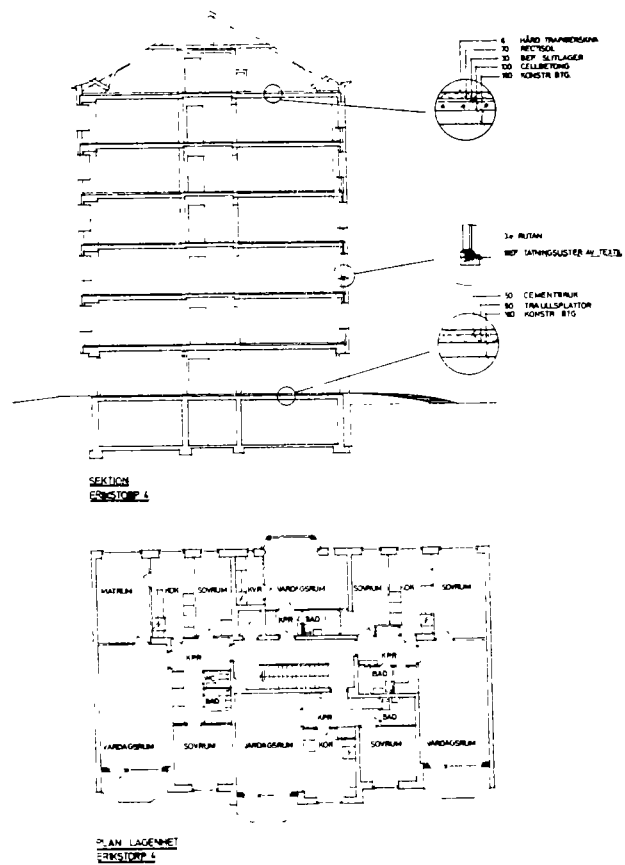


FIG 1 2 PLAN OCH SEKTION KV ERIKSTORP

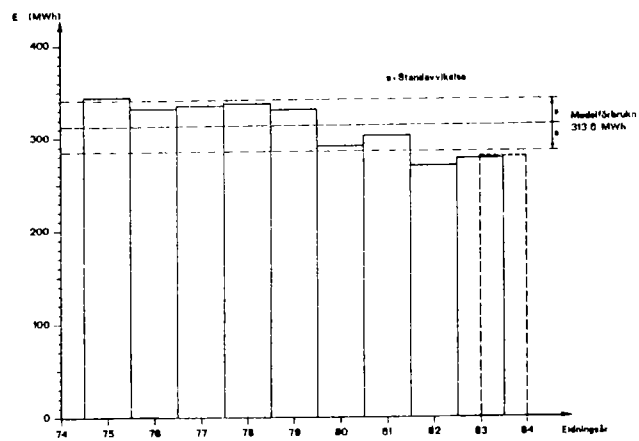


FIG 2 2 ENERGIÖRBRUKNING 1975-1983 NORMALÅRSKORRIGERAT

Erikstorp 4

	Kalk anlaggn- kostn juni 1980	Verkl kostn febr 1983	Kalk statl stod juni 1980	Enl beslut om statl stod 85-02-27
<u>Åtgärder</u>				
Kompl och utbyte av tatn lister	7.800		23x250 = 5.750	
Tatn mellan karm och smyg	19.500		23x250 = 5.750	
Isol av vindsbjl genom uppregling	225x825= 22.440		272x51.1=13.899	
Kompl av fönster m tillsatsruta	(214-5)x350=73.150		(214-5)x350=73.150	
SUMMA BYGGKOSTN	122.890	114.699	98.549	
Sank rumstemp				
Stang skafferivent				
vintertid				
Stoppa cirk-pump				
sommartid				
Inst termostat- ventiler	140x150 =21 000		140x125 =17.500	
Inst staminregl- ventiler	8x1000 = 8.000		8x1000 = 8.000	
Inreglera	10.800		4x1397 = 5.588	
Injust luftfloden	2.400		2x1397 = 2.794	
SUMMA INST KOSTN	42.000	38.116	33.882	
SUMMA ANL KOSTN	165.090	152.815	132 431	137.400
PROJEKTERING	20.000	38.000*		
TOTAL KOSTNAD	185.090	190.815		

* anger att ranta (15 %) under 2 år har pålagts projekteringskostnaden.

