



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

R13:1984

Täby-projektet
Energisnåla hus i Täby

Nils-Eric Lindskoug

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *5er*

R
5er

Byggeforskningsrådet

R13:1984

TÄBY-PROJEKTET
Energisnåla hus i Täby

Nils-Eric Lindskoug

Denna rapport hänför sig till forskninganslag
760756-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Tyréns Företagsgrupp AB, Stockholm

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

R13:1984

ISBN 91-540-4076-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLLSFÖRTECKING:

FÖRORD	5
0 SAMMANFATTNING	7
1 INLEDNING	13
1.1 Allmän inriktning	13
1.2 Syftet med denna rapport	13
1.3 Målsättningen för Täby-projektet som helhet	14
1.4 Målsättningen med särskild hänsyn till sambandsnyttan	15
1.5 Målsättningen med särskild hänsyn till de i projektet medverkande	16
2 PROJEKTETS UPPLÄGGNING OCH GENOMFÖRANDE	20
2.1 Valet av energibesparande system	20
2.2 Valet av kombinationer	21
2.3 Organisation av genomförande och utvärdering	22
2.4 Beskrivning av husen - referenser till delredogörelse och till bilagor .	23
3 MÄTNINGAR	38
3.1 Kort beskrivning	38
3.2 Mätstorheter och bedömd noggrannhet . .	39
3.3 Mätvärdenas behandling och mätvärdesfel	40
4 ENERGIBALANSER	41
4.1 Principer	41
4.2 Bearbetning av ett antal 14-dagarsmedelvärden	44
4.3 Entalpi förluster - avdunstningsvärme . .	67
4.4 Simuleringar med TRNSYS	70
4.5 Styrsystem för temperatur och luftflöden	77
4.6 Årsbalanser med huvudsakligen manuella korrigeringsberäkningar. Perioderna maj 79 - maj 80 samt maj 80 - maj 81 .	85
4.7 Känslighetsanalys, felkalkyl	126
4.8 Översikt av resultaten samt beräkning med ledning av klimatdata och husdata .	135
4.9 Sammanfattande slutsatser	151
5 JÄMFÖRELSE MED ÖVRIGA UTVÄRDERINGAR . .	153
5.1 Ventilation med värmeväxling	153
5.2 Värmepumpar	169
5.3 Solvärmesystem	182

6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	188
6.1	Tekniska huvudresultat i jämförelse med målsättningen	188
6.2	Översikt av de tekniska systemens teoretiska ekonomi med hänsyn till praktiskt uppnåelig funktion	191
6.3	Resultatens pålitlighet	203
6.4	Sammanfattning av vetenskapliga och praktiska resultat från Täby-projektet - resultatens generalitet	204
7	MÄTDATA FRÅN TÄBYPROJEKTET FÖR HUGADE FORSKARE	209
7.1	Inledning	209
7.2	De automatiska mätningarna	209
7.3	Övriga mätdata	211

BILAGOR:

1	Beskrivning av installationer - vissa detaljer	212
2	Mätsystem och mätningar	216
3	Plot av Q, vädring m m från regressionsanalyser	232
4	Diverse ingångsdata för beräkningar	239
5	Driftstörningar från inflyttningen 77-78 t o m försommaren 1980	247
6	Specialhuset 22S, vissa försök som bekostats av diverse intressenter från näringslivet	265
7	Mätvärdesfel från automatiska registreringar av energiflöden mätåret 1980-81	272

FÖRORD

Idén till projektet föddes på våren 1974 vid ett sammanträde med Energiprogramkommittén. Nils-Eric Lindskoug fick då i uppdrag att göra en utredning om provhus åt BFR.

Vid årsskiftet 1974/75 inriktades arbetet på ett mer konkret projekt och arkitekten Gunnar Larsén kom med i arbetet. Därefter togs kontakt med ABV* efter diskussioner med SBEF**. Svenska Fläktfabriken åtog sig omgående ansvar för "installationer".

"Mätningar" skulle i förstone upphandlas av WALLAC OY men BFR avsåg att starta en mätcentral vid KTH, varför ansvaret sedermera överfördes dit.

Via ABV kom Täby kommun in i bilden och rätt snart inriktades arbetet på området vid Byle gård.

En bärande idé var att väl avgränsade ansvarsområden skulle utstakas. Byggnad, installationer samt mätning var de tre huvudområdena. Dessutom tillkommer själva utvärderingen, för vilken ansvaret givetvis måste vara delat.

Under loppet av 1975 blev det uppenbart att målsättningen för vårt projekt mycket nära sammanföll med en av målsättningarna för CDLs*** arbete med energisnåla hus. När sedermera på våren 1976 en styrgrupp för projektet konstituerades ingick CDL som medlem i denna. CDL lämnar dessutom direkt ekonomiskt stöd till projektet, ett stöd på likartade villkor som det byggforskningen ger. I styrgruppen blev Lennart Östman från ABV ordförande (dåvarande ledamot av BFR - sedan överdirektör i Fortifikationsförvaltningen).

Styrgruppens ledamöter:

Ordförande:

Direktör Lennart Östman ABV (f d)

Projektledare:

Civ ing Nils-Eric Lindskoug TYRENS

* ABV = Armerad Betong Vägförbättringar AB

** SBEF = Svenska Byggnadsentreprenörföreningen

*** CDL = Centrala driftledningen, samarbetsorgan för elkraftproducenter

Bitr projektledare (från 781002):

Lars-Ove Eriksson BALKENKONSULT (f d)

Övriga ledamöter:

Direktör Sven Andersson	Sv Fläktfabriken
Civ ing Gunnar Berkowicz	(f d Platzter Bygg, AGA Innovation AB)
Civ ing Lars Hannervall	Vattenfall
Ark SAR Gunnar Larsén	FFNS Gruppen AB
Civ ing Per Nordesjö	ABV
Civ ing Jan Randers	CDL
Professor Enno Abel	Inst f Installa- tionsteknik, CTH, styrelseledamot i Vattenfall
Tekn lic Eric Granryd	Inst f Mekanisk Värme o Kyla, KTH, AGA Innovation AB
Professor Ingemar Höglund (del av tiden)	Inst f Byggnads- teknik, KTH

Som suppleanter har följande personer fungerat:

för Sven Andersson - Christer Risberg, Leif Norell
" Ingemar Höglund - Göran Ottoson, Per Isakson

Anslag erhöills 761201 (beslutsdatum), varvid BFR dock i första hand beslöt att stödja 13 av husen. I BFRs urval ingick hus 44, som icke är möjligt att utvärdera med enkla mätprogram. Styrgruppen tog dock på sitt eget ansvar att fullfölja de ursprungliga ambitionerna att utvärdera 26 hus och den därav föranledda volymökningen av mätprogrammet.

Våren 1977 invaldes dessutom i styrgruppen representeranter för Tekniska Högskolan och Chalmers, som har till uppgift att delta i och ansvara för vetenskaplig utvärdering av projektet. Mätcentralen för Energiforskning vid KTH har varit under uppbyggnad parallellt med Täby-projektet. Detta har alltså blivit det första av deras mätobjekt.

Under tiden 1977 - maj 1978 fungerade Pontus Sandborgh (TYRENS) som sekreterare och var samtidigt sammanställande i mätgruppen.

Under våren 1978 började konturerna av arbetet med mätning och utvärdering att klarna. Under sommaren och hösten gjordes viss omorganisation i projektet.

Våren 1981 slutredovisades mätåren hösten 78 - sommaren 80. Ett tillkommande mätår - sommaren 81 - redovisas i föreliggande slutliga rapportserie.

0 SAMMANFATTNING

Täby-projektets mål har varit att pröva vår kunskap om energibesparingsteknik och att utveckla den. Avsikten har INTE främst varit att åstadkomma energisnåla hus.

Provhusprojektet var 1974 och -75 föremål för en slags marknadsundersökning hos tongivande myndigheter, institutioner och enskilda och bemöttes därvid positivt, på sina håll t o m entusiastiskt. När mer konkreta planer sedermera framlades var mottagandet något svalare. Tanken på svårigheter för ett så stort och kostsamt projekt manade till eftertanke.

Uppläggningen med huvudintressenter i besittning av stora egna resurser, ABV, CDL och Fläkt och författarens huvudman TYRENS kunde eftertryckligt hävda såväl kompetens som förmåga att genomföra projektet. BFR bidrog med konstruktiv kritik till en rationell uppläggning av projektet men ställde samtidigt så höga krav på vetenskaplighet och objektivitet att projektet ökade väsentligt i svårighetsgrad. Organisationen utvidgades t ex med högskolerepresentanter och en betydligt mer sofistikerad mätning än vad som ursprungligen avsetts projekterades.

Täbyprojektet kom delvis därför att stå fadder för

- BFR:s experimentbyggnadsfond
- Mätcentralen för Energiforskning (MCE) vid KTH.

Födslovåndorna för MCE drabbade projektet i form av överbelastning av projektorganisationen, försenad mätstart och skenande kostnader för mätinstallationen m m. Motsvarande vändor vad beträffar experimentbyggandet fortsatte även efter själva projektets slut i form av förhandlingar med husägare beträffande omfinansiering och ombyggnad av vissa hus och experimentinstallationer.

Den stora frågan projektet skulle söka belysa var: "Har vi i Sverige kunskap och andra resurser som räcker till för att omgående massproducera energisnåla hus".

Alla andra frågor är underordnade denna huvudfråga även om de i sig själva är intressanta nog - exempelvis

- vad hamnar vi på för energikonsumtionsnivå med den nya byggnormen
- kan värmepumpar, solvärme etc på ett ekonomiskt rimligt sätt bidra till energisnålt byggande
- hur ser egentligen energibalansen för en byggnad ut
- vad betyder byggnadens täthet och hur viktig är den etc

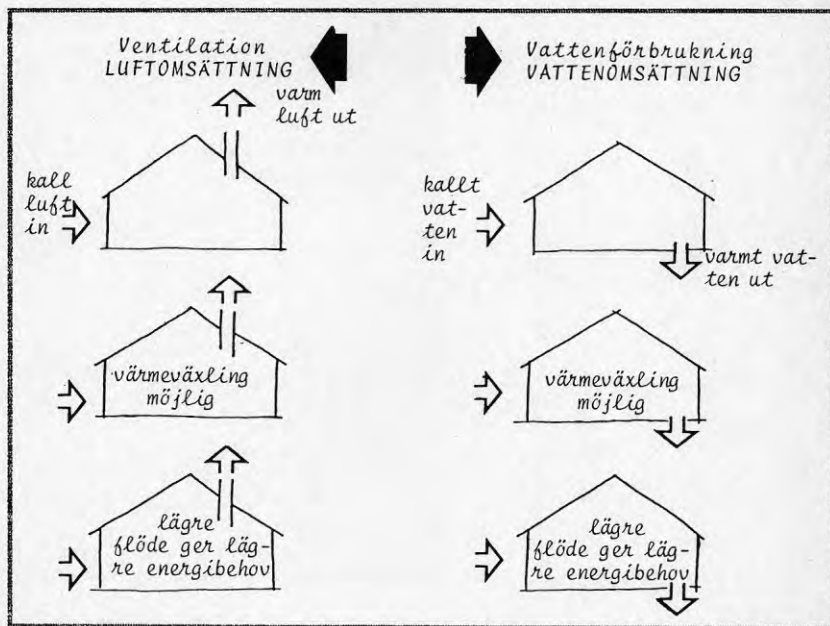
Styrgruppsintressenternas handlingskraft testades redan i inledningsskedet med stora svårigheter att få såväl mätsystem som energisparande system i husen driftsatta. En organisatorisk och finansiell reorganisation genomfördes i detta skede.

Från hösten -79 fungerade det stora och komplicerade mätsystemet väl, men inte förrän sensommaren 1980, drygt två år efter inflyttningen, fungerade huvuddelen av alla energisparande installationer nöjaktigt. Detta föranledde en förlängning av mätningarna fram till midsommaren 1981 för en del hus, främst de för vilka mätresultatet inte kunde sägas vara representativt förrän under sensommaren 1980.

Vad är då resultatet? Först och främst kan hävdas att det är ett bra resultat som uppnåtts. Den stora datamängden av mätresultat är unik. Noggrannheten i bestämningarna är så god som +/- 2 à 3 % räknat på hela energibalansen för de friliggande husen och marginellt sämre för de i sammanhanget något besvärligare radhusen.

Projektets huvudfråga huruvida vi kan börja massproducera energisnåla hus med olika slag av "system" kan besvaras som följer.

- Komplicerade system med många reglerfunktioner klarar man inte (än) i små individuella system.
- Även friliggande hus kan göras så energisnåla utan "system" att sparmöjligheterna knappast betalar något "system" av mer komplicerat slag.
- Ventilationsvärmewäxling (FTX) kan göras ekonomiskt bärkraftig endast om husen görs extremt täta och om de förblir täta, vilket vi ännu inte säkert vet, även om positiva tendenser noterats. Den hygieniska fördelen med god luftomsättning är emellertid ett mycket starkt argument för FT-ventilation.
- Värmepumpar är klart intressanta och kan fås att fungera väl om och när en omsorgsfull och tekniskt kvalificerad produktutveckling drivits tillräckligt långt. De relativt stora värmepumpar som är vanligast på marknaden idag, innebär dock oftast en alltför stor investering för att den skall betala sig i enskilda nybyggda välisolerade hus. De i Täby-projektet provade typerna lämpar sig bättre för små kollektiva system, t ex för några radhuslameller. - Naturligtvis lämpar de sig väl för hus med relativt stora värmebehov.
- Solvärmesystem för tappvarmvatten kan knappast konkurrera om inte priset drivs ner under 10.000 kr (1980 års penningvärde). Till detta bidrar det faktum att elektricitet sommartid är och under lång tid kommer att förbli relativt billig. Dessutom syns tappvarmvattenbehovet vara överskattat på



grund av den dåliga teknik för tappvarmvattenvärming och distribution man hittills tillämpat.

- Solvärme för både varmvatten och värme har sämre konkurrensvillkor än systemen endast för tappvarmvatten och har små chanser i småskalig tillämpning, om inte något radikalt teknikgenombrott sker.

Det från författarens subjektiva synvinkel mest betydelsefulla resultatet är ett generellt giltigt system för beräkning av energibalanser. Sambanden kan studeras i enkla varaktighetsdiagram, som systematiserats i utvärderingsarbetet. Man kan där enkelt se t ex

- den relativa betydelsen av olika slag av energiförluster och av energibesparande system
- hur gratisvärmens minskar när energisparande åtgärder av typ värmeisolering, ventilation, värmeväxling och styrning införs.

Den konsistens och "reda" i resultaten som vi fått är nog ovanlig. Att teori och praktik ibland stämmer tar man vanligtvis som en glad överraskning. Här stämmer emellertid det mesta.

- Lika hus stämmer parvis - för de nio friliggande huspar som nu redovisas skiljer sig energiförbrukningstalen 1 å 2 % (samtidigt beräknas dock osäkerheten vara +/- 3 %).
- Energivinst av energibesparande system beräknade som skillnad mellan referens- och försökshus (indirekt mätning) stämmer med direkt uppmätt energivinst.
- Nya teorier om ventilation och värmeväxling stämmer med såväl direkta som indirekta mätningar.
- Den statistiska analysen styrker alla väsentliga mätresultat som är åtkomliga för den statistiska metod som använts.

Med denna bakgrund är det försvarligt att tala om generalitet i resultatet - en generalitet som borde kunna komma till nytta i andra sammanhang.

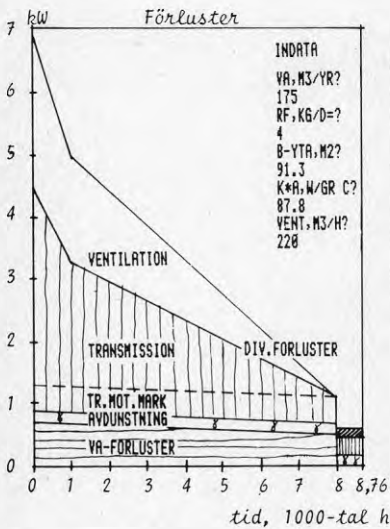
Många intressanta detaljfrågor kan också belysas. En sådan fråga är exempelvis: Vad kan man åstadkomma med extrem värmeisolering ("superisolering")? Vi har ett svar från projektet: Våra radhus kan uppfattas som superisolerade friliggande hus. Att de minskade transmissionsförlusterna uppnåtts med hjälp av mindre ytor i stället för med tjockare isolering hindrar inga slutsatser om energibalansen, dess omfång och karaktär. Exempelvis har vi ett FTX-hus som med okorrigerad förbrukning har en betald konsumtion av 11.000 kWh under ett år. Och detta år var 10 % kallare än normalt. Resultaten från detta hus belyser inte bara "superisolering". De visar också entydigt den


```

10 VAC
20 N=0
30 INP "VA,M3/YR",
  A
35 IF M>0 THEN 120
40 INP "RF,KG/D=",
  R
45 IF M>0 THEN 120
50 INP "B-YTA,M2",
  
```

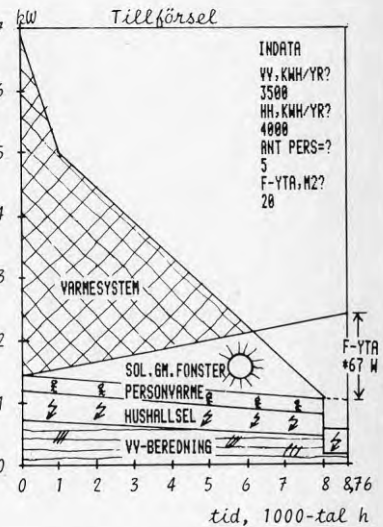
```

H"
430 PRT "D=";RND(D,
-4);CSR 11;"S="
;RND(S,-4)
440 PRT "V=";RND(V,
-4);CSR 11;"P="
;RND(Z,-4)
450 PRT "T=";RND(T,
-4);CSR 11;"H="
  
```



RESULTAT

FOERL=UT	TILLF=IN
D= 120	S= 3389
V= 9813	P= 2598
T= 12579	H= 4000
R= 993	VV= 3500
A= 4263	U= 13481
Q= 26968	Q= 26968
	E= 20981



```

, H
95 IF M>0 THEN 120
100 INP "PERS,KWH/Y
  R=",P
105 IF M>0 THEN 120
110 INP "F-YTA,M2",
  F
116 GOTO 120
117 PRT "EFFEKTBER"
  
```

```

I:"E=";RND(E,-4
)
725 GOTO 735
730 PRT "ATERST, VA
  R"
735 A=A/.00345
740 Y=V/.04097
745 R=R/.0283333
750 T=(T-Y*8.76)/.1
  
```

stora betydelse vattenförbrukningen har. I detta hus är förluster orsakade av att kallt vatten tas in i huset och varmt avloppsvatten lämnar det särskilt små.

Frågor kring täthet, ventilation och vattenförbrukning med dess koppling till energi har alltså förts framåt. Resultaten bör också rimligtvis kunna användas i vårt stora bestånd av befintliga hus, där åtgärder kan ge stora och snabba resultat.

Slutligen. Projektet har varit kostsamt, men vi har dock inte förbrukat mer pengar än vi i Sverige totalt lägger ner på energisnåla konstruktioner PÅ TVÅ DAGAR. Om vi en tid framöver kan hjälpa till att styra dessa investeringar i en effektivare riktning är projektets kostnad väl använda pengar.

1 INLEDNING

1.1 Allmän inriktning

Från rent teknisk synpunkt finns det inga större svårigheter att bygga hus som knappast förbrukar någon energi alls. Med rymdteknik kan det mesta åstadkommas. Men på samma sätt som man svårligen kan tillverka televisionsapparater med stenyxa och flintkniv kan i vårt bostadsbyggande "nollenergihus" knappast byggas med de verktyg som vi idag har. Målsättningen måste alltså begränsas.

Självfallet är det också vad som är av primärt intresse just att söka få reda på vad som kan åstadkommas med de verktyg vi har. Verktygen är helt enkelt svenska byggföretag, industriföretag och det kunnande som finns hos tekniker och administratörer.

"Täby-projektet" kan alltså ses som en slags positionsbestämning: Var befinner vi oss idag? Vad kan åstadkommas med den teknik som omedelbart går att tillämpa i byggprojekt? Vilka svårigheter möter man och vilken är den lämpliga inriktningen när det gäller att bygga energisnåla hus?

Inom ramen för denna begränsade målsättning har vi valt att bygga hus som med god marginal uppfyller de nya kraven på god energihushållning. Det var dock inte vid projektstarten självklart att denna teknik skulle kunna införas utan att en rad svårigheter måste övervinnas.

Exempelvis kvarstod åtminstone vid byggstarten väsentliga frågetecken vad beträffar husens täthet och hur en sådan täthet skulle åstadkommas. Vilken inverkan olika grader av täthet har på de tekniska systemen är ett av mätningarnas väsentligaste delmål.

Byggnormens grundläggande krav är ökad isolering och täthet. Dessutom valdes att införa fyra ytterligare "system" för energibesparing! Solvärme, styrsystem för behovsstyrt inneklimat, värmepump och ventilation med värmeåtervinning.

1.2 Syftet med denna rapport*

- Att ge en överblick av projektet som helhet.
- Att redovisa metoder och resultat för att förklara och precisera den totala energibalansen för en byggnad.
- Att bestämma skillnaden mellan energiförbrukning i hus med olika system med hjälp av energibalansresultaten.

* Tidigare delredogörelse "Täbyprojektet" BFR R83:1979
Andra rapporter: VENTILATION, VÄRMEPUMPAR, SOLVÄRME,
SPECIALHUS

1.3 Målsättningen för Täby-projektet som helhet

Det främsta målet för Täby-projektet som helhet har samtliga inblandade parter sett vara som följer:

- Att utröna vad vi kan åstadkomma i energibesparingshänseende med nuvarande resurser (dvs kunskaper och andra resurser i bygg- och industriföretag, kommuner, enskilda etc).
- Att systematisera och fastställa energitillförselns och energiförlusternas nivå och fördelning enligt den nya byggnormen (SBN 75, Suppl nr 1).
- Att se om "avancerade system" kan ge påtagliga (och positiva) resultat vad beträffar energiförbrukning och miljöeffekter.
- Att om möjligt extrapolera från friliggande hus och radhus till större bostadshus.
- Att jämföra kostnader och energibesparing för olika energibesparande system.
- Att ge erfarenheter av avancerad installationsteknik och dess påverkan på byggprocessen.
- Att ge beslutsfattare på olika nivåer vetenskapligt verifierat underlag för olika dispositioner i energisammanhang när det gäller byggande.
- Att redovisa utvärderingsresultat enligt internationella mallar (t ex IEA) för internationella jämförelser.

Delfrågor beträffande byggnaders energibalans som inte tidigare behandlats är bl a följande:

- Hur mycket uppvärms KALLVATTENFLÖDET genom normala bostadshus?
- Hur stor är skillnaden i luftläckning när man har system med frånluft enbart och när man har både från- och tilluft. Stämmer mätningar med beräkningar?
- Hur stor del av VARMVATTENFLÖDET omvandlas till spillvärme i huset (till godo eller till ondo)?
- Kan vädringsförluster kvantifieras och relateras till uppmätt vädringstid?

Delfrågor som tidigare behandlats men där inga definitivt säkra slutsatser kunnat göras av mätningar är värmetröghetens betydelse samt avloppsvattnets värmeinnehåll, alltså:

- Nyttiggörs "gratisvärme" i högre eller lägre grad beroende på husens värmetröghet. Värmeströmmen nedåt från huset; hur bidrar den?

- Hur stor del av avloppsvattnets energiinnehåll är en "energiförlust" för huset? Är den påverkbar med enkla medel (dvs utan värmepump etc)?

Projektet bedömdes medföra stora möjligheter att få till stånd en verkligt noggrann kartläggning av byggnaders energibalans. Detta ansågs kunna åstadkommas om antalet hus blir relativt stort, så att egendomsförhållanden som uppträder inte gärna kan uppträda samtidigt i alla hus och därmed undgå upptäckt.

När det gäller byggnaders energibalans har hittills alltför många förmodanden och gissningar fått gälla. Därför är också en noggrann uppmätning såväl av själva husets alla väsentliga egenskaper i energihänseende som av delsystemens funktion av största vikt, allra helst om jämförelser med ett stort antal likadana hus utan "system" eller med andra "system" samtidigt kan göras.

En noggrann och detaljrik bild av energibalansen för en byggnad är ett grundläggande krav för att en FÖRÄNDRING av byggnaden i energihänseende skall kunna bedömas. Byggnormens (SBN 75) Supplement nr 1 kan med en sådan bakgrund bedömas bättre än med dagens kunskap.

1.4 Målsättning med särskild hänsyn till samhällsnyttan

I föregående avsnitt redovisades nyttan av en noggrann och överskådlig kännedom om energibalanser för hus. Samhällsnyttan av detta behöver inte närmare utredas.

På motsvarande sätt gäller att exempelvis lagstiftning om energibesparing - t ex energisparplanen - skulle stått på en betydligt fastare grund om kunskapen om energibalans varit bättre. I efterhand kan konstateras att flera felaktigheter finns. Exempel härpå är den stora betydelse som tillmätts tätning av byggnader. Tätning torde i själva verket vara betydelselös i hus med frånluft, tveksam i självdragshus och av fundamental betydelse endast i hus med FT-system.

För all kommande bebyggelse är den teoretiska grundvalen viktig. God kunskap om sambanden ger möjlighet att konstruera goda och effektiva system. - Därmed kommer också frågan om generalitet i resultaten i fokus.

Kunskap om småhus - friliggande och radhus - bör ge tillräcklig grund för mer vittgående slutsatser även för större hus. Kunskapsluckorna berör nämligen frågor om generella samband, som också antytts ovan, särskilt med avseende på luftomsättning och vattenomsättning.

1.5 Målsättningen med särskild hänsyn till de i projektet medverkande

Förutom dessa gemensamma mål har från Fläkts sida dessutom framförts vikten av att få (citat:)

- "● jämföra verklig energibesparing med databeräknad,
- i praktisk drift prova funktion, driftsäkerhet och verklig effekt hos laboratoriefärdig utrustning i olika kombinationer,
- ge erfarenhet av samarbete inom kvalificerad forskargrupp."

Bland anledningarna till att Fläkt ansett just Täbyprojektet vara lämpligt för sådana jämförelser har nämnts:

- "● Relativt stort antal hus.
- Husen bebos av normala familjer (- urvalsprocessen har noga penetrerats och slutsatsen är att mera "normalitet" svårligen kan nås).
- Alla hus är av ungefär samma höga och jämna kvalitet och uppfyller mer än väl SBN 75 för täthet och isolering.
- Alla hus har utförts av en och samma byggtreprenör.
- Alla hus befinner sig på en enda plats med samma vind-, sol- och temperaturförhållanden.
- Kvalificerade mätningar och utvärderingar kunde garanteras.
- Kvalificerad styrgrupp kunde snabbt organiseras."

Sammanfattningsvis kan alltså sägas att främsta anledningen till att Fläkt engagerade sig i Täbyprojektet var att ett stort antal likartade byggnader av hög kvalitet från början kunde utföras med ett flertal helt olika system för energibesparing i ett och samma geografiska område samt att kvalificerade mätningar och utvärderingar planerades.

Mätresultat från Täby avsågs göra det möjligt att kontrollera de teknisk-ekonomiska kvaliteterna av de på marknaden vanligaste kvalificerade systemlösningarna (värmeväxlare, värmepumpar och solfångare) samt att räkna om resultat

- till orter med annat klimat,
- till byggnader av annan typ,
- till andra systemkombinationer.

Registrering av mätvärden har också haft en sådan omfattning att den kan ligga till grund för framtida forskningsarbeten kring frågeställningar som inte nu omfattas av projektet.

Fläkt anser att detta är en viktig målinriktning, som inte hade kunnat nås till samma kostnad i ett stort antal småprojekt i olika delar av landet.

Fläkt anser också att projektet blivit betydligt värdefullare genom den ökade ambitionsnivån för såväl ingående system (fler typer av värmepumpar och värmväxlare) som för det i jämförelse med ursprungliga planer utökade mätprogrammet.

Från ABV:s synvinkel har särskilt följande syften framhållits (citat:)

- "● Hur åstadkoms täta hus? Vad kostar det? Vilka nya egenskaper får de?
- Hur påverkar avancerade och komplexa installationer produktionskostnader och kostnader för slutprodukten?
- Vilka installationer ger en konkret energibesparing?
- Ge underlag för produktutveckling samt underlag för byggarepåverkan i energidebatten.
- FoU-erfarenhet från samarbete mellan teoretiker och praktiker."

I likhet med Fläkt framhöll ABV att "det relativt stora antalet hus med samma byggnadstekniska kvalitet är en stor fördel, liksom att husen bebos av familjer som inte kunnat påverkas av att projektet är ett energiforskningsobjekt."

En annan viktig fråga är husens täthet som funktion av tiden. Nuvarande bestämmelser knyts ju till slutbesiktningstillfället. Det är sannolikt att tätheten hos husen avtar med tiden och det är av största vikt att få denna fråga utredd, åtminstone på sikt. Med Täby-projektet har tätheten noga kunnat utvärderas vid byggtillfället samt under själva mätperioden. Ytterligare mätningar av tätheten har gjorts och i en framtid kan förnyade mätningar göras, varvid de noggranna mätningarna från projektets början och under dess löptid är av stor betydelse.

Samma fråga gäller för alla de energibesparande systemen. Hur fungerar de om några år? Likaså måste underhålls- och servicekostnader vara av största vikt för energisparsystems totalekonomi och konkurrenskraft. Under mätperioden kan dessa frågor knappast förväntas bli uttömmande belysta, men indikationer förväntas. - Nya mätningar behövs i en framtid om denna fråga skall kunna besvaras.

Även erfarenheten av garantiutfästelser beträffande energibesparingar har ansetts vara viktig.

För Avd för Byggnadsteknik vid KTH innebär Täby-projektet engagemang på två viktiga delområden (citat:)

- "● Tillämpning i stor skala av avancerad elektronisk mätteknik och datainsamling.
- Detaljstudium av solvärmesystem i praktisk drift i seriebyggda hus.

Prestanda och funktion av solvärmesystemen har undersökts noggrant i och med att ett stort antal parametrar bestämts. Av särskilt intresse är solvärmesystemens samverkan med andra system. I och med att husen bebos av ett normalt urval av familjer har också boendets inverkan på solvärmesystemens funktion kunnat beläggas.

De data som erhållits avsågs jämföras med beräkningsmodeller (bl a simulering med TRNSYS samt beräkning med F-chart och program enligt Valdis Girido). Utvärderingar kommer i ett något senare sammanhang (delrapporter) att presenteras enligt den s k IEA-mallen, så att internationella jämförelser skall kunna ske enligt standardiserade metoder. I detta avseende är projektet unikt eftersom ett så stort antal parametrar kan kontrolleras.

I samband med projektet har Mätcentralen för Energiforskning (MCE) byggts upp. Dess uppgifter har varit att föreslå mätapparatur, mätinstrument och datainsamlingssystem. Under projektets gång har också deras ansvar varit mätvärdesinsamling och (delvis) presentation av mätdata för utvärdering.

Intressanta erfarenheter har erhållits rörande en sådan mätcentral medverkan i ett stort och komplicerat projekt till gagn för andra och kommande sådana.

Ett väl fungerande datainsamlingssystem är av central betydelse för vetenskaplig utvärdering av detta och kommande provhusprojekt.

Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, delar i hög grad projektets övergripande intresse av att mer i detalj klarlägga byggnaders energibalans."

Institutionen för Installationsteknik vid Chalmers har som främsta mål att klarlägga ventilationens funktion i täta hus. Särskilt frågan om värmeåtervinning vid FT-ventilation (= FTX), dess funktion och ekonomi är av centralt intresse.

Institutionen för Kylteknik vid KTH har genom Eric Granryd och Henrik Enström ansvarat för att utvärderingen av värmepumpsystemen blir korrekt och uttömmande. De många misslyckanden som gjorts på området

småhusuppvärmning, särskilt med luft - luft värmepumpar har inte kunnat förklaras på ett tillfredsställande och uttömmande sätt. Med det mätsystem som finns i Täby-projektet och den bredd mätningarna fått ansågs det finnas goda utsikter att väsentligt berika vetandet på området (citrat:)

"För CDLs del har det ansetts vara av vikt att svensk kraftindustri får det rätta perspektivet på den stora försörjningssektor som uppvärmningen av bostäder utgör. CDL har också markerat detta genom att bidra till projektets finansiering och skälen kan specificeras som följer:

- CDLs arbetsgrupp för energisnåla hus har samma huvudsakliga målinriktning som Täby-projektet.
- En samlad insats med ett flertal hus i samma grupp - med samkörd mätning - ger avgörande fördelar framför småprojekt.
- Energibehovets nivå och fördelning i tid för olika uppvärmningssystem är av stor betydelse för en bedömning av framtida elkraftsförbrukning och elproduktionsapparatens uppbyggnad."

2 PROJEKTETS UPPLÄGGNING OCH GENOMFÖRANDE

2.1 Valet av energibesparande system

2.1.1 Värmeåtervinning med värmeväxlare från utgående ventilationsluft

Denna teknik är relativt väletablerad och välkänd sedan många år. De första försöken att installera sådana värmeväxlare i småhus gjordes redan för 20 år sedan.

2.1.2 Solvärme

Stora förväntningar knyts till solvärmens roll i framtiden. I och med detta har vi varken velat eller kunnat undvika att ta med solvärme bland projektets system. Mycket talade redan vid uppläggningsprojektet för att den typ av individuella solvärmesystem som av praktiska skäl provas i detta projekt inte är de mest konkurrenskraftiga. Kollektiva system för ett lämpligt antal hus är kanske bättre. Mycket finns dock att lära av en tillämpning i ett försöksobjekt av detta slag, särskilt genom möjligheterna till jämförelser mellan olika system.

2.1.3 Styrsystem för behovsstyrt inneklimat

Denna krångliga titel, som avser reglering av värme och ventilation, har valts för att markera att det inte är fråga om enbart termostatregering och enbart forcering av ventilationen vid matlagning. System som kan anpassa värme och ventilation så nära det aktuella behovet som möjligt i varje enskilt rum är med säkerhet lönsamma. De är säkert också hälsosamma.

En bit på vägen mot en utvecklad teknik för system av detta slag har vi redan kommit. Systemen borde rimligtvis ha stor utvecklingspotential.

2.1.4 Värmepumpar

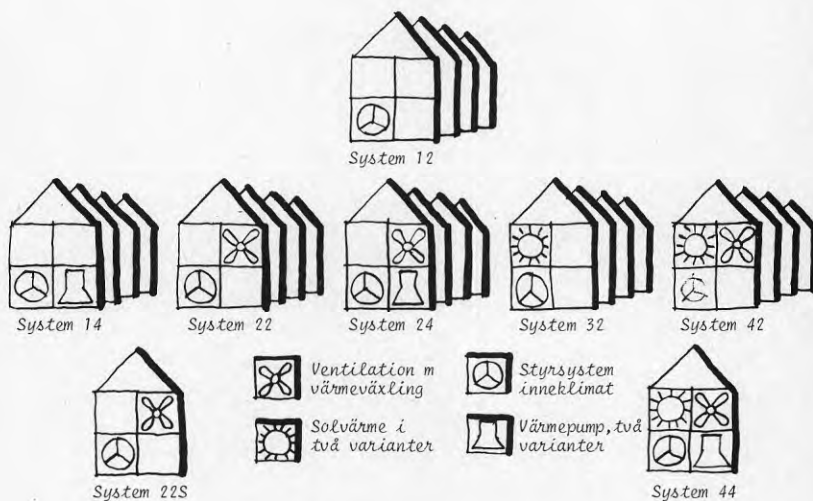
Stora förhoppningar knyts till värmepumpen på många håll. Därför hade det också varit felaktigt att inte ta med värmepumptillämpningar i projektet. Liksom för solvärmens är det inte alls säkert att de tillämpningar som valts är de bästa. De är dock de bästa som vid starten kunde erbjudas av svensk industri för ett projekt av detta slag.

2.2 Valet av kombinationer

De fyra valda systemen kan kombineras på 16 olika sätt, FIGUR 2.2.1. I ena änden förekommer en variant som inte har något av systemen och i den andra finns en variant med samtliga system i samma hus. Båda dessa varianter finns med. Den förstnämnda är "kontrollgrupp".

Den sistnämnda har tagits med mest av nyfikenhet, eftersom fyra system i kombination egentligen inte bör löna sig. Gränsnyttan av varje tillkommande system minskar nämligen ju fler system man har.

Av övriga 14 teoretiska möjligheter har valts att prova fem.



FIGUR 2.2.1 FÖRSÖKSUPPLÄGGNING. EN JÄMFÖRELSE SKER MELLAN SEX GRUPPER AV HUS. VARJE GRUPP HAR FYRA HUS, TVÅ RADHUS OCH TVÅ FRILIGGANDE. EN AV GRUPPERNA ÄR S K KONTROLLGRUPP. HÄRMEDE MENAS ATT DEN SAKNAR "SYSTEM". ALLA ANDRA HUS HAR OLIKA KOMBINATIONER AV SYSTEM ENLIGT SKISSEN.

Det totala antalet provhus är 26. Förutom kontrollgruppens fyra hus finns alltså fem systemvarianter med fyra hus i varje, FIGUR 2.2. Det blir 24. Så gjordes "känslspröt" dels i riktning mot "ingenjörsjulgranar", dels i riktning mot ekologihus, ett hus av vart slag. "Ekologihuset" har mer av passiv teknik; bättre värmeisolering, bättre värmeåtervinning samt multrum och biologisk vattenrening med viss värmeåtervinning från avloppet.

2.3 Organisation av genomförande och utvärdering

2.3.1 Motiv för valet av antal

Observationer på enstaka hus lämnar alltför mycket åt slumpen. För att få statistiskt väl underbyggda värden borde man egentligen ha relativt många hus. Av kostnadsskäl och av praktiska skäl har projektet fått begränsas till fyra hus av varje slag. Redan detta ger en betydande förbättring av säkerheten i bedömningar och mätningar jämfört med enstaka hus.

2.3.2 Mätningens omfattning

Ambitionerna för mätning och utvärdering har varit stora. Mer än 1000 mätkanaler har använts. Den data-teknik som använts är till sina delar väl etablerad, men hopbyggnaden till ett stort mätsystem har inneburit tekniska och organisatoriska svårigheter.

Naturligtvis kan man ställa sig frågan om det verkliga är nödvändigt att samla en så stor mängd mätdata. Detta är naturligtvis en avvägningsfråga, men som nämnts har det ansetts vara av största vikt att alla risker för oskärpa i mätmaterialen undanröjs.

2.3.3 Organisation av utvärderingsarbetet

Täbyprojektets styrgrupp har haft i uppgift att leda och samordna allt arbete med projektet, såväl vad avser byggande som försäljning och uppföljning med mätningar och utvärderingar av det vetenskapliga resultatet. För detta arbetes bedrivande konstituerades ett antal arbetsgrupper med olika befogenheter och ansvarsområden.

I projekterings- och produktionsskedena har främst byggkonstruktioner, installationer samt mätutrustning varit kritiska områden, där försöksuppläggningsen har grundlagts. Här har exempelvis bevakning av Tyréns konstruktionsarbete jämte diskussioner om nya konstruktionsdetaljer och utföranden kunnat ske genom P.O. Nylund, som redovisat till N-E Lindskoug. På motsvarande sätt har Gunnar Berkowicz bevakat installationssidan och redovisat på samma sätt.

För utvärdering av resultatet förutom övergripande analyser av de olika systemens relativa värde utsågs ett antal forskningsgrupper med specialinriktning enligt följande:

Uppgift	Ansvarig
Värmeåtervinning och täthet	Enno Abel, Torbjörn Jilar (CTH) Per Olof Nylund (TYRENS)
Solvärme	(Ingemar Höglund) - ansvaret övertaget av Per Isaksson febr 1981 (KTH)
Värmepumpar	Eric Granryd (KTH)
Styrsystem	Pontus Sandborgh (TYRENS)
Mikrobiologisk rening av avloppsvatten	Hans Ljunggren (Inst för Mikrobiologi, Ultuna)
Jämförande studier av olika system	Nils-Eric Lindskoug (TYRENS)

Särskilda anslag för mikrobiell rening av avloppsvatten erhöles inte av BFR. Professor Hans Ljunggren har därför endast deltagit som konsult till de privata intressenter, som bedrivit arbeten på detta område i författarens hus (AGA, UPO, Toa-Throne, Metec Ekologisystem AB m fl).

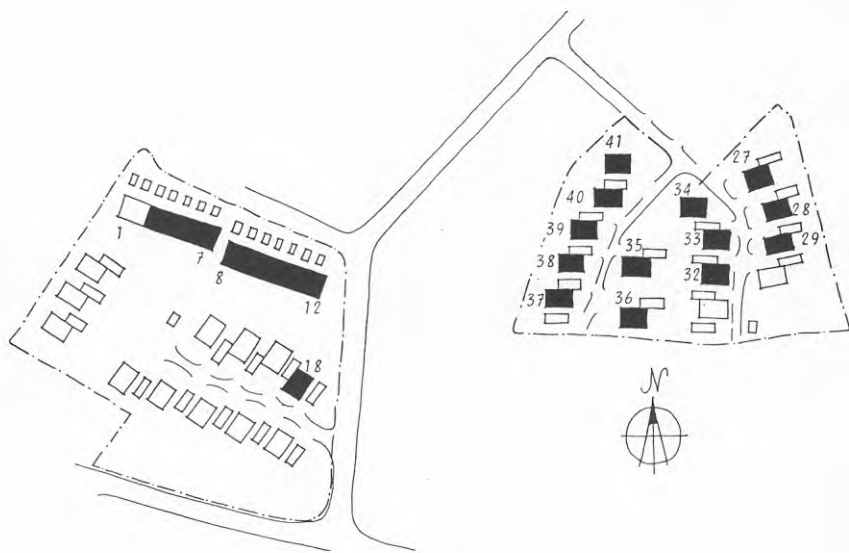
2.4 Beskrivning av husen - referenser till delredogörelse och till bilagor

2.4.1 Stadsplanen och den slutliga husutformningen

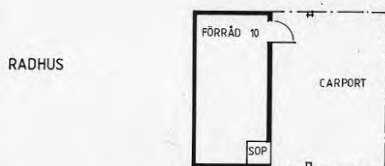
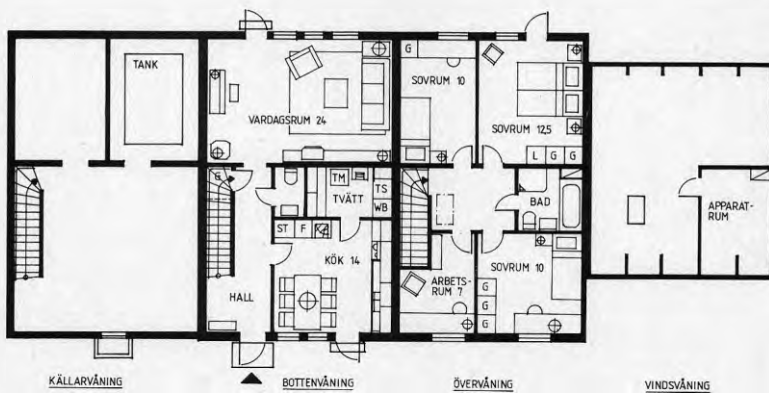
I och med att urvalet av hus var bestämt låstes också stadsplanearbetet till att göra södervända takplan, där så var möjligt. Radhuslängan, exempelvis, måste nödvändigtvis ligga i ost-västlig riktning, för att solfångare skulle kunna orienteras mot söder. På samma sätt måste kedjehusen orienteras med takåsar i samma riktning, för att det ena takfallet skulle kunna ge plats åt solfångare.