Specificering av verkliga kostnader inkl mervardesskatt
och index, februari 1983

Kv Erikstorp 4

Byte av stryp- och avstängningsventiler	11.678:65
Byte av radiatorventiler till Markaryds termostatventiler	26.437:24
Vindsisolering	38.888:--
Tillaggsruta, tät karm - vagg	71.950:90
Tättningslist	3.859:86
	<u>152.814:65</u>

Vid jämförelse mellan kalkylerade anläggningskostnader för Erikstorp 4 och de verkliga kostnaderna så ligger de kalkylerade kostnaderna något lägre än de verkliga kostnaderna före indexreglering.

De kalkylerade kostnaderna är baserade på de schablonpriser som användes av energigruppen vid Malmö Kommun i juni 1980.

Lönsamhetsberäkning kv Erikstorp 4

Finansiering

Total investeringskostnad	190.815:--
Energibidrag	48.100:--
Energilån	89.100:--
Banklån	53.615:--

Energilånet 89.100:-- amorteras under 25 år enligt Bostadsstyrelsens amorteringsplan och har en räntesats på 2,6 % som ökar med 0,25 procentenheter per år.

Banklånet amorteras under 20 år och förutsattes ha en räntesats på 15 %.

För att ej spekulera i inflationsvinster och framtida energiprishöjningar, redovisas lönsamhetskravet i form av en kassa flödesanalys under 25 år, se figur 3:2, där inflation och energiprishöjningar antagits vara 0 %.

Med ett lönsamhetskrav på ca 9.700:-- per år enl kassa flödesanalysen och med ett medelfjärrvärmepris på 18,74 ore/kWh erhålles

$$E_{\text{min besparing}} = \frac{9.700}{0,1874} = 51.760 \text{ kWh} = 51,7 \text{ MWh}$$

$$E_{\text{min besparing}} = 51,7 \text{ MWh, skall jämföras med en uppmätt besparing}$$

besparing på ca 14 MWh, varför detta energisparkvarter ej är lönsamt.

Diskussion

Sammanfattning energiförbrukning, kv Erikstorp:

Forbrukningsperiod	Forbrukning kWh/m ² .år*	Medeltemp °C	Besparing %
före period (våren 82)	183	23,7	0
efter period (hösten 83)	173	23,6	6

* Lägenhetsyta = 1397 m²

Det kan konstateras att besparingen är endast 6 % i förhållande till föremåttningsperioden. Besparingen genom sänkta transmissionsförluster med hjälp av den 3:e rutan och vindsisoleringen skulle teoretiskt uppgå till ca 13 % av årsförbrukningen. D v s endast ca halva effekten av åtgärderna har kunnat uppmätas.

Liksom för kv Hussvalan har vindsisolering och tillsatsruta ej utnyttjats för sänkning av innetemperaturen. För att nå lönsamhet (besparing 51,7 MWh/år) skulle krävas en temperatursänkning på 2°C, alltså till 21,6°C. Vid efterbesiktning har konstaterats stora brister i utförandet av tillaggsruta och fönstertätning. Om den teoretiska besparingen uppnåtts skulle en temperatursänkning på 1,3°C varit tillräcklig för lönsamhet.