Såväl friliggande hus (här s k grändhus) som radhus-typer togs ur ABVs löpande produktion, för att omarbetas så att de passade i sammanhanget. Med de av låneskäl begränsade måtten för 1- och 1 1/2-plans grändhus är handlingsfriheten beträffande planlösningen rätt begränsad. Detta ledde till traditionella planlösningar. Med fastlagda mått- och planlösningar möblerades sedan stadsplanen om ett antal gånger för att få in ett optimalt antal hus. Den slutliga planen framgår av FIGUR 2.4.1.

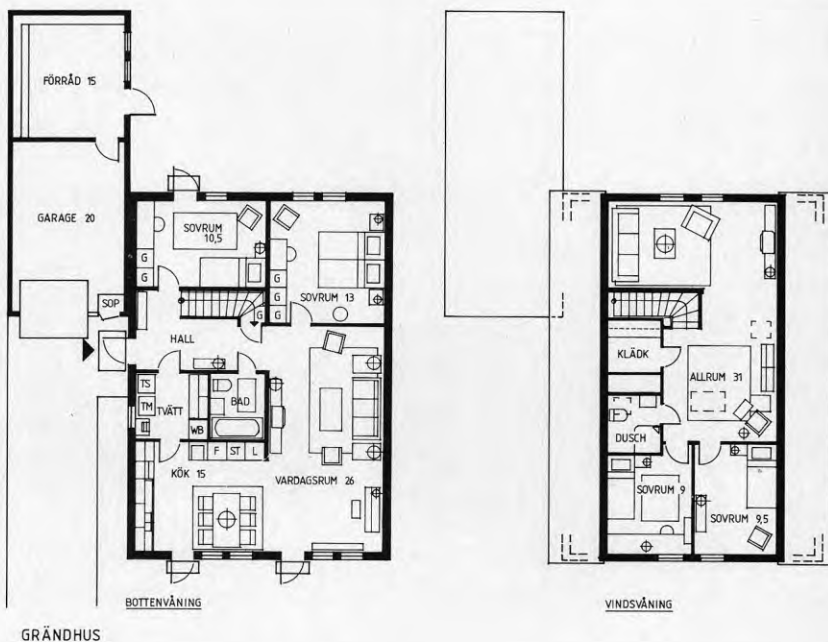
Radhusens planlösning vållade inga större besvärligheter. Lösningen är enkel och funktionell trots de rätt begränsade måtten, FIGUR 2.4.2. På grund av solfångarna utformades radhusens tak som ett mellanting mellan pulpettak och sadeltak, vilket gav en relativt hög taknockslinje, FIGUR 2.4.5.



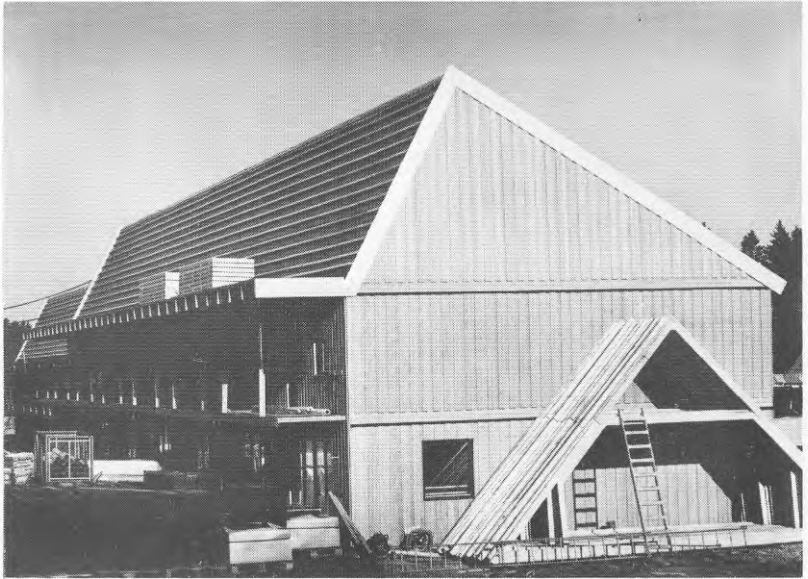
FIGUR 2.4.1 PLAN AV OMRÅDET MED HUSENS PRODUKTIONSNUMMER



FIGUR 2.4.2



FIGUR 2.4.3



FIGUR 2.4.4, 2.4.5

2.4.2 Byggnadsteknik

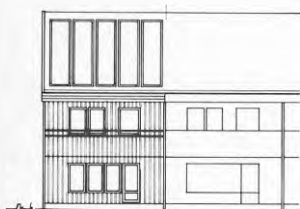
Rent tekniskt löstes också husen på helt traditionellt sätt för platsbyggda hus. Mineralullsisoleringen i väggar valdes till 17 cm, varav 5 cm vindskyddsskiva och 25 cm i tak (20 cm + 5 cm matta).

Grundisoleringen, FIGUR 2.4.6, följer inga särdeles originella nya tankegångar, utan kan betecknas som en påbyggnad av gamla konstruktioner så att de fyller den nya byggnormens krav. Den köldbrygga som finns är att betrakta som rätt normal.

Fönstren utfördes med fasta trippelrutor i vardagsrum samt en tvåglas isolerruta + ett enkelglas med persienn emellan för öppningsbara fönster. I övrigt anpassades byggandet huvudsakligen till de synnerligen höga täthetskrav som ställdes.

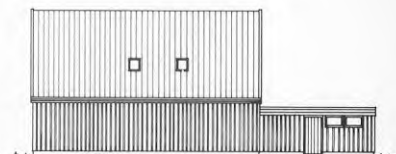
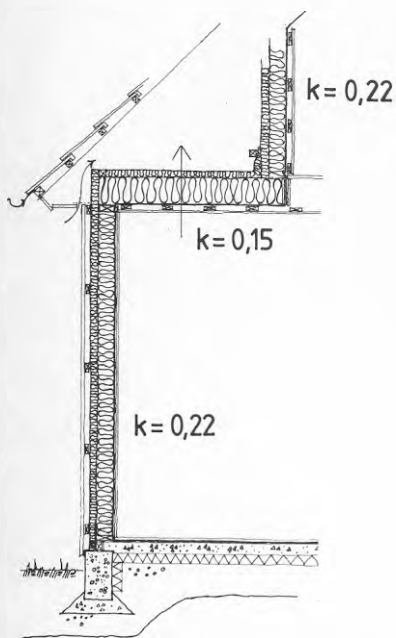
Visserligen är isoleringen av husen en aning bättre än normens minimikrav, men detta är inte ovanligt. Tvärtom kan man karakterisera resultatet som en typisk standardprodukt från svensk småhusproduktion av år 1977. Detta är också helt i linje med målsättningen för projektet.

I delredogörelsen för Täby-projektet (R83:1979) redovisas byggskedet med bl a de beslut som ledde till att källare byggdes. I rapporten Byggnaders Lufttäthet (R38:1979) avhandlas täthetsproblemen och hur de löstes i projektet. BFR:s parallellt bedrivna arbeten i "täthetsgruppen", vilka igångsatts delvis på förför initiativ, redovisar också hur viktiga systemfrågorna är (se t ex skriften "Tjyvdrag och ventilation" T4: 1979).



Specifik transmissionförlust radhus

	A	k	$k \cdot A$
	m ²	W/m ² °C	W/°C
Ytterväggar	46,7	0,22	10,3
Tak	63,5	0,15	9,5
Fönster o d	20,5	2,0	41,0 (glasyta ca 13,8 m ²)
Summa			60,8
Golv	63,6 *	ca 2,5 W	= 159 W mdlv över året



Specifik transmissionförlust grändhus

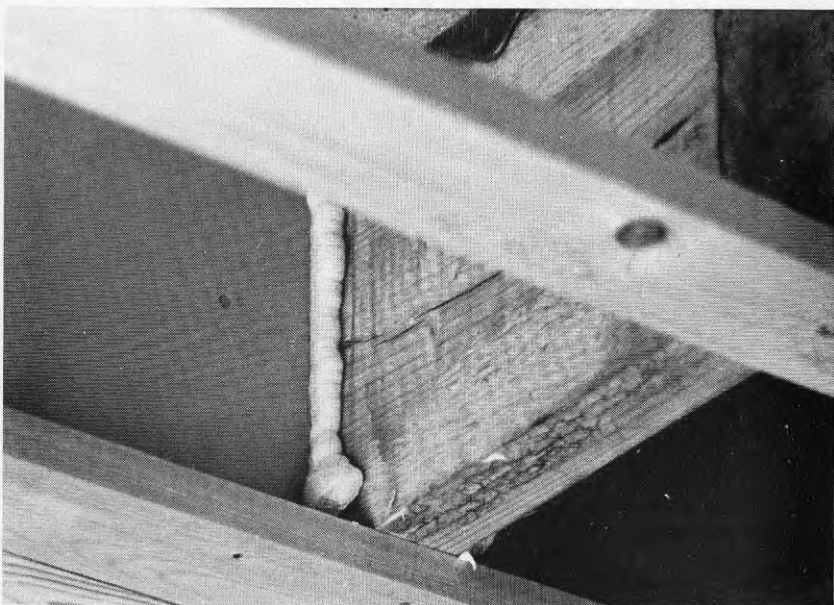
	A	k	$k \cdot A$
	m ²	W/m ² °C	W/°C
Ytterväggar	135,3	0,22	29,7
Tak	102,2	0,15	15,3
Fönster o d	21,4	2,0	42,8 (glasyta ca 15,0 m ²)
Summa			87,8
Golv	91,3 *	ca 2,5 W	= 228 W mdlv över året

FIGUR 2.4.6

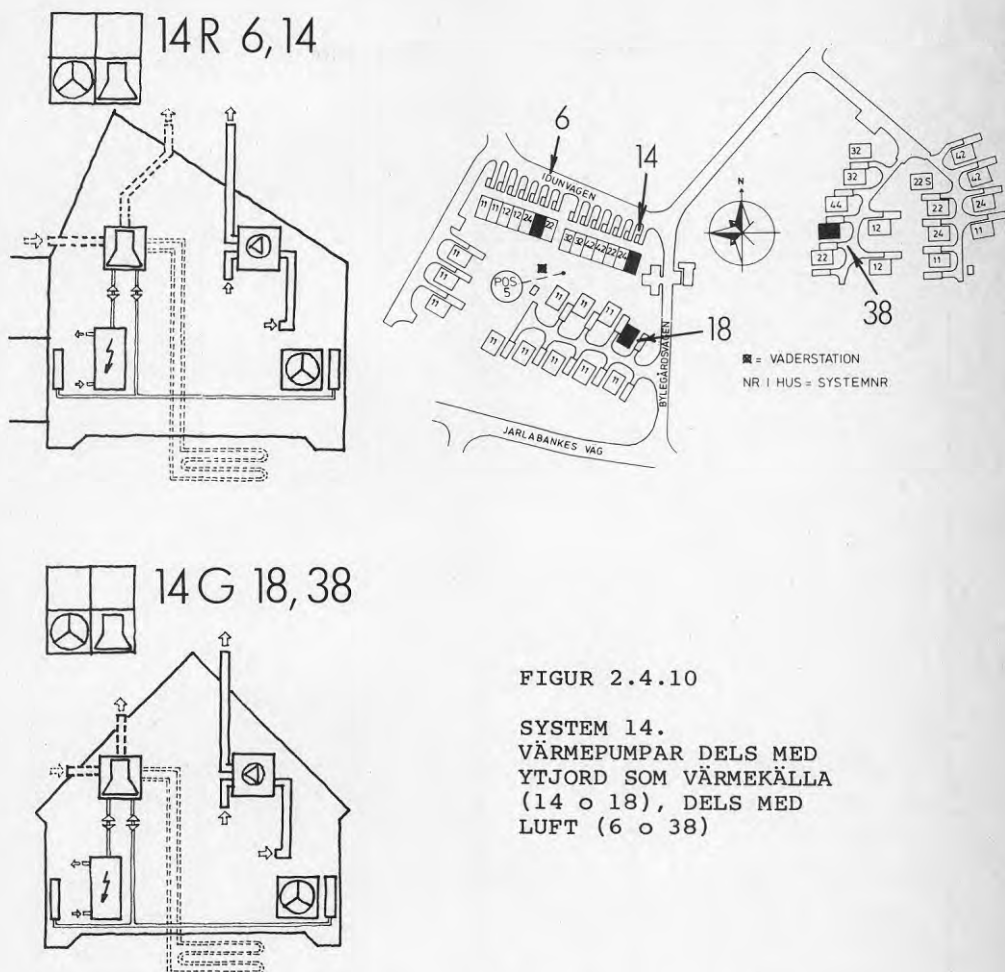
I Täby-projektet gjordes stora ansträngningar att klara av en hög täthet. En tjock UV-(ultra violett)-stabiliserad film användes (TENOTÄT) och skarvarna tejpades med industritejp. Dessutom sprutades kring balkar m fl ställen med fogsium (polyuretan), FIGUR 2.4.7, .8.



FIGUR 2.4.7 SPRUTNING MED FOGSKUM KRING GOLVBJÄLKAR



FIGUR 2.4.8 SKUMMAD FOG KRING GOLVBJÄLKE. LÄGE VID STÖBENSVÄGG, SE FIGUR 2.4.6.



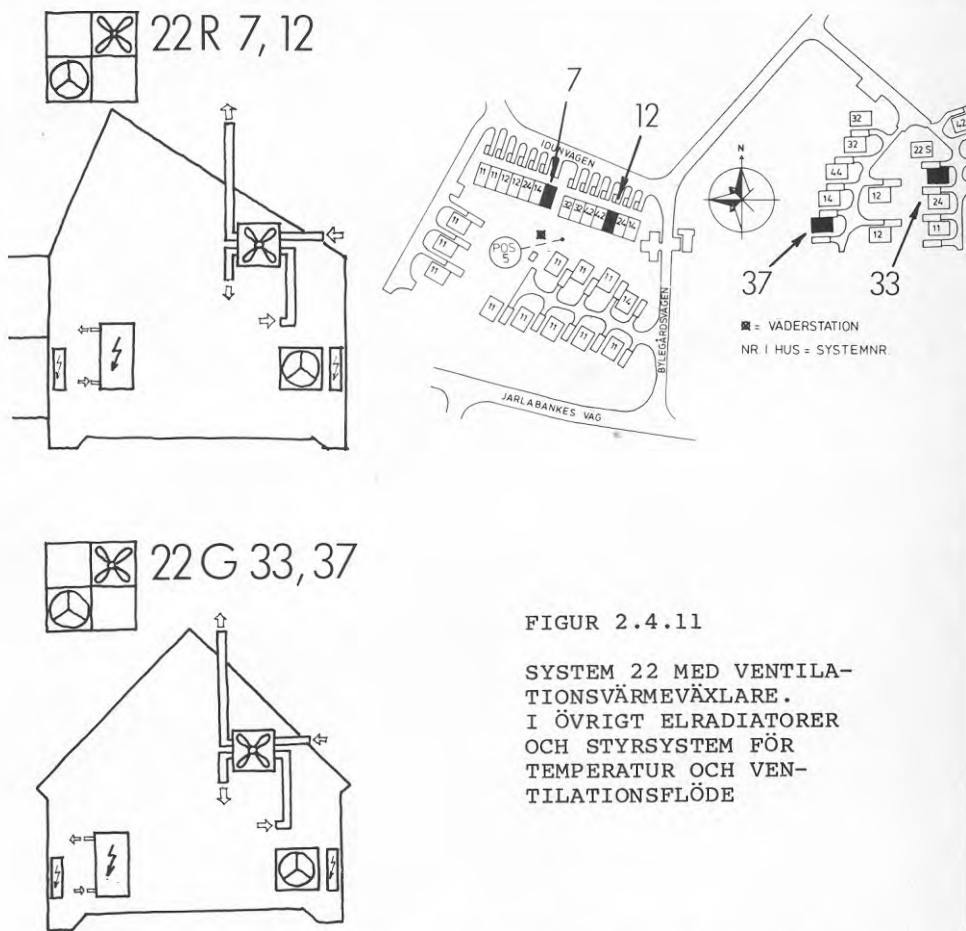
FIGUR 2.4.10

SYSTEM 14.
VÄRMEPUMPAR DELS MED
YTJORD SOM VÄRMEKÄLLA
(14 o 18), DELS MED
LUFT (6 o 38)

Referenshusen har inget system, eller, har system som är avstängt (styrsystemet) under mätperioder, FIGUR 2.4.9.

Av skäl som mer ingående behandlas i delredogörelsen, R 83:1979, tummadas även på denna princip när det gäller vissa system, särskilt då de med värmepumpar. Här har

- | | |
|---------|----------------------------------|
| 14 R 6 | Fläkts system med luft - luft vp |
| 14 R 14 | AGA Thermias ytjordvärmesystem |
| 14 G 18 | AGA Thermias ytjordvärmesystem |
| 14 G 38 | TA:s system med luft - vatten vp |



FIGUR 2.4.11

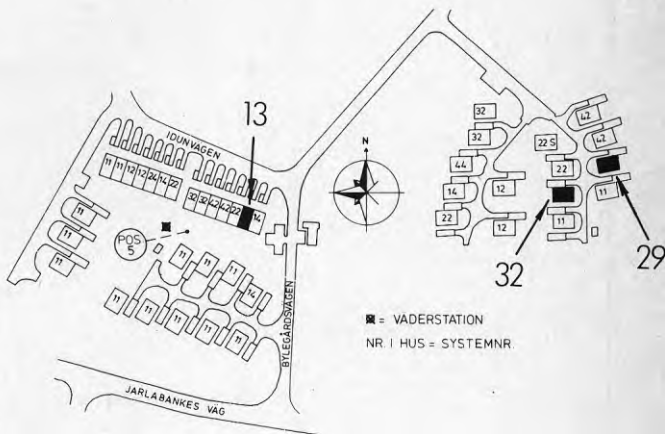
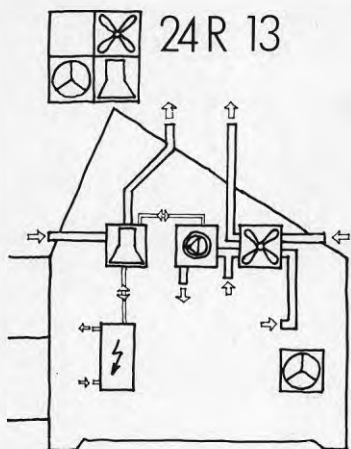
SYSTEM 22 MED VENTILATIONSVÄRMEVÄXLARE. I ÖVRIGT ELRADIATORER OCH STYRSYSTEM FÖR TEMPERATUR OCH VENTILATIONSFLÖDE

När det gäller ventilationsvärmeväxlare har samtliga hus Fläkts Rexovent utom hus 22 R 12, som har en dubbel korsströmsväxlare (två lamellpaket i serie) av fabrikat Värmeåtervinning AB, FIGUR 2.4.11.

System 24 har tre olika fabrikat av värmepumpar:

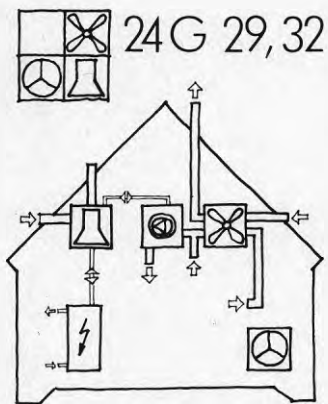
- 24 R 5 Fläkts värmepump luft - vatten
- 24 R 13 Westinghouse's vp luft - luft plus Metro Modul vp för varmvattenberedning
- 24 G 29 TA:s värmepump luft - vatten
- 24 G 32 Fläkts värmepump luft - vatten

Samtliga hus i gruppen har dessutom Fläkts ventilationsvärmeväxlare Rexovent, FIGUR 2.4.12. I inget fall utnyttjas frånluften som värmekälla för värmepumpen. Detta trots att Metro Modul (hus 13) är konstruerad för det.



Anm. Hus 24R 5 har ej utvärderats.

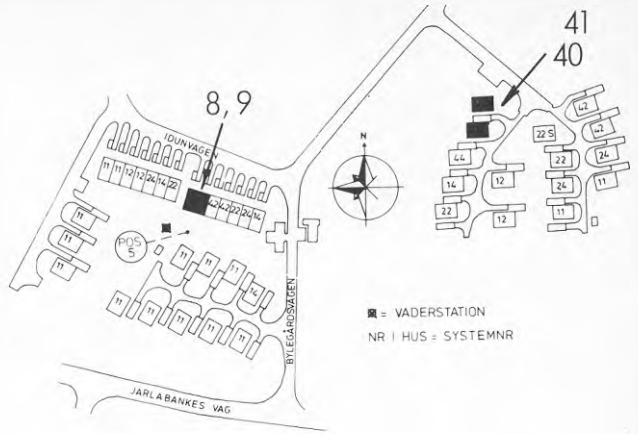
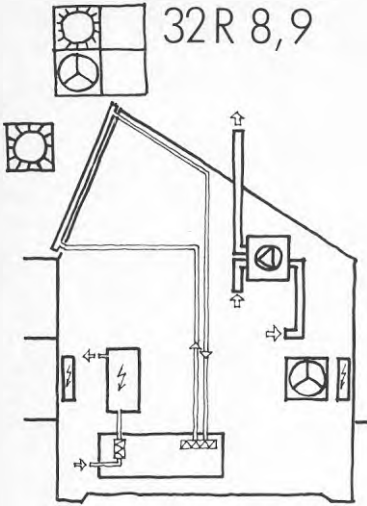
FIGUR 2.4.12



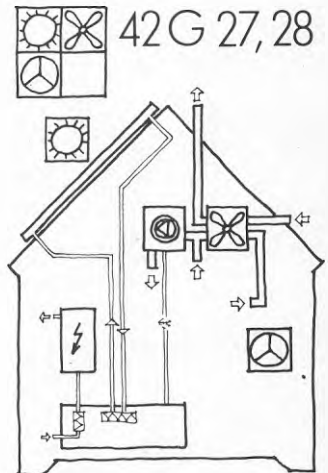
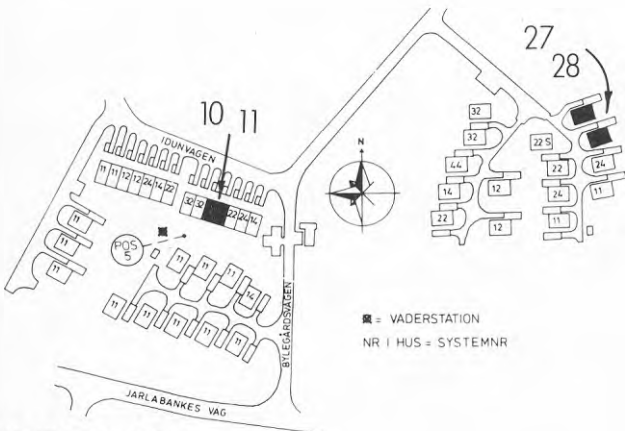
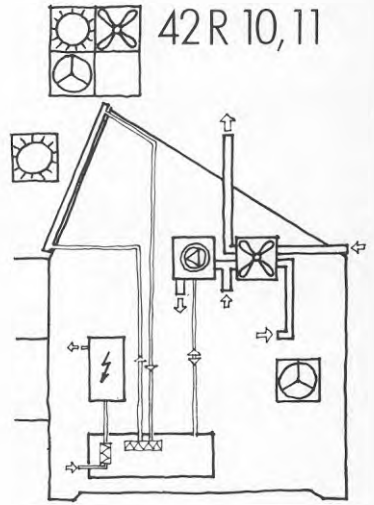
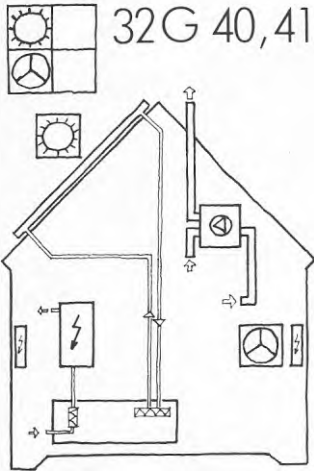
SYSTEM 24 MED VÄRME-
PUMP OCH VENTILATIONS-
VÄRMEVÄXLARE I KOMBI-
NATION. HUSEN HAR
DESSUTOM VARMLUFT-
SYSTEM MED FLÄKTS
VLA-AGGREGAT.

Solvärmesystemen är däremot mer homogena. Samtliga hus som har system 32 är försedda med Fläkts solfångare, FIGUR 2.4.13.

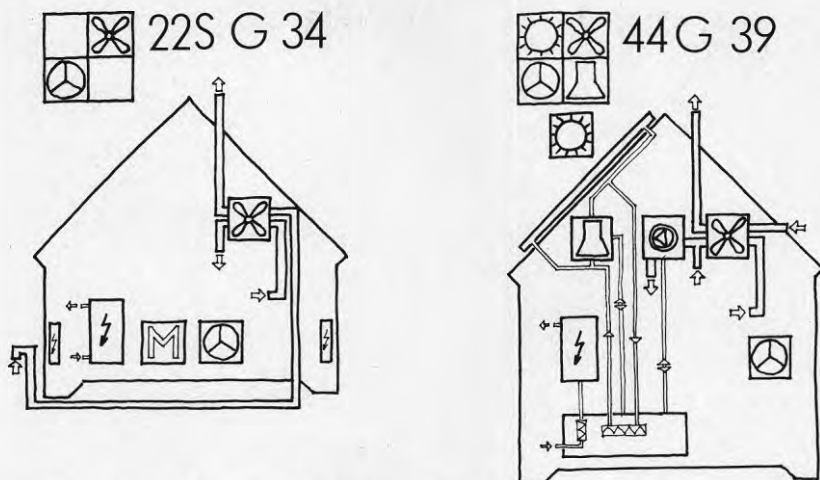
I system 42 har man också genomgående Fläkts utrustning; solfångare, ventilationsvärmväxlare och varmluftaggregat, FIGUR 2.4.14.



FIGUR 2.4.13



FIGUR 2.4.14



FIGUR 2.4.15 DE BÅDA UDDA HUSEN I PROJEKTET. FÖRFATTARENS HUS 22S G 34 REDOVISAS I BILAGA 6. Huset 44 REDOVISAS I EN SEPARAT RAPPORT FRÅN BFR.

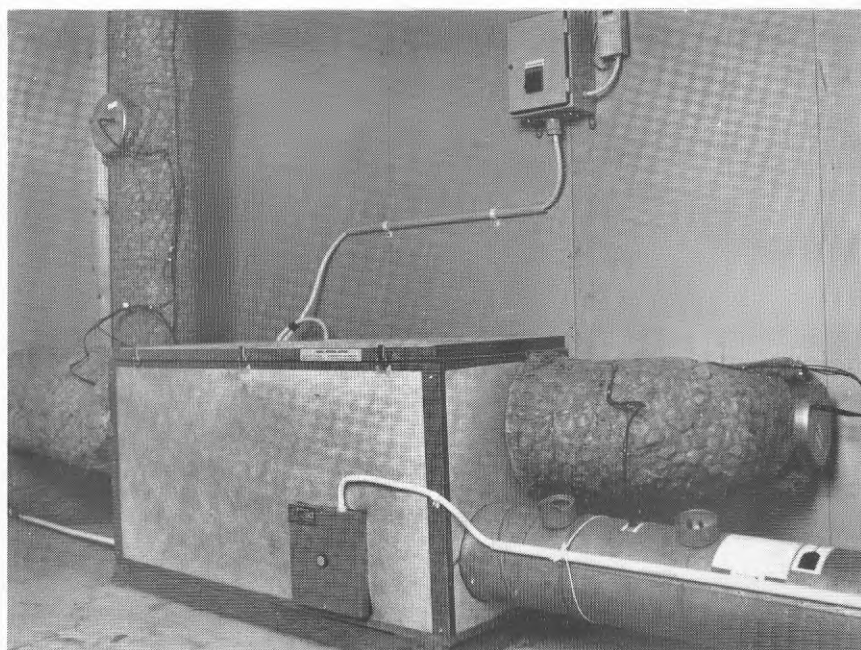
De båda specialhusen tillkom dels på grund av intresse från några av huvudmännen i projektet (22S), men BFR-anslag för försöken med multrum och gråvattenrening erhöles ej.

Hus 44 tillkom på direkt begäran av BFR trots att styrgruppen för egen del inte ansåg att ett system av detta komplicerade slag skulle kunna bli ekonomiskt bärkraftigt även om man till slut skulle lyckas få det att fungera nöjaktigt.

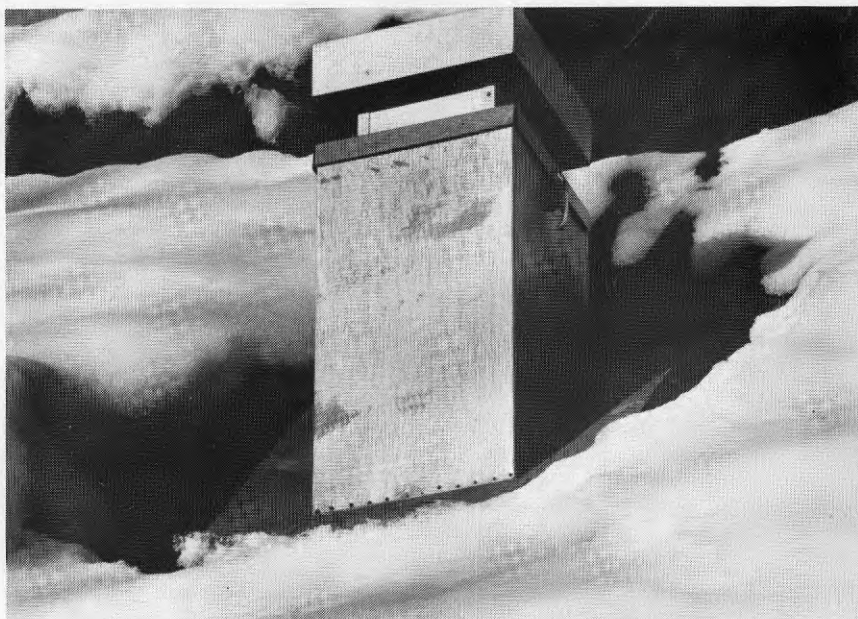
Som det sedermera skulle visa sig spelade de tre energimätarna för värme, varmvatten och hushållsel en viktig roll i projektet, FIGUR 2.4.16. "Manuella avläsningar" månadsvis kan vara en tillräcklig bas för rätt säkra utvärderingar av energibalans om de kombineras med temperaturmätningar ute och inne samt registrering av vattenförbrukning och ventilationsluftflöde.

Ventilationsvärmväxlare eller FTX-aggregat är det talrikast förekommande aggregatet i Täby-projektet (i 14 av 26 hus). Tolv av de 14 är av Fläkts fabrikat som i FIGUR 2.4.17.

Som sedermera skall visas har dessa aggregats funktion i samband med husets - och det är ju det som räknas - klarlagts i projektet. Att en hel del värme sparas framgår av FIGURERNA 2.4.18 och .19. Avluften från ett F-ventilerat hus smälter betydligt mer snö än den från ett FTX-aggregat.



FIGUR 2.4.16 MÄTARE, FIGUR 2.4.17 FTX-AGGREGAT



FIGUR 2.4.18 och .19. FOTON AV HUSTAK UTAN OCH MED FTX-AGGREGAT. FEBRUARI 1979.

3 MÄTNINGAR

3.1 Kort beskrivning

I BILAGA 2 ger Björn Källberg och Tommy Kjellander (förutv och nuvarande, maj 82, chef vid MCE) en beskrivning av hur mätsystemet i Täby byggdes upp och drevs.

Under planeringsskedet gjordes ett mätprogram. Detta program var inte fullkomligt. Eftersom många samband var otillräckligt kända, var det långt ifrån självklart vad som skulle mätas och vilken noggrannhet som krävdes. Med facit i hand kan konstateras att mätprogrammet blev en aning överambitiöst. En avsevärd mängd mätdata har inte kommit till användning - och vissa data är i knapphändigaste laget. Att vi varit överambitiösa är emellertid bra - motsatsen hade bäddat för ett misslyckande.

I delredogörelsen BFR R83:1979 redovisades mätstarten och de problem vi då hade. Därför skall detta inte upprepas här - hur lärorikt detta skede än var. Där emot skall understrykas att projektledningen föranstaltade om kontinuerliga mätaravläsningar, trots att automatisk registrering av energiförbrukning ingår i mätprogrammet. Som framgår av detta kapitel hade det varit närmast katastrofalt om så inte skett. Det sista mätåret förekom nämligen mätfel i de automatiska mätningarna som vi ännu inte vet hela orsaken till. Om de "manuella" mätningarna inte genomförts, hade vilseledande resultat erhållits.

I princip avkänns, i två områdessystem, vardera 600 mätkanaler var 5:e minut av en för ändamålet programmerad bordsdator (HP 9825). Dessa signaler behandlas, bedöms med hänsyn till rimlighet och lagras på kassetband. I förekommande fall, då signalen faller utom ett bestämt rimlighetsintervall, ges felsignal.

Det som mäts är främst

- temperaturer (analoga mätningar med termoelement),
- energiflöden och vätskeflöden (digitala mätstorheter),
- drifttider.

Med temperaturer och energiflöden kan i princip fullständiga energibalanser konstrueras.

3.2 Mätstorheter och bedömd noggrannhet

För uppställning av en energibalans med acceptabel noggrannhet beslöts följande mätningar i tillämpliga delar:

	dim	inter- vall	fel, p=0,9*
● utomhus lufttemperatur	(°C)	-30 - +25	0,2
● ytemperatur ytterväggar och yttertak på ett grändhus	(°C)	-30 - +50	0,5
● vindhastighet	(m/s)	0 - 30	10 %
● solintensitet mot horisontell yta	(W/m ²)	0 -1000	10 %
● kallvattentemperatur	(°C)	0 - 20	0,2
● medeltemperatur inomhus i över- och undervåning (valfri period)	(°C)	-30 - +30	0,2
● från- och tillufttemperatur före och efter ev värmeväxlare	(°C)	-30 - +30	0,2
● registrering av ventilations-systemets driftfall	(l)	0 - 1	0
● tillförd elektrisk energi, hushåll varmvatten värmesystem värmepump totalt värmepump kompressor	(kWh)		1 %**
● vattenburen energi (eg medel-effekt) från värmepump eller sol-system till varmvattenberedning	(kW)	0 - 10 kW	10 %
● vattenburen energi (eg medel-effekt) från värmepump eller sol-system till värmesystem	(kW)	0 - 5 kW	10 %
● luftburen energi (eg medeleff) från värmepump Westinghouse	(kW)	0 - 5 kW	10 %
● registrering av öppettider för fönster och dörrar	(l)	0 - 0	0
● husens otäthetsfaktor (läckflöde i oms/h vid tryckmättn och 50 Pa)	(l)		10 %

* p betyder sannolikhet (konfidensnivå)

** Relativt fel. Det absoluta felet är något större. Normalt visar kWh-mätare upp till 2 % för låga värden, särskilt vid låg belastning.

Ytterligare värden är av intresse, men kunde inte insamlas - av ekonomiska skäl. Det är

- avloppstemperatur - flöde
- fuktavgivning i husen

Det senare hade kanske kunnat beräknas ur mätvärden från hygrometrar, men det bedömdes vara av relativt begränsat värde, då huvuddelen av fukten kommer från människornas utdunstning.

3.3 Mätvärdenas behandling och mätvärdesfel

3.3.1 Insamling. Bearbetning av mätvärden

Detta redovisas i BILAGA 2, vilken författats av Björn Källberg och Tommy Kjellander.

3.3.2 Mätvärdesfel

Under perioden 800701 - 810630 vägrade vissa husägare mätpersonalen tillträde till husen på grund av konflikt om husens finansiering, garantier etc. "Manuela" data saknas därför i viss utsträckning.

De automatiskt registrerade värdena från pulsräknarna har därför fått tillgripas även för den övergripande utvärderingen av energibalans. När utvärderingen kommit en bit på väg upptäcktes att en hel del av dessa värden var osannolika. En analys av dem genomfördes därför och den refereras mer detaljerat i BILAGA 7.

Slutsatserna av analysen är i korthet att automatiskt registrerade data från mätåret 1980-81 inte kan användas i den slutliga analysen av energibalans. De hus som närmast berörs är

32 G 40 (även inomhustemperaturen osäker)
 42 G 27
 42 G 28
 12 R 3

Även 12 G 35 har uteslutits från analysen för år 1980-81. Här är skälet att ventilationssystemet byggdes om.

4 ENERGIBALANSER

4.1 Principer

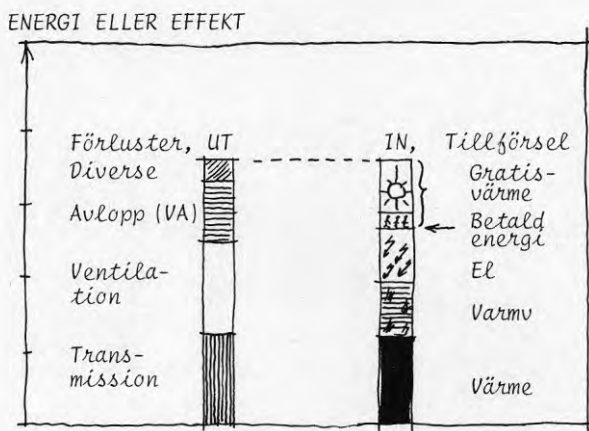
Enkla energibalansdiagram och budget-
uppställningar

År 1972 lanserade författaren stapeldiagram för in- och utgående energikvantiteter från hus. Detta enkla betraktelsesätt, FIGUR 4.1.1, är numera rätt vanligt förekommande.

I de flesta sammanhang där författaren använt modellen har eftertryckligt betonats att den inte kan betraktas som ett vetenskapligt instrument och att den innehåller vissa osäkerheter. Ett sätt att öka säkerheten i bedömningarna är att rita flera energibalansstaplar - t ex en för varje månad.

Även för mer momentana energibehov = effektbehov är betraktelsesättet relevant och användbart. En svårighet är därvidlag bara att på ett någorlunda korrekt sätt ta hänsyn till värmelagringen, som i nästan alla fall har stor betydelse.

Definitionsmässigt är ett stort antal effektbalanser, sorterade i storleksordning, lika med ett varaktighetsdiagram. Det är därför självklart att ett utbyte av energibalansstaplar för årsenergibehov mot tidsberoende diagram av typ kalendertid-effekt eller varaktighetsdiagram för ut- och ingående energibelopp utgör ett väsentligt steg mot en bättre noggrannhet.

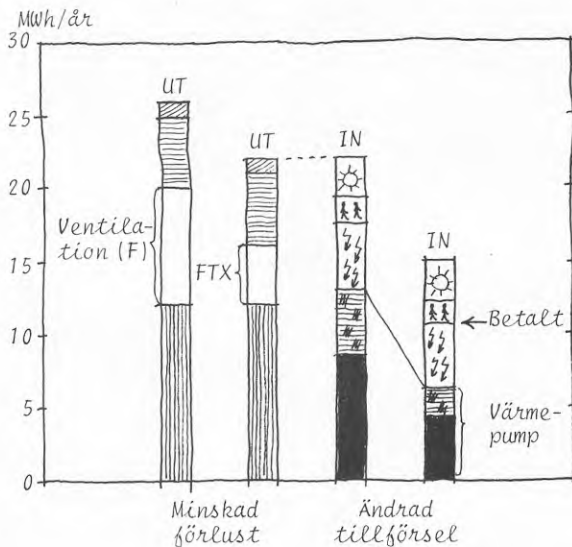


FIGUR 4.1.1 ENERGIBALANSER FÖR BOSTÄDER UTAN SPECIELLA ENERGIPARSYSTEM (VÄXLARE, VÄRMEPUMPAR ETC)

När man förändrar ventilation eller transmission minskar alltså UT-stapeln och denna minskning skall sedan översättas till IN-stapeln. Rör det sig inte om speciellt energisnåla hus och om energibalansen avser ett överslag för en eldningssäsong (år) kan man anta att huvuddelen av minskningen tillfaller värmekontot. Författaren har vid flera tillfällen understrukt att en viss varsamhet med behandlingen av värdena är av nöden, annars kan man komma helt fel.

När det gäller användande av värmepump, förändras ju inte UT-stapeln. Värme tillförs IN-stapeln i tillräcklig mängd för att täcka förlusterna. Här är det praktiskt att först redovisa en IN-stapel, där hela energitillförseln finns med och sedan för att illustrera värmepumpens inverkan redovisa den betalda energin - dvs en krymt IN-stapel, FIGUR 4.1.2.

I överslagsberäkningar har energibalansstaplarna normalt avsett en traditionell eldningssäsong. Detta är sant vad beträffar transmission och ventilation, men inte vad avser avloppsförluster och diverseförluster. De senare båda avser hela året, för att motsvara de poster på IN-stapeln som också redovisas för hela året, nämligen hushållsel och varmvatten. Beträktalesättet kan anses vara primitivt, men det är utomordentligt lätthanterligt för överslagsberäkningar om man bara håller i minnet att man rör sig med en hel del osäkerheter.



FIGUR 4.1.2 HITTILLS ANVÄNDA METODER ATT REDOVISA ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER AV OLIKA SLAG

Vill man vara något noggrannare kan man göra värmebalansstaplar såväl för uppvärmningssäsongen som för sommarsäsongen. I boken "Bygga & Bo på åttiotalet" * redovisas detta i ett kapitel. Där redovisas hur två stapelpar för uppvärmningssäsong och sommar sammanställs till en helårsbalans. Andra sätt som också redovisas är att dela året i två delar och på detta enkla sätt öka noggrannheten i någon mån. Vid många tillfällen har författaren understrukt att det bästa sättet att få en ökad noggrannhet är att göra många energibalansstaplar, helst en för varje månad. Därmed är steget inte långt till ett varaktighetsdiagram.