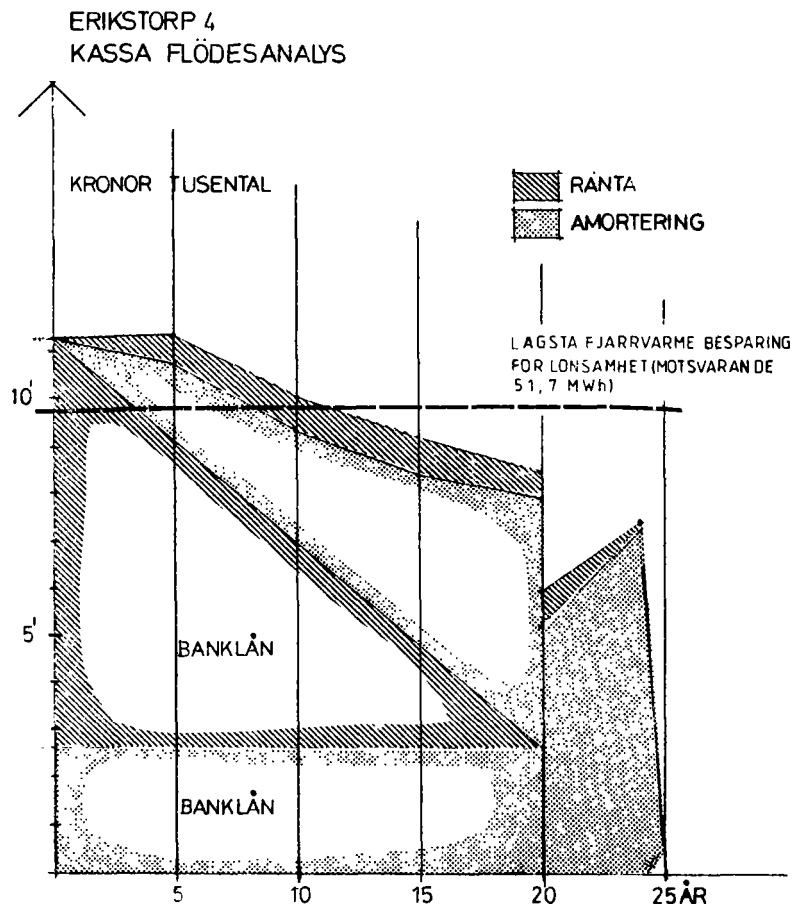
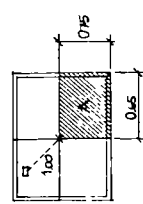


FIG 3 2 KASSAFLÖDESANALYS (CASH-FLOW) KV ERIKSTORP

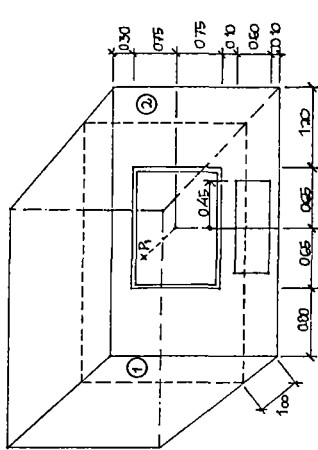
b)

$K_{fönst} = 2,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$ $K_{\text{tak}} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 $m_i = 0,12 \text{ M}^2\text{°C/W}$ end tabell 35 23 58N 80 $K_{\text{vägg}} = 0,97 \text{ W/m}^2\text{°C}$ $K_{\text{fönst}} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 $m_u = 0,20 \text{ M}^2\text{°C/W}$ end tabell 35 23 58N 80
 Ingrejans yttretemperatur = 80°C
 Utgående yttretemperatur = 60°C
 ⇒ medeltemperatur = 70°C
 Anlagens luftmedeltemperatur $v_{\text{lm}} = 20°C$
 Beräkning av yttretemperatur
 • golv och innervägg arites här yttretemperatur
 $v_y = \text{luftmedeltemperatur } v_{\text{lm}} = 20°C$
 • Golvvägg
 End formel 35 23 $v_y = 20 - 0,12 \cdot 1,1 [20 - (-15)] = 15,7°C$
 • Fönster
 End formel 35 23 $v_y = 20 - 0,12 \cdot 2 [20 - (-15)] = 12,1°C$
 • Tak
 End formel 35 23 $v_y = 20 - 0,20 \cdot 0,97 [20 - (-15)] = 13,6°C$
 $v_y = 20 - 0,20 \cdot 0,21 [20 - (-15)] = 18,6°C$
 Beräkning av den riktade operativa temperaturen v_{op} i R
 • Fönsters murkoefficient ρ_{14} enligt formel B35.1a
 $L = 0,65$ $H = 0,75$ $D = 1,0$ $\rho_{14} = 0,094$
 $\frac{L}{D} = 0,65$ $\frac{H}{D} = 0,75$
 $\rho_{14} = 4 \rho_{14} = 4 \cdot 0,094 = 0,376$



a)

Beräkning av riktad operativa temperatur i sovrum
 Fönstret
 Rummet med endast en vägg mot det fria
 yttre rummet har fönster och radiator. Rummet är
 beläget under nordvästläktet. Ömga rummet gränser
 mot utrymmen med samma temperaturer som
 rummet i exemplet. De för beräkningarna riktade
 mått är framgår av figur 1 nedan.
 Punkt P1 är belägen i H framför fönstrets mittpunkt.
 Vinkelkoefficienterna är framtagna ut figur
 B 35.1c resp figur B 35.1d från Energihandboken M.H.
 Sjöström Planwäts publikation 1977:3