Dagens kunskapsläge

I princip är samtliga fysikaliska samband som är involverade i en energibalans kända. I tillämpningar med datoriserade beräkningar används ofta mycket djupgående och detaljrika analyser.

Enkelt hanterbara, någorlunda överskådliga och samtidigt smidiga och rättvisande metoder finns bara ett fåtal.**

Man kan konstatera att

- korrekta energibalansberäkningar oftast är omfattande och arbetskrävande,
- mätning och utvärdering av energibalanser oftast kräver ett stort material för att hög säkerhet skall nås.

Önskemålet är därför en lätthanterlig modell med vilken rättvisande beräkningar avsedda för att i förhand beskriva en byggnads energibehov kan göras. Om samma modell kan nyttjas för att förenkla utvärdering och energidiagnostisering av hus vore mycket vunnit.

Hypotes

Det tillnärmelsevis linjära sambandet mellan temperaturdifferens ute-inne och total energiförbrukning borde kunna ligga till grund för

- utvärdering av energibalanser, varvid endast ett fåtal perioder betraktas,
- en modell i form av varaktighetsdiagram för såväl förluster som tillförsel, som tjänar som referensram för mätresultat,
- samma modell i vilken kända delegenskaper hos en byggnad kan läggas in och därmed ge en tillförlitlig bild av husets driftresultat i ett visst bestämt klimat och vid en viss bestämd utnyttjning.

* Nils-Eric Lindskoug och Mats Wolgast "Bygga & Bo på åttiotalet", Ingenjörsvetenskapliga Förlaget, Stockholm, 1977.

** Källblad K & Adamson B (1978): Byggnaders energibalans - en handberäkningsmetod, LTH, Byggnadskonstruktionslära, Preliminär utgåva, Lund.

Byggnader med en värmetröghet svarande mot en tidskonstant av $R = 50$ eller däromkring kan knappast förväntas redovisa relevant energiförbrukning från tillnärmelsevis lika korta perioder under inflytande av varierande utetemperatur.

För Täby-projektets hus är $R = 50$ liktydigt med ett termiskt svänghjul med en effekt av ett par kW/°C. Man kan exempelvis tänka sig att svänghjulet vid ingången till en period har ett underskott av flera kW - ett underskott som bibehålls i flera tiotal h. Om perioden är kort kan den avlästa energiförbrukningen bli rätt grovt felaktig. Av detta skäl bör observationerna relateras till så långa perioder, att felet på grund av värmetrögheten blir litet.

I hypotesen ligger alltså antagandet att perioden för dessa provhus del bör vara minst ca 10 dagar; 14 dagar har siktats på.

4.2 Bearbetning av ett antal 14-dagarsmedelvärden

4.2.1 Sammanställning av data för perioderna

I FIGUR 4.2.1 visas en grundtabell för en 14-dagarsperiod med klimatdata och energidata direkt tagna ur mätaterialet. I kolumn 10 finns beräknad personvärme enligt intervjuundersökningar (BILAGA 4). Personvärme plus köpt elenergi för perioden är 924 kWh.

4.2.2 Linjär regressionsanalys

Orientering om metoden

Den huvudekvation som hittills i många sammanhang används för regressionsanalyser av byggnaders energiförbrukning är

$$Q = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + u;$$

där är Q den observerade energiförbrukningen (inkl beräknad personvärme)
 a_0 - a_n parametrar som karakteriserar huset
 x_1 temperaturdifferens
 x_2 solinstrålning
 x_3 vind samt
 \dots
 u en restterm.

Energibalans ekvationens konstanta term beror bl a på att (a_0) värmekapaciteten (jordmassan) under byggnaden erfarenhetsmässigt ger en energiförbrukning som varierar betydligt mindre än övriga temperaturberoende förluster. För enkelhets skull har energiflödet nedåt antagits ingå i den konstanta termen. Det finns även andra konstanta energiförbrukningsposter, exempelvis vattenomsättningens energibehov, vilket avbildas av parametern a_0 .

TYRENS

TABY - projektet

Byggnaders värmebalans

Hustyp : 12

Husnummer : 3

Period 1979-11-20--12-03 Medelvattenförbrukning m³/h Senast uppmätta fläktvent.flöde (driftfall) 1= 68, 2= 57, 3= 0, 4= 0, (m³/h)

DAG	Indikationer				Tillförd energi										Ber.-matn										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	qr	qr	Kd	m ³ /h	kWh	m ³ /h	%	m/s	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
1120	3.8	22.7	18.9	57.		100.	110	5.	4.4	13.3	4.3	34.80												56.8	
1121	2.1	22.4	20.3	61.		103.	126	6.	4.4	14.6	5.5	32.75												57.2	
1122	3.1	22.1	18.9	59.		100.	84	6.	4.4	13.8	6.8	38.80												63.8	
1123	7.8	22.4	14.5	68.		102.	153	6.	4.4	16.0	19.1	29.40												68.9	
1124	4.6	22.1	17.6	68.		104.	69	6.	5.6	13.5	6.0	34.40												59.5	
1125	3.1	22.0	19.9	60.		104.	214	6.	5.6	14.9	9.4	40.10												70.0	
1126	5.5	22.3	16.7	67.		100.	73	6.	4.4	22.4	6.7	36.40												69.9	
1127	.3	22.9	22.5	60.		101.	103	8.	4.4	17.3	5.2	42.70												69.6	
1128	-1.4	21.6	23.0	68.		101.	522	5.	4.4	18.2	7.0	42.00												71.6	
1129	3.1	22.6	19.5	65.		103.	41	6.	4.4	15.4	10.7	47.50												78.0	
1130	2.7	22.6	19.9	65.		102.	455	6.	4.4	25.6	22.0	33.50												85.5	
1201	2.4	22.0	19.6	58.		100.	157	4.	5.6	14.6	7.9	34.50												62.6	
1202	7.1	22.2	15.1	57.		101.	56	6.	5.6	10.2	10.5	32.20												58.5	
1203	7.1	22.5	15.5	59.		101.	193	6.	4.4	14.2	6.9	26.60												52.1	
3.7 22.3				62.		102.		6.																924.	
260.9							2.4		67.	224.	128.	505.7													

FIGUR 4.2.1 RESULTATTABELLER FRÅN VILKA SEDAN REGRESSIONSANALYSEN GJORDES.

Ett exempel på lista för parametrar och variabler är

- 1) temperaturdifferens (gradtimal)
- 2) sol
- 3) vindstyrka
- 4) varmvattenförbrukning
- 5) vädringstid, index 0 - 7

Om man jämför de parametrar som här redovisats med de energibalansstaplar som hittills använts i den mera enkla översiktliga "manuella" analysen finner man följande.

Transmissions- och ventilationsförluster är direkt knutna till $a_1 x_1$. Här betyder a_1 husets specifika förbrukning i W/°C och x_1 temperaturdifferensen ute/inne. Solvärmevariabeln x_2 har här antagits vara instrålningen mot en horisontell yta (Wh/h, kWh/period), vilket kan betraktas som ett slags godhetstal för solen. Vindens inverkan på ventilationen är troligen av andra graden eftersom vindtrycket är proportionellt mot vindhastighetens kvadrat. Alternativt att såväl t_a med vindhastighet som vindhastighetens kvadrat ökar antalet parametrar och komplicerar modellen. Även temperaturdifferensen har en andragsinverkan på ventilationen. Termik uppstår i huset vid stora temperaturdifferenser ute/inne. Det kan övervägas huruvida ytterligare parametrar och variabler skall införas i kalkylen.

Man kan tänka sig enklare eller mer detaljerade statistiska undersökningar. I den enklaste betraktas varje observation (uppsättning av variabler) från likadana hus såsom generell och allmängiltig för den hustypen. Därmed skulle t ex tre 14-dagarsperioder från två referenshus ge en bestämning av samtliga sex parametrar i det enklaste fallet.

Naturligtvis måste man ha en viss överbestämning av parametrarna för att få ett statistiskt meningsfullt resultat. Med sex parametrar är enligt konsulterad statistisk expertis ca 20 observationer minsta tänkbara överbestämning för att få ett meningsfullt resultat.

Automatiska rutiner för stegvis linjär multipel regressionsanalys finns. Denna programmerade automatiska metod innebär i stort sett att den mest betydelsefulla parametern identifieras. Därefter avsöks materialet så att den därefter näst mest betydelsefulla parametern tas med. Därefter följer en systematisk procedur, varvid successivt de bästa modellerna med olika parametrar identifieras.

För detta har krävts medverkan av statistisk expertis. Lennart Nordberg vid Institutionen för Matematik har bidragit med synpunkter och assisterat vid utvärderingen. Han har under avsevärd tid sysslat med likartade problem åt andra forskare.

Analysernas omfattning

För vart och ett av sex huspar system 12 (2 ref.huspar), system 22 (2 huspar med FTX) och system 32 (2 huspar med solv.varmv) har gjorts ett antal olika analyser:

- Helårsanalys för två hus tillsammans (= 6 st).
- Helårsanalys för vart och ett av de båda husen i gruppen (= 12 st).
- Vinterhalvåret för de båda husen tillsammans (= 6 st).
- Sommarhalvåret för de båda husen tillsammans (= 6 st).
- Vinterhalvåret för de båda husen tillsammans med andragradsterm för temperaturberoendet (= 6 st).
- System 22 (2 huspar med FTX) med andragradsterm för temperaturberoende (2 st).

Det sammanlagda antalet analyser är alltså 38.

4.2.3 Resultat

Orientering

Med "vald" modell menas den med största antalet signifikanta parametrar och variabler. Gränsen för signifikans är $p > 0,95$. Inom parentes anges antal perioder om ca 10 dagar som ingår i analysen.

Helårsanalyser av 12 R 3,4 (44 per) gav en vald modell med a_0 , temp och sol signifikanta. Detta gäller även 12 R 3 (24 per) samt 12 R 4 (20 per). För 12 R 3 gav även varmvattenförbrukningen ett signifikant parameter-variabel-par.

Helårsanalyser av 22 R 7,12 (42 per) gav en modell med a_0 (negativ = -12) samt temp och varmvatten signifikanta. 22 R 7 (21 per) gav enskilt samma resultat. 22 R 12 redovisar a_0 temp och vädring som signifikanta med a_0 positivt (7,5).

Helårsanalyser av 32 R 8,9 (42 per) gav som bästa modell med a_0 (= +8,3) samt temp och varmvatten. Sol ej signifikant. Hus och enskilt gav a_0 (-8,9) samt temp o varmv. Hus 9 a_0 (= -11) jämte temp o varmv.

Helårsanalysen av 12 G 35,36 (45 per) gav en modell med a_0 (= 18,8) samt temp och sol signifikanta. 12 G 35 gav a_0 negativ (= -3,2) samt förutom sol o temp även varmv signifikant. 12 G 36 gav (a_0 = 29) samt temp och sol. Solvärdet var högre än genomsnittsvärdet (= -4 jfr med mdlv -2,7).

Helårsmodellen 22 G 33,37 (42 per) gav lågt intercept (a_0 = 0,2) samt temp, sol och vädring (!) som signifikanta. De enskilda husens modeller hus 33 (a_0 = 25, a_1 = 3,71, a_{varmv} = 1,94) samt hus 37 (a_0 = -10,5, a_1 = 3,88, $a_{\text{vädr}}$ på gränsen till signifikant).

Helårsmodellen 32 G 40,41 (36 per) gav negativt intercept (a_0 = -23) samt temp, varmv och vädring. Båda enskilda husen negativa intercept samt temp och varmv signifikanta.

Analyserna av kalla perioder (17 st) (temp.diff mer än 18°) för 12 R 3,4 gav en modell med a_0 , temp och sol. De enskilda husen studerades inte på grund av för få perioder.

Husen 22 R 7,12 gav förutom ett högt intercept inget helt säkert temperaturberoende. Risken för felaktig utsaga om temperaturens betydelse var 0,064, dvs mer än de 5 % vi ansett oss kunna acceptera.

Husen 32 R 8,9 gav för perioder med temp.diff mer än 15° ett relativt högt intercept och temperaturberoende, men solinverkan låg på något för hög risknivå (0,073).

Grändhusen 12 G 35,36 (26 kalla perioder) gav en trovärdig modell med a_0 , temp och solinverkan signifikanta med mindre risk än 0,0001. Det förtjänar att nämnas att de utsorterade varma perioderna däremot gav en modell med negativt intercept samt ej signifikant solinverkan.

Husen 22 G 33,37 (22 per) gav a_0 temp och sol.

För husen 32 G 40,41 (17 per) identifierades negativt intercept ($a_0 = -8,5$), temp och varmv som signifikanta. Eftersom modellerna för system 22 blev så "dåliga" gjordes ytterligare körning med även en kvadratisk term för temperaturdifferensen. Denna term blev signifikant för dessa hus. Varför förklaras senare.

Resultatens talvärden och betydelse

Genomgående är "förklaringsgraden" (= korrelationskoefficientens kvadrat, R^2) hög eller mycket hög. I genomsnitt ligger R^2 kring 97 % för "vald modell" och endast i undantagsfall är förklaringsgraden under 95 %. En översikt över de linjära regressionsmodeller som körts för huspar redovisas i TABELL 4.2.1.

TABELL 4.2.1 ÖVERSIKT AV REGRESSIONSMODELLERNA

a_0 = kWh/d
 a_1 = kWh/d, °C
 a_2 = 1/d
 \bar{x}_2 = dygnsmedelvärde nyttig sol

Endast signifikanta parametrar redovisas

Syst	RADHUS				GRÄNDHUS			
	a_0	a_1	a_2	\bar{x}_2	a_0	a_1	a_2	\bar{x}_2
12								
helår	20,9	2,35	-1,45	2,65	18,8	3,77	-2,72	3,12
kall per	27,3	2,12	-2,68	0,91	24,6	3,61	-4,37	1,65
22								
helår	2,3	2,49	-	-	3,39	3,50	-1,37	2,98
kall per					12,7	3,17	-	-
32								
helår	13,2	2,64	-	-	11,5	3,48	ej ident	
kall per	27,7	2,1	-	-	8,4	3,63	"-"	

Om man betraktar samtliga körningar och deras resultat, kan man göra följande rent allmänna, kvalitativa iakttagelser.

- Temperaturparametern, dvs husets specifika energibehov blir för grändhusen mycket nära den på konventionellt sätt beräknade. För radhusen är motsvarande värden låga och spridningen stor.

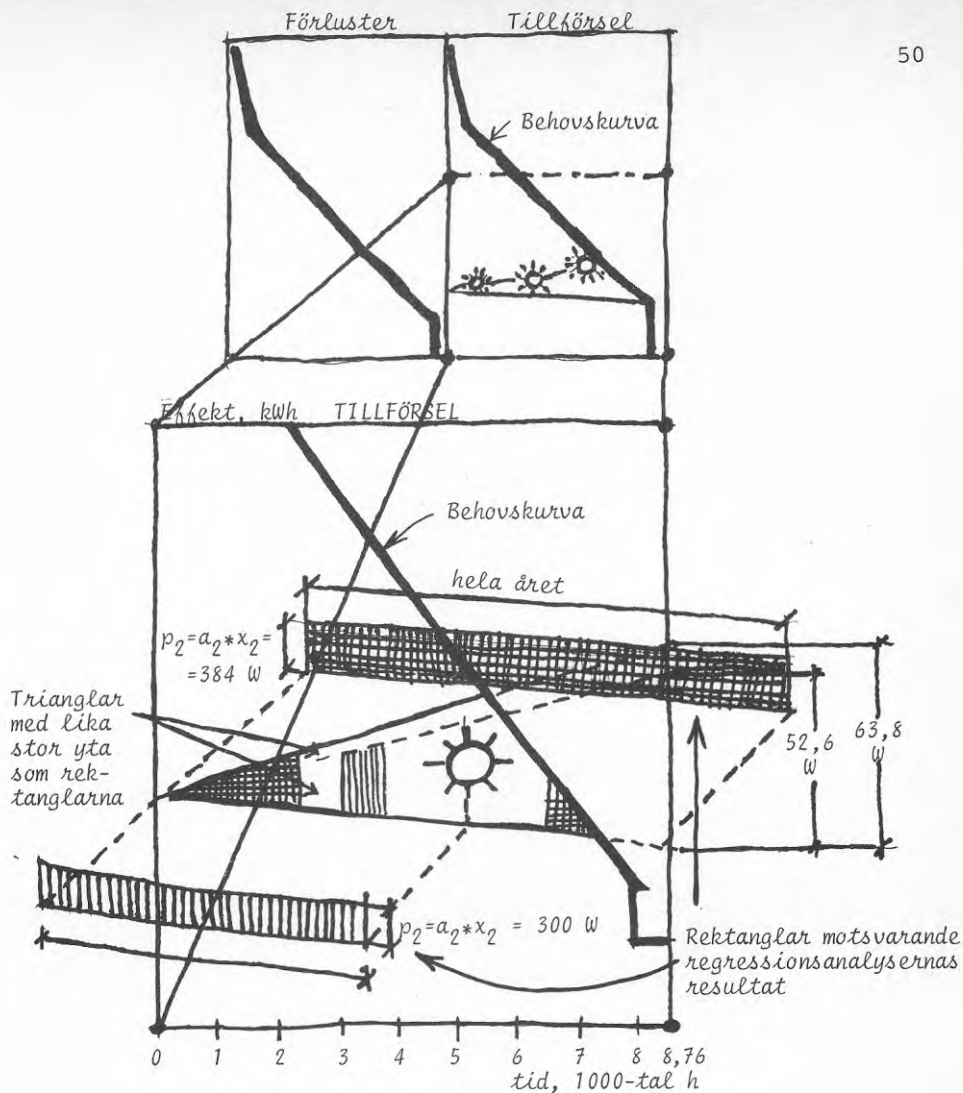
- Solvärmen redovisas som signifikant parameter endast för hälften av de huspar som beräknats - detta är anmärkningsvärt. Dessutom är solvärmen lägre än vad man normalt räknar med - och detta är inte mindre anmärkningsvärt.
- Den konstanta termen a_0 är större än 12 kWh/d = (0,5 kW) för samtliga huspar utom grändhusen med ventilationsvärmväxling.
- Referenshusen syns ha "bra" modeller - de överensstämmer någotsånär väl med hittills accepterat synsätt.
- Husen med ventilationsvärmväxling har rätt skeva modeller i vissa avseenden. De verkar vara störda av någon oregelbundet verkande faktor. I och för sig stämmer detta ju väl överens med vad som teoretiskt bevisas, nämligen att energiförbrukningen påverkas mer av termik och vind i dessa hus än i hus med enbart frånluft.*)
- Husen med solvärme saknar signifikant solvärmeterm, vilket vid första påseendet verkar vara mystiskt. Om proportionalitet skulle råda krävs emellertid att all instrålad solvärme konsumeras. Detta är givetvis inte fallet, vilket sannolikt är en tillräcklig förklaring.
- Spridningen i den dominerande faktorn a_1 för referens-grändhus och solvärmehus system 32 är låg.

För referensradhusens del kunde värmeströmmar mellan lamellerna identifieras redan vid en provkörning på ett begränsat material. Stora skillnader mellan de enskilda husens temperaturberoende kunde konstateras och förklaringen låg i att lamellerna höll ca 3^o temperaturskillnad inne, vilket gav till upphov en klart skönjbar värmeström från den ena lamellen till den andra.

Den kvantitativt dominerande faktorn är som antytts parametern a_1 . För referensradhusens del uppgår a_1 endast till 70 à 80 % av det förväntade värdet 2,98 ((56,6 W/^oC + 67,7 W/^oC) x 24 h = 2,98 kWh/^oC,d).

För grändhusens del ligger parametern a_1 rätt nära det förväntade värdet, som är 3,72 ((87,8 W/^oC + 67,2 W/^oC) x 24 h = 3,72 kWh/^oC,d). Genomsnittet med spridning för ref.hus och system 32 (solv.varmv) är 3,59 +/- 0,08. Skillnaden är blygsamma 3,5% +/- 2,2%.

* Not: Prof F.Peterson "skulle för sin del gissat fel" - Det gjorde förf också i 14 år innan lösningen spårades.



FIGUR 4.2.2 REGRESSIONSMODELLERNA FÖR GRÄNDHUSEN GER INDIKATIONER OM NYTTIG SOLVÄRME. FIGUREN FÖREGRIPER SENARE RESONEMANG OM ATT REDOVISA ENERGIER I BALANSERNA SOM YTOR I "FALSKA" VARAKTIGHETSDIAGRAM.

Varaktighetsdiagram

Det ligger nära till hands att göra om $\Delta\theta$ -Effekt till varaktighet för att så enkelt som möjligt kunna beskriva energitillförseln med ytor. Y-axeln är effekt, x-axeln tid, ytan är energi.

I FIGUR 4.2.4 visas temperaturdiff-energi för referenshusen 12 G med modellen från regressionsanalysen samt plot och regressionslinje. I FIGUR 4.2.5 visas solinverkan som parametern a_2 gånger x_2 (solinintensitet). I FIGUR 4.2.5 visas den logiska gången från temperatur-energi till tid-effekt.

Det är svårt att direkt inse hur solvärmen skall tolkas ur regressionsmodellerna. Dock är indikationerna för "kall period" då solvärmen kommer till nytta av allt att döma desamma som från helårsmodellen, FIGUR 4.2.2. Se vidare resonemang om detta i avsnitt 4.8.

Enligt figuren skulle den största nyttiga soleffekten (P_{\max}) (vid ca 6.000 h) vara 0,7 à 0,8 kW, vilket likaledes enligt figuren ger solvärmestillskottet Q_s = ca 3000 kWh.

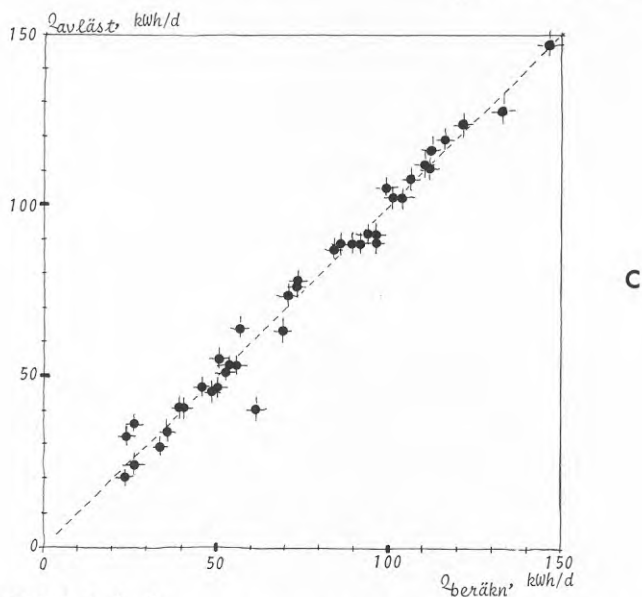
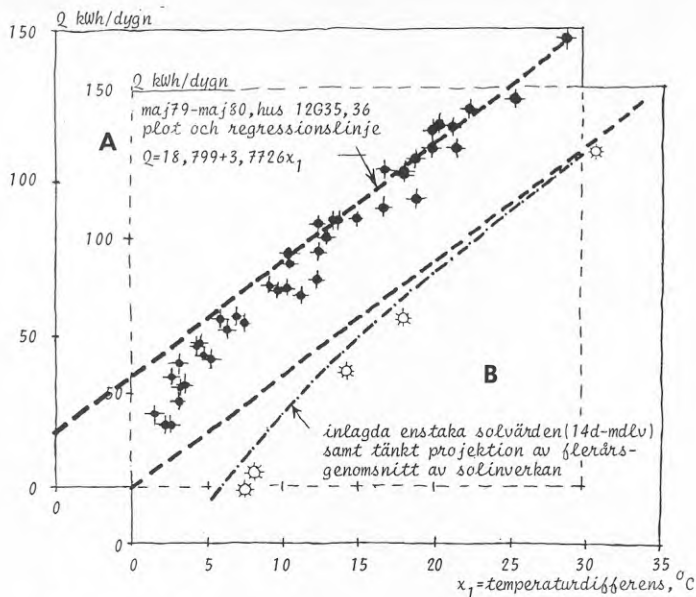
VARIABLE	N	MEAN	STD DEV	SUM	MIN	MAX
Q	45	73.55822222				
TEMP	45	16.76488889				
SOL	45	3.11577778				
VIND	45	2.17777778				
VATT	45	14.28888889				
VAED	45	55.24444444				

CORRELATION COEFFICIENTS / PROB > IRI UNDER HO:RHO=0 / N = 45						
	Q	TEMP	SOL	VIND	VATT	VAED
Q	1.00000 0.0000	0.97389 0.0001	-0.80621 0.0001	0.85607 0.0001	0.71063 0.0001	-0.68737 0.0001
TEMP	0.97389 0.0001	1.00000 0.0000	-0.71569 0.0001	0.84033 0.0001	0.60890 0.0001	-0.67681 0.0001
SOL	-0.80621 0.0001	-0.71569 0.0001	1.00000 0.0000	-0.65616 0.0001	-0.70361 0.0001	0.61449 0.0001
VIND	0.85607 0.0001	0.84033 0.0001	-0.65616 0.0001	1.00000 0.0000	0.50561 0.0004	-0.51768 0.0003
VATT	0.71063 0.0001	0.60890 0.0001	-0.70361 0.0001	0.50561 0.0004	1.00000 0.0000	-0.55461 0.0001
VAED	-0.68737 0.0001	-0.67681 0.0001	0.61449 0.0001	-0.51768 0.0003	-0.55461 0.0001	1.00000 0.0000

STEP 2	VARIABLE SOL ENTERED	R SQUARE = 0.972916
		DF
	REGRESSION	2
	ERROR	42
	TOTAL	44
		SUM OF SQUARES
		46838.23934068
		1303.86091709
		48142.10025778
		PROB>F
		0.0001
		B VALUE
	INTERCEPT	18.79869448
	TEMP	3.77268084
	SOL	-2.72453557
		STD ERROR
		0.16858509
		0.44247929
		PROB>F
		0.0001
		0.0001

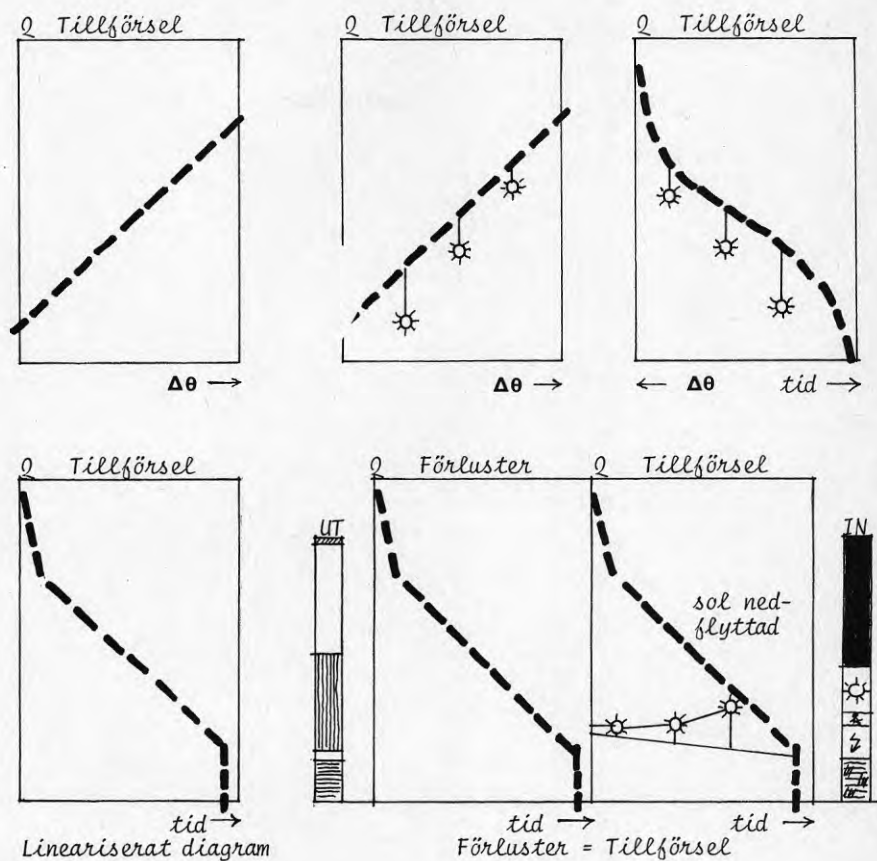
THE ABOVE MODEL IS THE BEST 2 VARIABLE MODEL FOUND.

FIGUR 4.2.3 EXEMPEL PÅ UTSKRIFT AV RESULTAT FRÅN REGRESSIONS-ANALYS. EXEMPLET AVSER GRÄNDHUSET SYSTEM 11 (12) TILLSAMMANS, DÄR 45 CA 14 DAGAR LÅNGA PERIODER LEVERERAT INDATA. Q-MEAN ÄR GENOMSNITTLIG ENERGIFÖRBRUKNING (INKL PERSONVÄRME). TEMP-MEAN ÄR PÅ SAMMA SÄTT SKILLNAD MELLAN UTE- OCH INNETEMP. TABLÅN UNDER MEDELVÄRDENA ANGER SAMBANDET MELLAN Q OCH VARIABLERNAS x_1 - x_5 . I TABELL 4.2.1 REDOVISAS BÄSTA 2-VARIABELMODELL MED $a_0 = 18.8$, $a_1 = 3.77$ SAMT $a_2 = -2.72$. RISKEN ATT "SOL" INTE HÄR BETYDELSÄ FÖR SAMBANDET ANGES TILL 0.0001. VID VÄRDET 0.05 OCH HÖGRE FÖRKASTAS MODELLEN OCH NÄRMEST LÄGRE MODELL (1-VARIABEL) ANVÄNDS.



FIGUR 4.2.4

- A. REFERENSHUSEN 12 G 35,36 (HELÅR). PLOT OCH LINJÄR REGRESSIONSLINJE. SOLINVERKAN KAN ANSES LIGGA I ETT PLAN VINKELRÄTT MOT Q/x_1 -PLANET SOM VISAS HÄR.
- B. FEM SOLINTENSITETER x_2 GÅNGER DEN IDENTIFIERADE PARAMETERN a_2 ÄR REDOVISADE. EN TÄNKT GENOMSNITTLIG INVERKAN AV SOL ÄR SKÖNSMÄSSIGT SKISSAD.
- C. PLOT Q_{ber} mot Q_{avl} ENL REGRESSIONSEKV
 $Q_S = 18.799 + 2.7726 x_1 - 2.7245 x_2$.



FIGUR 4.2.5 ÖVERGÅNG FRÅN TEMPDIFF - Q DIAGRAM TILL VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR SÄVÄL FÖRLUSTER SOM TILLFÖRSEL.

Den konstanta termen a_0 är det energibehov huset har enligt observationerna då ingen temperaturskillnad ute - inne råder. Man kan direkt rita in termen i ett varaktighetsdiagram av den typ som redovisas i FIGUR 4.2.5. I samma figur har lagts in den temperaturberoende termen $a_1 x_1$, ehuru den i ett varaktighetsdiagram inte är linjär.

Regressionslinjen $Q = a_0 + a_1 x_1$ är sann under förutsättningen att solen aldrig lyser. När så sker tillförs ekvationen en variabel x_2 , som tillsammans med sin konstant $+ a_2$ (med negativt värde) ger minskning av energibehovet $a_2 x_2$. Detta är likty-

digtt med att Q flyttar sig från $Q - x_1$ - planet till en plats i en rymd med de tre axlarna Q , x_1 och x_2 , vinkelräta mot varandra. I denna rymd finns ett plan som karaktäriseras av sambandet $Q = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$.

Om man projicerar $a_2 x_2$ på $Q - x_1$ planet erhålls en av solintensiteten bestämd kurva som ligger under linjen $Q = a_0 + a_1 x_1$ enligt FIGUR 4.2.4. I varaktighetsdiagrammen kan detta symboliseras med ett regelbundet fält, som kan sägas vara det genomsnittliga värdet under ett stort antal år. Det ligger således en realitet bakom betraktelsesättet såtillvida att figuren gäller som en generaliserad tolkning av sambandet mellan energitillförsel totalt och andelen sol genom höljet (fönstren).

Av logiska skäl måste tillförseln i FIGUR 4.2.4 ha en motsvarighet i ett förlustdiagram med samma övre begränsningslinje. Beroende på hur man definierar övrig tillförsel och i vilken ordning man lägger in den får den "nyttiga" solvärmens en begränsning, till vilken regressionsanalyserna inte lämnar någon förklaring. Snarare är det så att överskottet av tillförsel under årets varmaste tid ger oskärpa i resultatet. Detta är ett av skälen till att analyser omfattande enbart kalla perioder också genomförts.

För att här slutföra diskussionen om varaktighetsdiagram definieras förlust- och tillförseldiagram i FIGUR 4.2.6. Ordningen mellan de olika posterna kan inte omkastas utan vidare. Exempel på detta visas också i figuren.

Resultat av analyser med andragradsterm för temperaturberoendet

För att få en test på FTX-husens (system 22) beroende av värmeväxlersystemet kördes regressionsmodellen även med en andragradsterm för temperaturinverkan, dvs

$$Q = a_0 + a_1 x_1 + a_1' x_1^2 + a_2 x_2 + \dots$$

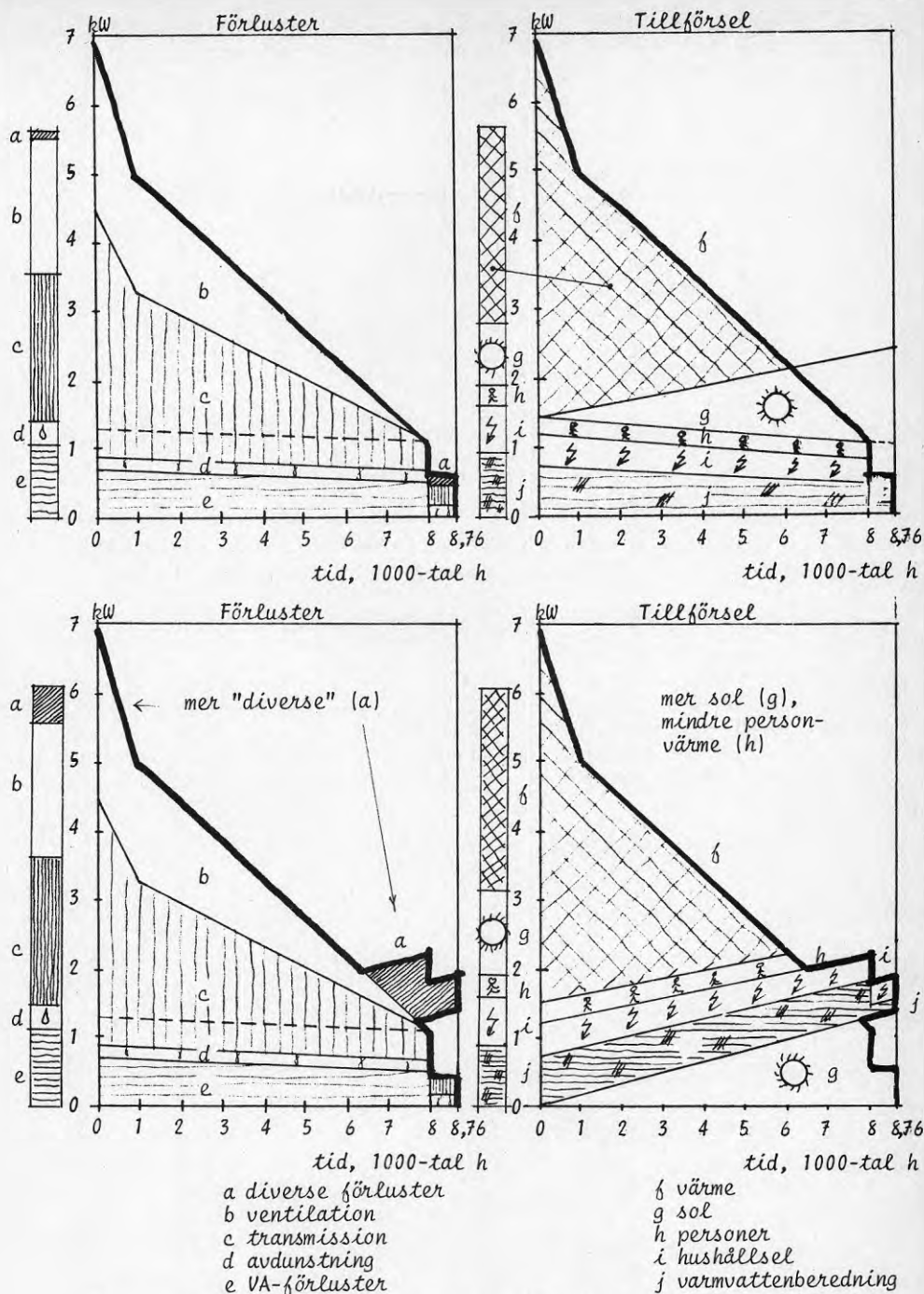
Den konstanta termen är av ett icke obetydligt intresse. Med hjälp av den kvadratiske termen har a_0 även för system 22 kommit närmare det förväntade värdet, t ex

helår, 22 G-linjär helår, 22 G linjär + kvadratisk term

$$a_0 = 3,4$$

$$a_0 = 23,1$$

Ytterligare slutsatser av denna delanalys har inte kunnat dras. Orsaken till att en andragradsterm över huvud taget identifierats är sannolikt att frys-skyddsförvärmning slår till vid låga utetemperaturer. Det finns alltså en reglerfunktion som styr materialet vi observerar.



FIGUR 4.2.6 SCHEMATISERADE "FALSKA" VARAKTIGHETS-DIAGRAM FÖR FÖRLUSTER OCH TILLFÖRSEL AV ENERGI. VALD ORDNING ÖVERST SAMT ANNORLUNDA ORDNING. BREDVIDLIGGANDE STAPELDIAGRAM REDOVISAR ENERGIBELOPPENS RELATIVA STORLEK.

Tolkning av resultat

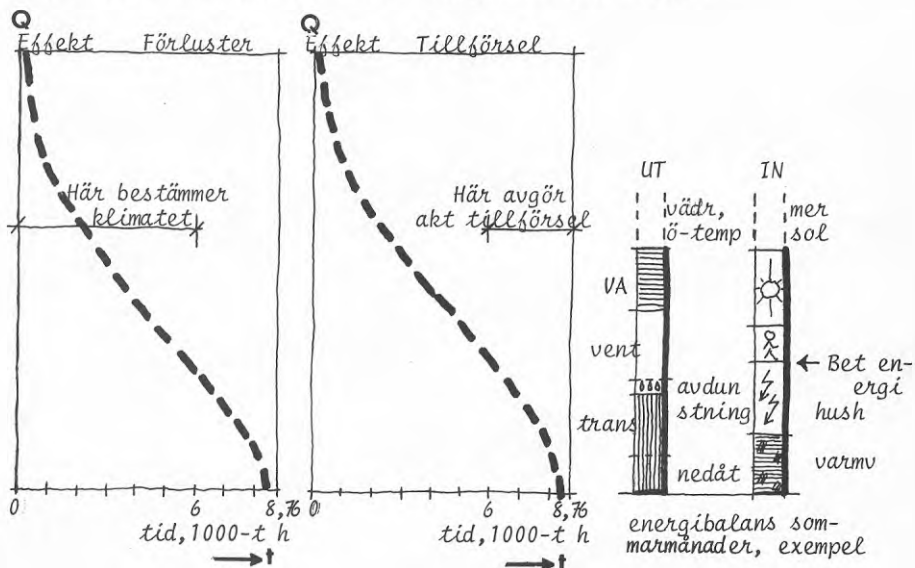
Den konstanta termen bestäms av tillförseln och har en motsvarighet på förlustsidan som följer:

Förlustsidan		Tillförselsidan	
Förl mot mark	6 + 3	Varmvattenber	10 + 3
Förårgn.värme	3 + 1,5	Hushållsel	12 + 4
Vattengenomflöde	12 + 5		
Summa	21 + 6		22 + 5
På sommaren tillk vädring och över-temp inne		En del vädring och övertemp balanseras av sol 0	
Uppskattning	25 + 7	Summa	22 + 5

Att vädring inverkar beror helt enkelt på att förlusterna vid alla utetemperaturer ökar med vädringen, vilket höjer förlusterna - som vi skall se mest vid relativt höga utetemperaturer.

Ytterligare slutsatser kan dras av dessa resonemang. - Eftersom klimatet bestämmer förlusterna bör förlustdiagrammet bestämma även tillförseln i diagrammets vänstra del. I diagrammets högra del finns energiöverskott, varför tillförseln inte är klimatberoende där, FIGUR 4.2.7.

Regressionsanalyserna är kanske av detta skäl inte en analysmetod som helt pålitligt ger alla svar på energibehovets geometri. Med vetskap om denna bakgrund syns dock metoden ha visst diagnostiskt värde.



FIGUR 4.2.7 SAMBANDET KLIMAT (UTETEMPERATUR) - EFFIKTBEHOV BESTÄMMER FUNKTIONEN (Q, t) ENDAST I DIAGRAMMETS VÄNSTRA DEL, DVS NÄR DET ÄR KALLT.

Varaktighetsdiagrammen bör kunna bidra till att vi får en mer nyanserad bild av exempelvis värmebehovet sommartid. Under ofta förekommande gråmulna eller regniga (inte för korta) perioder behövs värmestillskott för att innetemperaturen inte skall bli obehagligt låg. Exempel: En person hemma, utetemperatur +12°, regnigt och grått - avdunstningsvärme från husets yterytor motsvarar diffus instrålning. Effektbalansen kan t ex bli i ett grändhus:

DETTA ÄR EN GROV SKATTNING

<u>Förluster:</u>		<u>Tillförsel:</u>	
Transm + vent 156 * 9°	1.404 W	Sol gm hölje minus	
Golv ca	200 "	avdunstning	0 W
Avdunstn, 1 kg/d	28 "	Personer (1 pers	
VA, 150 l/d * 1,16 * 10°/24	delvis hemma	60 "	
		Hushåll (kyl, frys)	100 "
		VV-beredare, tomgång	140 "
		Varmv, som svalnar ca	80 "
<hr/> Summa	1.705 W		380 W

DETTA ÄR UPPMÄTTA VÄRDEN

Driftresultaten styrker helt att värmebehov sommartid föreligger:

	Period	kWh	spridn	motsv effekt (W)
4 grändhus (12 o 32)	790618-0914	604	52	280
---	800514-0815	595	108	275

För grändhus med ventilationsvärmeväxlare är det noterade behovet VÄSENTLIGT lägre, vilket ytterligare styrker resonemanget.