Figur 1 mått i H
 Geografiskt belägenhet Malmö
 Tung byggred ⇒ LUT 5 end figur 35 23 b 58N 80 -- 8°C
 yttretemperatur: $K = 1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 $m_i = 0,12 \text{ M}^2\text{°C/W}$ end tabell 35 23 58N 80

c)

• Radlatsens vinkelkoefficient f_{r} enligt formel B35 1a

$L=145$ $H=105$ $D=10$ $f_{e,c} = 0,095$
 $\frac{L}{D} = 14,5$ $\frac{H}{D} = 10,5$
 $L = 145$ $H = 105$ $D = 10$ $f_c = 0,099$
 $\frac{L}{D} = 14,5$ $\frac{H}{D} = 10,5$

• Ytterväggs vinkelkoefficient $f_{e,c}$ enligt formel B35 1a

$f_{r} = 2 \cdot f_c = 2 \cdot (f_{e,c} - f_b) = 2 \cdot (0,095 - 0,079) = 0,032$
 • Ytterväggs vinkelkoefficient $f_{e,c}$ enligt formel B35 1a

$L=145$ $H=105$ $D=10$ $f_e = 0,152$
 $\frac{L}{D} = 14,5$ $\frac{H}{D} = 10,5$
 $L=185$ $H=105$ $D=10$ $f_f = 0,168$
 $\frac{L}{D} = 18,5$ $\frac{H}{D} = 10,5$
 $L=145$ $H=165$ $D=10$ $f_g = 0,188$
 $\frac{L}{D} = 14,5$ $\frac{H}{D} = 16,5$
 $L=185$ $H=165$ $D=10$ $f_h = 0,195$
 $\frac{L}{D} = 18,5$ $\frac{H}{D} = 16,5$

d)

$f_{14} = f_e + f_f + f_g + f_h - f_{14} - f_{1r}$
 $f_{14} = 0,160 + 0,168 + 0,186 + 0,195 - 0,376 - 0,032 = 0,301$
 • Takets vinkelkoefficient f_{14} enligt formel B35 1b

$L=145$ $H=105$ $D=105$ $f_k = 0,058$
 $\frac{H}{L} = 0,69$ $\frac{D}{L} = 0,72$
 $L=185$ $H=105$ $D=105$ $f_H = 0,061$
 $\frac{H}{L} = 0,54$ $\frac{D}{L} = 0,57$
 $f_{14} = f_k + f_H = 0,058 + 0,061 = 0,119$
 f_{14} (vågg) ① och ② + golv = $10 - (f_k + f_r + f_{14} + f_{14}) = 10 - 0,376 - 0,026 - 0,301 - 0,119 = 0,172$

• Sammansättning för åtgård

Burnsja	Vinkelkoeff	YTemp	f_i v_i (°C)
Fönstet	0,376	85	3,20
Radlatsen	0,032	70,0	2,24
Yttervägg	0,302	15,7	4,82
Tak	0,119	13,6	1,62
Golv + vägg ① och ②	0,172	20,0	3,44
Σ 1,000			$\vec{v}_y = \Sigma f_i v_i = 15,32$

e)

Lufttemperaturen \bar{v}_i i P_1 enligt tabell 35.22
 P_1 ligger 1,55 m över golvet och rummet är
 radiatoruppvärmt

$$\Rightarrow v_{i,1} \text{ i } P_1 = v_{Um} + 0,25 + 0,05 = 20 + 0,30 = 20,30^\circ\text{C}$$

$$\bar{v}_{op} \text{ i } P_1 = \frac{v_i + v_e}{2} = \frac{20,30 + 15,32}{2} = 17,8^\circ\text{C}$$

• Sammanställning efter åtgärd

Rumsyta	Vinkelcoeff	yt-temp	P_1 $v_{i,1}$ ($^\circ\text{C}$)
Rumsyta	0,376	12,1	4,95
Fönster	0,032	7,0	2,24
Radiator	0,302	15,7	4,82
Yttervägg	0,119	18,6	2,21
Tak	0,172	20,0	3,44
Golv + vägg ① och ②	$\Sigma = 1,000$	$\bar{v}_y = \frac{\Sigma P_1 v_{i,1}}{\Sigma P_1} = 17,26$	

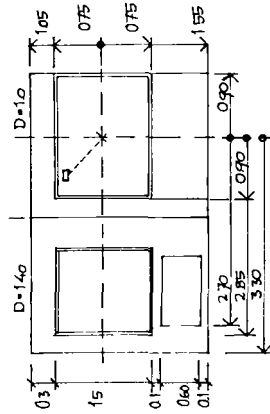
$$\bar{v}_{op} \text{ i } P_1 = \frac{v_i + v_e}{2} = \frac{20,3 + 17,26}{2} = 18,8^\circ\text{C}$$

f)

Bestämning av riktnad operativ temperatur i vardagsrummet
 Fönstelsytan

yt-norm med endast en vägg mot det fria
 Ytterväggen har fönster och radiator Rummet är
 beläget under nordväggen Övriga rummet gränsar
 mot utrymmen med samma temperatur som
 rummet i exempel. De fyra väggarna närliggande
 mätter fungerar som figur 1 nedan.

Punkt P_1 är belägen 1,4 meter fönstrets mittpunkt
 Vinkelcoefficienterna är framtagna ur figur
 B 35.1c resp figur B 35.1d från Energihandboken MM
 Statens Planverk's publikation 1977:3



Figur 1 mätta M

Geografisk belägenhet Malmö
 Lung bygggrad \Rightarrow LUT 5 enligt figur 35.23b SBN 80-15C
 Yttervägg $K = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $m_0 = 0,12 \text{ m}^2\text{K} / \text{K}$ enligt tabell 35.23 SBN 80

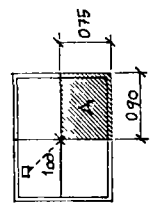
9)

Fönster $K_{fön} = 2,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$ $K_{glas} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 Tak $m_i = 0,12 \text{ M}^2\text{°C/W}$ erl. takell 35 23 SBN 80 $K_{fön} = 0,97 \text{ W/m}^2\text{°C}$ $K_{glas} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{°C}$
 Radarbett $m_i = 0,20 \text{ M}^2\text{°C/W}$ erl. takell 35 23 SBN 80
 Ingående matertemperatur -80°C
 Utgående matertemperatur -60°C
 \Rightarrow maximal gylmedeltemperatur -70°C
 Anslagen luftmedeltemperatur $\bar{t}_{lm} = 20\text{°C}$
 Beräkning av ytemperaturer
 • Går och utvärderas arbets ha ytemperaturer
 $\bar{t}_y =$ luftmedeltemperatur \bar{t}_{lm}
 • Yttervägg
 Erl. formel 35 23 $\bar{t}_y = 20 - 0,12 \cdot 11 [20 - (-13)] = 15,7\text{°C}$
 • Fönster
 Erligt formel 35 23 $\bar{t}_y = 20 - 0,12 \cdot 2 [20 - (-13)] = 12,1\text{°C}$
 $\bar{t}_y = 20 - 0,12 \cdot 29 [20 - (-13)] = 8,5\text{°C}$
 • Tak
 Erl. formel 35 23 $\bar{t}_y = 20 - 0,20 \cdot 0,97 [20 - (-13)] = 13,6\text{°C}$
 $\bar{t}_y = 20 - 0,20 \cdot 0,21 [20 - (-13)] = 18,6\text{°C}$
 Beräkning av den niktade operationen temperaturer \bar{t}_p i P_1
 • Fönsters verketoefficient f_{H-2} enligt formel B35-1a

$$L = 0,90 \quad H = 0,75 \quad D = 1,0 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} f_{H-2} = 0,114$$

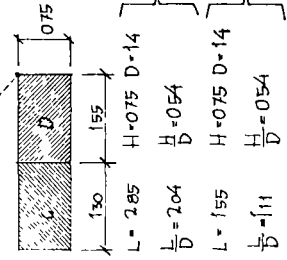
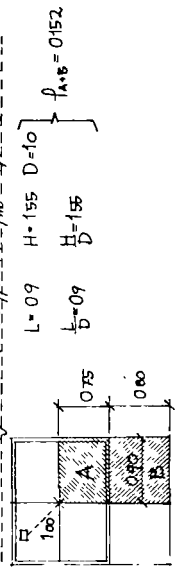
$$\frac{L}{D} = 0,90 \quad \frac{H}{D} = 0,75$$

$$f_H = 4 \cdot f_{H-2} = 4 \cdot 0,114 = 0,456$$



h)