4.2.4 VA-förluster (avloppsvärme)

Bakgrund

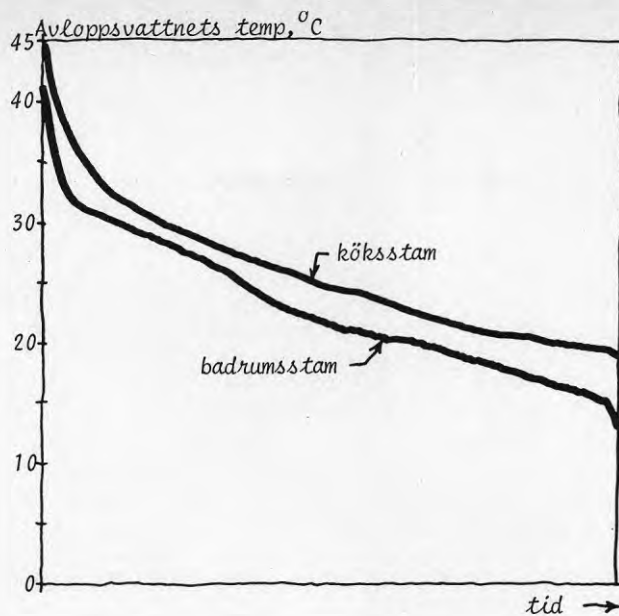
Redan de första åren på 60-talet intresserade sig författaren för hur stor energi som följde med avloppsvattnet ut ur huset. I BFR 98:1963* finns FIGUR 4.2.8.

I många sammanhang finns anledning att ta hänsyn till VA-förlusternas storlek. Bristen på data har emellertid gjort att man fått använda sig av mycket enkla gissningar när det gäller konstruktion av energibalanser. Den gissning som författaren publicerade redan 1967 och som sedermera använts bl a av Karl E Munter** var 3.500 kWh och Bo Adamson et al*** har redovisat värden på samma nivå. Denna siffra har upprepats så ofta att den kommit att uppfattas som ett välgrundat mätresultat. Vid några tillfällen har emellertid förf publicerat en något mer differentierad bedömning, som i princip överensstämmer med FIGUR 4.2.9.

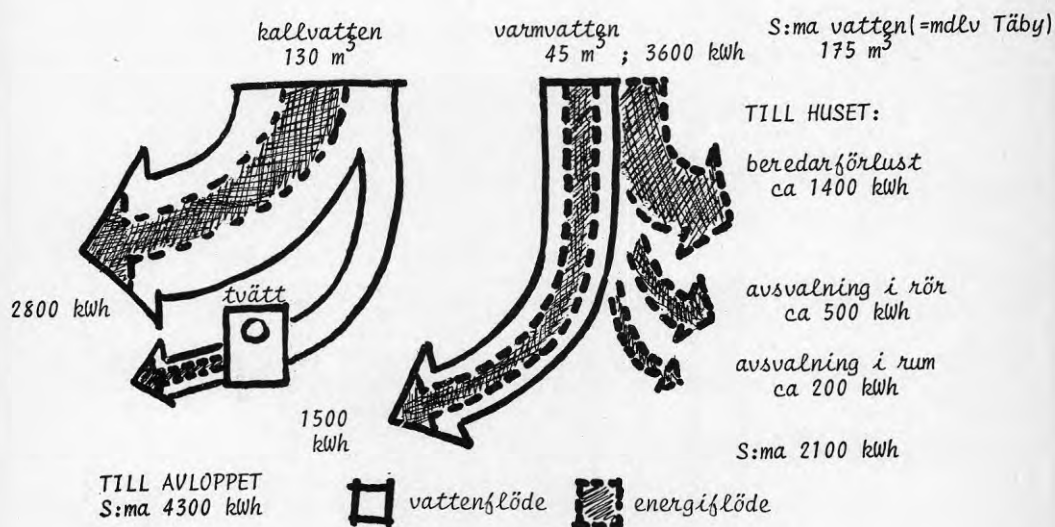
* N-E Lindskoug: "Försök med elektrisk bostadsuppvärmning" BFR 98:1963

** Munther, K-E, 1974, Energy Consumption in Single Family Houses. Report R58.1974, from the Swedish Council for Building Research, Stockholm.

*** Adamson, B & Källblad, K, 1975, Studier av energibalans i två villor. Projekt: Modulent-Stoby, Tekniska Högskolan i Lund. Institutionen för Byggnadskonstruktionslära. Arbetsrapport 1975:4.



FIGUR 4.2.8 TEMPERATURREGISTRERINGAR I ETT FLER-BOSTADSHUS I UPPSALA OMKRING ÅR 1960. (BFR98:1963 - se not föreg sida)



FIGUR 4.2.9 HYPOTES OM ENERGIOMSÄTTNING FÖR VATTEN OCH AVLOPP I ETT GENOMSNITTLIGT TÄBY-HUS.

Indikationer

Såväl de enkla temperaturmätningar som gjorts i Uppsala som rena temperaturindikationer från avloppet i förf:s hus i Täby-projektet (nr 34, system 22S) antyder att VA-förlusterna kan vara betydligt större än man hittills antagit och att de dessutom varierar starkt från hus till hus.

Även i regressionsmodellerna som redovisades i föregående avsnitt ligger den konstanta termen för grändhusen oftast i intervallet 6.000 - 10.000 kWh. I termen ingår 2.000 à 2.500 kWh värmeförluster neråt mot mark, varför den konstanta term, som skulle kunna bero på avloppsförluster, ligger mellan 4.000 och 7.500 kWh.

Mätningar utförda vid avd för VA-teknik och Vattenkemi* har gett ett genomsnitt av ca +28°C på avloppsvattnets temperatur. Med 170** l/pers,d (småhus) ger 1.510 kWh/pers,år. Med 210 l/pers,d (hyreshus) ger det 1.867 kWh/pers,år. 4 pers motsvarar 6.000 à 7.500 kWh/bost,år.

Hypotes

Vattenomsättning och luftomsättning i hus sker på analogt sätt. Kallt medium kommer in och varmt medium lämnar huset. Denna hypotes avses inte att helt bevisas i detta avsnitt. Här skall endast fortsättningsvis redogöras för de mätresultat som lagt grunden till att hypotesen sedan använts i det "manuella" utvärderingsarbetet.

Hypotesen är:

"Vattengenomflödet genom huset enligt kallvattenmätaren går temperaturdifferensen avlopp - kallvattenservis utgör hela året energiförlust som måste kompenseras med en lika stor energitillförsel."

Stickprov från temperaturmätningar i avloppet i hus 34 sept - dec 1980.

BDT-vatten tappas i en måttligt värmeisolerad låda, FIGUR 4.2.10, med bräddavlopp. Där finns ständigt ca 350 l slamblandat avloppsvatten. Vid tappning sker omblandning och bräddning. Temperaturen registreras centriskt i lådan nära inloppet och nära vattenytan. Spolvatten finns ej. Huset har torrtoa och multrum.

* L Andersson, F Nyberg: "Bad och diskvattnets sammansättning i ett hyreshus i Bromsten vid två provtagningstillfällen våren 1974, KTH okt 1974, stencil.

** "Energiberedskap för kristid". SOU 1975:6.

Lådan står i källaren, där temperaturen är ca 17° . När tappning sker bräddas en blandning av det kallnade och det varma avloppsvattnet. När tappningen avstannat svalnar vattnet i burken långsamt, FIGUR 4.2.11.

Teoretisk beräkning av tidskonstanten har gett värdet ca 17 h, vilket stämmer någorlunda väl med observationer av avsvälningförloppet.

Medelvärde av ett begränsat antal maxpunkter (disk, tvätt, dusch) gav $34^{\circ} \pm 6,5$. Det totala långtidsmedelvärdet enligt dataregistrering är $24,5^{\circ} \pm 5,2$.

En karakteristisk natt svalnar vattnet i burken ca 10° . Om utgångsvärdet är så lågt som 30° svalnar det ca 5° .

Under dagtid är det ofta 4 - 5 h mellan större tappningar och då hinner burkens vatten svalna $6-10^{\circ}$ beroende på utgångstemperatur. För att få ett sant tidsmedelvärde måste hälften av "avsvälningstemperaturerna" (temperaturfall då ingen tappning sker) tilläggas medelvärdet. Tillägget bör alltså vara 3 å 5° . Under veckoslut då huset står tomt svalnar de 350 literna nästan till källartemperatur. Detta påverkar även tidsmedelvärdet, men endast marginellt.

Om man bortser från allt det varma vatten som bräddas bör tidsmedelvärdet vara 28°C å 30° (dvs $24,5^{\circ}$ enligt ovan + 3 å 5° motsvarande avsvälningen). Om sedan inverkan av det bräddade varma vattnet beaktas kommer man sannolikt till ca 30° eller t o m högre.

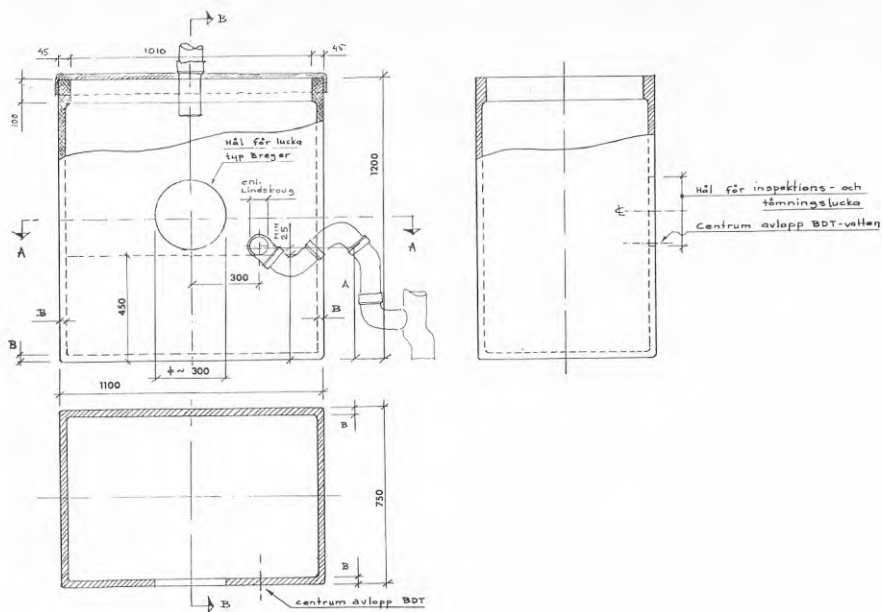
I hus med vattentoaletter är ca 20 % spolvatten. Om detta normalt är 20° bör avloppstemperaturen vara 1,5 å 2° lägre än vad som registrerats i hus 34 (som har torrtoa och multrum).

Mätningarna styrker alltså helt de mätresultat som Inst för VA-teknik och Vattenkemi, KTH, redovisat (ca 28°C).

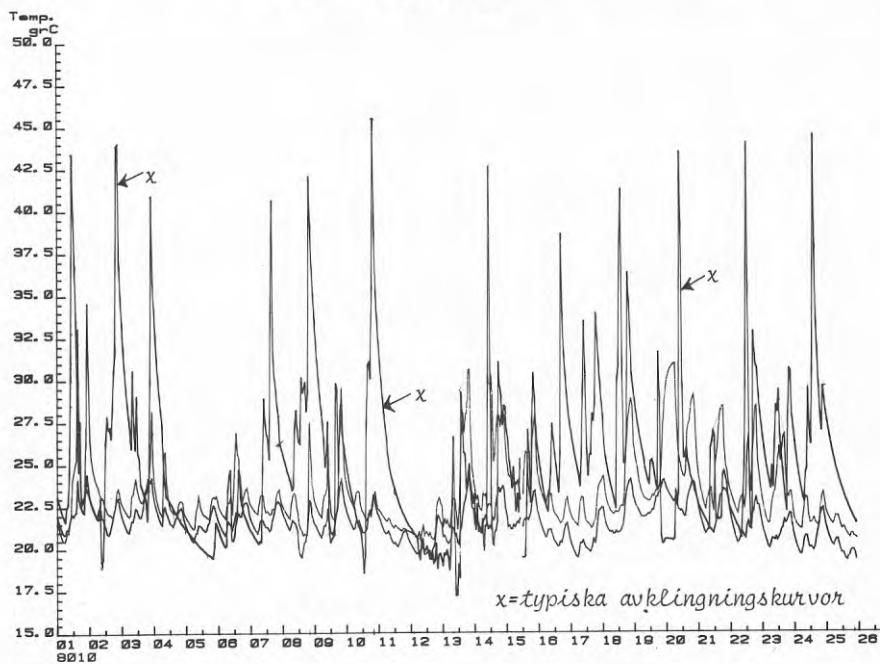
Mätning av det ingående kallvattnets temperatur

Vid servisen till ett av radhusen mäts kallvattentemperaturen kontinuerligt. Endast vid större tappningar elimineras husets inverkan och "rätt" ingående temperatur registreras. - Stillastående vatten i servisen får ju samma temperatur som huset.

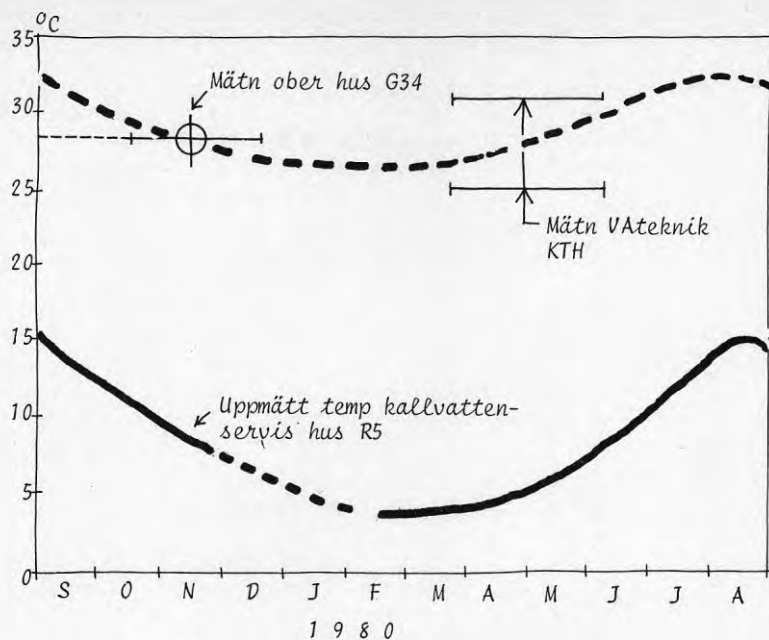
Serien av registrerade minimipunkter anger alltså det inkommande vattnets temperatur, FIGUR 4.2.12. I samma figur har inlagts avloppstemperaturen enligt tidigare resonemang.



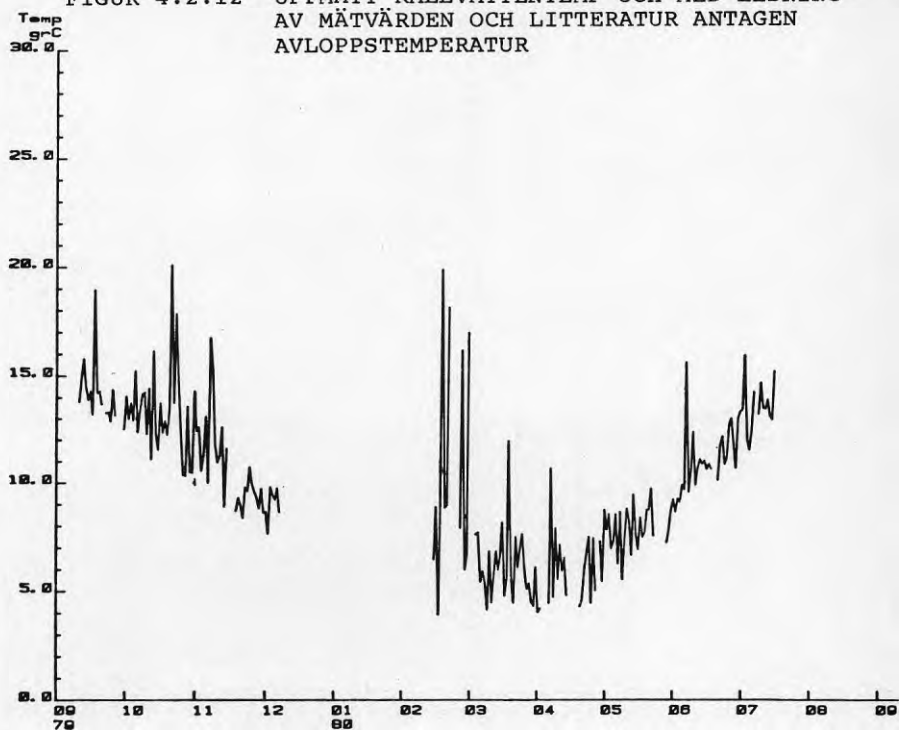
FIGUR 4.2.10 LÅDA FÖR UPPSAMLING AV GRÅVATTEN OCH TEMPERATURMÄTNING



FIGUR 4.2.11 REGISTRERAD TEMPERATUR I LÅDAN SOM VISAS I FIGUR 4.2.10.



FIGUR 4.2.12 UPPMÄTT KALLVATTENTEMP OCH MED LEDNING AV MÄTVÄRDEN OCH LITTERATUR ANTAGEN AVLOPPSTEMPERATUR



FIGUR 4.2.13 KALLVATTENTEMPERATUR REGISTRERAD I HUS 24 R 5

Vattenförbrukning och varmvattenförbrukning,
preliminära slutsatser etc

I Täby-projektet är vattenförbrukningen låg, TABELL 4.2.2. Trots detta blir VA-förlusterna betydande och variansen av stor betydelse för rimligheten av utvärderingsresultaten.

TABELL 4.2.2 VATTENFÖRBRUKNING OCH PÅ MÄTNINGAR BERÄKNAD VARMVATTENFÖRBRUKNING - PERIODEN MAJ 79 - MAJ 80

RADHUS				GRÄNDHUS			
Hus nr	An-tal pers	l/p,d	Netto* varmv kWh/p,år	Hus nr	An-tal pers	l/p,d	Netto* varmv kWh/p,år
3	3	132	860	18	3	142	767
4	4	126	750	27	4	129	500
5	4	107	-	28	4	156	450
6	4	153	575	32	5	120	640
7	4	-	575	33	3	131	433
8	2	138	650	34	2,5	182	(1320)
9	4	120	575	35	4,5	116	356
10	5	148	800	36	4	171	750
11	4	182	775	37	6	75	200
12	2	130	500	38	5	108	450
13	4	165	325	39	4	128	-
14	2	160	(150)	40	2,5	136	560
				41	4	130	790
Mdlv		142	+/-639			133	536
		+/- 22	+/-162			+/- 27	+/-186

Mdlv av samtl kallv 137 +/- 25 l/p,d;
varmv 585 +/- 179 kWh/p,år

* Beräknad som flöde x temperaturstegring 42°C minus 20 - 30 l/hushåll,d som svalnar i rör från beredare. Mätningarna är osäkra p g a termostatinställning och funktion samt p g a flödesmätarens osäkerhet.

Definitiva slutsatser skall inte redovisas. Dock kan redan här framhållas att

- varmvattenberedarens roll när det gäller energiförbrukning har sannolikt överskattats,
- vattengenomflödet genom huset sannolikt är en betydligt viktigare faktor att studera (* jfr Erik Lundström).

* Erik Lundström, "Energy Consumption in Single-family Houses - Influence by the Occupants". Inst f Byggnadsekonomi och Organisation, KTH. Seminarium juni 1980.

Med ledning av dessa preliminära slutsatser har den tidigare refererade hypotesen använts i de manuella korrigeringsberäkningarna.

För en rad andra överväganden kan det dock vara värt att nämna att avläst total energi till varmvattenberedare är 3.500 kWh +/- 1.000 kWh (9 hus med vanl elberedare). Samtidigt är det troliga värdet av från kran eller dusch ANVÄNT varmvatten ca 2.300 kWh +/- 1.000 kWh (21 hus). Per person behövs sannolikt inte mer än 600 kWh/år.

En komplett redovisning av vattenförbrukningen maj 79 - maj 81 redovisas i BILAGA 4.

4.2.5 Vädring

Sambandet mellan vädring och utetemperatur framgår klart av datalistan för ingående värden i regressionsanalysen. Referenshuset nr 35 är ett gott exempel. Man vädrar helt enkelt inte alls när det är ner mot -8° . Redan när det är 4 à 5° varmt ute, kan vädringen uppgå till 25 à 50 timmar per 14-dagarsperiod. Vid 15° ute ligger vädringstiden upp emellan 250 och 300 timmar. I de tidigast körda regressionsmodellerna fanns genomgående starka korrelationer (samband) mellan den beräknade vädringsvariabeln x_5 och övriga storheter. Exempelvis gäller för grändhuset nr 35 (referenshus)

$x_5 - Q :$	$R = +0,8$
$x_5 - x_2$ (temperatur) :	$R = -0,79$
$x_5 - x_2$ (sol) :	$R = +0,71$
$x_5 - x_3$ (vind):	$R = -0,66$

Detta är genomgående starka samband som talar om att vädringen påverkar energiförbrukningen, att vädring minskar då temperaturen sjunker, att vädring ökar då solen ökar samt att vädring minskar då det blåser. I och för sig är detta trivialt, men det är intressant att konstatera att mätningar faktiskt ger starka belägg för den populära uppfattningen.

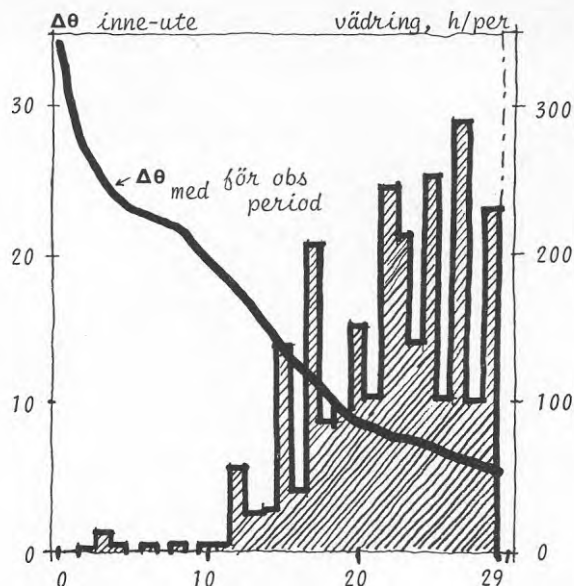
I de tidigaste körda modellerna kan vädringen beräknas.

Hus 12 G 35 (hus 12 G 36 har på grund av mätfel ingen registrerad vädring).

Det belopp som analysen anger är (parametern a_5 ej signifikant)

$$192 \pm 379 \text{ kWh,}$$

vilket blir $a_5 = 0.00615$. $x_5 = 85,72$,
 $a_5 x_5 = 0,52 \text{ kWh/d, om värdet multipliceras med } 365 \text{ dygn.}$



FIGUR 4.2.14 DET ENA REFERENSHUSET AV FRILIGGANDE TYP VISAR KARAKTÄRISTISKT SAMBAND MELLAN TEMPERATUR OCH VÄDRING.

Detta kan alltså betyda mer än 500 kWh/år och de korrelationer som refererades hänförde sig alltså till just detta hus. En försiktig formulering är kanske följande: 200 kWh vädning är en sannolik siffra; högre värden är inte uteslutna.

Standardavvikelserna som angetts beror emellertid på spridningen hos variablerna. Deras betydelse får inte överskattas.

Vad som konstaterats är emellertid - i varje fall för några hus (12 G 35, 22 G 33, 37)

- att vädningen sannolikt i någon mån påverkat energiförbrukningen i grändhusen
- att vädningens energimässiga storlek varierar starkt
- att samvariationen som naturligt nog finns mellan hög temperatur samt stark sol å ena sidan och vädning å den andra i radhusen tolkats som om vädning gett energitillskott.

Naturligtvis kan vädningens ringa betydelse i hus med elradiatorer hänga samman med det faktum att brytarkontakter stänger av radiatorer i rum med vädning. Svar på denna fråga borde kunna finnas om regressionsanalysen görs även på hus med vattenradiatorer och värmepumpar. På grund av dessa husgruppers alla driftproblem har detta dock inte bedömts vara meningsfullt.

4.3 Entalpiförluster - avdunstningsvärme

4.3.1 Amerikanska källor

Enligt amerikanska undersökningar sker en vattenavdunstning i bostäder som uppgår till storleksordningen 15 - 25 lb/normalfamilj och dygn. Med normalfamilj menar man här en barnfamilj med två barn och översatt till kg blir detta 6,8 - 11 kg/dygn. Den amerikanska källan är något svårtolkad, men den sätter ändå fingret på en betydelsefull punkt vad beträffar energibalansen för hus.

Den tabell som redovisar fuktavgivningen för olika aktiviteter, ur vilken uppenbarligen siffrorna som refererats räknats fram, redovisas här i direkt översättning, TABELL 4.3.1.

TABELL 4.3.1 FUKTAVGIVNING I BOSTÄDER ENLIGT "ELECTRIC HEATING AND COOLING HANDBOOK" *)

Beskrivning	kg vattenånga per tillfälle
Golvttvätt (145 g/m ²), 3 x 2,4 m ²	1,10
Torkning av kläder	12,0 1)
Tvätt	2,0
Matlagning	
frukost	0,15
lunch	0,23
middag	0,53
Summa per dag	0,9
Disk, tre mål	0,45
Dusch, per person	0,23
Karbad, per person	0,05
Växter, 18 g/h	2)
Bidrag av personer	0,20 3)

- 1) Enl källan: "Om torken luftas direkt ut kan man bortse från siffran"
- 2) Eget antagande måste göras - källan oklar. Se TABELL 4.3.2.
- 3) Här menar säkert källan 0,2 kg/h och 4 pers delvis närvarande. Detta överensstämmer med de siffror på "latent heat" som anges i samma skrift.

Ur tabellen framgår att tvätt och klädtorkning givetvis är en dominerande post när det gäller fuktavgivningen och att sådana saker som t ex golvtvätt också innebär att stora fukt mängder frigörs. Det framgår inte klart huruvida personers fuktavgivning ingår i de angivna siffrorna, men om man går efter andra uppgifter beträffande människors latent värmeavgivning är en stor del av den fuktutveckling som sker inom hus just människors avdunstning.

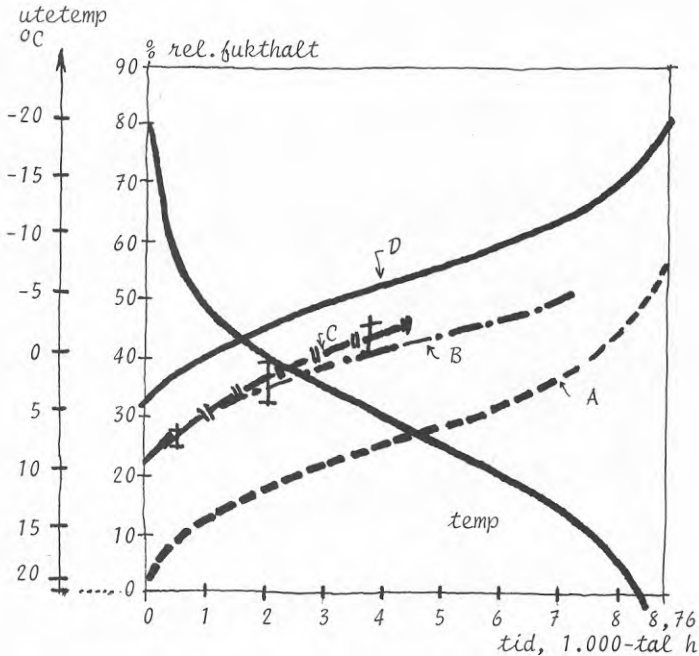
* New York 1965, Edison Electric Institute

Om man går direkt på uppgiften 6,8 - 11 kg och antar att 9 kg avges varje dag motsvarar detta en värmeutveckling av 250 W. Självfallet är detta en siffra som inte kan försummas i sammanhanget.

4.3.2 Observationer av den relativa fuktigheten i lägenheter enligt andra källor

Enligt FIGUR 4.3.1 skulle den relativa fuktigheten inomhus om ingen fukttillförsel alls förekommer följa kurva A i figuren.

I själva verket torde den relativa fuktigheten inomhus under vintern endast undantagsvis gå under 30 % i Stockholmsklimat. Detta styrks av observationer som författaren själv gjort och som publicerats i en skrift från 1965*.



FIGUR 4.3.1 RELATIV FUKTIGHET INNE

A = rf (rel fuktighet) utan tillförsel

B = beräknad rf med tillförsel 8,3 kg/d och 200 m³/h luftoms

C = observerad rf i 4 läg i Sthlm *

D = observerad rf i villa i Skellefteå med entalpiväxlare **

* Bo Adamson, N-E Lindskog: "Den elvärmda villans värmebalans och värmebehov - utredningar och försök". Svenska Elverksföreningen, Stockholm, 1965.

** N-E Lindskog: "Försök med elektrisk bostadsuppvärmning" BFR 98:1963

I TABELL 4.3.2 har med ledning av olika källor gjorts en relativt detaljerad ansats för den del av fukt-tillförseln som inte kommer från människornas latent värmeavgivning (= utdunstning). Det förefaller vara rätt uppenbart att den energiförlust som motsvarar de 4.3 kg som anges inte bör försummas - som hittills - vid enklare beräkning av energibalans för småhus.

4.4 Simuleringar med TRNSYS

4.4.1 Förutsättningar för beräkningen

Hus nr 12 G 36 (referenshus) har simulerats för perioden 22 - 28 april 1980. Vid simuleringen har hänsyn tagits till verkliga (= uppmätta) data för huset och Byleområdet i Täby kyrkby, där husen ligger.

För simuleringen krävs en matematisk modell av ett hus. Modellen består av ett antal komponenter (väggar, fönster, solfångare etc) med antagna egenskaper och med antagna kopplingar sinsemellan.

För en viss påverkan (indata, som beskriver klimat, boendevanor etc) svarar modellen med en energiförbrukning (utdata) i huset.

När simuleringresultatet överensstämmer med uppmätta och antagna data för såväl husen i sin helhet som för enskilda komponenter är modellen definierad.

För energibalansstudier används simuleringprogrammet TRNSYS. Programmet finns bl a tillgängligt på Institutionen för Byggnadsteknik, KTH.

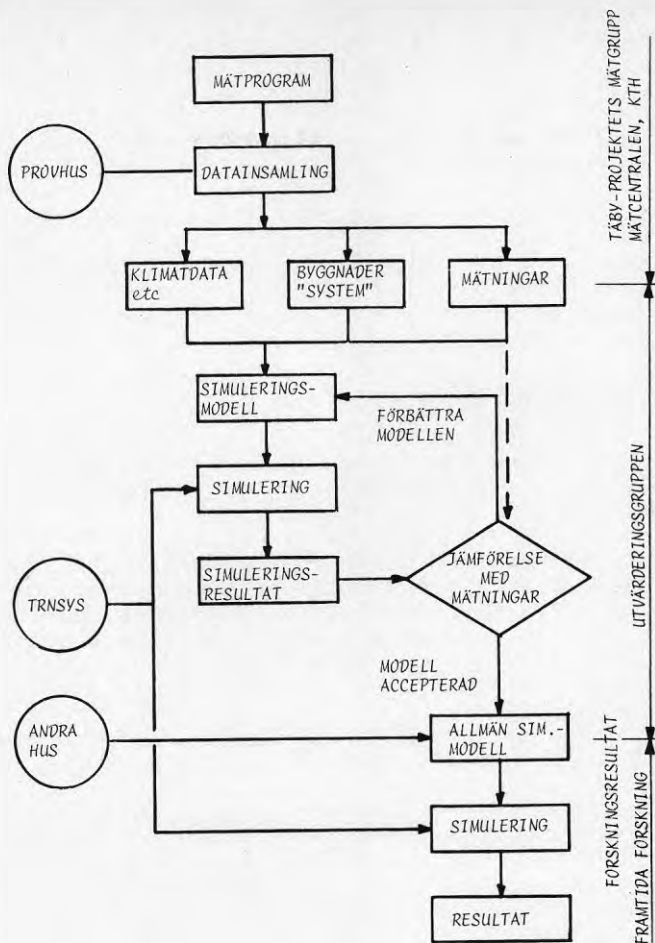
En simuleringsmodell består av flera komponenter med kopplingar som beskriver de fysikaliska sambanden. När komponenterna beskrivits kan alltså huset beskrivas på det sätt TRNSYS kräver.

Komponenter

En komponent i simuleringsmodellen kan exempelvis vara

- en vägg
- ett fönster
- en solfångare
- en varmvattentank
- människor beskrivna som värmekällor.

Var och en av dessa komponenter beskrivs med egenskaper som har inverkan på energibalansen. En sammanställning görs för den slutliga dokumentationen, vilken även tjänar som grund vid beskrivning av TRNSYS komponentmodeller.



FIGUR 4.4.1 SCHEMATISK BILD ÖVER KOPPLINGEN PROVHUS - SIMULERING - ALLM. SIMULERINGSKONTROLL

Indata som krävs för TRNSYS

Simuleringsmodellen kräver ett stort antal indata. Dessa kan indelas i två grupper:

Parametrar, vilka beskriver tidsoberoende egenskaper hos hus och installationer. Exempel på parametrar är k-värden, fönsterstorlekar, ytor hos solfångare, ackumulatorvolymer etc.

Variabler, vilka är tidsberoende storheter som inverkar på husets energibalans. Exempel på variabler är utetemperatur, solinstrålning, tappvarmvattenanvändning, personbelastning, vädring etc.

Parametrarna fastställs så långt det är möjligt innan simuleringarna inleds. Vissa parametrar bör löpande kontrolleras (termostatinställningar, vissa luftflöden) medan andra eventuellt måste korrigeras under simuleringarnas gång (k-värden, ofrivillig ventilation, egenskaper hos värmepumpar, värmekapacitet i inredning etc).

Variablerna mäts och sammanställs av Mätcentralen till timmedelvärden. Vissa av variablerna måste fastställas (uppskattas) genom intervju-undersökning (t ex antal personer i huset under olika tider av dygnet).

Simuleringsresultat

Som slutresultat från simuleringarna erhålls en årlig energibalans för husen. Under simuleringens gång kan värmebalansen erhållas för varje timma eller möjligen kortare perioder.

Dessutom kan för vald tidsupplösning ett stort antal delresultat skrivas ut. Delresultaten utgörs av hjälpvariabler, som uppträder under simuleringens gång, t ex vätsketemperaturer till/från solfångare, tanktemperaturer, temperaturer före och efter värmväxlare, förångnings- och kondenseringstemperatur i värmepumpar etc.

Delresultaten kan för enskilda komponenter jämföras med uppmätta värden, vilket gör det möjligt att kalibrera simuleringsmodellen, dvs fastställa parametrarnas verkliga värden.

4.4.2 En enkel modell

TRNSYS är en mycket enkel metod i den meningen att modellen består av schabloniserade element med vissa givna egenskaper. En lämplig kombination av element ger dock en god bild av verkligheten.

För att snabbt bygga upp en tillförlitlig simuleringsmodell begränsas simuleringarna till att omfatta ett hus med få installationer under en relativt kort period.

Sålunda har hus nr 36 (system 12) simulerats för perioden 22 - 28 april 1980.

Delresultaten från gjorda simuleringar har jämförts med motsvarande uppmätta värden.

Avvikelse mellan beräknade och uppmätta värden kan bero på i huvudsak tre saker:

- Felaktigt antagna (uppmätta, beräknade) parametrar.
- Felaktigt antagna fysikaliska samband mellan komponenterna i modellen eller felaktigt beskriven funktion hos enskilda komponenter.
- Mätfel.

Var felet finns att söka avgörs från fall till fall. Ju mer simuleringen har begränsats och ju färre parametrar och variabler som ingår i simuleringen desto enklare är felsökningen.

Genom att göra erforderliga kompletteringar/korrigeringar av simuleringsmodellen och inom vad som är fysikaliskt rimligt anpassa parametrarna kan förhoppningsvis simulerings- och mätresultat efter ett antal simuleringar fås att överensstämma.

Efter gjorda kompletteringar/korrigeringar har nedan beskrivna beräkningsmodell visat god överensstämmelse med mätresultaten.

Parametrar

Huset består beräkningsmässigt av ett enda rum med fyra ytterväggar och ett sadeltak. Följande värden har använts.

	vägg area	fönster area	andel skugga av fönster
Södervägg	30,3	2,2	0
Östervägg	44,2	8,1	0
Norrvägg	30,3	0	0
Västervägg	44,2	11,4	0,79
Tak mot S	38,0	0,2	0
Tak mot N	38,0	0,4	0

Specifika indata

Solabsorption i fasad absorptionskoeff	= 1,0
Infraröd strålning fr fasad emissionskoeff	= 0,9
Eff transmission gm fönster	= 0,7
Antal glas i fönster	3
k-värde, vägg	0,22 W/m ² °C
"- tak	0,18 W/m ² °C
Taklutning	45°

Väggar och tak sammanfogas till ett rum. Modellen har s k energistyrning, dvs TRNSYS beräknar erforderligt

uppvärmningsbehov alternativt kylbehov för att hålla temperaturen inom vissa givna gränser. Husmodellen tillförs energi genom solstrålning, uppvärmning (indata), spillvärme (indata), personvärme (definierat i simuleringssmodellen) och förlorar energi genom transmission genom golv, väggar och tak, frivillig och o-frivillig ventilation, bortspolad energi.

Specifika data

Rumsvolym	360 m ³
Antal luftomsättningar	0,58 h ⁻¹
Golvyta	100 m ²
Konstruktionsvikt (lätt, normal, tung)	lätt
Värmekapacitet	28.000 kJ/°C
- motsvarar vid c = 1,4 ...	20.000 kg
Källare saknas, värmeförluster gm golvbjäl omkrets verklig	40 m
- fingerad m h t TRNSYS enkla formel för beräkning av värmeförl	25 m
Relativ luftfuktighet (ute o inne)	80 %
Ventilationsluftens temp	= ute

Variabler

Utetemperaturen har mätts vid väderstationen i område A. I verkligheten är sannolikt mikroklimatet 0,5 å 1,0° högre än den uppmätta utetemperaturen.

Solberäkning har utförts med utgångspunkt från inmatade värden på I_{hor}. Fördelning mellan direktstrålning och diffus strålning är enligt Lill & Jordan. Resultat av solberäkningen ger bl a den totala strålningen på husets fyra väggar och på två takytor.

Specifika indata

Startdag för simuleringen	113
Latitud för huset	59,35°
Tidsskillnad sann soltid - borgerlig tid	0°

Av den redovisade elförbrukningen till varmvattenberedaren antas 300 W komma huset tillgodo genom förluster från VVB och rörledningar. Övrig energi räknas som energiförlust.

Hänsyn tas dock inte i programmet till kallvattnets uppvärmning vid passage genom huset (OBS!).

Personvärme har uträknats med ledning av en enkät. I huset bor två vuxna och två barn. Boendet är redovisat timme för timme. Vid beräkning av personvärmets antas effekten vara 100 W/vuxen och 80 W/barn. Total personvärme 6 kWh/dygn.

De redovisade vädningstiderna har varit mycket korta under simuleringsperioden varför vädringsförlusten har negligerats.

All redovisad elförbrukning räknas som tillförd energi. Delarna är

- hushållsel
- varmvattenberedare
- elvärme.

4.4.3 Simuleringsresultat

Den valda modellen visar god överensstämmelse med uppmätta värden för den aktuella tidsperioden, FIGUR 4.4.2.

En "finjustering" av modellen skulle kräva ytterligare simuleringar för andra tidsperioder, exempelvis en sommarvecka och en vintervecka.

Beräkningen visar att acceptabla simuleringsmodeller kan definieras och senare användas för energibalansstudier av andra hus med andra egenskaper och med annat utomhusklimat.

Den största temperaturavvikelsen inomhus, ca 2°, mellan modell och verklighet erhöles på eftermiddagen den 23 april, då solinstrålningen var mycket stor och gav en övertemperatur i huset. För övrigt ligger avvikelsen inom intervallet (0°; 0,5°).

Följande poster i energibalansen redovisas i simuleringsresultatet:

Q_{TRANS} (vägg, tak)	= - 258 kWh
Q_{SOL}	= + 38 "
Q_{PERSON}	= + 42 "
Q_{EL}	= + 487 "
$Q_{\text{VÄDR}}$	= 0 "
Q_{AVLOPP}	= - 61 "
Q_{TRANS} (bottenbjl)	= - 44 "
Q_{VENT}	= - 207 "

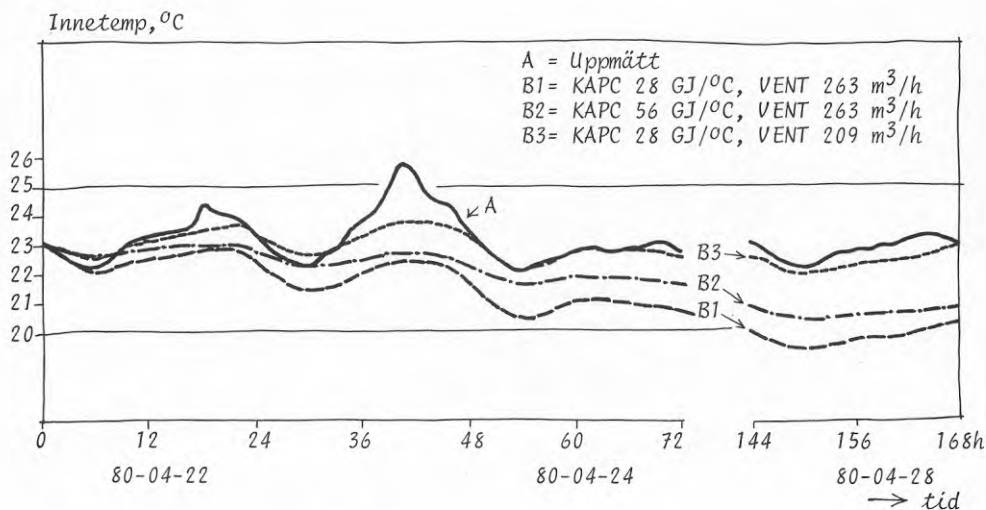
4.4.4 Slutsatser

TRNSYS är en rätt "grov" modell, men det ansågs dock vara värt besväret att köra den och därvid variera förutsättningarna. Enligt FIGUR 4.4.2 går det att genom att "vrida på olika rattar" få god överensstämmelse mellan simulering och mätresultat.

Ventilationen varierades från ett orealistiskt högt värde till ett mer rimligt. Även det mer rimliga visade sig emellertid vara ca 20 % högre än vad mätresultaten från CTH:s ventilationsmätningar utvisade.