• Fönstrets verketoefficient f_{H-2} enligt formel B35-1a
 $L = 0,9 \quad H = 1,55 \quad D = 1,0$
 $\frac{L}{D} = 0,9 \quad \frac{H}{D} = 1,55 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} f_{H-2} = 0,152$
 $f_{H-2} = 2 \cdot (f_{H-1} - f_{H-1}) = 2 \cdot (0,152 - 0,114) = 2 \cdot 0,038 = 0,076$
 • Fönstrets verketoefficient f_{H-2} enligt formel B35-1a
 $L = 1,30 \quad H = 1,55 \quad D = 0,75$
 $L = 2,85 \quad H = 0,75 \quad D = 1,4 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} f_{H-2} = 0,113$
 $\frac{L}{D} = 2,04 \quad \frac{H}{D} = 0,54$
 $L = 1,55 \quad H = 0,75 \quad D = 1,4 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} f_{H-2} = 0,077$
 $\frac{L}{D} = 1,1 \quad \frac{H}{D} = 0,54$
 $f_{H-2} = 2 \cdot (f_{H-1} - f_{H-1}) = 2 \cdot (0,113 - 0,077) = 0,036$



l)

• Sammansjålling före åtgård

Rumsyta	Vinkelkoeff	∑ temp	f _i ∑ ∫ (°C)
Fenster	0.456 + 0.028 = 0.484	85	4.11
Raddator	0.005	70.0	0.35
Yttervägg	0.118	15.7	1.85
Besiktning	0.076	14.1	1.07
Tak	0.132	13.6	1.80
Golv + vägg ① och ②	0.185	20.0	3.70
$\sum = 1.000$			$\sum \int = \sum f_i \cdot \sum \int = 12.88$

$\sum \int \cdot P_1 = \frac{\sum \int + \sum \int}{2} = \frac{20.30 + 12.88}{2} = 16.6 \text{ °C}$

• Sammansjålling efter åtgård

Rumsyta	Vinkelkoeff	∑ temp	f _i ∑ ∫ (°C)
Fenster	0.484	12.1	5.86
Raddator	0.005	70.0	0.35
Yttervägg	0.118	15.7	1.85
Besiktning	0.076	14.1	1.07
Tak	0.132	18.6	2.46
Golv + vägg ① och ②	0.185	20.0	3.70
$\sum = 1.000$			$\sum \int = \sum f_i \cdot \sum \int = 15.29$

$\sum \int \cdot P_1 = \frac{\sum \int + \sum \int}{2} = \frac{20.30 + 15.29}{2} = 17.8 \text{ °C}$

k)

• Takets vinkelkoefficient f_i

$L = 3.3$ $H = 1.0$ $D = 1.05$ $L = 0.9$ $H = 1.6$ $D = 1.05$ $f = 0.056$
 $\frac{H}{L} = 0.30$ $\frac{D}{L} = 0.32$ $f = 0.007$ $\frac{H}{L} = 1.11$ $\frac{D}{L} = 1.17$

$L = 3.3$ $H = 0.4$ $D = 1.4$ $f = 0.009$
 $\frac{H}{L} = 0.12$ $\frac{D}{L} = 0.42$

$L = 0.9$ $H = 0.4$ $D = 1.4$ $f = 0$
 $\frac{H}{L} = 0.12$ $\frac{D}{L} = 1.56$

$f_{it} = 0.007 + 0.009 + 0.056 = 0.132$

$f_1 (\text{vägg ① och ② + golv}) = 1 - f_{11-1} - f_{11-2} - f_{11} - f_{11-1} - f_{11-2} - f_{11} - f_{11} - f_{11}$
 $= 1 - 0.456 - 0.028 - 0.005 - 0.076 - 0.132 - 0.185$
 $= 0.185$

UPPMATT AREA

Från stadsbyggnadskontorets stadsingenjöravdelning har erhållits byggnadsarea (BYA), som med kannedom om våningsantalet kan översättas till bruttoarea (BTA), se tabell 1:3. För att erhålla bruksarea (BRA) göres avdrag för omslutande väggar samt väggar mellan olika nyttjandeenheter, t ex bostadsenhet och lokalenhet eller inom bostadsenhet enskilda och gemensamma delar, vilka väggar ingår i omslutande konstruktionsarea (OKA). Skorsten > 0,5 m² inräknas ej heller i BYA

AREA- OCH VOLYMBERÄKNING FÖR BYGGNADER (Kalla: BST Byggstandardiseringen)

De tidigare använda termerna lägenhetsyta, bostadslägenhetsyta, bostadsyta och lokallägenhetsyta har ersatts med en standard med systematiskt uppbyggda termerna som primärbruksarea och primärnettoarea för bostad, lokal och hus enligt "1985 års byggstandard". I tabell 2:3 beskrivs de "gamla" begreppen i relation till de nya.

VOLYMBERÄKNING

Med bruttovolym avses volym innanför byggnadens begränsningsytor samt uppvärmd volym. Bruttovolym erhålls normalt som produkten av bruttoarea och tillhörande höjdmått, som följer:

- vid våning på eller under mark, inkl gångbar kulvert (våning) och våning närmast över öppen del (arkad e d) varvid höjden mäts från nedersta bjälklagets undersida (inkl ev isoleringsskikt till ovanförliggande bjälklags överyta
- vid mellanvåning mäts höjden mellan färdiga överytor av två på varandra följande bjälklag
- vid våning närmast under yttertak mäts höjden som en medelhöjd mellan färdig överyta av våningens bjälklag och yttertaketets ovsida eller - under öppna delar på tak (terrass e d) - till färdig överyta av ovanförliggande bjälklag

Med varmd volym avses nettovolym för de delar i en byggnad som kan ges en för avsett ändamål lämpad temp. I varmd volym inräknas dessutom:

- delar av t ex källare som avsiktligt tillförs varme från varmda delar

I varmd volym inräknas inte:

- delar av t ex vindsvåning, som ligger utanför de varmeisolerade konstruktioner som omsluter varmda delar
- delar av t ex källare som ej avsiktligt tillförs varme från varmda delar

Nettovolym för varmda delar erhålls normalt som produkten av nettoarea och tillhörande rumshöjd.

TABELL 1:3 Arealuppgifter

Kalla: Stadsingenjorsavdelningen, stadsbyggnadskontoret

Våningsplan	I	II	III	Totalt
Hussvalan	Bruttoarea (BTA)			
Hus A	563,2	563,2	563,2	1.689,6
Hus B	573,8	573,8	573,8	1.721,4
Hus C	376,1	376,1	376,1	1.128,3
Hus C	172,8			172,8
Hus D	376,1	376,1	376,1	1.128,3
Hus E	496,9	496,9	496,9	1.490,7
SUMMA	2.558,9	2.386,1	2.386,1	7.331,1

TABELL 2:3 Arealberäkning

Kalla: BST Byggstandardiseringen

Ny standard	Aldre standard			Inraknas	Inraknas ej
	by	vy	ly	bly	lly
Byggn area (BYA)	1				Indragen del
Bruttoarea (BTA)	2	3			Vaggar (samt1) Indr del ^a
Bruksarea (BRA)			4	4	4 " (inv) Vaggar (omsl)
Nettoarea (NTA)					Nettoarea " (samt1)
Konst area (KA)					Vaggar (samt1) Nettoarea
omslutande (OKA)					" (omsl)
invändig (IKA)					" (invänd)

Anm 1a) Del under balkong, som inskränker markens nyttjande

1b) Som öppen area räknas balkong och indragen del vid t ex entré

- 2 Normalt räknas bruttoarea för varje helt våningsplan. Med våningsyt i en byggnad har avsetts summan av våningsytorna i våningar över mark inkl inredd och uppvärmd del av vindsvåning.
- 3 Våningsyta enligt denna definition motsvaras närmast av bruttoyta
- 4 Det begrepp i BST-standarderna, som närmast motsvarar lägenhetsyta, bostadslägenhetsyta och lokallägenhetsyta är bruksarea. BLY + LLY är således approximativt lika BRA.

BILAGA 4.