I TRNSYS-modellen är energiförlusterna på grund av vattenomsättningen i huset undervärderade. Det är sannolikt av detta skäl som en 20 % för hög ventilation (enl kurva B3 i FIGUR 4.4.2) gav god överensstämmelse mellan simulering och mätning.

I övrigt varierades värmekapaciteten (28 resp 56 GJ/°C). Det förra värdet är mer troligt och överensstämmer med mätresultat refererade i FIGUR 4.5.3.



FIGUR 4.4.2 SIMULERINGSRESULTAT AV HUS 12 G 36 (REFERENSHUS) MED TRNSYS.

4.5 Styrssystem för temperatur och luftflöden

4.5.1 Allmänt om systemets funktion, teori, tidigare erfarenheter

Styrsystemets huvudsakliga funktion är att sänka temperaturen och minska luftflödena under sådana tider då hög temperatur och kraftig ventilation är onödiga. På grund av byggnadens värmetröghet krävs avsevärt effektunderskott respektive effektöverskott för att sänka respektive höja temperaturen snabbt. Många arbeten har gjorts på detta område och bl a har Christer Jansson och Sören Wiklund vid Skånska Cementgjuteriet* arbetat med temperaturstyrning och dess möjliga inverkan på temperaturen i en byggnad.

Det är inte utan vidare möjligt att ur de mätningar som genomförts exakt avläsa vad det behovsstyrda inneklimatet har gett för effekt i Täby-projektet.

Under mätåret 1979-1980 hade referenshusen sitt styrsystem urkopplat medan alla försökshusen hade fungerande styrssystem.

I siffror syns den teoretiska inverkan av styrsystemet vara följande:

Temperatursänkning - inverkan på förluster

Enligt de beräkningar som gjorts av Jansson-Wiklund torde man kunna räkna med 2,5 - 3,5 % minskning av de temperaturberoende förlusterna vid enbart nattsänkning. Detta motsvaras av 330 - 460 kWh energibesparing i radhusen och 400 - 560 kWh besparing i grändhusen.

Flödesminskning av ventilationen - inverkan på förluster

Med flödessänkning endast 8 h av dygnets 24 h ligger energivinsten enligt den inställning som gjorts i Täby-projektet vid ca 400 kWh/år. För hus med ventilationsvärmewäxling (FTX, syst 22, 24, 42, 44) blir det endast ca 120 kWh/år.

Sammanlagd inverkan av temperatur och flödessänkning

Vid enbart nattsänkning ger de angivna förändringarna 4 à 5 % minskad årsförbrukning. För hus med FTX blir det knappt 3 %.

* Christer Jansson, Sören Wiklund: "Energibesparing vid behovsanpassad inomhustemperatur i gruppbyggda småhus". Delrapport BFR programanslag 780017-0.

Det är möjligt att sänka temperaturen dagtid i en av de båda zonerna utan att samtidigt sänka ventilationsflödet. Slutligen finns också möjligheten att sänka både ventilationsflöden och temperatur under 8 h dagtid såväl som under natttid.

I systemet ingår även för de elvärmda husens del en avstängning av värmesystemet (elradiatorerna), när fönster eller dörrar öppnas. Detta har enligt andra utredningar gett en påtaglig energivinst* av 2 - 3 %. Eftersom utredningarna hänför sig till andra objekt finns en viss osäkerhet. Å andra sidan har ju noterats små "säkra" vädringsförluster i Täby-projektet, vilket gör det sannolikt att fönsterkontakterna har en energibesparande effekt.

Sammanfattningsvis är den teoretiska inverkan av styrsystemet som följer:

	% av total köpt energi
● Enbart nattsänkning	4 - 5 %
● Nattsänkning + zonsänkning av temp	7 - 8 %
● Såväl dag- som nattsänkning, temperatur och vent.flöden	8 - 12 %
● Fönsterkontakter i elradiatorhus*	3 à 4 %

(570 kWh av ca 8.000 kWh radiatorenergi i undersökningen - motsvarar här ungefär radhusen).

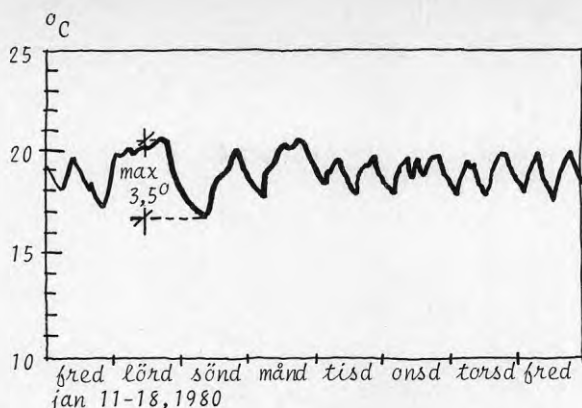
För hus med ventilationsvärmewäxling (FTX) är vinsten ett par tre procent lägre.

Detta är alltså teoretiska värden härledda ur litteratur och ur beräkningar.

4.5.2 Observationer

Ett typiskt exempel på observationsmaterial visas i FIGUR 4.5.1. Temperaturinverkan av styrning kan relativt enkelt räknas om till energivinst. Så har skett på ett rätt stort mätunderlag.

* Per Jansson "Möjligheter att med förbättrad regler-teknik begränsa energiuttaget vid eluppvärmning". Studier bundna till Sv Elverksföreningen, stipendium 1973



FIGUR 4.5.1 TYPISK TEMPERATURKURVA I ETT RADHUS-VARDAGSRUM (ELRADIATORER). ÖVERGÅNG FRÅN ENBART NATTSÄNKNING TILL SÄNKNING ÄVEN UNDER EN PERIOD MITT PÅ DAGEN SYNS HA SKETT DEN 15:e.

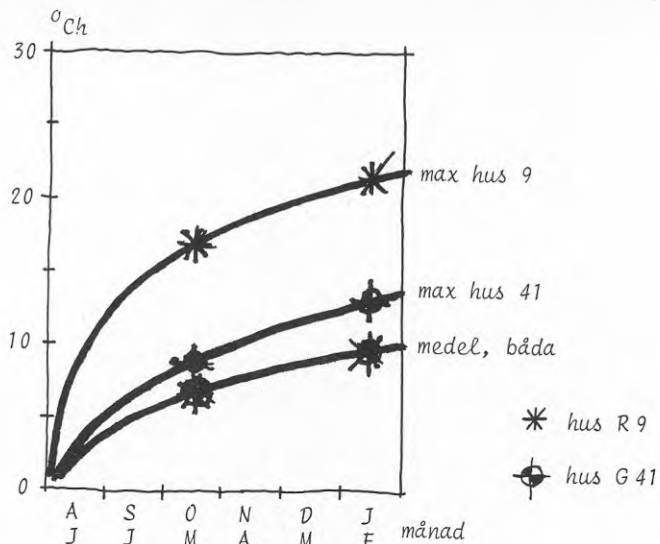
Här erinras om att styrsystemen fungerar väsentligen olika för hus med elradiatorer och för hus med vattenradiatorer eller varmluftsystem. I elradiatorhusen är det möjligt att i två zoner sänka och höja temperaturen individuellt i vardera fyra rum, medan för luft- och vattenradiatorssystemen en sänkning i hela huset är det enda som med här installerade system kan åstadkommas.

Temperatursvängningarna i hus 9 och 41 under januari och oktober månader 1980 har granskats. Det är oerhört besvärligt att finna lämpliga metoder för en objektiv utvärdering. Börvärdet svänger väsentligt på grund av reglerpunktsförskjutning. Dessutom ger effekttillskott (t ex sol) snabba temperaturstegringar över börvärdet.

Från grafer över temperaturer går det emellertid lättare att uppskatta de karaktäristiska tid-temperaturtrianglar, som uppstår när nattsänkning eller zonsänkning förekommer. En slumpvis planimetrering av trianglar ur materialet styrker helt Jansson-Wiklunds teser att 10 - 15 gradtimmar ($^{\circ}\text{Ch}$) per dygn är vad som verkar vara rimligt att i bästa fall uppnå.

Detta syns gälla vare sig det rör sig om enbart nattsänkning eller sänkning i två perioder per dygn. I några fall har dock 25°Ch noterats (24, 25 okt 80, hus 41 - utetemp ca $+7^{\circ}$). Sådana fall blir mer frekventa under vintern, när det är som kallast.

Medelvärdena för hus 9 och 41 överensstämmer väl med varandra. Som ett genomsnitt över hela året skulle 7°Ch per dygn kunna användas. Frågan är då bara hur lång tid man bör räkna.



FIGUR 4.5.2 SAMBAND MELLAN ÅRSTID (TEMP. DIFF) OCH SPARADE GRADTIMMAR PER DYGN.

Här väljs 9 månader av följande skäl:

- Uppvärmningsbehov sommartid har konstaterats TROTS sänkning av börvärde nattetid (se 4.2.3).
- Skillnaden i besparing mellan januari och oktober antyder parabolisk form av sambandet sparade gradtimmar - utetemperatur. - Att sparpotentialen är stor vid kallt väder är knappast förvånande.

Enbart nattsänkning bör alltså ge

- för radhus $270 \text{ d} \times 7^{\circ}\text{Ch} \times 135 \text{ W}/^{\circ} = 255 \text{ kWh}/\text{år}$
- för grändhus $270 \text{ d} \times 7^{\circ}\text{Ch} \times 179 \text{ W}/^{\circ} = 338 \text{ kWh}/\text{år}$

OBSERVERA att nattsänkning kan ge ökning i stället för minskning av elbehovet för värmepumpar. Detta är ofullständigt utrett, men risken vägd mot den obetydliga vinsten (255/COP resp 338/COP kWh/år) motiverar att nattsänkning slopas för värmepumpsystem. - Att värdena på besparing måste divideras med värmefaktorn reducerar ju vinsten betydligt.

Härtill kommer flödessänkning av ventilation ca 400 kWh/år. Tillsammans blir den från graferna uppmätta reduktionen tillsammans med ventilationsvinsten

- för radhus 4 %
- för grändhus 3,5 %

vilket är väsentligt lägre än de teoretiska värden som refererats ovan (5 - 6 %).

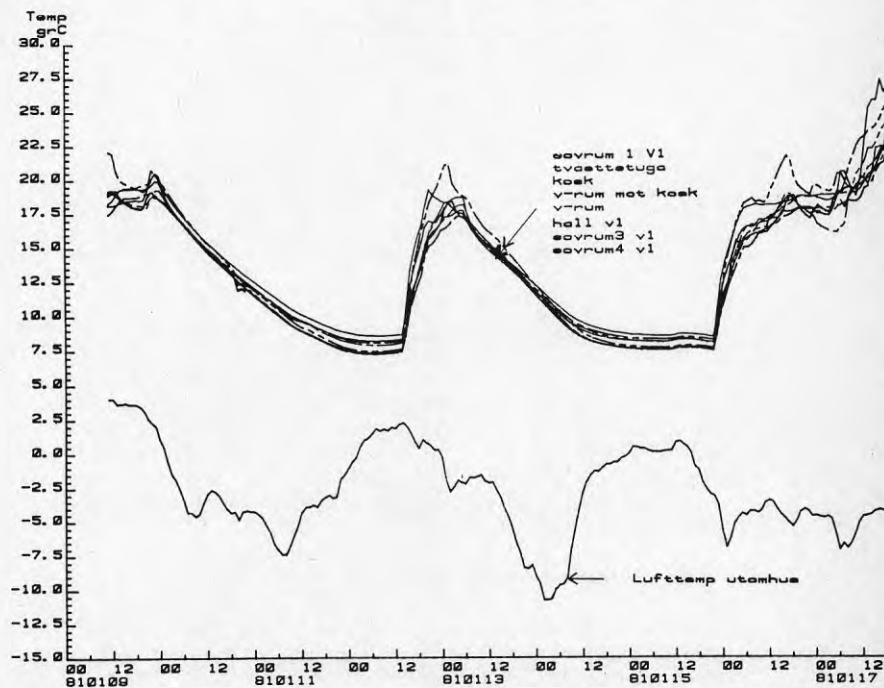
Den totala besparingen av styrsystem är alltså (inkl fönsterbrytare*) 8 - 10 % med den utformning systemet fått i Täby-projektet. För hus med FTX är besparingen ett par procent lägre.

En ytterligare period varje dygn med sänkning av ventilationsflöden kan motiveras - och har också i många fall utnyttjats. Det ger i så fall sammanlagt 10 - 12 % i besparing. För hus med FTX är vinsten några procent lägre.

Vid jämförelsen mellan referenshus och försökshus bör värdet 4 % användas eftersom fönsterbrytarna hela tiden använts (2 % för hus med FTX).

Värmekapacitetsbestämning

I januari 1981 avstängdes värmen helt under fyra ca 3 dygn långa perioder i författarens hus när detta stod tomt. Avsvlningsförloppet registrerades och med ledning av nedan redovisade välkända samband kunde värmekapaciteten i förf hus nöjaktigt bestämmas, FIGUR 4.5.3.



FIGUR 4.5.3 TEMPERATURFÖRLOPP I FÖRF HUS VID TOTAL AVSTÄNGNING AV VÄRMESYSTEMET

* enligt Per Jansson, se ovan.

$$R = \frac{KAPAC}{SPEC. \text{EFFEKT}} = \text{TIDSKONST (h)}$$

$$\Delta\theta = \Delta\theta_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R}}\right)$$

där $\Delta\theta$ = temperaturändringen från ursprungsvärdet

$\Delta\theta_0$ = temperaturskillnaden ute - inne

t = tiden i timmar från avstängningen

Resultatet blev 7,2 +/- 0,6 kWh/°C eller 26 +/- 2 MJ/°C. Detta stämmer någorlunda väl med teoretiska uppskattningar av medverkande massa. TRNSYS-beräkningen av ett referenshus utfördes exempelvis med 28 MJ/°C som ett av två alternativa värden på värmekapaciteten.

Efter rätt triviala beräkningar kan konstateras att "nattsänkning" under ett medelkallt dygn (+2°C) och med vad man kanske kan kalla normal gratisvärme (0,9 kW) ger följande vinst i gradtimmar räknat:

8 h total tid med sänkt temp (dvs ca 5,5 h med sänkt börvärde) =	6 à 7 °C
9 h	8,5 à 9,5 "
10 h	10 à 11 "

Det är bara att konstatera att de från tid-temperaturdiagrammen uppmätta °Ch-ytorna stämmer med nyssnämnda resultat. Vid -20° ute kan "vinsten" bli så hög som 20°Ch vid 9 timmars sänkning (ca 6 h sänkt börvärde).

Man har anledning förmoda att värden av detta slag kan variera en hel del. Exempelvis varierar ju tidskonstanten med den specifika effekten. Möbler och inredning inverkar också avsevärt på värmetrogheten. Det är därför knappast meningsfullt att redovisa mer preciserade mät- och beräkningsresultat än vad här gjorts. - Ett stort material finns, eftersom varje nattsänkning eller helgsänkning kan analyseras.

Synpunkter på styrning av luftflöde

I Täby-projektet är normalflödet utan forcering injusterat till 193 m³/h +/- 40 m³/h. Noggrannare än så har man inte varit vid injusteringen och man kan väl också förmoda att detta är en normal spridning. Det förefaller emellertid med denna bakgrund egendomligt att "reducerat flöde" endast ligger i genomsnitt 31 m³/h lägre än normalflödet. Det reducerade flödet ligger alltså inom normalflödets spridning.

Om man för ett ögonblick vänder på frågeställningen och istället betraktar ventilationsbehovet kan följande lista ge vägledning

forcering (matlagning)	300 m ³ /h
normal ventilation	200 -"-
sovrumsventilation	1 oms/h
ventilation i utnytt- jat utrymme	0,1 oms/h

Om man nyttjar 3 sovrum och i övrigt brukar huset hela dagen blir nattventilationen

110 m ³ /h i sovrum
40 m ³ /h i övriga huset

Man kan alltså spara 50 m³/h under 8 h/dygn. Detta motsvarar 625 kWh/år eller för radhus/grändhus 4 %/3 % av energibehovet.

I en familj där bägge arbetar och ev barn är på daghem kan 160 m³/h i 10 h sparas varje arbetsdag. Det motsvarar ca 1600 h under tid med uppvärmningsbehov och medeltemperaturen är i Stockholm ca +2^o under denna tid. Antalet gradtimmar blir då 30.000 och energibesparingen 1650 kWh/år. Helger och semestrar under kalla perioder ger på motsvarande sätt ytterligare 200 à 300 kWh/år i besparing.

En ventilation som enbart styrs och alltså inte värmväxlas kan alltså ge en energibesparing som är

för "hemmafamilj"	ca 900 kWh/år
för dubbelarbetande familj	ca 2500 -"-

Besparingen kan alltså för den dubbelarbetande familjen bli densamma som värmväxling har gett i Täbyprojektet eller för radhus/grändhus 15 %/12 % av årsenergibehovet.

Hur en styrning av det slag som här avses skall utformas tekniskt behöver man kanske inte gå in på i detalj, men det är svårt att låta bli att tänka på enkla vädringsbågar i sovrum i detta sammanhang.

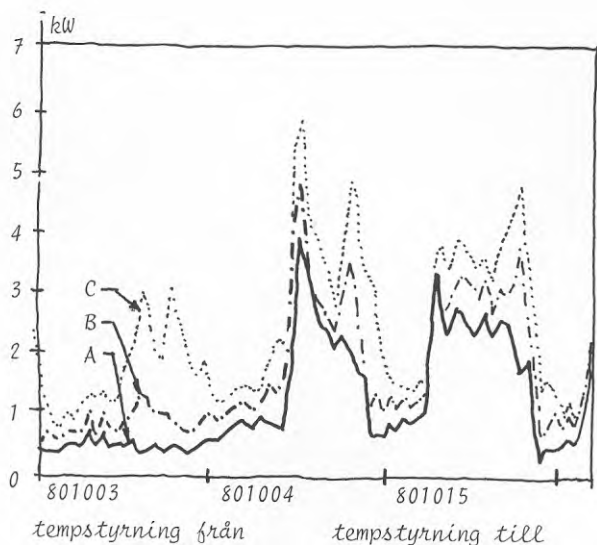
Klimatstyrning kan alltså byggas ut på många sätt och sannolikt finns på detta område intressanta alternativ från praktisk och ekonomisk synvinkel. En reservation med avseende på radon, formaldehyd och andra luftburna föroreningar är dock motiverad.

Synpunkter på zonsänkning av temperatur

Erfarenheten från mätningarna visar att man utnyttjar sitt styrsystem på ett mycket regelbundet sätt. Man sänker temperaturen, dvs börvärdet på termostaterna, sent på kvällen och höjer det tidigt på morgonen, ungefär vid samma tidpunkt i alla hus. I en del fall använder man sig också av dagsänkning. Relativt sällan verkar man utnyttja möjligheten att sänka temperaturen enbart i en del av huset.

Regelbundenheten av vanorna i de olika husen inger vissa farhågor om att man skall få en viss brist på sammanlagring när alla termostater kallar på värme på morgonen. Enligt FIGUR 4.5.4 är tillslagseffekten högst avsevärd och den sammanfaller också med att man använder spisen för att laga frukost på morgonen och att man tvättar sig och använder varmvatten. I figuren ser man att effektökningen blir från 1,5 till nära 6 kW vid det tillfälle då utetemperaturen inte var lägre än ca $+10^{\circ}$.

Denna typ av styrning har alltså sina nackdelar och man kan ifrågasätta huruvida man inte bör införa någon form av effektbegränsning. Här kan det bli fråga om en slags överordnad variatorstyrning, där effekten till värmen begränsas med ledning av utomhustemperaturen. En fördel med detta system är att det delvis ersätter fönsterbrytarna och således ger begränsade vädringsförluster. En nackdel är att återgång till önskad temperatur tar avsevärt längre tid, varvid alltså vinsten av nattsänkning eller zonsänkning av temperaturen ytterligare minskar från den blygsamma nivå som konstaterats i denna utvärdering.



FIGUR 4.5.4 STYRSYSTEMET INVERKAR KRAFTIGT PÅ EFFEKTBEHOVET. UTETEMP VARIERAR MELLAN 0 OCH $+12^{\circ}$. A = ELVÄRME, B = ELVÄRME + HUSHÅLL, C = ELVÄRME + HUSHÅLL + VV.

4.6 Årsbalanser med huvudsakligen manuella korrigeringsberäkningar. Perioderna maj 79 - maj 80 samt maj 80 - maj 81

4.6.1 Principer

Utvärderingsmetodik - redovisning av korrigeringsberäkningar - referens till period 79 - 80

De korrektioner som måste göras för att de avlästa värdena skall bli jämförbara är följande.

- Skillnader i innetemperatur. (Observera att utetemperaturens oskärpa inte spelar någon roll - frågeställningen är aktuell i felkalkylen.)
- Skillnader i avloppsförluster - närmast knutna till kallvattengenomflödet genom huset.
- Skillnader i luftflöden enligt injusteringsprotokoll.
- Skillnader i personvärme enligt intervjuundersökningar.
- Skillnad i elanvändning under den särskilt undersökta sommarperioden 1979.
- Värmefflöde mellan radhuslameller och ut genom radhusgavlar.
- Justering till standardiserad sommarförbrukning.

Det bör särskilt observeras att de här redovisade beräkningarna är oberoende av utetemperaturen eftersom ett registreringsfel påverkar samtliga objekt lika och de ev fel som därvidlag registreras. De är också av samma skäl oberoende av solinstrålningen, möjligen med undantag för olikheter när det gäller avskärmning.

Metoden att jämföra hus med hus på detta sätt är alltså en mycket pålitlig metod med begränsade möjligheter för okontrollerbara fel. Här må också nämnas att värdena för 1979-80 är säkrare än de för perioden 80-81. I den senare perioden saknas vissa data dels på grund av mätarfel, dels på grund av att husägare inte tillåtit direkt avläsning av kWh-mätare, trots att de förbundit sig göra detta.

Korrektionerna för innetemperatur är mest betydelsefulla under den kalla tiden av året. Därför har de sju kallaste månadernas innetemperatur legat till grund för korrigeringsberäkningarna. Dessa har i sin tur baserats på den teoretiska, temperaturberoende energiförlusten från respektive hus, varvid således även värmefflödet neråt mot mark inräknats såsom specifikt årsenergiförlust.

Kallvattenförbrukningen varierar inte fullt så mycket för grändhusens del som för radhusen. Dessutom är varmvattenflödet också någorlunda av samma storleks-

ordning för olika hus, varför en relativt enkel modell för korrektionen har kunnat användas för grändhusen. Det har helt enkelt använts den avloppstemperatur, som kunnat bäst dokumenteras, nämligen 21° temperaturökning på hela vattenflödet genom huset. De på så sätt erhållna avloppsförlusterna utjämnas, så att alla husen bedöms få en lika stor energiförlust denna väg.

De största korrektionerna har för perioden 1979-80 exempelvis fått göras för referenshuset 12 G 36 samt för hus 32 G 40 (solvärt tappvarmvatten). I det ena fallet har frändragits ca 1.500 kWh på grund av högre vattengenomflöde än medelvärdet och i det andra fallet har av motsvarande skäl drygt lika mycket lagts till den noterade energiförbrukningen. Om detta hade varit grovt felaktigt, hade med all säkerhet inte slutresultatet av de manuella korrigeringarna gett så jämna resultat för de båda husparen som de gjort.

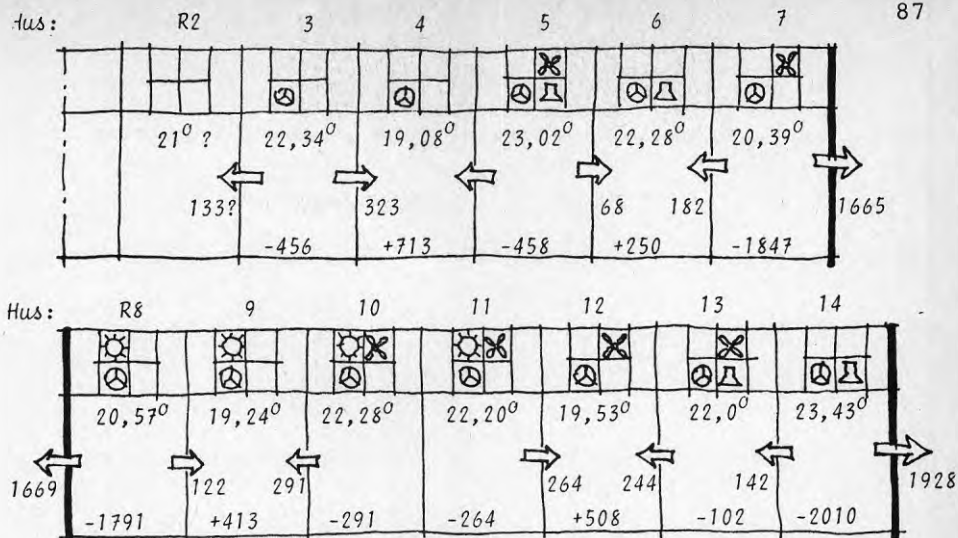
Även när det gäller luftflöden fick stora korrektioner göras för en del hus på grund av de uppmätta skillnaderna.

Personvärmedifferensen räknas endast för 250 dagar under året. Under övrig tid bedöms energiöverskott ha funnits de flesta dagarna, varför någon korrektion under den tiden knappast är motiverad. Även antalet närvarande personer och därmed personvärmedifferenserna är stora. I det ena grändhuset med solvärt tappvarmvatten dras 1.400 kWh från det noterade resultatet i denna korrektionsberäkning.

Den noterade elförbrukningen under sommaren skall givetvis korrigeras för. Ett undantag finns dock och det är husen som har solvärmesystem. Där ingår ju solvärt tappvarmvatten i den energivinst som noteras och därför skall alltså husens resultat inte belastas med att de bevisligen förbrukat mindre energi till varmvattenberedaren än övriga hus.

En besvärlig detalj var radhusens stora olikheter i temperaturberoende energiförlust. Regressionsanalyserna gav en arbetshypotes. Ett passningsarbete gav slutligen en värmeeström av ca 80 kWh/år och grad temperaturskillnad mellan olika hus. Detta värmefflöde motsvarar k-värdet 0,27, medan det från ritningar beräknade k-värdet är 0,31. Resultatet för referensradhuset nr 3 är ca -450 kWh, medan R 4 fick 700 kWh, FIGUR 4.6.1. Detta är långt ifrån försumbart.

För värmepumpar och för ventilationsvärmeväxlare har korrektionerna gjorts med iterering. En värmefaktor på värmepumpen respektive verkningsgrad på värmeväxlaren har ansatts och sedan har resultatet jämförts med ansatsen. Proceduren har sedan upprepats tills skillnaden mellan ansatt och resultat blivit acceptabel.



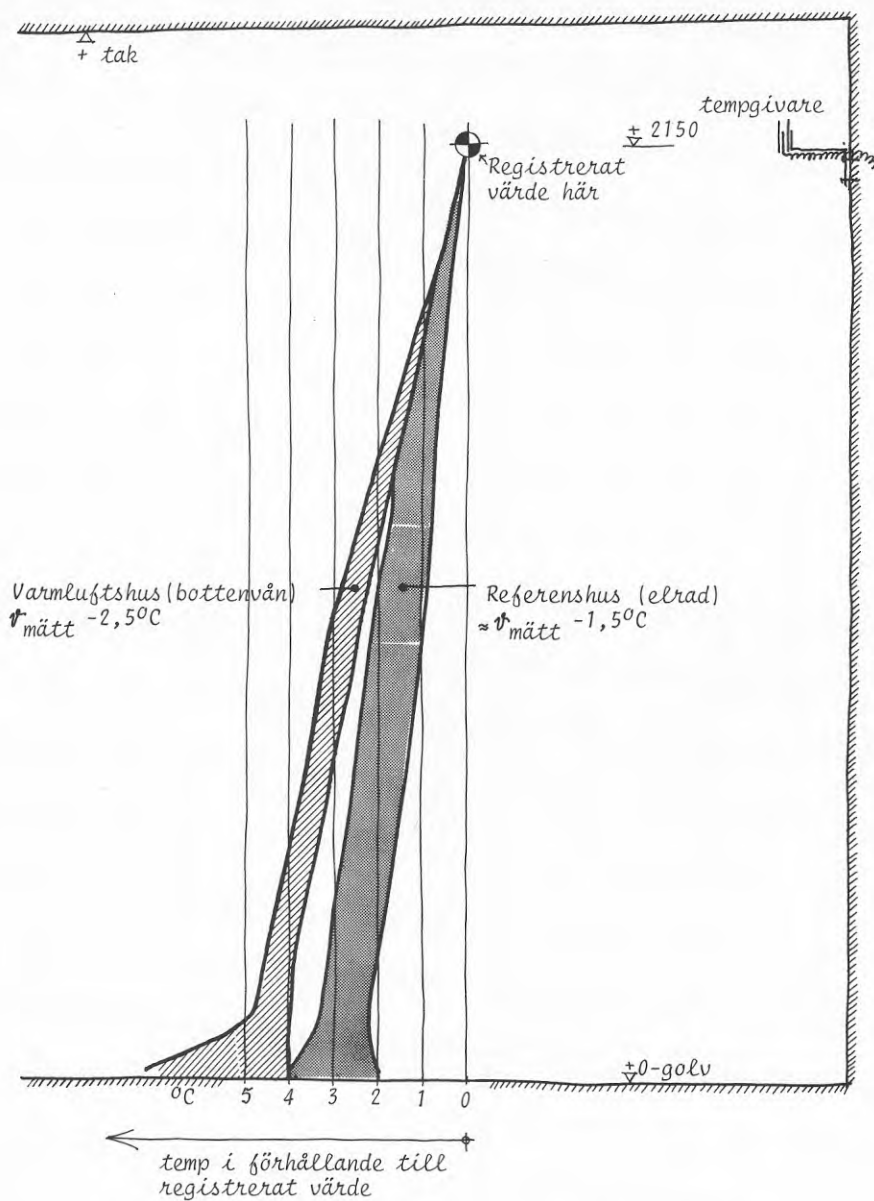
FIGUR 4.6.1 KORREKTION FÖR VÄRMEFLÖDEN MELLAN RADHUSLAMELLER P G A OLIKA INNETEMPERATUR 790515-800515. VÄRMESTRÖMMEN ANTAS PÅVERKA VÄRMEKONTOT 250 DYGN PER ÅR.

Vad beträffar nivån är hus med varmluft något tvivelaktiga på grund av att en viss temperaturskiktning har iakttagits, särskilt i det nedre våningsplanet. Den registrerade innetemperaturen har därmed blivit för hög och korrektionen av de avlästa energiförbrukningarna därför felaktigt stor. Energibesparingen i förhållande till referenshusen har därför sannolikt beräknats i överkant. Likaledes påverkas antagandena om värmefflöde mellan radhus av denna "felaktiga" temperatur i varmlufthus.

De mätningar som genomförts för att kontrollera genomsnittliga rumstemperaturen i förhållande till den av mätsystemet registrerade avbröts i samband med konflikten med husägarna. Eftersom praktiskt taget samtliga system med varmluft haft mycket måttliga energibesparingar spelar det heller ingen större roll om ett mätfel på några procent finns med. Om en förlängd mätperiod genomförs, skall givetvis de registrerade innetemperaturernas relevans undersökas noggrannare. En mätserie finns dock som ger en viss upplysning. Det är gradientmätningar (av B.Nyman) i 12 G 35 (ref) och 44 G 39, FIGUR 4.6.2.

Enligt FIGUR 4.2.7 bestäms energiförbrukningen under större delen av året av temperaturdifferensen ute/inne, se FIGUR 4.2.4. Sommarens förbrukning däremot är starkt beroende på om man är i huset eller inte och huruvida man har stängt av sitt värmesystem eller inte. Ofta är det tillfälligt kallt på sommaren så

Not: Likartade fenomen har observerats i flerbostadshus med värmemätning. Beräkningar och försök bekräftade helt värme-strömmarnas storlek. Se BFR-rapporten R80:1962 om ÖSTBERGA.



FIGUR 4.6.2 KRAFTIGA GRADIENTER HAR UPPMÄTTS AV B. NYMAN* SÄRSKILT I VARMLUFTHUS. MÄTNINGARNA ÄR FRÅN EN MÄT SERIE I DECEMBER 1979.

* Nyman B, 1981:1. Värmebalans i småhus med kombinerat uppvärmningssystem - solvärme, värmepump, värmeväxlare och tidsstyrd värme och ventilation.

att värmeförsörjning sker om värmesystemet är påslaget. Under påföljande soliga perioder stiger då värmen sedan onödigtvis högt, varför mycket av sommarvärmen till stor del skulle kunna undvaras. Den leder ofta till övertemperaturer, som inte beror på den genomsnittliga temperaturskillnaden ute-inne.

För att komma ur detta dilemma, som inte har så mycket med husens tekniska egenskaper att göra, har helt enkelt antagits en standardiserad värmeförsörjning för hushåll, varmvatten och värme. En särskild utredning gjordes för sommaren 79-80, vilken indirekt redovisas i siffrorna för sommarförbrukning, se BILAGA 4. Från denna utredning hämtades sedermera värdena till beräkningen för energiförbrukningen maj 79 - maj 80. "Sommaren" definierades där som perioden mitten av juni till mitten av september.

För mätåret 80-81 finns avläsningar endast 15 maj och 15 augusti, varför denna period måste användas. Här har dessutom en förenklad metod använts. Där ansätts 1.000 kWh för normaliseringsberäkningen för varmvatten samt sammanlagt 1.000 kWh för hushåll (inkl ventilation) och för värme, se TABELL 4.6.1. Undantag måste här göras för solvärmehus och för värmepumphus. De solvärmda husen påförs inte den standardiserade varmvattenförbrukningen, eftersom sommarsolen förväntas ge solhusen en hel del solvärmigt tappvarmvatten. Denna kvantitet är med andra ord en del av den vinst som framräknas från slutresultatet och kan därför inte räknas bort med en schablonmetod.

För de väl fungerande värmepumphusen borde kanske ett lägre värde ansättas för värme och för varmvatten. Detta leder emellertid till svårigheter i beräkningarna. Med samma värden beräknas värmepumparnas inverkan på avvikelserna, som då krymper om värmepumparna fungerar väl. Även fläktsystem inverkar på värdena. För överblickens skull redovisas i TABELL 4.6.1 de standardvärden som används.

Den här refererade standardmetoden avviker en aning från den mera komplicerade metod som användes i den preliminära slutrapporten för perioden 79-80.

TABELL 4.6.1 Standardiserad sommarförbrukning mätåret 80-81

System	RADHUS och GRÄNDHUS			
	12 och 14	22 och 24	32	42
hushåll	750	750	750	750
vent	50	200	50	200
varmv	1.000	1.000	akt*	akt*
värme	200	200	200	akt*
Summa	2.000	2.150	1000+akt	950+akt

*standardiseras ej

4.6.2 Formler för korrektionsberäkningar av registrerade årsförbrukningar

Det som i föregående avsnitt verbalt beskrivits redovisas här nedan i formler.

Indata till dessa formler redovisas i BILAGA 4. Formulerna jämte indata har behandlats i ett enkelt dataprogram, på vilket resultatredovisningen i nästföljande avsnitt bygger.

$$\begin{aligned}
 Q_k - Q_A = \text{korrektion} = & \\
 \text{temp} & \quad 6 \cdot (T_v + T_f + T_t) \cdot (21 - \theta_i) + 8,76 \cdot T_g \cdot (21 - \theta_i) + \\
 & \quad + V_F(0) \cdot 6 \cdot \rho \cdot c_p \cdot (21 - \theta_i) \cdot (\eta - 1) + \\
 \text{vent-} & \quad + (V_F(0) - V_F) \cdot \rho \cdot c_p \cdot N \cdot (1 - \eta) + \\
 \text{flöde} & \quad + 6 \cdot (V_F - V_F(0)) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (21 - \theta_i) \cdot (1 - \eta) + \\
 \text{vatten-} & \quad + (V_{VA}(0) - V_{VA}) \cdot c_{pv} \cdot d\theta_{VA} + \\
 \text{flöde} & \\
 \text{övrigt} & \quad + Q_{gavl} + Q_m + \quad \quad \quad (\text{enb radhus}) \\
 & \quad + Q_p(0) - Q_p + Q_s(0) - Q_s
 \end{aligned}$$

Här är

- Q_k = korrigerad energiförbrukning (kWh/år)
 Q_A = avläst total energiförbrukning (kWh/år)
 Q_{gavl} = beräknad energiförlust genom radhusgavlar (kWh/år)
 Q_m = värmeutbyte mellan radhuslameller (kWh/år)
 $Q_p(0)$ = standardiserad (vald) personvärme (kWh/år)
 Q_p = aktuell personvärme enligt intervju och beräkning enligt BILAGA 4 (kWh/år)
 $Q_s(0)$ = standardiserad sommarförbrukning enligt tabell i BILAGA 4 (kWh/år)
 Q_s = aktuell sommarförbrukning (kWh/år)
 $6 \cdot (T_v + T_f + T_t)$ = specifika energiförluster genom väggar, fönster och tak under antagna 6000 h/år (h/år * kWh/°C)
 θ_i = aktuell genomsnittlig inomhustemperatur

- $8,76 \cdot T_g$ = specifik energiförlust genom golv under
8.760 h/år (h/år * kW/°C)
- $V_F(0)$ = valt normalflöde för ventilation,
här = 200 m³/h
- $6 \cdot V_F$ = aktuellt vent.flöde under 6000 h/år
(m³/h * 6000/år)
- $\rho \cdot C_p$ = luftens specifika värme - endast sensi-
bel del räknas här - (Wh/m³/h)
- N = aktuellt års gradtimmar i tusental (10³ °Ch)
- η = eventuell ventilationsvärmväxlares sys-
temverkningsgrad, dvs inkl förvärmning
och inverkan på läckflöden m m (1)
- $V_{VA}(0)$ = vald standardförbrukning av vatten exkl be-
vattning, här 175 m³/år
- V_{VA} = aktuell vattenförbrukning exkl bevattning
(m³/år)
- c_{pv} = specifik värme för vatten (kWh/m³)
- $d\theta_{VA}$ = temperaturskillnad mellan inkommande kall-
vatten och avloppsvatten, årsmedelvärde (°C)

Fortsättningsvis skall förenklade beteckningar för ekvationens olika termer redovisas i tabellerna med driftresultaten. Beteckningarna är som följer:

term	beteckn	
t_1	Q_A	= avläst utgångsvärde (kWh)
t_2	θ_i	= innetemperatur
t_3	$(T+V(1-\eta)) \cdot d\theta_i$	= temperaturkorrektio (T=transm, V=vent)
t_4	$(dV_F \cdot N - dV_F \cdot d\theta_i)(1-\eta)$	= flödeskorr, vent
t_5	$dV_{VA} \cdot d\theta_{VA}$	= flödeskorrektio
t_6	Q_{gavl}	= energi genom radhusgavlar
t_7	Q_m	= energi mellan radhuslameller
t_8	dQ_p	= standardisering av personvärme
t_9	dQ_s	= standardisering av sommarförbrukn
t_{10}	(Q_{svv})	= varmvattenförbrukning sommartid i solvärmehus 32
t_{11}	$(Q_{svä})$	= värmeförbrukning sommartid i solvärmehus 42

Dessa termer anges i löpande text $t_1, t_2 \dots t_{11}$. Termerna t_{10} och t_{11} separeras och redovisas för solhusen, men de standardiseras inte. Skälet är helt självklart, att deras (låga) värde beror på insamlad solvärme, vilket gottskrivs systemet och kommer till uttryck genom att den slutliga förbrukningen är ett visst belopp lägre än i referenshusen.

Systemverkningsgraderna, n för ventilationsvärmväxlare (betecknas η_{FTX}) och COP för värmepumpar känner man inte. De måste här beräknas genom passning.

Enkla värmväxlarhus (system 22)

Beräkningsgången är som följer:

Systemverkningsgraden η_{FTX} definieras som

$$\eta_{FTX} = \frac{Q_k(\text{ref}) - Q_k(\text{FTX})}{V_F(0) * \rho * c_p * N};$$

Här är $Q_k(\text{ref}) = Q(12)$,
 $Q_k(\text{FTX}) = Q(22)$ samt
 $V_F(0) = \text{normalflödet } 200 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$\eta = \frac{Q(12) - (Q_A(22) + (t_3 + t_4 + t_5 \dots + t_9))}{Q_V};$$

(här är $Q_V = \text{normaliserad vent.förlust utan FTX} = V_F(0) * \rho * c_p * N$)

Formeln kan också skrivas

$$\eta = \frac{Q_k(12) - Q'_k + \eta * f(V_F, d\theta_i, N)}{Q_V}$$

Här är $Q'_k = \text{den korrigerade förbrukningen för det fall att } \eta = 0$,

$f(V_F, d\theta_i, N) = \text{de termer som innehåller faktorn } (\eta - 1) \text{ i korrektionsekvationen}$

dvs

$$f(V_F, d\theta_i, N) = V_F(0) * d\theta_i + dV_F * (N - d\theta_i)$$

eller fullständigt skrivet:

$$f(V_F, d\theta_i, N) = V_F(0) * (21 - \theta_i) + (V_F(0) - V_F) * \rho * c_p * N + 6 * (V_F - V_F(0)) * \rho * c_p * (21 - \theta_i);$$

Denna ekvation löses med avseende på η (åter förenklade beteckn).

$$\eta \cdot Q_V = Q_k(12) - Q'_k + \eta \cdot (V_F(0) \cdot d\theta_i + dV_F \cdot (N - d\theta_i))$$

$$\eta = \frac{Q_k(12) - Q'_k}{Q_V - (V_F(0) \cdot d\theta_i + dV_F \cdot (N - d\theta_i))};$$

där helt enkelt

$$Q_k(12) - Q'_k = \text{energivinst, korrigerad med } \eta = 0,$$

$$Q_V = \text{normalt frånluftsflödets energibehov}$$

$$V_F(0) \cdot d\theta_i = \text{ventilationsflödets innetemperaturkorrektion}$$

$$dV_F \cdot (N - d\theta_i) = \text{flödeskorrektion för ventilation}$$

Enkla värmepumpus (system 14), passningsberäkning

Som sedermera skall visas är noggrannheten i bestämningen av driftresultat begränsad till ca ± 6 indexenheter på konfidensnivån $P=0,995$. Det betyder t ex

$$+ 900 \text{ kWh/år vid förbrukningen } 15.000 \text{ kWh}$$

$$+ 500 \text{ kWh/år vid samma förbrukning om konfidensnivån sänks till } P = 0,90.$$

Därför är det onödigt att komplicera beräkningarna med alltför många detaljer. Avvikelser i sommarförbrukning kan utan vidare standardiseras som i TABELL 4.6.2 - 9, där COP antagits vara = 2,0 för system med värmepumpar.