TILLSATSRUTA ("3:E RUTAN")

Fordelningsberäkning av energibesparing med tillsatsruta

ENERGISPARBERÄKNING. TEORI

Låt byggnadens totala värmebehov vara

$$Q = (T+V) \cdot \theta_f$$

där $T = \Sigma kA$ och $V = \rho \cdot c_p \cdot L$, L = ventilationsflöde

θ_f = temperaturdifferens inne - ute

Om tillsatsruta utförs och tätning sker mellan båge - karm resp karm - smyg och fönsterarea är F är värmebehovet före åtgärder

$$Q_f = (T+V - k_f \cdot F) \cdot \theta_f + k_f \cdot \theta_f \cdot F$$

Åtgärderna ändrar k_f till k_e samt medger lägre inomhustemperatur, d v s θ_f ändras till θ_e . Värmebehovet blir

$$Q_e = (T+V - k_e \cdot F) \cdot \theta_e + k_e \cdot \theta_e \cdot F$$

Besparingen är då

$$\Delta Q = Q_f - Q_e = X \cdot (\theta_f - \theta_e) + (k_f \cdot \theta_f - k_e \cdot \theta_e) \cdot F$$

där $X = T+V - k_f F$. Med $\theta_f - \theta_e \equiv t_f - t_e$ erhålls

$$\begin{aligned} \Delta Q &= X \cdot (t_f - t_e) + k_f \cdot \theta_f \cdot F \left(1 - \frac{k_e \cdot \theta_e}{k_f \cdot \theta_f}\right) = \\ &= X \cdot (t_f - t_e) + F \cdot \theta_f \cdot (k_f - k_e) \cdot \frac{\theta_e}{\theta_f} = \\ &= X \cdot (t_f - t_e) + F \cdot \theta_f \cdot (k_f - k_e) + F \cdot \theta_f \cdot (k_e - k_e \cdot \frac{\theta_e}{\theta_f}) \cdot (k_e - k_e \cdot \frac{\theta_e}{\theta_f}) = \\ &= X \cdot (t_f - t_e) + F \cdot \theta_f \cdot (k_f - k_e) + F \cdot k_e \cdot \theta_f \cdot \left(1 - \frac{\theta_e}{\theta_f}\right) \end{aligned}$$

$$\Delta Q = X \cdot (t_f - t_e) + F \cdot \theta_f \cdot (k_f - k_e) + F \cdot k_e \cdot (t_f - t_e)$$

(a) (b) (c)

Besparingen består av 3 delar. Termen (a) utgör besparing p g a lägre inomhustemperatur och därmed lägre transmission väggar och liksom mindre värmebehov för ventilation. Term (b) är besparing p g a lägre k-värde för fönster och term (c) är besparing genom lägre temp differens över fönster.

BILAGA 5.

Beräkning av operativ temperatur

Beräkning enligt nedan ger följande resulterande operativa temperaturer:

vardagsrum, 2-glas fönster	16,6°C
vardagsrum, 2-glas fönster + tillsatsruta	17,8°C
sovrum, 2-glas fönster	17,8°C
sovrum, 2-glas fönster + tillsatsruta	18,8°C

Värdena gäller för 20°C lufttemperatur.

BILAGA 6.

SPECIFIKT VÄRMEBEHOV FOR HUSSVALAN

Fonsterareor har beraknats efter karmyttermått.
Fasadarean avser husets invändiga bredd- resp längdmått multiplicerat med totala våningshöjden.
Ytor för tak resp bjälklag över källare avser huset invändiga breddmått multiplicerat med längdmåttet.
Bröstning avser balkongdörrens bröstning resp entrédörrens.
K-värden för 3-glas och 2-glas fönster, fasader och takbjälklag enl tabell nedan.
K-värden för bjälklag över bottenvåningen har satts lika med vindsbjälklagets K-värden före åtgärd.
Tak över trapphus har ej åtgärdats varför 2 st uppgifter förekommer under rubriken tak.
Vid beräkning av värmeförlusterna genom bjälklag över källaren har förutsatts att medeltemperaturen under året i källaren är +12°C och +20°C i bottenvåningen.

REFERENSER

1. Energisparkvarter, Malmö.
Bertil Fredlund, juli 1985
2. Energisparkvarter Hussvalan, Erikstorp och Kroksback,
Malmö
Preliminarrapport maj 1984
Erling Hansen m fl
3. Kallras vid fönster
John Rydberg VVS 34 (1963)

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800941-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Malmö kommuns
fastighetskontor, Malmö.

R103: 1986

ISBN 91-540-4635-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706103

Abonnemangsgrupp:
T. Fastighetsförvaltning
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 35 kr exkl moms