COP som "systemverkningsgrad" definieras som följer.

$$\text{COP} = \frac{Q_k(\text{ref}) - Q_{\text{hush}}(\text{vp})}{Q_k(\text{vp}) - Q_{\text{hush}}(\text{vp})}$$

Den första ansatsen $\text{COP}(0)$, leder till följande ekvation och därmed till $\text{COP}(1)$ - det första förbättrade resultatet.

$$\text{COP}(1) = \frac{Q_k(12) - Q_{\text{hush}}(14)}{Q_A(14) - Q_{\text{hush}}(14) + \frac{t_3 + t_4 + \dots + t_9}{\text{COP}(0)}};$$

Värdena på $\text{COP}(k)$ konvergerar snabbt till ett slutresultat med önskad siffernoggrannhet.

Mer komplicerade hus (system 24 och 42) med
två samverkande system

För mätåret 79-80 innebar dessa hus inga problem, eftersom solvärmehusens värmesystem (soldelen) inte var i drift för grändhusens del. Värmepumphusens driftresultat var så dåligt, att korrigeringar i stort sett ledde från ett ointressant värde till ett annat.

För mätåret 80-81 är vissa driftresultat betydligt förbättrade, varför metodiken för korrigering måste ses över så att alla operationer blir rimliga och riktiga.

För system 24 gäller då att:

- ventilationskorrektioner - både flöde och temperatur - halveras innan fortsatt beräkning (motsv $\eta_{FTX} = 0,5$)
- temperaturkorrektioner itereringsberäknas på vanligt sätt.

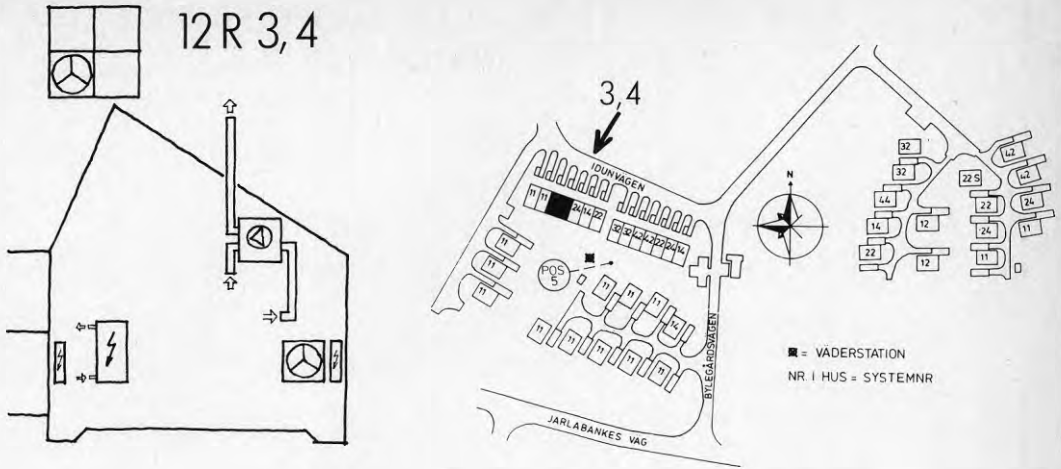
För system 42 gäller att:

- ventilationskorrektioner halveras på samma sätt som för system 24,
- övriga ingrepp begränsas till den schabloniserade sommarförbrukningen.

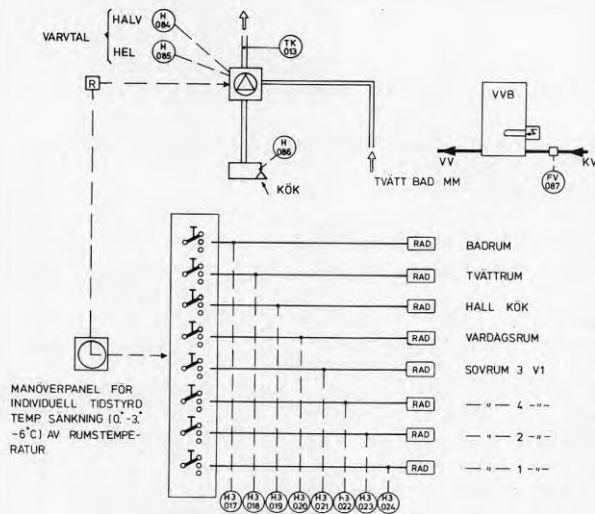
4.6.3 Korrigerade driftresultat för perioderna 790515-800515 resp 800515-810515

Radhusen 12 R 3, 4

Dessa hus har inte vållat några nämnvärda bekymmer. Energiförbrukningen har legat nära den förväntade under alla delperioder. Dock har avvikelserna, vilket kommer att framgå nedan, mellan husen i husparet varit något större än den förväntade.



Husen har helt lika system.



ANALOGA MÄTPARAMETRAR

- RF 001 REFERENS TEMP
- KM 002 KONTROLL MOTSTÅND
- KT 003 KONTROLL TEMP

ENERGIMÄTNING

- EE 088 HUSHÅLL FRÅNLUFTSFLAKT
- EE 089 VARMVATTENBEREDARE
- EE 090 ELVÄRME

ÖVRIGA MÄTPUNKTER

- TL 006 TEMP SOVRUM 1 V1
- TL 007 " " " 2 " "
- TL 008 " " " 3 " "
- TL 009 " " " 4 " "
- TL 010 " " VARD.RUM NB
- TL 011 " " KÖK " "
- TL 012 " " HALL " "
- H 98 ÖPPETTID FÖNSTER OCH YTTEROÖRRAR

FIGUR 4.6.3

TABELL 4.6.2 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	12 R 3	12 R 4	12 R 3	12 R 4
Q_A (avläst, kWh)	= 18.954	16.628	19.422	14.530
θ_i (innetemp °C)	= 22,34	19,08	22,00	19,22
$(T + V \cdot (1-\eta)) \cdot d\theta_i$ (temp.korr)	= -1.109	+1.588	- 827	+1.473
$dV_{F*}(1-6 \cdot d\theta_i) \cdot (1-\eta)$ (luftflödeskorr)	= 0	+ 89	+ 919	+1.750
$dV_{VA} \cdot d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr)	= + 731	- 244	+ 609	- 171
Q_p (personvärme)	= - 700	0	- 700	0
Q_s (sommarförbr)	= - 300	-1.650	- 380	- 80
$Q_g; Q_m$ (energi gavl)	= - 460	+ 710	- 380	+ 660
Q_k (korr förbr)	17.116	17.122	18.663*	18.162
Medelvärde	17.119		18.162	
Index	100		↓ 100	

* delvis automatiska mätningar som är osäkra. Värdet kasserat.

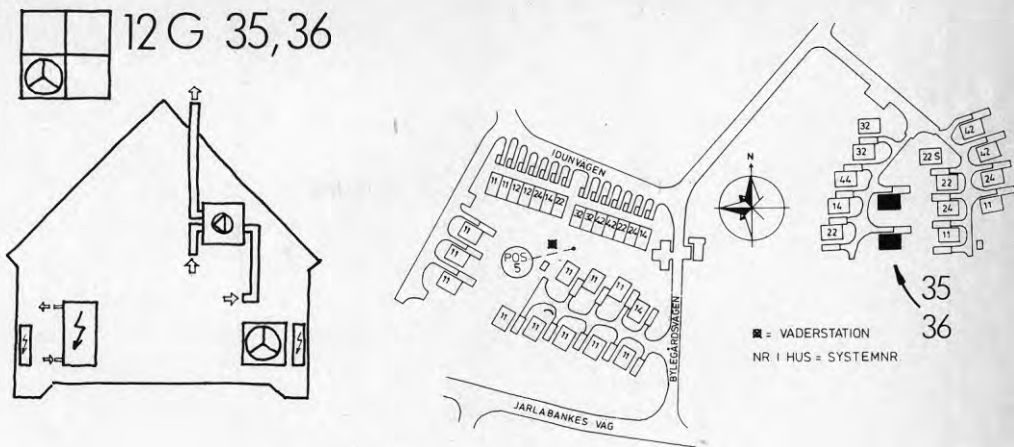
Ända fram till den slutliga kontrollen strax före slutrapporteringen kvarstod ett par fel i indata för radhusens del. Det ena gällde radhusen, som redovisade en förhållandevis stor differens mellan husenheterna (8,8 %) för vilket ingen plausibel förklaring kunde upplettas. Känslighetsanalysen och felanalysen i avsnitt 4.7 redovisar ett konfidensintervall på \pm ca 3,5 % och därför kunde \pm 4,4 % inte godtas utan ytterst noggranna detaljanalyser av orsaken.

Det triviala fel som slutligen hittades var en onormalt hög sommarförbrukning i det "energislåste" av de båda radhuslamellerna. Räknefelet vid analysen av sommarförbrukningen är lätt att förklara. Sommarförbrukningarna följer nämligen mycket väl det allmänna beteendemönstret. I hus med låg innetemperatur är sommarförbrukningen låg och tvärt om. Detta undantag, som inte hittades förrän vid allra sista kontrollen, gjorde att även referensradhusen slutligen passade in i bilden helt och fullt. I själva verket blev resultatet "litet för bra", med endast 0,5 % i total skillnad mellan husenheterna. Med tanke på skärpan i korrektionsberäkningarna är en så stor noggrannhet i slutresultatet knappast att förvänta, vilket också felkalkylen redovisar.

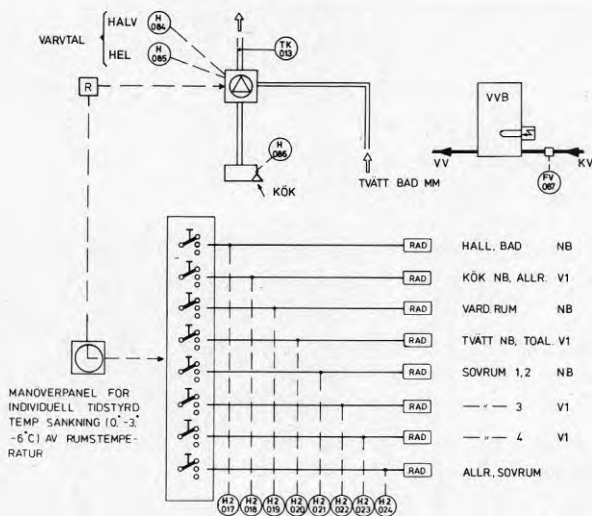
Normalårsvärdet har beräknats på grundval av 1979-80 som är den säkrare av de båda mätperioderna och resultatet är

16.300 kWh/år.

Se TABELL 4.8.3.



Husen har helt lika system.



MANOVERPANEL FOR INDIVIDUELL TIDSTYRD TEMP SANKNING (0°-3° -6°C) AV RUMSTEMPERATUR

ANALOGA MÄTPARAMETRAR

- RF 001 REFERENS TEMP
- KM 002 KONTROLL MOTSTÄND
- KT 003 KONTROLL TEMP

ENERGIMÄTNING

- EE 088 HUSHÅLL, FRÅNLUFTSFLAKT
- EE 089 VARMVATTENBEREDARE
- EE 090 ELVÄRME

ÖVRIGA MÄTPUNKTER

- TL 006 TEMP SOVRUM 1 NB
- TL 007 --- 2 ---
- TL 008 --- VARD RUM ---
- TL 009 --- KÖK ---
- TL 010 --- HALL VI
- TL 011 --- SOVRUM 3 ---
- TL 012 --- 4 ---

H099 ÖPPETTIDER FÖNSTER OCH YTTERRÖRRAR

FIGUR 4.6.4

Grändhusen 12 G 35, 36

TABELL 4.6.3 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period.	790515-800515		800515-810515	
	12 G 35	12 G 36	35	12 G 36
Hus				
Q_A (avläst, kWh) =	22.738	26.696	21.702	24.363
θ_i (innetemp °C) =	20,49	22,50	20,98	22,80
$(T + V_*(1-\eta)) * d\theta_i$ (temp.korr) =	+ 541	-1.592	+ 21	-1.911
$dV_F * (1-6 * d\theta_i) * (1-\eta)$ (luftflödeskorr) =	- 84	+ 264	+1.460	+1.113
$dV_{VA} * d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	- 390	-1.851	+ 341	-1.145
Q_P (personvärme) =	0	- 500	0	- 500
Q_S (sommarförbr) =	- 150	- 600	- 710	- 720
Särsk red p g a ombyggn =			-1.122	
Q_k (korr förbr)	22.656	22.417	22.814*	21.200
Medelvärde	22.536		21.200	
Index	100		100	

* Ombyggt ventilation, se text. Värdet kasseras.

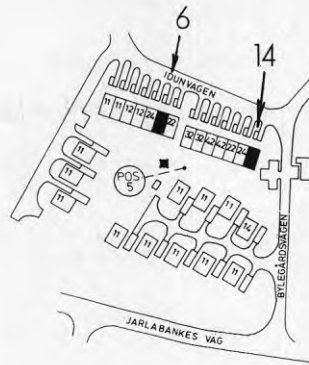
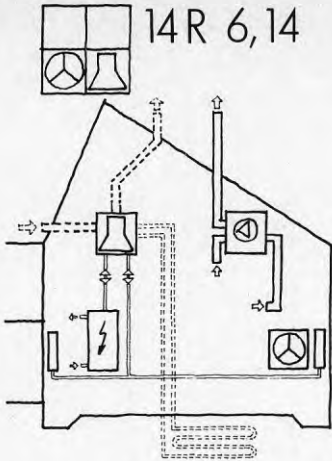
Alla ingångsvärden för mätåret 1979-80 är under god kontroll, varför några nämnvärda fel utöver vad som redovisas i senare felanalys knappast är tänkbara. Den redovisade skillnaden av 0,3 % från medelvärdet är emellertid ett osannolikt bra värde.

För mätsäsongen 1980-81 har man inte fullt så god kontroll på ingångsvärdena som under det första mätåret. En förändring av ventilationen i grändhuset nr 35 har beräknats medföra 1.122 kWh (+ ca 200 kWh) mer energiförbrukning. En motsvarande reduktion har genomförts och det har noterats att en ytterligare osäkerhet av + 1 % för husets totala energiförbrukning blir fallet, något som dock inte nämnvärt ökar konfidensintervallet, när detta vägs in i felanalysen (se avsnitt 4.8). Under dessa förutsättningar blir resultatet även för mätåret 1980-81 av samma smått fantastiska klass.

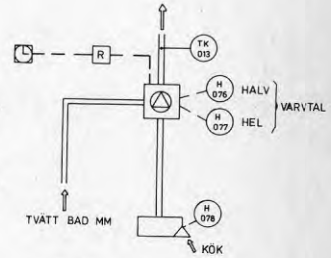
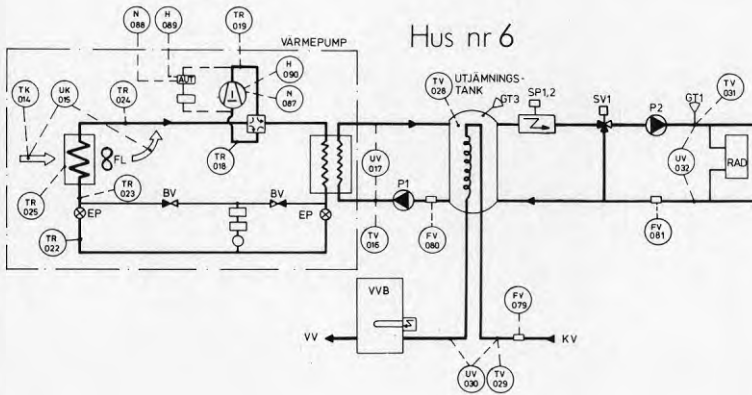
Om man sedan räknar om driftresultatet från mätåret 1979-80 till normalår, erhålls normalförbrukningen enl TAB 4.8.5

20.800 kWh.

En omräkning till normalår innebär emellertid en hel del osäkerheter. Vinden kan inverka, solen kan inverka, luftfuktigheten kan inverka, vilket senare skall kommenteras i avsnitt 4.8.



■ = VADERSTATION
NR I HUS - SYSTEMNR



ENERGIMÄTNING

- EE 082 HUSHÅLL
- EE 083 VÄRMVÄTTEBEREDARE
- EE 084 KOMPRESSOR I VÄRMEPUMP
- EE 085 VÄRMEPUMP TOTALT INKL. P1, P2
- EE 086 TILLSÄTSVÄRME (SP1,2)
- EE 099 FRÄNLUFTSFLAKT
- EV 073 RADIATORKRETS
- EV 074 FRÅN UTJÄMNINGSTANK TILL VVB
- EV 075 FRÅN VÄRMEPUMP

VILLKOR

- VI 033 VÄRMEPUMP AVFROSTNING
- VI 034 I DRIFT

ENERGIMÄTNING

- EE 085 HUSHÅLL
- EE 086 TILLSÄTSVÄRME
- EE 087 KOMPRESSOR I VÄRMEPUMP
- EE 088 VÄRMEPUMP TOTALT INKL. P1
- EE 099 FRÄNLUFTSFLAKT
- EV 073 FRÅN VÄRMEPUMP TILL RADIATORKRETS
- EV 075 JORDSLINGA VÄRMEPUMP

VILLKOR

- VI 050 FLÖDE RADIATORKRETS
- VI 051 KOMPRESSOR I DRIFT

Gemensam beteckning:

ÖVRIGA MÄTPUNKTER

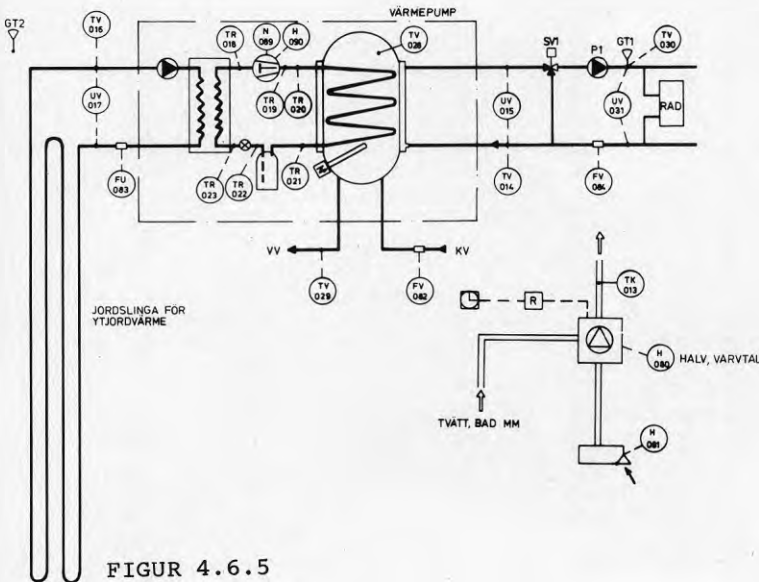
- TL 006 TEMP. SOVRUM 1 V1
- TL 007 2
- TL 008 3
- TL 009 4
- TL 010 VÄRD. RUM NB
- TL 011 KÖK
- TL 012 HALL

H98 ÖPPETTID FÖNSTER OCH YTTERDÖRRAR

ANALOGA MÄTPARAMETRAR

- RF 001 REFERENS TEMP
- KM 002 KONTROLL MOTSTÅND
- KT 003 KONTROLL TEMP

Hus nr 14



FIGUR 4.6.5

Hus 14 R 6

Under perioden från inflyttningen i maj 1978 till januari 1979 finns enbart manuella avläsningar. Vissa driftproblem i samband med igensatta filter i flödesmätare i radiatorkretsarna förekom. Den första incidenten inträffade i december 1978 för detta hus del, då överhettningsskyddet för genomströmningsvärmaren löste ut på grund av stopp i radiatorkretsen. Samma sak upprepades i januari 1979. Överhettningsskyddet byttes av Parka Norrahammar i februari 1979. I december 1979 skedde ånyo samma sak. Utredningen ledde till upptäckten att man reglerat in systemet efter en felaktig reglerkurva. Ändring av reglerkurvan skedde 800226.

Utredningen gav vid handen att returtemperaturen från radiatorkretsen var för hög på grund av den felaktiga reglerkurvan. Detta måste haft sin grund i en överdimensionering av vattenradiatorerna. Rutinmässiga dimensionsregler för (extremt) energisnåla hus syns ge kraftig överdimensionering av radiatorn. Samverkan av radiatorermostater och variator innebär ofta problem och i detta fall dolde kombinationen felet.

På grund av reglerfelet gick värmepumpen igång alltför sällan och energiförbrukningen blev därför alldeles för hög. Efter justering av reglerkurvan 800226 avsåg man att under en provdrifttid komma underfund med hurvida funktionen var helt tillfredsställande eller inte.

Under denna period skedde emellertid vid okänd tidpunkt ett köldmedieläckage, vilket upptäcktes 800425. Orsaken är inte känd. Detta hade självfallet som konsekvens att värmepumpen inte fungerade trots den korrigerade reglerkurvan.

Den 22 maj 1980 kunde köldmedieläckaget klaras av. Från denna tidpunkt har värmepumpen fungerat.

Någon uppföljning av systemets funktion som helhet har inte kunnat göras, i varje fall inte med någon större precision, eftersom värmebehovet sedan maj 1980 till våren 1982 inskränkt sig till varmvattenförbrukning.

Hus 14 R 14 (AGA Thermias ytjordvärmepump)

Driften av detta hus karaktäriseras av att man har hög innetemperatur och att reglersystemet inte ger "efter" för tillfälliga effektöverskott när man lagar mat etc. Man har ungefär 23^o temperatur inomhus dygnet runt utom vid matlagningstillfällena, då temperaturen stiger ytterligare något. Vid varje tillfälle solen lyser stiger temperaturen i utsatta rum över reglergränsen. Den höga innetemperaturen betyder i sig inget. Korrektionerna till "normal" förbrukning blir givetvis mer osäkra ju större de är, men någon större betydelse har inte heller detta.

Detta är ett typiskt fall av vattenradiatoruppvärmning, som ju inte är så lättreglerade som elradiatorsystem.

I detta hus skedde liksom på flera andra ställen igensättning av flödesmätarnas filter. Den första anteckningen om en sådan igensättning är från 781227. Innetemperaturen sjönk då till $+8^{\circ}$. Just den kallaste perioden på året under en av de kallaste decembermånader som förekommit skedde alltså ett fel som detta.

Enligt tidigare avsnitt förekom igensättning av filter mycket ofta under det första året. I detta fall var det fråga om filtret i slingan. Man tog därför omgående bort såväl filter som flödesmätarinsats. I mars 1979 slogs ånyo larm. Värmepumpen gick endast 10 à 15 sek per gång. Det bedömdes att även flödesmätarens hus gav en för stor strypning för en tillfredsställande funktion av förångarkretsen. Därför togs hela flödesmätarinstallationen bort och ersattes med en rörbit. Under tiden mars 1979 t o m halvårsskiftet 1979 gick värmepumpen utan hinder av flödesmätare. Någon noggrann mätning av värmepumpens funktion kunde givetvis inte ske under denna tid.

Under andra halvåret 1979 användes en Modus flödesmätare i förångarkretsen. Mätvärdena blev inte "logiska" och analyser gav vid handen att man hade en pulsfrekvens, som inte passade MCE:s mätsystem.

I januari 1980 byttes flödesmätaren ånyo och därefter har utvärderingen baserats på de flödesmätningar som den nya mätaren gett.

I augusti 1980 byttes ytjordvärmepumparna i såväl radhuset nr 14 som i grändhuset nr 18. Skälet till bytet är främst att denna tidiga generation pumpar hade en något för hög ljudnivå. Vidare har AGA successivt bytt komponenter och förbättrat funktionen i en lång rad detaljer av sina värmepumpar och man ville nu ha en up to date värmepump installerad i Täbyprojektet. Resultatet av detta framgår av tabellen - en klar förbättring kan iakttas.

Ytjordvärmesystemet i hus nr 14 är utan tvekan det bäst fungerande energisparsystemet i hela projektet. Under det första året framräknades en värmefaktor som låg strax under 2. Det andra mätåret innebar, som nämnts, förbättring av värmefaktorn till klart över 2 (se dock fortsatta resonemang om referenshusens pålitlighet i avsnitt 4.8). Skälet till förbättringen är nästan säkert att man bytt ut värmepumpsenheten mot en modernare version.

TABELL 4.6.4 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	14 R 6	14 R 14	14 R 6	14 R 14
Q_A (avläst, kWh) =	20.822	12.870	15.259	9.699
θ_i (innetemp °C) =	22,23	23,43	21,95	22,58
$(T + V_*(1-\eta))*d\theta_i$ (temp.korr) =	-1.018	-2.010	- 786	-1.307
$dV_{F*}(1-6*d\theta_i)*(1-\eta)$ (luftflödeskorr) =	- 153	- 108	- 35	- 103
$dV_{VA}*d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	- 154	- 107	+ 220	+2.114
Q_p (personvärme) =	- 100	-1.100	- 100	-1.100
Q_s (sonmarförbr) =	+ 100	+ 500	- 360	+ 430
$Q_g; Q_m$ (energi gav1) =	+ 250	-2.068	+ 73	-1.710
Q_k (korr förbr)	19.747	10.176	14.271	8.083
Q_k "-- itererad	19.519	11.302	14.553	9.033
COP	0,82	1,72	1,40**	2,43**
Energivinst (kWh)*	- 2.400	5.817	3.608**	9.128**
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.2)	114,0	66,0	80,1**	49,7**

* exkl styrsystem

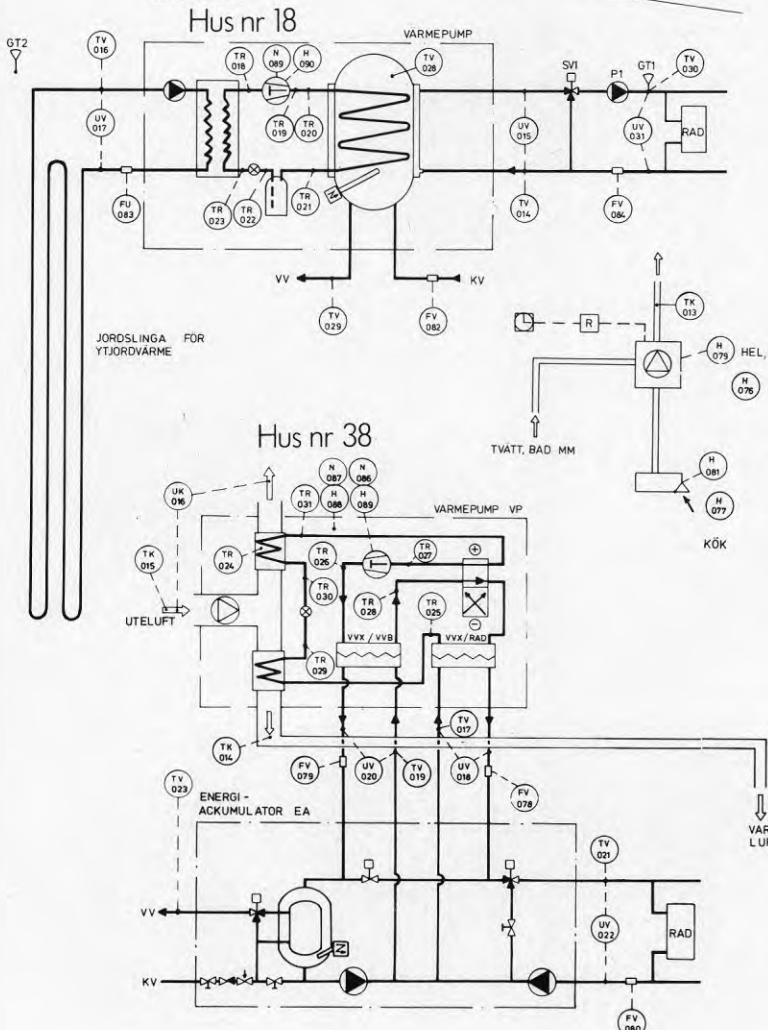
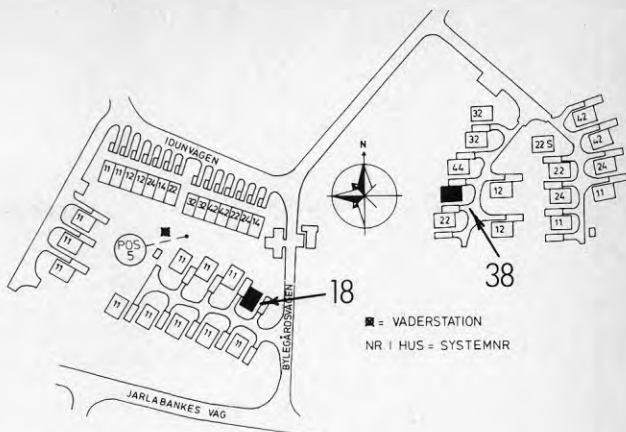
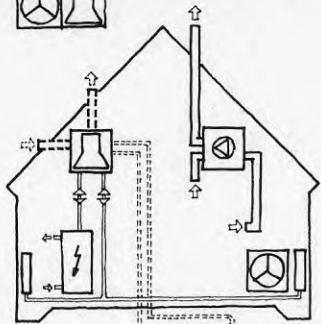
** se avsnitt 4.8

COP beräknas enbart ur en jämförelse med referenshusen. Resultaten från mätsäsongen 1980-81 är inte så tillförlitliga som de från 79-80. Beräkningens känslighet för referenshusens osäkerhet är emellertid rätt måttlig. Ett fel av 1.000 kWh inverkar på COP för hus 14 med 0,15 enheter. Förbättringen av COP från 79-80 till 80-81 för båda ytjordvärmehusen är alltså signifikant (byte av pump).

Vad beträffar hus nr 6 drevs det under det första mätåret med felaktig reglerkurva, vilket i princip innebar att värmepumpen inte var i funktion och att huset i själva verket fungerat som ett vattenburet värmesystem med värmepanna. Under det andra mätåret har en bättre reglerkurva använts och en värmefaktor på 1,4 har uppmätts. Om nu det "sanna" normalårsvärdet för referenshusen är t ex 16,4 i stället för 15,8 MWh/år, dvs ca 3 % förändring, förändras emellertid inte värmefaktorn med mer än ca 0,05 enheter. Någon avgörande betydelse har alltså inte detta tänkta fel.

En värmefaktor på 1,4 är dock ett otillfredsställande resultat. En besparing av 3.000 kWh för investeringen i det system som hus nr 6 utrustats med skall jämföras med besparingen ca 9.000 kWh för hus 14 och ytjordvärmesystemet.

14 G 18, 38



- ENERGIMÄTNING**
- EE 085 HUSHÅLL
 - EE 086 TILLSATSVÄRME
 - EE 087 KOMPRESSOR I VÄRMEPUMP
 - EE 088 VÄRMEPUMP TOTALT INKL. P1
 - EE 099 FRÅNLUFTSFLÅKT
 - EV 073 FRÅN VÄRMEPUMP TILL RADIATORKRETS
 - EV 074 --- JORDSLINGA --- VÄRMEPUMP

- VILLKOR**
- VI 050 FLÖDE RADIATORKRETS
 - VI 051 KOMPRESSOR I DRIFT

Gemensam beteckning:

- ANALOGA MÄTPARAMETRAR**
- RF 001 REFERENS TEMP
 - KM 002 KONTROLLMOTSTÅND
 - KT 003 KONTROLL TEMP

- ÖVRIGA MÄTPUNKTER**
- TL 006 TEMP SOVRUM 1 NB
 - TL 007 --- 2 ---
 - TL 008 --- VARD RUM ---
 - TL 009 --- KÖK ---
 - TL 010 --- HALL V1 ---
 - TL 011 --- SOVRUM 3 ---
 - TL 012 --- 4 ---

H 099 ÖPPETTID FÖR FÖNSTER OCH YTTERDÖRRAR

- ENERGIMÄTNING**
- EE 081 HUSHÅLL EE082
 - EE 082 FRÅNLUFTSFLÅKT
 - EE 083 KOMPRESSOR I VP
 - EE 084 VÄRMEPUMP TOTAL INKL. VÄRMEPATRON I EA, FLÅKT VP, PUMPAR
 - EE 085 TILLSATSVÄRME
 - EV 072 RADIATORKRETS
 - EV 073 KONDENSOR VP TILL RADIATORKRETS
 - EV 074 --- VVB

- VILLKOR**
- VI 050 VP I DRIFT
 - VI 051 VP AVFRÖSTNING
 - VI 052 RAD. KRETS I DRIFT
 - VI 053 --- VP AVFRÖST

FIGUR 4.6.6

Hus 14 G 18 (AGA Thermias ytjordvärmepump)

I november 1978 uppträdde av obekant orsak läckage i förångarkretsens slang i marken. Slangen grävdes upp och en koppling tätades 781201.

Samma problem som i radhuset nr 14 vad beträffar förångarkretsens slang och flödesmätarna uppträdde även i detta hus. Till skillnad från hus nr 14, där filter + insats i förångarkretsen revs ut i mars, skedde inte motsvarande åtgärd förrän i december 1979 för hus nr 18. Huset gick alltså med reducerad effekt på energisparsidan under hela 1979. De nya mätarna monterades emellertid samtidigt, 800131, i dessa båda hus.

Hus 14 G 38 (Tour Anderssons luft-vattenvärmepump)

Förutom driftstörningar orsakade av flödesmätarna i radiator- och värmepumpkretsar finns inga för energisparsystemet väsentliga driftstörningar att rapportera.

Ljudproblem har dock förekommit hela tiden sedan inflyttningen.

TABELL 4.6.5 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	14 G 18	14 G 38	14 G 18	14 G 38
Q_A (avläst, kWh) =	15.088	16.734	11.688	15.295
θ_i (innetemp °C) =	21,20	20,90	22,07	21,38
$(T + V_*(1-\eta)) * d\theta_i$ (temp.korr) =	- 212	+ 106	-1.136	- 403
$dV_F * (1-6 * d\theta_i) * (1-\eta)$ (luftflödeskorr) =	- 121	+1.845	- 106	+2.197
$dV_{VA} * d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	+ 487	- 536	+ 950	- 438
Q_P (personvärme) =	- 150	0	- 150	0
Q_S (sommarförbr) =	+ 750	- 500	- 360	+ 700
Q_k (korr förbr)	15.842	18.649	11.607	17.351
Q_k -- itererad	15.564	18.176	11.649	16.824
COP	1,58	1,33	2,11	1,36
Energivinst (kWh)*	6.972	4.360	9.551	4.376
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.3)	69,1	80,7	54,9	79,4

* exkl styrsystem

För båda ytjordvärmsystemen har COP förbättrats i signifikant grad i samband med bytet till modernare pump. Ett indextal av 69,1 för år 1979-80 skall jämföras med 54,9 för 1980-81. I detta fall är också tendensen att referenshusen "överreagerat" på klimatändringen, vilket gör att indextalet för 1980-81 för hus 18 egentligen skulle sänkas något.

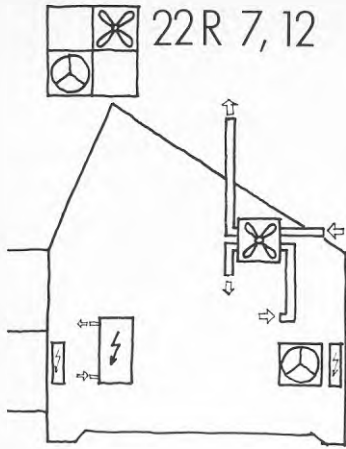
Värmefaktorn år 1979-80 blev 1,6 och denna förbättrades till år 1980-81 med 0,5 enheter till 2,1.

För hus 38 har resultatet legat helt konstant och stilla. Eftersom denna värmepump har varit störande för de boende stängdes pumpen av under julen 1980-81, varvid huset drevs som ett vattenburet värmesystem med värmepanna. Detta bör ha ökat energiförbrukningen med ca 1.000 kWh, vilket också borde vägas in i bedömningen av systemet. Denna marginella ändring av energiförbrukningen skulle ha medfört en ökning av värmefaktorn från 1,4 till 1,55. Motsvarande driftstörningar skedde också under det första mätåret, vilket förklarar att COP är densamma för båda mätåren. Det är dock tveksamt om en värmefaktor av 1,55 kan godtas med hänsyn till kostnaden för systemet.

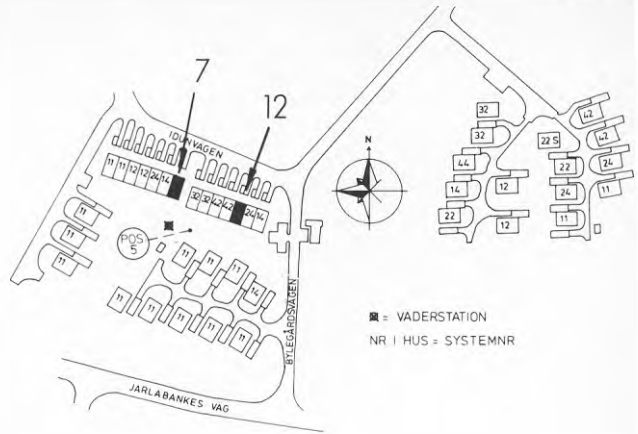
Hus 22 R 7,12

För hus R 7 anmäldes under augusti 1979 ett misstänkt fläktmotorfel. Vid besök på platsen kunde inga fel konstateras, men efter förnyad anmälan överenskomms om ett servicebesök av SF-service. Husägaren uppenbarade sig emellertid inte vid överenskommen tidpunkt och servicen blev aldrig av. Under oktober togs ånyo kontakt med husägaren, som då rapporterade att fläkten gick som den skulle. Under hösten 1980 anmäldes åter att fel på en fläktmotor fanns. Trots viss osäkerhet byttes sedermera fläktmotorn.

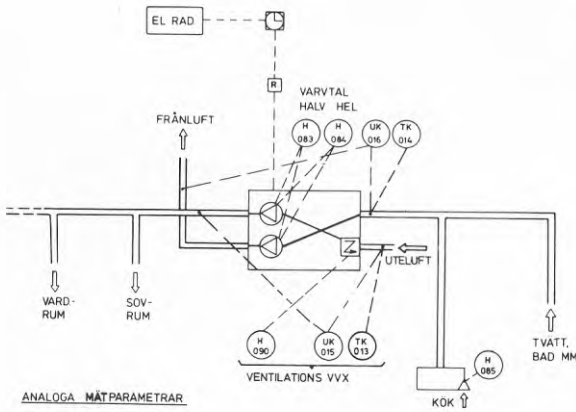
Vid kontrollmätning i början av mars 1980 stod tilluftfläkten i hus 12 stilla. För hus R 12 finns i övrigt inga anteckningar om onormal drift under mätåret 1979-80. Vid kontrollmätning av ventilationsflöden 810302-05 upptäcktes emellertid att tilluftfläkten havererat. Uppenbarligen har driftstörningen varit av så pass allvarligt slag att driftresultatet starkt försämrats för hus R 12. En vinst av 1 % är i sammanhanget inte signifikant. Nu är emellertid hus R 12 ett av de mer osäkra på grund av att korrektionsvärdena för detta hus är osedvanligt stora. Utgångsvärdet är lågt på grund av att huset bebos av två äldre personer, som använder litet vatten och som har låg innetemperatur. Huset har i själva verket den i särklass lägsta observerade energiförbrukningen och korrektionerna innebär tillägg av icke mindre än 5.600 kWh. Det är självklart att så stora korrekitioner inte kan ge ett resultat inom ± 3 % intervallet. Osäkerheten i detta fall torde vara av storleksordningen ± 7 % om man räknar på samma sätt som sedermera redovisas i felanalysen.



22R 7, 12



Hus nr 7



ANALOGA MÄTPARAMETRAR

- RF 001 REFERENS TEMP
- KM 002 KONTROLL MOTSTÅND
- KT 003 KONTROLLTEMP

ÖVRIGA MÄTPUNKTER

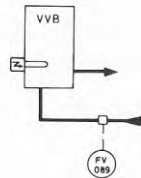
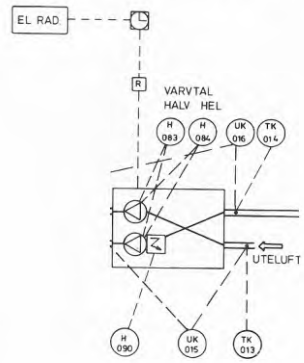
- TL 006 TEMP SOVRUM 1 V1
- TL 007 - - - - - 2 - -
- TL 008 - - - - - 3 - -
- TL 009 - - - - - 4 - -
- TL 010 - - - VARD RUM
- TL 011 - - - KÖK
- TL 012 - - - HALL

H098 ÖPPETTIDER FÖNSTER OCH YTTERRÖRRAR

ENERGIMÄTNING

- EE 086 HUSHÅLL. STYRSYSTEM, EE089
- EE 087 VÄRMVÄTLEN
- EE 088 ELVÄRME
- EE 089 VENTILATIONS VVX

Hus nr 12 (annorlunda vvx)



FIGUR 4.6.7

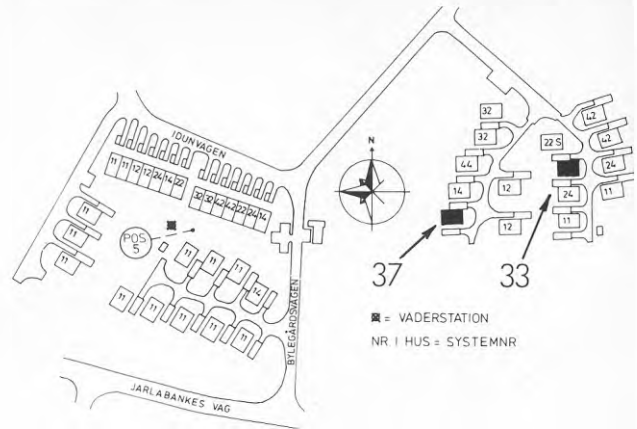
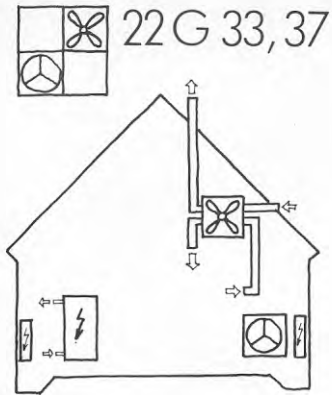
TABELL 4.6.6 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period:		790515-800515		800515-810515	
Hus		22 R 7	22 R 12	22 R 7	22 R 12
Q_A (avläst, kWh)	=	16.647	11.048	15.944	11.085
θ_i (innetemp °C)	=	20,39	19,53	21,63	19,02
$(T + V_*(1-\eta)) * d\theta_i$ (temp.korr)	=	505	1.216	- 521	1.638
$dV_F * (1-6 * d\theta_i) * (1-\eta)$ (luftflödeskorr)	=	168	1.971	- 181	1.077
$dV_{VA} * d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr)	=	-1.199	1.949	- 844	2.192
Q_p (personvärme)	=	- 300	-1.000	- 300	-1.000
Q_s (sommarförbr)	=	- 200	-1.000	10	630
$Q_g; Q_m$ (energi gav1)	=	-1.845	510	-1.627	390
Q_k (korr förbr)		13.775	14.694	12.481	16.013
Q_k "-- itererad		13.595	13.578	12.795	15.289
η_{FTX}		0,43	0,35	0,72**	0,38**
Energivinst (kWh)*		3.524	3.540	5.367**	2.873**
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.2)		79,4	79,3	70,4**	84,2**

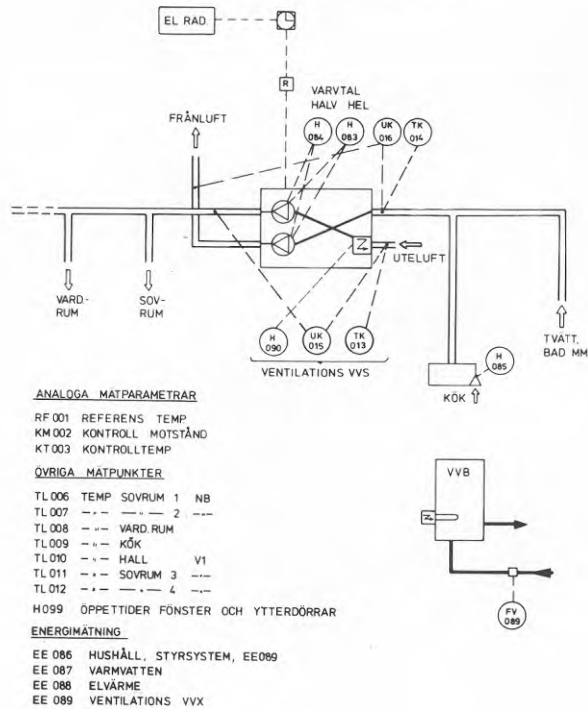
* exkl styrsystem

** se avsnitt 4.8

Drifresultatet är alltså ungefär oförändrat för radhusens del. En viss förbättring tycks ha inträffat för radhus nr 7, men i stort sett ligger resultatet på samma nivå. Det bästa resultatet, dvs hus nr 7 under år 1980-81 tycks med ledning av övriga resultat från värmesystemet vara det som är mest karakteristiskt för systemet. Indextalet är då 72, vilket betyder 28 % besparing, styrsystemets inverkan då ej medräknad.



Husen har helt lika system.



FIGUR 4.6.8

Hus 22 G 33,37

Inga problem med driftstörningar har noterats för dessa hus.

TABELL 4.6.7 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

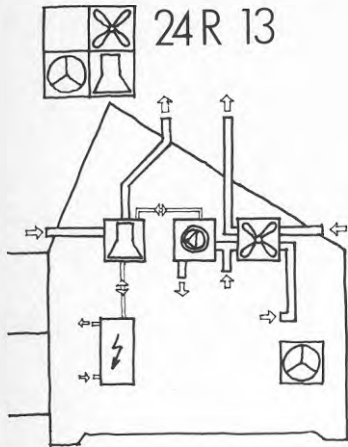
Resultat för period:		790515-800515		800515-810515	
Hus		22 G 33	22 G 37	22 G 33	22 G 37
Q_A (avläst, kWh)	=	17.065	15.691	16.492	14.458
θ_i (innetemp °C)	=	19,41	19,58	19,80	19,56
$(T + V \cdot (1-\eta)) \cdot d\theta_i$ (temp.korr)	=	1.688	1.507	1.274	1.529
$dV_{F*}(1-6 \cdot d\theta_i) \cdot (1-\eta)$ (luftflödeskorr)	=	1.365	1.442	1.833	2.098
$dV_{VA} \cdot d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr)	=	755	244	1.023	365
Q_p (personvärme)	=	-1.100	550	-1.100	550
Q_s (sommarförbr)	=	900	1.150	470	780
Q_k (korr förbr)		20.673	20.584	19.992	19.780
Q_k -- itererad		20.063	19.942	19.448	18.984
η_{FTX}		0,30	0,32	0,23	0,30
Energivinst (kWh)*		2.473	2.595	1.753	2.217
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.3)		89,0	88,5	91,7	89,5

* exkl styrsystem

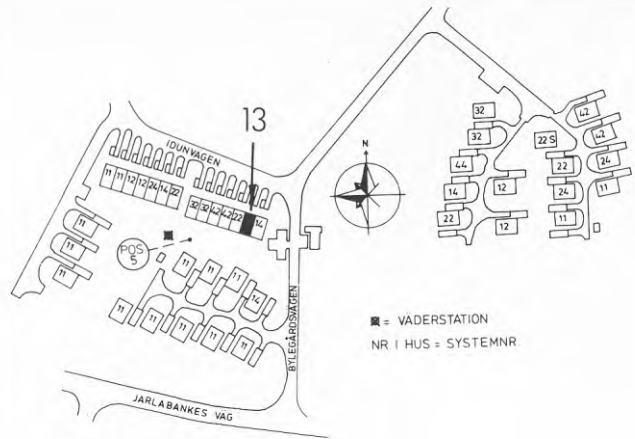
Överensstämmelsen mellan de båda husen såväl för år 1979-1980 som 1980-81 har varit utomordentligt god. Till yttermera visso ligger värdena kvar på samma nivå under de båda mätåren. Tas de fyra indextalen blir medelvärdet 87,0 med en standardavvikelse av endast 0,5 enheter, dvs 0,5 %. En så god överensstämmelse måste betecknas som en tillfällighet.

Hus 24 R 5

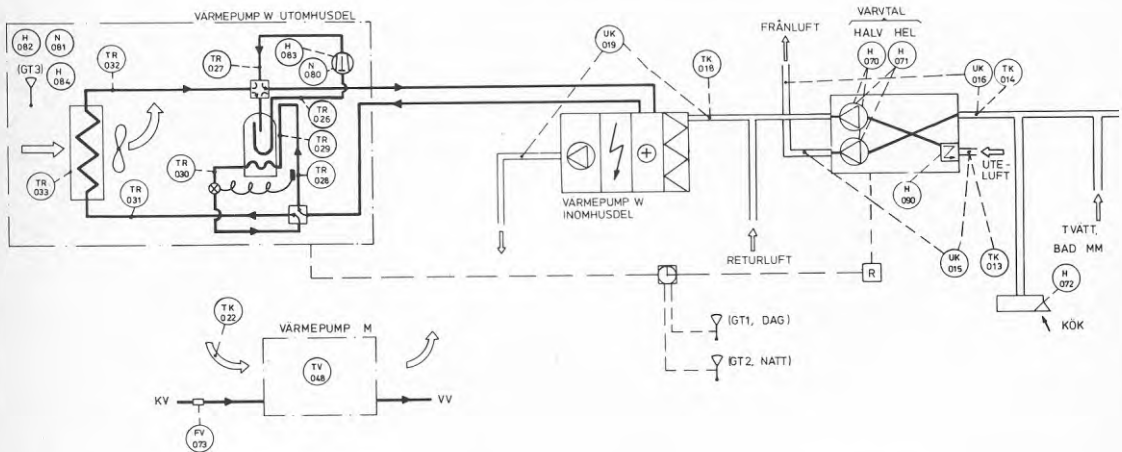
Vad beträffar hus nr 5 är driftresultatet helt otillfredsställande. Någon energibesparing har inte kunnat konstateras alls under de mätperioder som hittills följts upp. En viktig orsak till detta är att värmepumpen stängs av nattetid, varvid huset övergår till att bli uppvärmt med vattenburen elvärme. Avstängningen motiveras av att ljudet stör, trots att ljudnivån ligger så lågt som vid ca 30 dBA (jfr BILAGA 5). Eftersom värmebehovet i viss mån kan sägas vara koncentrerat till natten i ett litet energisnålt hus som detta, blir alltså besparingen med det beskrivna driftsättet synnerligen marginell även rent teoretiskt.



24R 13



Anm. Hus 24R 5 har ej utvärderats.

ANALOGA MÄTPARAMETRAR

RF 001 REFERENS TEMP
 KM 002 KONTROLLMÖTSTÄND
 KT 003 KONTROLL TEMP

ENERGIMÄTNING

EE 074 HUSHÄLL
 EE 075 VÄRMEPUMP W KOMPRESSOR
 EE 076 --- TOTAL
 EE 078 --- M ---
 EE 079 TILLSÄTSVÄRME
 EE 080 VENTILATIONS VVX

ÖVRIGA MÄTPUNKTER

TL 006 TEMP SOVRUM 1 V1
 TL 007 --- 2 ---
 TL 008 --- 3 ---
 TL 009 --- 4 ---
 TL 010 --- VARD RUM
 TL 011 --- KÖK
 TL 012 --- HALL

H 099 ÖPPETID FÖNSTER OCH
 YTTERDÖRRAR

VILLKÖR

VI 050 VÄRMEPUMP DRIFTFALL 1
 VI 051 --- + --- AVFROST
 VI 052 --- + --- DRIFTFALL 2
 VI 053 --- + --- KOMPR FRÅN

FIGUR 4.6.9

Hus 24 R 13

Huset som har en Westinghouse luft - luft-värmepump + en Metromodul frånluft - varmvattenvärmepump har betydligt större luftflöden än övriga hus. I och för sig borde detta inte betyda särskilt mycket, eftersom det rör sig enbart om återluft, men man kan dock inte utesluta att de stora flödena medför ökat kanalläckage utanför husets tätskikt.

Vad beträffar den lilla frånluftsvärmepumpen för varmvattenberedning fungerar dess förångare i detta fall på den kalla vindsluften. Detta gör att pumpen ifråga inte har speciellt gynnsamt driftsätt och att dess driftresultat inte kan förväntas bli särskilt gott under kalla perioder.

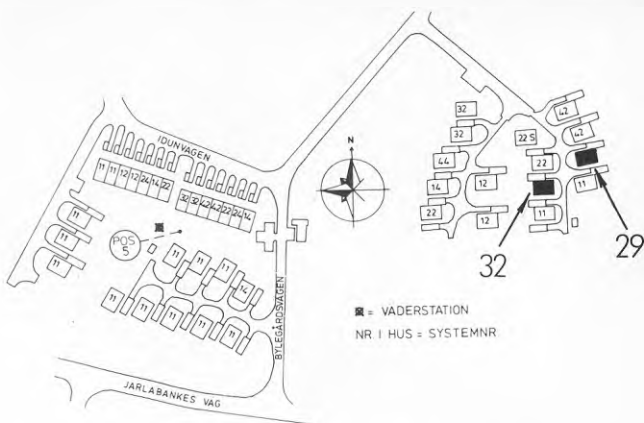
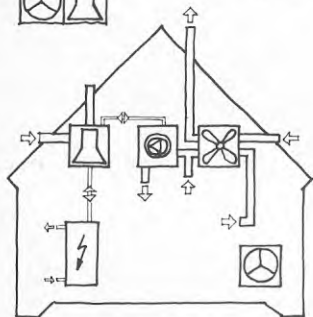
Hittills erhållna driftresultat från hus nr 13 är föga tillfredsställande. Kyl drift sommartid har måhända bidragit till den relativt stora energiåtgång- en. Även med korrektion för detta syns värdena för energiåtgång vara för höga (se även avsnitt 5.2).

TABELL 4.6.8 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

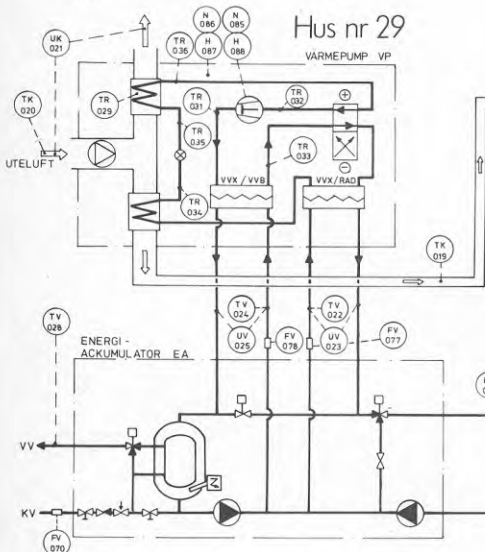
Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	24 R 5	24 R 13	24 R 5	24 R 13
Q_A (avläst, kWh) =		17.505		15.619
θ_i (innetemp °C) =		22,0		22,13
$(T + V_*(1-\eta)) * d\theta_i$ (temp.korr) =		- 664		- 750
$dV_{F*}(1-6*d\theta_i) * (1-\eta)$ (luftflödeskorr) =		- 47		0
$dV_{VA} * d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =		- 210		437
Q_p (personvärme) =		0		0
Q_s (sommarförbr) =		- 300		- 360
$Q_g; Q_m$ (energi gavl) =		- 100		- 270
Q_k (korr förbr)		16.184		14.646
Q_k "- itererad		16.278		14.879
"COP"		1,08		1,32**
Energivinst (kWh)*		840		3.282**
Index (100 = värden enl TAB 4.6.2)		95,1		81,9**

* exkl styrsystem

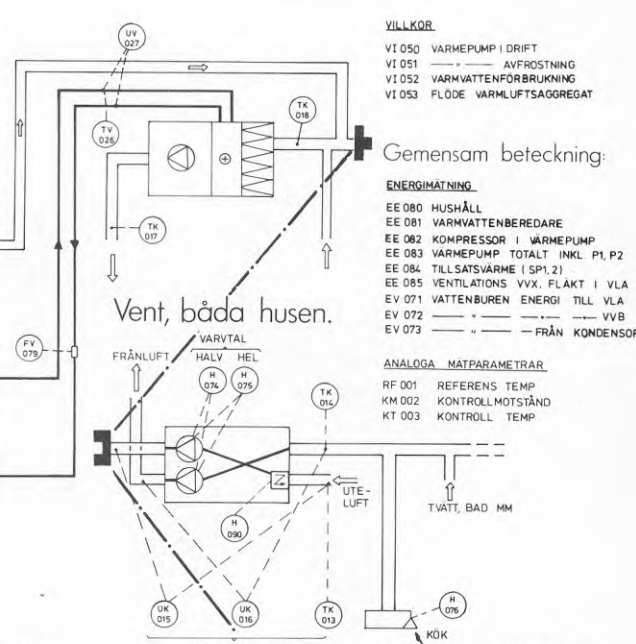
** se avsnitt 4.8



■ = VADERSTATION
NR I HUS = SYSTEMNR



Hus nr 29



Hus nr 32

- VILLKOR**
- VI 050 VÄRMEPUMP I DRIFT
 - VI 051 AVFROSTNING
 - VI 052 VÄRMEVATTENFÖRBRUKNING
 - VI 053 FLÖDE VÄRMLUFTSAGGREGAT
- Gemensam beteckning:**
- ENERGIMÄTNING</**

Hus 24 G 29

En väsentlig störning har varit luft i vattensystemen till varmluftaggregatet. Systemet fungerar på ett något annorlunda sätt än de övriga värmepumpsystemen inom gruppen. Värmen levereras till varmluftaggregatet från en bufferttank (utom i hus R 13). Sedan eftervärms tilluften till rummen med ett direktvärt elektriskt batteri i mån av behov.

I detta hus värms emellertid tankens vatten med en elpatron, när tanktemperaturen blir för låg för varmluftaggregatets behov. Detta har till konsekvens att när problem med luftbubblor i systemet uppstår blir det kallt i huset. De boende upptäcker alltså här omedelbart systemfel och larmar om detta.

Luftningsproblemen i detta hus, som har varit utomordentligt besvärliga, fick så småningom en mycket enkel förklaring. Förklaringen bygger på att två fel uppstått samtidigt. Det ena felet var att expansionskärlet av någon anledning (kanske av föregående ägare) tömts på gas. Det andra felet var att den manometer som redovisar trycket i systemet visade 1 bar (10 m vp) för högt tryck. Detta hade till följd, att när man gav service till systemet och fyllde upp det till 1,1 bar hade man i själva verket endast 0,1 bar (1 m vp) övertryck. Det säger sig självt att man vid temperaturvariationer i systemet mycket snabbt fick in luft igen med åtföljande driftstörningar.

Hus G 29 hade i övrigt samma problem med flödesmätare och med obalans i luftsystemen som alla de andra med motsvarande systemdelar.

De föregående ägarna av huset var under större delen av vintern 1979/80 bortresta innan de sålde huset. På grund därav kan inte dras några säkra slutsatser om husets funktion. Någon energispareffekt av systemet har bl a på grund av de många felen inte kunnat redovisas.

Under det andra mätåret uppmättes en energivinst som motsvarar COP = 1,36. Detta är emellertid inte COP för själva värmepumpen utan för systemet som helhet, vilket gör att den s k COP egentligen är något slags medelvärde mellan vad ventilationsvärmeväxlaren tjänat in och vad värmepumpen vunnit. Skillnaden mellan korrigerad energiförbrukning för detta hus och för hus med ventilationsvärmeväxlare är ca 1.800 kWh. Med en vinst av värmepumpen motsvarande 1.800 kWh blir COP = 1,11. Detta resultat är klart otillfredsställande.

Hus 24 G 32

Även i detta hus är listan på felaktigheter lång och förarglig, BILAGA 5.

Förutom de där redovisade driftstörningarna förekom ett fel på förvärmningsbatteriet. Endast halva effekten gick in, varvid husägaren fick för kallt i huset vid sträng kyla ute. När sedan detta fel korrigerats blev förvärmaren för het, så att dukstosen mellan förvärmningsbatteriet och varmluftaggregatet började brinna. I och för sig var detta naturligtvis en dramatisk störning, även om den inte påverkat husets energiförbrukning.

Helt vid sidan av de installationstekniska besvärligheterna kunde konstateras att ytterdörren var illa inpassad, så att man hade ett betydande luftläckage in i hallen. Detta hade till följd att husägaren ändrade tilluftdonet i hallen, så att han fick ett avsevärt mycket större flöde till hallen än vad som avsikten var. Därmed minskade också flödena till resten av bostaden och hela systemet kom i obalans. Denna i och för sig förståeliga reaktion från husägarens sida vållade honom själv en hel del besvär i och med att han fick otillräckligt varmt i andra utrymmen.

Även en av balkongdörrarna (franska fönstren) var lika otät som ytterdörren.

Husets funktion har i övrigt störts, förutom av de grundläggande fel som fanns i hus med varmluftuppvärmning, av en rad komponentfel i värmepumpsystemet. En del av dessa komponentfel kan återföras till allt det arbete som lades ner för att få anläggningarna ljudmässigt acceptabla. För mjuka dämpare gav för stora vibrationer i systemet, varvid flexibla slanganslutningar började läcka etc, etc.

Givetvis kan man inte återföra mer än en viss del av komponentfelen till alla de åtgärder som vidtogs i samband med ljudproblematiken. En lång rad av felen är naturligtvis "spontana" och får klassas som sådana.

Inte heller i detta hus har någon nämnvärd energibesparing kunnat uppmätas under perioden maj 79 - maj 80. Funktionen är sedan senvåren 1980 relativt god och resultatet för halvåret jan - juni 1980 är påtagligt förbättrat (se avsnitt 5.2).

Under det andra mätåret blev - trots den temporära förbättringen på våren 1980 - resultatet ännu sämre än under det första. Den totala energivinsten rör sig om några hundra kWh. Om vi gör samma antaganden som för hus nr 29, nämligen att ventilationsvärmväxlaren skulle ha tillfört huset drygt 10 % vinst, innebär detta faktiskt att värmepumpen haft en COP som är lägre än 1. Jfr med vad som redovisas i den separata delrapporten om värmepumpar.

TABELL 4.6.9 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

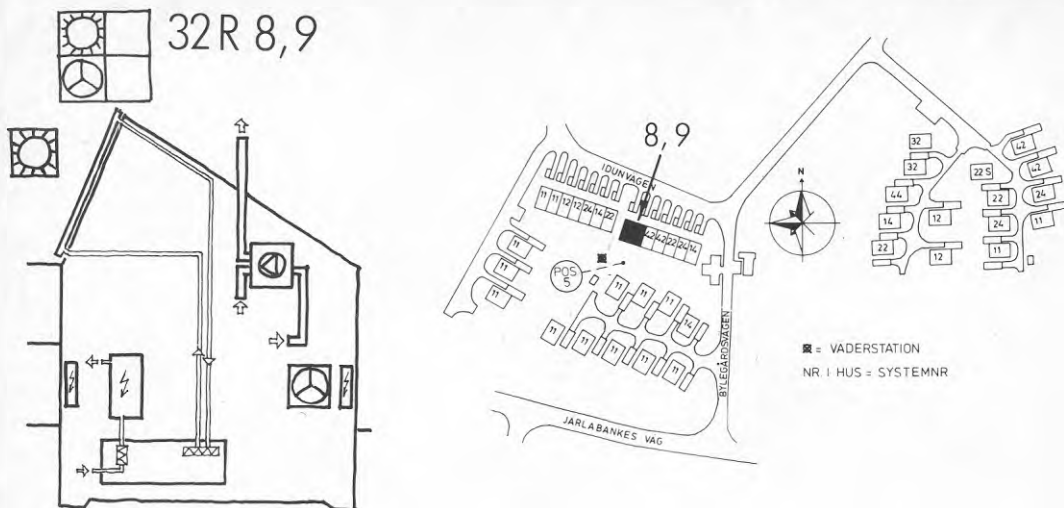
Resultat för period:		790515-800515		800515-810515	
Hus		24 G 29	24 G 32	24 G 29	24 G 32
Q_A (avläst, kWh)	=		21.495	17.010	21.900
θ_i (innetemp °C)	=		21,95	22,89	21,93
$(T + V*(1-\eta))*d\theta_i$ (temp.korr)	=		- 853	-2.006	- 835
$dV_F*(1-6*d\theta_i)*(1-\eta)$ (luftflödeskorr)	=		373	738	511
$dV_{VA}*d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr)	=		-1.096	1.681	- 804
Q_P (personvärme)	=		100	-1.000	100
Q_S (sommarförbr)	=		+ 150	+ 150	- 550
Q_K (korr förbr)			20.168	16.573	20.322
Q_K "-- itererad			20.316	16.683	20.398
"COP"			1,13	1,34	1,05
Energivinst (kWh)*			2.220	4.516	802
Index (100 = värden enl TAB 4.6.3)			90,2	78,7	96,2

* exkl styrsystem

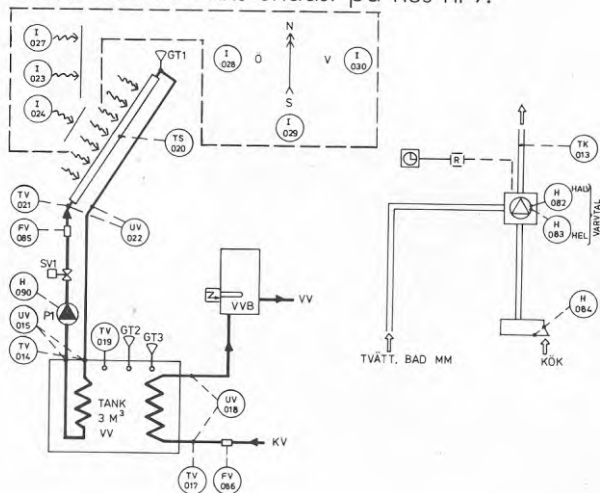
Sammanfattningsvis kan konstateras

- att husen trots stor arbetsinsats med intrimning inte fungerat tillfredsställande från energisynpunkt,
- att ljudproblematiken inte heller funnit sin lösning.

Erfarenheterna understryker vikten av produktutveckling för system som helhet - inte bara för komponenter och delsystem.



Dessa mätare finns endast på hus nr 9.



ÖVRIGA MÄTPUNKTER

TL 006 TEMP SOVRUM 1
 TL 007 --- --- 2
 TL 008 --- --- 3
 TL 009 --- --- 4
 TL 010 --- VARD RUM
 TL 011 --- KÖK
 TL 012 --- HALL

H098 ÖPPETID FÖNSTER
 OCH YTTERDÖRRAR

ANALOGA MÄTPARAMETRAR

RF 001 REFERENS TEMP
 KM002 KONTROLL MOTSTÅND
 KT003 KONTROLL TEMP

ENERGIMÄTNING

EE 087 HUSHÅLL MED FRÅNLUFTSFLÅKT
 EE 088 VÄRMVATTENBEREDARE, PUMP P1
 STYRSYSTEM
 EE 089 ELVÄRME
 EV 080 TANK TILL VVB
 EV 081 SOLFÄNGARE TILL TANK

FIGUR 4.6.11

Hus 32 R 8, 9

Med hänvisning till avsnittet om driftstörningar orsakade av flödesmätare erinras om att problemen kulminerade under våren 1979. De första invändningsfria filtersystemen till flödesmätare togs i drift april 1979. Härvid prioriterades system med glykol, dvs solfångarkretsarna. Man kan alltså konstatera att solvärmesystemen i husen med system 32 togs i drift i april 1979.

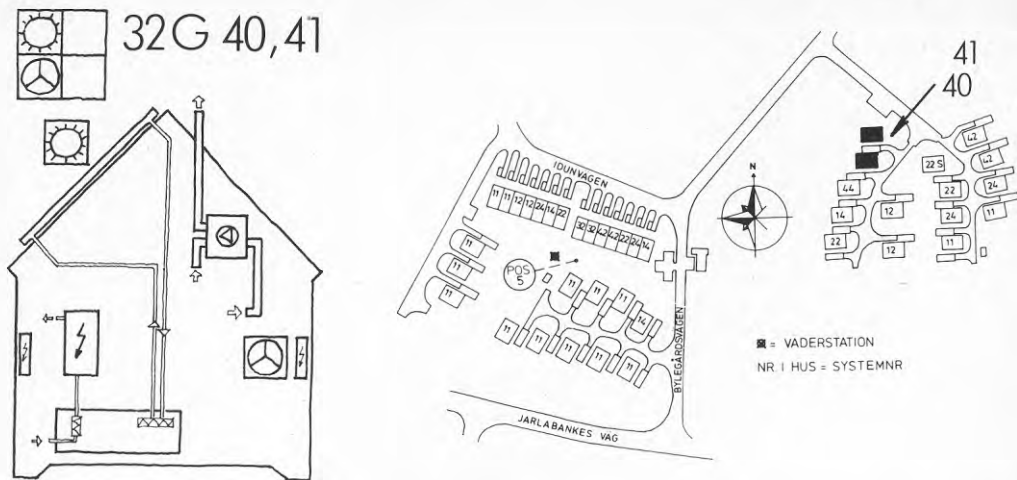
De frysskador som uppstått på solfångare i Täby-projektet har icke vid något tillfälle berört system 32. (Se avsnitt 5.3.)

TABELL 4.6.10 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

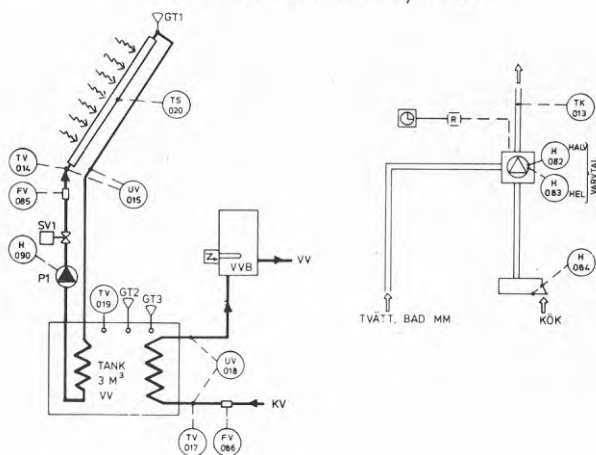
Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	32 R 8	32 R 9	32 R 8	32 R 9
Q_A (avläst, kWh) =	16.422	12.386	13.634	11.765
θ_i (innetemp °C) =	20,57	19,24	20,35	20,31
$(T + V \cdot (1 - \eta)) \cdot d\theta_i$ (temp.korr) =	356	1.456	538	571
$dV_F \cdot (1 - 6 \cdot d\theta_i) \cdot (1 - \eta)$ (luftflödeskorr) =	542	488	1.100	1.281
$dV_{VA} \cdot d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	1.803	0	2.241	- 171
Q_p (personvärme) =	- 800	- 800	- 800	- 800
Q_s (sommarförbr) =	0	250	60	140
$Q_g : Q_m$ (energi gav1) =	-1.789	- 410	-1.517	- 30
Q_k (korr förbr)	16.533	13.370	15.256	12.756
Energivinst (kWh)*	586	3.749	2.906	5.406
Index (100 = värden enl TAB 4.6.2)	96,6	78,1	84,0	70,2

* exkl styrsystem

Dessa hus uppvisar mycket stabila resultat. Under det första mätåret har hus 8 en obetydlig energivinst av sitt solvärmda tappvatten. Hus nr 9 däremot har ca 3.700 kWh energivinst, vilket är långt mera än vad som beräknats. Sannolikt beror denna skillnad på att källardörren tagits bort i hus R 9, varvid tilluften till huset rimligen bör ha kommit in genom källarventilerna och där förvärmats dels av transmissionsförlusterna neråt, dels av avloppsstammar m m, varvid således en del av dessa förluster använts till ett nyttigt ändamål. En oväntad värmewäxling har därmed införts i systemet och denna värmewäxling förefaller ligga väl i klass med den ordnade ventilationsvärmewäxling som man har i andra försökshus.



Husen har helt lika system.



ÖVRIGA MÄTPUNKTER

TL 006	TEMP	SOVRUM 1	NB
TL 007	---	---	2
TL 008	---	VARDRUM	---
TL 009	---	KÖK	---
TL 010	---	HALL	V1
TL 011	---	SOVRUM 3	---
TL 012	---	---	---

H 098 ÖPPENTID FÖNSTER
OCH YTTERDÖRRAR

ANALOGA MÄTPARAMETRAR

RF 001	REFERENS TEMP
KM002	KONTROLL MOTSTÅND
KT003	KONTROLL TEMP

ENERGIMÄTNING

EE 087	HUSHÅLL MED FRÅNLUFTSFLÅKT
EE 088	VARMVÄTNEREDARE, PUMP P1
	STYRSYSTEM
EE 089	ELVÄRME
EE 090	FRÅNLUFTSFLÅKT
EV 080	TANK TILL VVB
EV 081	SOLFÄNGARE TILL TANK

FIGUR 4.6.12

Hus 32 G 40, 41

TABELL 4.6.11 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

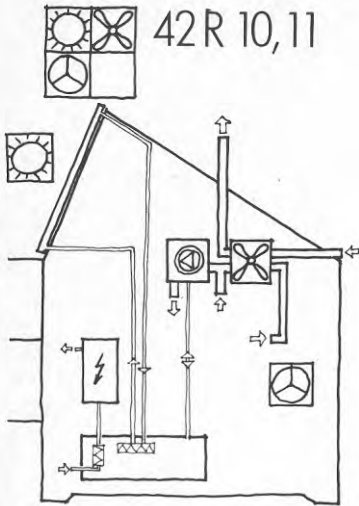
Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	32 G 40	32 G 41	32 G 40	32 G 41
Q_A (avläst, kWh) =	20.500	21.447	17.124	20.388
θ_i (innetemp °C) =	20,78	21,68	21,00	22,12
$(T + V*(1-\eta))*d\theta_i$ (temp.korr) =	234	- 722	0	-1.189
$dV_F*(1-6*d\theta_i)*(1-\eta)$ (luftflödeskorr) =	784	906	1.047	1.124
$dV_{VA}*d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	1.242	- 365	1.681	- 317
Q_p (personvärme) =	-1.400	- 400	-1.100	- 400
Q_s (sommarförbr) =	- 350	- 550	- 350	-1.510
Q_k (korr förbr)	21.010	20.316	18.402**	18.096
Energivinst (kWh)*	1.526	2.220	2.798	3.104
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.3)	93,2	90,1	86,8	85,4

* exkl styrsystem

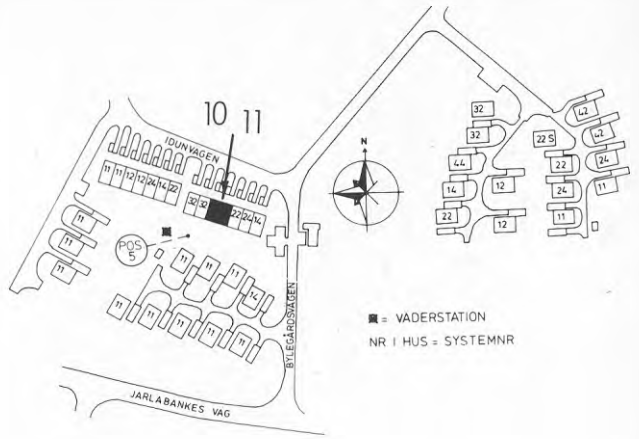
** osäkert värde

Dessa hus uppvisar ett synnerligen stabilt resultat även de. Energivinsten rör sig emellertid inte om mer än ca 1.000 kWh/år under det första mätåret och mellan 2 - 3.000 kWh under det andra mätåret. Mätvärdena från det andra mätåret är emellertid så pass osäkra, relativt sett, att vissa reservationer måste göras. Det är alltså fullt tänkbart att ett räknemässigt resultat av 2.500 kWh i själva verket endast är 1.500 kWh.

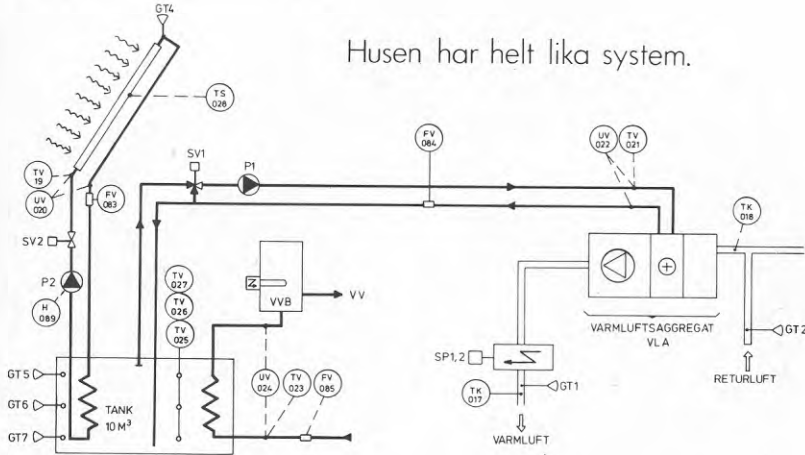
Den utomordentligt lilla skillnaden mellan de båda försökshusen såväl under 1979-80 som 1980-81 talar emellertid mot att resultaten skulle vara osäkra.



42R 10,11



Husen har helt lika system.



ENERGIMÄTNING

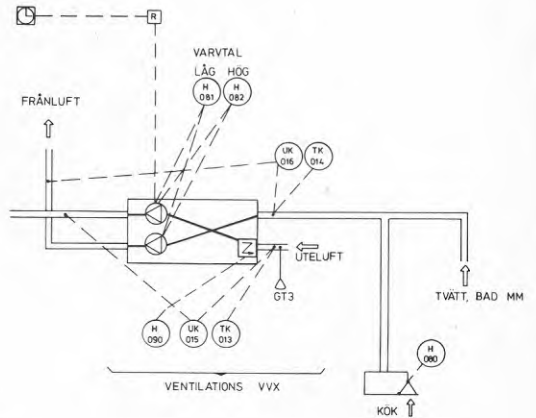
- EE 086 HUSHÅLL
- EE 087 VARMVATTENBEREDARE
- EE 088 TILLSATSVÄRME (SP1,2)
- EE 089 P1, P2, STYRSYSTEM
- EE089 VENTILATIONS VVX, FLAKT I VLA
- EV 077 TANK TILL VVB
- EV 078 VLA
- EV 079 SOLFÅNGARE TILL TANK

ANALOGA MÄTPARAMETRAR

- RF 001 REFERENS TEMP
- KM 002 KONTROLL MOTSTÅND
- KT 003 KONTROLL TEMP

ÖVRIGA MÄTPUNKTER

- TL 006 TEMP SOVRUM 1 V1
- TL 007 --- 2 ---
- TL 008 --- 3 ---
- TL 009 --- 4 ---
- TL 010 --- VARD RUM NB
- TL 011 --- KÖK ---
- TL 012 --- HALL ---
- H098 ÖPPETTID FÖR FÖNSTER OCH YTTREDÖRRAR



FIGUR 4.6.13

Hus 42 R 10

I januari 1979 nedtappades expansionskärlet på vinden sedan expansionskärnen i båda grändhusen 27 och 28 frusit. Detta var en ren säkerhetsåtgärd, eftersom man ännu inte var riktigt på det klara med orsaken till frostskaadorna. Dessa beror, som man senare funnit, sannolikt på skiktning i glykolen och detta har bemötts med ökad glykolkoncentration.

I mars 1979 uppkom ett komponentfel i varmluftbatteriet (läckage). Batteriet byttes 790410.

I november 1979 upptäcktes ett reglerfel i solfångarsystemet. Reglerfelet bestod däri att den termostat som skall hindra kallt tankvatten att nå varmluftaggregatet i huset havererade på de höga tanktemperaturerna under sommaren. Därvid blockerades inte bara kallt vatten utan även det solvärmda som skulle komma till nytta under hösten. Solfångarsystemet var alltså inte i drift under hösten 1979 annat än som energileverantör till varmvattenberedaren. Ny termostat monterades 791128.

När denna inkoppling skedde gjordes i reglercentralen en felkoppling, vilken inte upptäcktes förrän i april 1980. Detta innebar att en stor del av den värme som skulle ha levererats till huset under februari, mars och april gick till spillo. Detta är en av de väsentliga förklaringarna till att hus R 10 har lägre energibesparing än hus R 11.

Vid den slutliga revideringen av regler-systemet i hus nr 10 flyttades en termostat från tanken till ett rör som går ut från värmväxlaren i tanken. Detta har gett marginellt förbättrad funktion av systemet.

Enligt BILAGA 5 inreglerades samtliga varmluftuppvärmda hus felaktigt vid inflyttningen. Dessutom förekom under hela första mätåret i vissa fall ett luftflöde från de under uttorkning varande källarna till värmväxlarna, vilket försämrade värmväxlarnas funktion. Det senare påverkade givetvis också resultatet i någon mån.

Hus 42 R 11

Listan på tillfälliga fel är lång även för hus R 11. Förutom för energispar-systemen oväsentliga fel, såsom att säkerhetsventiler hakat upp sig, motorskydd löst ut etc, skedde en felkoppling av varmluftaggregatets fläkt vid inkopplingen av den separata elmätningen på denna. Fläkten gick alltså baklänges och gav endast en bråkdel av det luftflöde som projekterats.

Ytterligare ett antal småfel har upptäckts och korrigerats, men i stora drag har driftsituationen varit godtagbar utom under senvintern 1980 och den tidiga våren.

I ett avseende skiljer sig de båda husen. Solfångarkollektorerna i hus R 11 frös sönder i januari 1980. Skälet var detsamma som i tidigare skadefall. Något för låg glykolhalt i samband med skiktning.

Efter ungefär 1 1/2 månad kunde nya kollektorer monteras. I praktiken innebär detta att hela februarisolinstrålning missades i hus nr 11. Detta kan inte spåras i den hittills genomförda utvärderingen. Resultatet är förvånansvärt bra och ligger nära energigarantin.

TABELL 4.6.12 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	42 R 10	42 R 11	42 R 10	42 R 11
Q_A (avläst, kWh) =	15.184	13.922	15.772	12.033
θ_i (innetemp °C) =	22,78	22,20	19,99	19,76
$(T + V_*(1-\eta))*d\theta_i$ (temp.korr) =	- 850	- 979	671	823
$dV_{F*}(1-6*d\theta_i)*(1-\eta)$ (luftflödeskorr) =	756	253	895	335
$dV_{VA}*d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	-2.314	-2.217	-1.291	-1.900
Q_p (personvärme) =	500	- 300	500	- 300
Q_s (sommarförbr) =	150	0	410	220
$Q_g; Q_m$ (energi gavl) =	- 290	- 260	10	- 50
Q_k (korr förbr)	13.136	10.601	16.967	11.162
Energivinst (kWh)*	3.983	6.518	1.195**	7.000**
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.2)	76,7	61,9	93,4**	61,4**

* exkl styrsystem

** se avsnitt 4.8

Driftresultaten för hus 10 och 11 ligger relativt nära förväntad nivå. Hus 11 är t o m något bättre än vad som förväntats under år 1979.

Driftresultaten under mätåret 1980-81 har varit sämre - för hus nr 10:s del högst väsentligt sämre än 79-80. Någon orsak härtill är svår att spåra. Om man betraktar innetemperaturerna för dessa hus under tiden 79-80 resp 80-81, finner man emellertid att den under 80-81 ligger drygt 2° lägre. Detta påverkar i hög grad korrektionsberäkningarna som således ökar på driftresultatet med drygt 10 % bara på grund av innetemperaturdifferensen från det ena året till det andra. Här kan man inte utesluta mätfel. Jordfel har förekommit några gånger, vilket gett helt vilseledande temperaturvärden i några hus.

Hus 42 G 27, 28

Enligt listan på driftstörningar i BILAGA 5 ligger felan i särskilt hög grad parallellt i dessa båda solvärmehus. Därför redovisas felaktigheter och åtgärder för att belysa vad som förevarit i dessa hus gemensamt för de båda husen i stället för enskilt.

Mätningarna har delaktighet i skulden för dessa driftstörningar. Förutom de gemensamma felorsaker som där refereras i BILAGA 5 för solvärmesystemen har i dessa fall förekommit ytterligare två allvarliga störningar. Den ena är ett reglerfel i reglercentralen, vilket upptäcktes först under sensvåren 1980 och korrigerades under slutet av juli månad 1980. Detta reglerfel består av följande.

På grund av ett kopplingsfel i reglercentralen hade shuntventilen i varmluftapparatens batterikrets för solvärmst värmevatten fram till nämnda tidpunkt aldrig öppnats. Därmed kunde solvärme över huvud taget inte levereras till varmluftaggregatet före tidpunkten som nämndes. Detta i och för sig triviala fel är helt tillräckligt för att undanröja en väsentlig del av den totala energibesparing som är uppnåelig.

Däremot har solvärmst tappvarmvatten levererats i husen. Energivinsten syns ha varit något högre än i de enklare solhusen.

Det andra kanske väsentliga felet som kommer utöver den långa listan med generella fel är vattenläckage i de båda källarna. Det tycks vara typiskt för alla komplicerade byggtekniska fel att de har mer än en orsak. Så är även fallet här. Dels fanns ett fogfel mellan de förtillverkade och monterade källarväggblocken resp i fogen mellan källarplatta och väggblock. Dessutom var det ett fel i ytdräneringen kring husen. Återfyllningen var utomordentligt tät och lutningsförhållandena var sådana att man vid störtregn inte fick tillräcklig infiltration i trädgårdarna. Ytvatten rann därför ner i källarfönstrets avbalkning och därifrån genom fönstret och rätt ner på källargolvet. Sedan man klarat av ytvattnet som läckte in i källarna, upptäckte man vid ett långt senare tillfälle att det även var dräneringsvatten kring husets bottenplatta som läckte in. Reparationerna var inte klara förrän under sensvåren 1980.

Vad har då detta med installationssystemen att göra? Jo, källarnas uttorkning påverkades i hög grad. Båge dessa källare blev utsatta för mögelangrepp och en del inventarier förstördes. För att vädra ut källarna öppnade man källarventilerna och även en tillfällig frånluftöppning upp till värmväxlaraggregatets frånluftfläkt. Detta gav en obalans i värmväxlingen. Härigenom har sval luft minskat värmeåtervinningen av värmväxlingen. Efter det att man så småningom kommit tillrätta med läckorna dessutom gjort en undersökning beträffande mögelbildningen kunde först under senhös-

ten 1979 frånluftöppningarna till Rexoventens frånluftfläkt stängas och källarna därefter på avsett sätt avgränsas från husens installationssystem. Problemen med inläckning fortsatte, som nämnts, men frånluftöppningarna förblev trots detta stängda hösten 79.

TABELL 4.6.13 KORRIGERING AV REGISTRERADE DATA

Resultat för period:	790515-800515		800515-810515	
Hus	42 G 27	42 G 28	42 G 27	42 G 28
Q_A (avläst, kWh) =	19.065	21.326	17.178	18.187
θ_i (innetemp °C) =	22,59	23,76	22,43	23,08
$(T + V \cdot (1-\eta)) \cdot d\theta_i$ (temp.korr) =	-1.428	-2.479	-1.285	-1.868
$dV_F \cdot (1-6 \cdot d\theta_i) \cdot (1-\eta)$ (luftflödeskorr) =	496	422	269	259
$dV_{VA} \cdot d\theta_{VA}$ (vattenflödeskorr) =	- 341	-1.291	804	- 219
Q_P (personvärme) =	- 250	- 650	- 250	-1.100
Q_S (sommarförbr) =	- 100	- 100	- 700	- 450
Q_K (korr förbr)	17.441	17.228	16.016**	14.808**
Energivinst (kWh)*	5.095	5.309	5.184	6.392
Index (100 = värden enl TABELL 4.6.3)	77,4	76,4	75,5	69,8

* exkl styrsystem

** osäkra värden

Den redovisade vinsten under första mätåret är i högsta laget för att verka trovärdig. Om FTX-systemet ger lika mycket som i system 22, återstår 2.500-2.800 kWh solvärt tappvarmvatten. Så mycket kan sannolikt inte vinnas enbart för tappvarmvattenberedning. Sannolikt beror detta främst på den större temperaturgradient som de varmluftuppvärmda husen har jämfört med referenshusen med radiatorer (se FIGUR 4.6.2). På grund härav kan den redovisade vinsten vara ca 1.000 kWh för hög. En reduktion av värmeförlusterna neråt på grund av den varma ackumulatortanken i källaren kan också ha gett ett bidrag som dock är svårt att beräkna.

Den obetydliga skillnaden husen emellan i driftresultat tyder emellertid på att den redovisade vinsten i övrigt är korrekt beräknad. För mätsäsongen 1980-81 är mätvärdena, särskilt för dessa hus betydligt osäkrare än för den föregående mätsäsongen. Vinsten har ändrats obetydligt trots att värmesystemet var i funktion det andra mätåret. Skillnaden kan bero på ett - ca 5 % - lägre värmebehov (mildare vinter) och, naturligtvis, på annorlunda solförhållanden.

4.7 Känslighetsanalys, felkalkyl

4.7.1 De enskilda osäkerheternas sammanvägda inverkan

Med en variation av förutsättningarna och med valda felgränser för vissa variabler och parametrar erhålls en överblick över resultatens "stabilitet". Det största problemet är kanske att förklara de nästan obefintliga differenserna mellan vissa huspar. De skillnader på 5 - 10 % som vissa radhus uppvisar är mer i linje med hittillsvarande erfarenheter.

Följande kalkyler har genomförts.

- Korrektionsberäkningarnas grundvärden har förändrats (avloppstemp, energi mellan hus, temperaturkorrigerings), TABELL 4.7.1 och 4.7.4.
- Antagna felgränserns inverkan på slutresultatet har beräknats, TABELL 4.7.2 och 4.7.5.

I formeln i avsnitt 4.5 kan alternativa korrigeringsvärden insättas för att utvärdera känsligheten.

Analysen i TABELL 4.7.1 visar att skillnaden mellan hus endast kan nedbringas med relativt osannolika förändringar av korrektionsberäkningarna. Den visar emellertid också att nivån inte ändras mer än högst ca 6 % när antagna värden varierar.

TABELL 4.7.1 VARIATION AV KORREKTIONSBERÄKNINGAR FÖR RADHUS OCH DESS INVERKAN PÅ SKILLNADEN MELLAN LIKADANA HUS (% skillnad)

System	12 (ref) /nivå, index/	22 (FTX)	32 (solv)	42 (sol)	Arm
0 Huvudberäkn	0 /100/	0,1	21,2*	21,4	-
1 Avloppstemp 4° lägre	1,1 /104/	2,3	18,1	19,5	$d\theta_a = 17^\circ$
2 " 2° lägre	0,6 /102/	6,2	19,6	20,4	$d\theta_a = 19^\circ$
3 " 2° högre	0,5 /98/	14,8	22,8	22,5	$d\theta_a = 23^\circ$
4 Halverad energi mellan hus	3,4 /100/	3,4	20,0*	21,2	$Q_m \times 0,5$
5 Halverad tem- peraturkorr	7,9 /99/	3,6	25,7*	21,0	$d\theta_i \times 0,5$
6 Kombination 2+4	2,8 /102/	2,9	18,5*	20,3	
7 " 2+4+5	10,1 /101/	0,4	22,8*	19,9	

* En stor del av denna skillnad har en byggnads-
teknisk förklaring

TABELL 4.7.2 KÄNSLIGHETSANALYS OCH FELANALYS FÖR
KORRIGERINGSBERÄKNINGAR AV MÄTVÄRDEN FRÅN PERIODEN
MAJ 79 - MAJ 80 FÖR REFERENSRADHUSEN NR 3 OCH 4.

Hus	nr 3			nr 4		
	Q kWh	f* kWh m m	f ² (kWh) ²	Q kWh	f* kWh m m	f ² (kWh) ²
Direkt avlästa värden	18.954			16.628		
Innetemp, °C	22,34	0,2	-	19,08	0,2	-
Sammanlagd temperaturkorrektion	-1.109	166	27.398	+1.588	166	27.398
	17.845			18.216		
Avl.temp, d _{VA} = 21°C	-	2°C	-	-	2°C	-
Korrektion - - avvikelse						
Vattenförbrukn	+731	336**	112.896	-244	429**	184.041
Korrektion för luftflöden	- 0	5 % 408	166.464	- +89	5 % 408	166.464
Korrektion för energiflöde mln hus	-460	150	22.500	+710	200	40.000
	18.363			19.011		
Korrektion för personvärme (ca 2000 kWh/år)	-700	200	40.000	0	200	40.000
Korrektion för: sommarförbrukn	-300	0		-1.650	0	
Summa	17.116	+607	369.258	17.121	+677	457.903
Index	99,98	+3,5		100,02	+4,0	

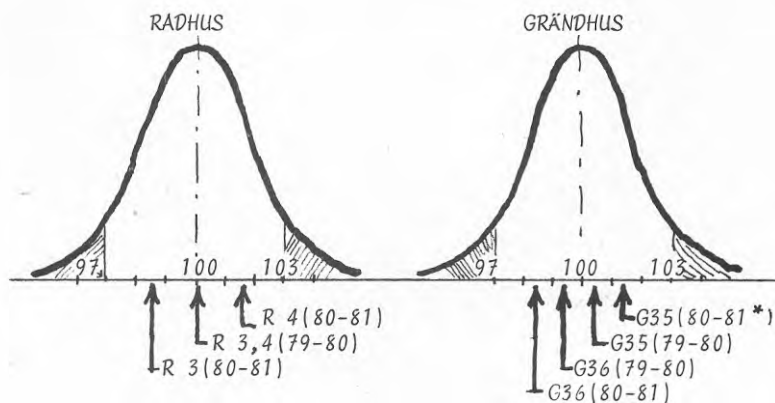
mdlv 17.119

* Bedömning

** Olika flöden; därför ger 2^o avvikelse olika energiavvikelser.

Not: Prof F.Petersons kommentar: "Fortfarande får nog de flesta litet hicka här. Slump eller skicklighet?"

Förf replik: "Bådadera! Det är dock föga önskvärt med siffror som ser ut att vara fabricerade. Det är emellertid otänkbart att fila på dem för att få dem mer aptitliga."



FIGUR 4.7.1 REFERENSHUSEN OCH DERAS ANTAGNA KONFIDENSINTERVALL $\pm 3\%$. LÄGET "ALT" FÖR SAMTLIGA HUS VISAR LÄGET AV DE ENSKILDA HUSENS FÖRBRUKNING.

* ANGER ATT HUS 35 ÄNDRAT SITT VENTILATIONSSYSTEM, FÖR VILKET SKÖNSMÄSSIG KORRIGERING GJORTS HÄR.

Trovärdigheten av de utomordentligt små skillnaderna mellan husen i grändhusparen diskuteras i avsnitt 4.6. I TABELL 4.7.3 redovisas en översikt av hur stora korrektioner som gjorts. Oavsett vilka förändringar av korrektionsberäkningarna som görs syns de slutliga skillnaderna mellan hus förbli ytterst små, TABELL 4.7.4.

TABELL 4.7.3 ÖVERSIKT AV KORREKTIONER FÖR ÅTTA GRÄNDHUS OCH KVARSTÄENDE DIFFERENS, MÅTÅRET 1979-80

Hus- par	Sys- tem	Förskjutn inbördes kWh	Största ensk korr kWh	Kvarst diff mln hus kWh	Anm
35,36	11,12	4.197	1.851	239	
33,37	22	1.374	1.688	121	
40,41	32	1.647	1.400	694	-780*
27,28	42	2.474	2.479	213	

* förklaras av diff vv-tappn !

TABELL 4.7.4 VARIATION AV KORREKTIONSBERÄKNINGAR FÖR GRÄNDHUS OCH DESS INVERKAN PÅ SKILLNADEN MELLAN LIKADANA HUS (% skillnad)

System	12 (ref) /nivå,index/	22 (FTX)	32 (solvv)	42 (sol)	Arm
0 Huvudberäkn	1,0 /100/	0,5	3,1	1,0	-
1 Avloppstemp 4 ^o lägre	0,2 /104/	0	1,8	0,2	$d\theta_a = 17^\circ$
2 " 2 ^o lägre	0,4 /102/	0,3	2,6	0,7	$d\theta_a = 19^\circ$
3 " 2 ^o högre	1,7 /98/	0,9	4,2	1,8	$d\theta_a = 23^\circ$
4 Halverad temperatorkorr	3,7 /101/	0,1	0,9	1,8	$d\theta_i \times 0,5$

Endast i fallet 4, där den tekniskt orimliga halveringen av temperaturkorrigeringen redovisas, blir skillnaden mellan referenshusen nämnvärd. Naturligtvis är detta slumpens verk. Detta beskrivs i felkalkylen i TABELL 4.7.5 där en varians av +/- 2,9 à 3,4 % redovisas.

Gränserna +/- 3 % kring observerade medelvärden väljs för de fortsatta resonemangen. Att välja olika gränser vore annars logiskt riktigt, då de osäkra storheterna är proportionellt sett större för radhusen än för grändhusen. Dessutom finns fler osäkerheter för radhusens del:

- tre gavelradhus ingår
- stor spridning i vattenförbrukning (max 277 m³/år min 95 m³/år)
- avloppsstammar går under husen
- energi går från granne till granne.

Slumpmässiga fel av typen varians i transmissionsförluster på grund av ojämnt byggande, mätfel av ventilationsflöden, bedömningsfel för hushållsel och dess inverkan på totalbehovet ingår i bedömningsunderlaget för konfidensintervallet. Dessutom ingår en stor post - avloppstemperaturen - som i vissa sammanhang endast DELVIS har slumpmässiga fel. Felrisken kan med andra ord vara övervärderad.

När det gäller sannolikheten för att rätt värde ingränsas skall hela posten antas medverka till konfidensintervallets storlek.

När det gäller skillnad mellan två hus eller husgrupper kan posten endast till en viss del anses vara slumpmässigt betingad. Skillnaden i t ex ventilationsenergiebehov (kap 5) kan inte vara beroende av att just de berörda husens avloppstemperatur är rätt bedömd. Om bedömningen är påtagligt fel är det mycket sannolikt att det är fel åt samma håll för alla hus. I praktiken betyder detta att osäkerheten blir relativt sett MINDRE när differensen mellan hus tas fram.

Bedömningarna av konfidensintervall är därför på säkra sidan i kommande avsnitt, där denna metod används.

TABELL 4.7.5 KÄNSLIGHETSANALYS OCH FELANALYS FÖR KORRIGERINGSBERÄKNINGAR AV MÄTVÄRDEN FRÅN PERIODEN MAJ 79 - MAJ 80 FÖR REFERENSGRÄNDHUSEN NR 35 OCH 36.

Hus	nr 35			nr 36		
	Q kWh	f* kWh m m	f ² (kWh) ²	Q kWh	f* kWh m m	f ² (kWh) ²
Direkt avlästa värden	22.738			26.696		
Innetemp, °C	20,40	0,2	-	22,50	0,2	-
Sammanlagd temperaturkorrektur	+541	166	27.398	-1.592	166	27.398
	23.279			25.104		
Avl.temp, dθ _{VA} = 21°C	-	2°C	-	-	2°C	-
Korrektion - - avvikelse						
Kallv.förbrukn	-390	443**	196.249	-1.857	582**	338.724
	23.255			23.618		
Korrektion för luftflöden	-	5 %		-	5 %	
	-84	408	166.464	+264	408	166.464
	23.173			23.904		
Korrektion för personvärme (ca 2000 kWh/år)	0		40.000	-500		40.000
Korrektion för: sommarförbrukn	-150	0		-6.000		
Summa	22.655	+656	430.111	22.417	+757	572.586
Index	99,5	+2,9		100,5	+3,4	

mdlv 22.536

* Bedömning

** Olika flöden; därför ger 2^o avvikelse olika energiavvikelser.

4.7.2 Tolkning av den jämnhet i resultaten som observerats och dess samband med spridning - felgränser

Det är kanske inte så lätt att få ett perspektiv över vad den observerade jämnheten egentligen innebär. Det är emellertid möjligt att med hjälp av enkla sannolikhetsresonemang få en viss uppfattning om vad det betyder om ett huspar har ett resultat av en viss jämnhet, om två, tre, fyra eller fem etc uppvisar en viss jämnhet etc ...

Följande ansats kan göras.

- Alla värden antas med hundra procentig sannolikhet falla inom ett intervall som är 20 indexenheter stort ($\pm 10\%$).
- Varje nytt intervall definieras av det först observerade huset i husparet och det antas att det observerade värdet faller exakt mitt i intervallet.
- I det så definierade intervallet är det alltså precis $1/20$ chans att det tillkommande huset i husparet hamnar inom samma procenttal (dvs i mitten) av intervallet.

Resonemanget som bygger på denna ansats ger alltså följande resultat för det första mätåret, där tre av fyra huspar bland grändhusen hamnade på samma procenttal, dvs med mindre än $0,5\%$ skillnad mellan husenheterna och där två huspar bland radhuslamellerna, referenshusparet och FTX-husen, överensstämde i det närmaste exakt. Att sålunda fem huspar hamnar inom samma procenttal har alltså sannolikheten $(1/20)^5 = 1/3.200.000$.

Om dessutom de båda grändhus medtas, som ligger mindre än 2% från varandra (- det gör de om olikheten i tappning av solvärmrt vatten beaktas -), minskas sannolikheten till $1/32$ milj. Detta är självfallet ett tal som torde utesluta att slumpen varit bestämmande för de räknemässiga resultaten från korrektionsberäkningarna.

Om man sedan fortsätter resonemangen och tar med resultaten från mätsäsongen 1980-81 kan konstateras att där finns tre (av fyra) huspar med god överensstämmelse, helt i klass med dem från mätsäsongen 1979-80.

Totalt finns nio huspar med en överensstämmelse av storleken $1 - 3\%$ (indexenheter), TABELL 4.7.6.

Referensradhusen stryks emellertid (se 4.8) och de fortsatta resonemangen bygger på att ÅTTA huspar ligger inom $\pm 1\%$ - med definition enligt ovan.

TABELL 4.7.6 HUSPAR MED LITEN SKILLNAD I
KORRIGERAD FÖRBRUKNING

Mätsäsong maj 79 - maj 80		Mätsäsong maj 80 - maj 81	
12 R :	< 0,1 %	12 R :	< 3,1 %
22 R :	ca 0,1 %	22 G :	2,1 %
12 G :	1,0 %	32 G :	1,4 %*
22 G :	0,5 %		
32 G :	3,1 %*	Summa tre huspar	
42 G :	1,0 %		

Summa sex huspar

* Olikhet i utnyttjning av solvärt tappvarmvatten som syns ha minskat vid tillökning i den ena familjen (osäkra resultat).

Enkla beräkningar med normalfördelningskurvan som underlag ger besked om ungefär inom vilket sannolikt intervall husen bör hamna.

Om vi bestämmer oss för fyra tänkbara fall, bara för att exemplifiera sannolikheter:

Fall 1 Konfidensintervallet (0.9) är $\pm 6\%$.
Samtliga 8(!)huspar hamnar inom $\pm 1\%$.
Sannolikheten P(1) för att slumpen skall åstadkomma detta

$$P(1) = 4.2 * 10^{-6}$$

Fall 2 Konfidensintervallet (0.9) är $\pm 3\%$.
Samtliga 8 huspar hamnar inom $\pm 1\%$.
Sannolikheten P(2) för att slumpen skall åstadkomma detta

$$P(2) = 8.9 * 10^{-4}$$

Fall 3 Konfidensintervallet (0.9) är $\pm 1\%$.
Samtliga 8 huspar hamnar inom $\pm 1\%$.
Sannolikheten P(3) för att slumpen skall åstadkomma detta

$$P(3) = 0,43 \quad (0,9^8)$$

Fall 4 Konfidensintervallet (0.9) är $\pm 0,5\%$.
Samtliga 8 huspar hamnar inom $\pm 1\%$.
Sannolikheten P(4) för att slumpen skall åstadkomma detta

$$P(4) = 0,992.$$

Slutsatsen av de fyra exemplen är att sannolikheter-
na pekar på intervall som är MINDRE än de $\pm 3\%$ som
analysen av delfaktorernas inverkan anger.

Rimliga sannolikhetstal når man endast om man antar
konfidensintervall ner mot $\pm 1\%$, även om så små vär-
den inte verkar vara troliga - av andra skäl än de
rent matematisk - statistiska.

Dessa resonemang styrker dock i hög grad hypotesen
att man med god noggrannhet kan göra korrektionsbe-
räkningar. De styrker då också samtidigt tesen om att
hus fungerar mycket lika. Andra tekniska faktorer än
de som behandlats i kalkylerna syns ha liten betydelse
för energiförbrukningen.

Det är nog bäst att tillägga att det som framförts
endast gäller för ytterst välbyggda hus.

4.7.3 Beräkning av energivinst av energibesparande system

Korrektionsberäkningarna redovisas i princip i av-
snitt 4.6. Korrigeringsberäkningarna innehåller en
successiv passning till rätt nivå såväl vad beträffar
aktuell systemverkningsgrad för värmeväxlare som för
värmepumpar.

Princip

Det finns enligt 4.7.1 anledning anta att felen i de
korrigerade energiförbrukningstalen är normalfördela-
de och att de är $\pm 3\%$ för grändhusen på konfidens-
nivån 90 %.

Ett resonemang, som då är relevant för osäkerheten av
skillnaden mellan referenshus och försökshus är föl-
jande ("3 %" avser grändhus).

- Sannolikheten P att referenshusen 12 (R, G) i ge-
nomsnitt skall ha minst förbrukningen

$$1,03 * Q_k(12)_{\text{mdlV}} = 0,05.$$

- Sannolikheten P att ett försökshus N (R, G) i ge-
nomsnitt skall ha en sann förbrukning av högst

$$0,97 * Q_k(N)_{\text{mdlV}} \text{ är likaledes } = 0,05.$$

- Sannolikheten P för att det "sanna" värdet på dif-
ferensen D (12 - N) är större än

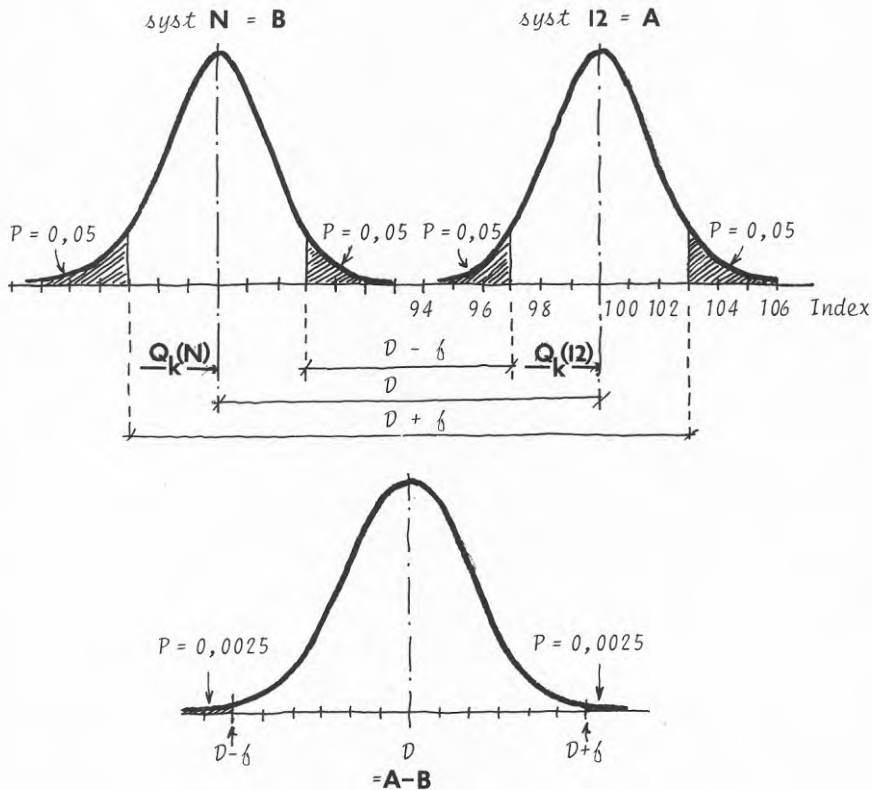
$$1,03 * Q_k(12)_{\text{mdlV}} - 0,97 Q_k(N)$$

blir då $(0,05)^2$.

Motsvarande resonemang gäller för den andra gränsen. De båda gränserna för den "sanna" skillnaden 12 G - 22 G blir med andra ord

$$0,97 \cdot Q_k(12)_{\text{mdlv}} - 1,03 \cdot Q_k(N) < D < 1,03 \cdot Q_k(12)_{\text{mdlv}} - 0,97 \cdot Q_k(N).$$

Se FIGUR 4.7.2.



FIGUR 4.7.2 SKILLNADEN D MELLAN REFERENSHUS OCH FÖRSÖKSHUS HAR ETT FEL SOM KAN BERÄKNAS PÅ ENKELT SÄTT.

4.8 Översikt av resultaten samt beräkning med ledning av klimatdata och husdata

4.8.1 Utetemperaturen och dess inverkan på resultaten

Ur ekvationerna i avsnitt 4.5 framgår hur stor del av den tillförda energin som är direkt beroende av utetemperaturen. Här finns dock även en inverkan av solstrålningens varians och av t ex vindens, men för dessa hus torde denna inverkan vara liten i relation till utetemperaturens betydelse.

	Radhus %	Grändhus %
Förlusterna:		
$T_1 = (T_v + T_f + T_t) * (21 - \theta_i) * h_1$	30 ± 5	38 ± 7
$T_2 = T_g * (21 - \theta_i) * h_2$	4 ± 2	8 ± 4
$V = dV_F * (21 - \theta_i) * h_3$	44 ± 10	37 ± 10
$V_A = V_{VA} * 1,16 * 21$	20 ± 7	15 ± 6
$D = \text{Diverse förluster}$	1 - 2	1 - 2
Summa	100 ± 13	100 ± 14

Tillförseln:

$Q_{vv} = \text{varmv.ber}$	16 ± 5	13 ± 5
$H = \text{hushållsel}$	20 ± 5	17 ± 5
$P = \text{personer}$	10 ± 5	8 ± 4
$S = \text{sol}$	10 ± 5	13 ± 5
$Q_{vä} = \text{värme}$	44 ± 10	50 ± 10
Summa	100 ± 14	100 ± 14
Total omsättn, ca 100 % =	20-23 MWh	25-28 MWh

För de båda hustyperna (referenshusen) gäller här ungefärligen att

$$\frac{T_1 + V}{Q_{vä} + Q_{vv} + H} = \begin{array}{l} \text{radhus} = \frac{74}{80} = 0,92 = k_r \\ \text{grändhus} = \frac{75}{80} = 0,94 = k_g \end{array}$$

För att något föregripa ett senare resonemang må redan här nämnas att energiförluster genom luftläckning här också beaktats åtminstone indirekt. Det är också sannolikt att transmissionsförlusterna är LÄGRE än de räknemässiga. Luftläckningen är här inte beräknad alls, men den lägre transmissionen torde uppvägas av den formellt försummade, men befintliga luftläckningen. Eftersom luftläckningen också är beroende av utetemperaturen innebär det att ovan anförda kvoter trots ev lägre transmission är någorlunda riktiga.

Kvoterna ovan kan användas för att kontrollera driftresultaten. Rimligtvis bör gälla att

$$C'_{ute} = C_{ute}$$

där

$$\frac{k_{r*Q_k} (12 R, 79,80)}{k_{r*Q_k} (12 R, 80,81)} = \frac{k_{g*Q_k} (12 G, 79,80)}{k_{g*Q_k} (12 G, 80,81)} = C'_{ute}$$

$$\frac{(21 - \theta_u (79,80)) * h_e}{(21 - \theta_u (80,81)) * h_e} = C_{ute} (h_e)$$

Q_k (.... år) = korrigerad energiförbrukning för resp hus och år

h_e = det antal timmar under året då energiförbrukningen är temperaturberoende

C'_{ute} = kvoten mellan husens temperaturberoende förbrukningar

$C_{ute} (h_e)$ = kvoten mellan gradtimmar (!)

I avsnitt 4.5.3 har för överskådlighetens skull indextalet för båda mätåren satts till 100 (dvs medelvärdet av referenshusens korrigerade förbrukning i kWh - se TAB 4.6.2 - 4.6.3). Med klimatskillnaden mellan de båda åren ges en möjlighet att undanröja ev systematiska fel som kan ha insmugit sig.

4.8.2 Redovisning av utetemperaturen maj 1979 - maj 1981 i varaktighetsdiagram

Som framgår av kap 3 har utetemperaturen uppmätts på flera sätt, av vilka det säkraste torde ha varit väderstationens termistor-mätning. Komplettering har skett med flera skärmade termoelement. De luckor som uppstått på grund av tillfälliga funktionsfel har därför kunnat fyllas ut - för år 1980-81 till 100 %. För luckorna 1979-80 har material från SMHI använts.

Enligt FIGUR 4.8.1 var 1979-80 betydligt kallare än 1980-81:

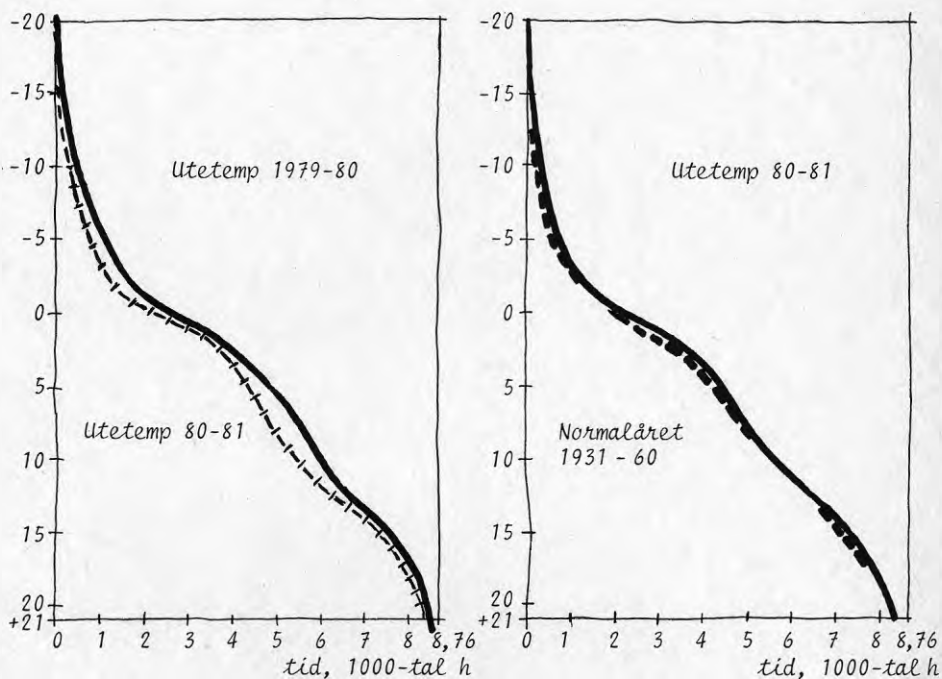
$$C_{ute} (8.760 \text{ h}) = 1,055$$

$$C_{ute} (6.000 \text{ h}) = 1,055$$

$$C_{ute} (5.000 \text{ h}) = 1,043$$

Differensberäkning ger vidare en skillnad mellan 1980-81 och normalåret av 4,4 %. Detta ger:

	normalår	1979-80	1980-81
Gradtimmar $t +21^{\circ}$	108.624	119.640	113.400



FIGUR 4.8.1 UTETEMPERATUREN DE BÅDA MÅTÅREN. ÅRET 1980-81 ÄR INLAGT PÅ SAMMA DIAGRAM SOM 79-80 FÖR JÄMFÖRELSENS SKULL. PÅ DEN HÖGRA FIGURDELEN SER MAN ATT 1980-81 AVVEK RÄTT OBETYDLIGT (4,4 %) FRÅN NORMALÅRET 1931-60.

Tveklöst har grändhusen varit betydligt lättare att utvärdera än radhusen. Resultaten från grändhusen är också mycket jämnare och "stabilare" än från radhusen.

Inverkan av utetemperaturen studeras genom att kvoterna C'_{ute} bildas för ett antal hus (' betecknar att husens driftvärden bestämmer kvoten, se avsnitt 4.8.1).

12 G 35	: C'_{ute}	= 0,993	(ombyggd ventilation)
12 G 36	: C'_{ute}	= 1,057	(säker)
14 G 18	: C'_{ute}	= 1,336	(pumpen utbytt mot bättre)
14 G 38	: C'_{ute}	= 1,081	(osäker p g a oregelbunden drift)
22 G 33	: C'_{ute}	= 1,032	(säker)
22 G 37	: C'_{ute}	= 1,050	(säker)
32 G 40	: C'_{ute}	= 1,142	(osäker mätn, solpåverkan?)
32 G 41	: C'_{ute}	= 1,123	(solvåverkan?)
42 G 27	: C'_{ute}	= 1,088	(helt otillförlitlig)
42 G 28	: C'_{ute}	= 1,163	(helt otillförlitlig)

Samtliga tre säkra värden är alltså av riktig storleksordning med medelvärdet 1,05.

För radhusen erhålls betydligt annorlunda värden.

12 R 3	: C'_{ute}	= 0,917	(något osäkra värden)
12 R 4	: C'_{ute}	= 0,943	(inga kända fel)
22 R 7	: C'_{ute}	= 1,063	(inga kända fel)
22 R 12	: C'_{ute}	= 0,888	(fläktfel)
32 R 8	: C'_{ute}	= 1,084	(inga kända fel)
32 R 9	: C'_{ute}	= 1,048	(inga kända fel)
42 R 10	: C'_{ute}	= 0,77	!!! (märkligt värde)
42 R 11	: C'_{ute}	= 0,950	(solvåverkan ?)

Slutsatsen av detta är att en obekant systematisk faktor helt säkert har inverkat på förbrukningen i referensradhusen och i solvärmehuset nr 10. Även FTX-huset 22 R 12 har en för hög förbrukning året 80-81, men där stod tilluftfläkten stilla vid flödesmätningen senvintern 81.

4.8.3 Översikt av resultaten samt redovisning av "energivinster" för de olika systemen

Enligt korrigeringsberäkningarna i avsnitt 4.5 är driftresultatet enligt TABELL 4.8.1.

TABELL 4.8.1 ÖVERSIKT AV RESULTATEN I INDEX

RADHUS		maj 79 - 80		maj 80 - 81	
12 R 3,4		100,0	100,0	102,8	100,0
	bas = mdlv = 17.119 kWh			(18.663)	bas=18.162
14 R 6,14	:	114,0	66,0	(80,1)	(49,7)
22 R 7,12	:	79,4	79,3	(70,4)	(84,2)
24 R(5),13	:	-	95,1	-	(81,9)
32 R 8,9	:	96,6	78,1	(84,0)	(70,2)
42 R 10,11	:	76,7	61,9	(93,4)	(61,4)
GRÄNDHUS		maj 79 - 80		maj 80 - 81	
12 G 35,36	:	100,5	99,5	107,6*	100,0
	bas = mdlv = 22.736 kWh			(22.814)	bas=21.200
14 G 18,38	:	69,1	80,6	54,9	79,3
22 G 33,37	:	89,0	88,5	91,7	89,6
24 G 29,32	:	-	90,1	78,7	98,8
32 G 40,41	:	93,2	90,1	86,8	85,4
42 G 27,28	:	77,4	76,4	75,5**	69,8**

* Ventilationen ökad

** Relativt osäkra

Översikten visar för radhusens del SAMTIDIGT ökning av energiförbrukningen i referenshusen OCH - som följd av detta - orimligt gynnsamma driftvärden.

Den påtagliga jämnhet som resultaten uppvisar kan som visats knappast vara en slump. - Exempelvis har vi serien indexvärden för 22 G och 32 G.

	79-80		80-81		Mdlv	Spridn (4 index- värden)
22 G 33,37	<u>89,0</u>	<u>88,5</u>	<u>91,7</u>	<u>89,6</u>	<u>89,7</u>	<u>1,4</u>
32 G 40,41	<u>93,2</u>	<u>90,1</u>	<u>86,8</u>	<u>85,4</u>	<u>88,9</u>	<u>3,5</u>

varvid kvoten mellan referensvärdena är 22.536 kWh/21.200 kWh = 1,063. Spridningen för 22 G är endast 1,4 indexenheter och för 32 G 3,5 indexenheter.

Dessutom finns all anledning att tro att 12 G har korrekta resultat för 1980-81. Visserligen har 12 G 35 uteslutits på grund av ombyggnad av ventilationen, men ökningen av energiförbrukningen härav är

A

	SYSTEM					
	12	14	22	24	32	42
RADHUS	3	6	17	5	8	10
	"	"	"	"	◇	"
	4	14	12	13	9*	11

1979 - 80

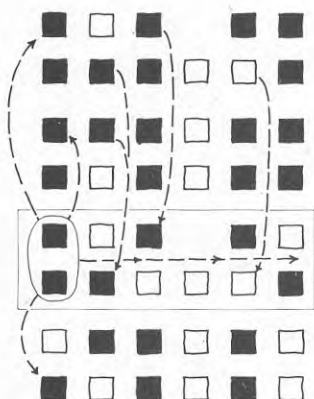
GRÄNDHUS	35	18	33	29	40	27
	"	◇	"	"	"	"
	36	38	37	32	41	28

RADHUS	3	6	17	5	8	10
	"	"	◇	"	◇	◇
	4	14	12*	13	9*	11

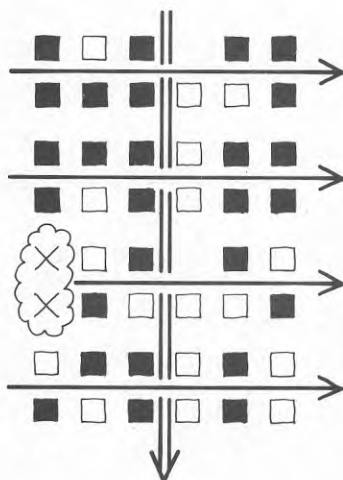
1980 - 81

GRÄNDHUS	35*	18	33	29	40	27
	◇	"	"	"	"	"
	36	38	37	32	41	28

- PÅLITLIGA MÄTVÄRDEN (manuella eller automatiska)
- OPÅLITLIGA MÄTVÄRDEN (automatiska)
- 3 HUSNUMMER
- DISKUTERAS EJ (komplicerade system ej helt lika)
- " GOD ÖVERENSSTÄMMELSE MELLAN HUS
- ◇ DÅLIG ÖVERENSSTÄMMELSE MELLAN HUS
- * OMBYGGNAD ELLER KONSTATERADE FELFUNKTIONER

B

- VÄRDEN SOM HAR STARKT SAMBAND MED VARANDRA
- VÄRDEN SOM AV TEKNISKA SKÄL INTE PASSAR I MÖNSTRET
- × VÄRDEN SOM KASSERAS PÅ GRUND AV INKONSISTENS
- PÅTAGLIG INKONSISTENS
- KONSISTENS MELLAN HUS OCH SYSTEM
- ⇒ KONSISTENS MELLAN OLIKA ÅR

C

FIGUR 4.8.2

MÄTRESULTATEN SYMBOLISKT REDOVISADE.

I A REDOVISAS HUR MÖNSTRET ÄR UPPBYGGT AV RUTOR SYMBOLISERANDE HUS OCH RESULTAT VISST ÅR.

I B VISAS HUR PÅTAGLIGA INKONSISTENSER UPPKOMMER OM VÄRDENA FÖR 12 R 3,4 FÖR ÅR 80-81 GODTAS.

I C VISAS HUR UTMORDENTLIGT GOD KONSISTENS BÅDE MELLAN MÄTÅR OCH MELLAN HUS UPPSTÅR, OM 12 R 3,4 KASSERAS FÖR ÅR 80-81.

mycket nära vad man skulle kunna förvänta (drygt 1.000 kWh). Det starkaste indiciet för att 12 G redovisar korrekt referensnivå är mätserien för FTX-husen 22 G som redovisats ovan.

Resultaten från dessa hus stämmer i allt väsentligt såväl med felkalkylen som med kvoten mellan utetemperaturerna för de båda mätåren.

Om man å andra sidan skulle godta referensvärdena för radhusen år 1980-81 vore detta liktydigt med att acceptera en fysiskt synbarligen oförklarlig nivåändring av ca 13 indexenheter enbart grundad på två observationer (12 R, husen 3 och 4 - 1980-81), varav den ena störd av osäkra automatiska registreringar.

En rimligare ansats är i så fall att acceptera att energiförbrukningen bör vara 5 å 6 % lägre året 80-81 än året innan. Så säger ju oss utetemperaturen.

I FIGUR 4.8.2 visas två olika möjligheter att tolka resultatet. I fall B godtas resultaten från referensradhusen 1980-81, varvid en rad inkonsistenta samband uppstår.

I fall C kasseras mätvärdena från referensradhusen 1980-81 och övriga mätresultat från referenshusen insätts istället. Sambanden blir då åter konsistenta.

Att 12 R kasseras för 1980-81 beror delvis på okända orsaker, men också på att automatiskt registrerade värden visat sig vara opålitliga. Grundval för bedömningen av besparing blir istället:

- kvoten av gradtimtal samt 1979-80:s mätningar,
- proportionering av värden från grändhusen.

Det förstnämnda ger referensvärdet 16.304 kWh \pm 3,5 %
(+ ytterligare osäkerhet i gradtimbestämning)

Det sistnämnda ger referensvärdet 16.104 kWh \pm 3 %
(+ ytterligare osäkerhet orsakad av proportionering)

Operationen innebär att en årsmätning kasseras och att tre andra som säkra bedömda årsmätvärden insätts som referens.

Slutsatsen måste bli att radhusmätningarna för år 80-81 i princip kasseras. Resultatet med referensnivån $1/1,05 * Q_k(12,1979-80) = 16.304$ kWh redovisas i TABELL 4.8.2

Som framgår klart av tabellen är de "nya" värdena långt mer rimliga. Ett exempel är hus 7, som med referensnivån 18.162 får en växlarverkningsgrad som ligger över den av fabriken uppgivna. Dessutom skulle huset plötsligt ha blivit helt tätt så att extra luftläckning inte förekommer som i andra FTX-hus.

Det kan bara konstateras att jämnheten i radhusresultaten med denna alternativa och mer rimliga ansats blir jämförbar med grändhusens.

TABELL 4.8.2 RADHUSENS RESULTAT MED EN TÄNKTT REFERENSNIVÅ SOM ÄR PROPORTIONELL MOT GRÄNDHUSENS

System, hus	(kasserade värden) referensnivå 18.162				nya värden enl rubr referensnivå 16.304			
	Q _k	COP	D	ind	Q _k	COP	D	ind
14 R 6	(14.553	1,40	3.608	80,1)	14 441	1,21	1.862	88,6
14 R 14	(9.033	2,43	9.128	49,7)	8.987	2,27	7.316	55,1
	η_{FTX}				η_{FTX}			
22 R 7	(12.795	0,72	5.367	70,4)	12.691	0,48	3.612	77,8
22 R 12	(15.289	0,38	2.873	84,2)	15.922	0,05	382	97,7
	COP				COP			
24 R 13	(14.498	1,40	3.663	79,8)	14.646	1,14	1.532	90,6
32 R 8	(15.156	-	2.906	94,0)	15.156	-	1.048	93,6
32 R 9	(12.756	-	5.406	70,2)	12.756	-	3.548	78,2
42 R 10	(16.967	-	1.195	93,4)	16.967	-	663	104,1
42 R 11	(11.162	-	7.000	61,4)	11.162	-	5.142	68,5

Exempel 1: System 22 (index och kWh/år)

	79-80		80-81	
22 R 7,12, index	79,4	79,3	77,8	97,7(fläktfel)
Vinst kWh/normalår	3.350	3.370	3.620	-
22 G 33,37, index	86,4	86,3	86,6	86,0
Vinst kWh/normalår	2.880	2.900	2.840	2.970

Exempel 2:

14 R 14, index	-	66,0	-	55,1
14 G 18, index	-	69,1	-	54,9

I de senare båda fallen har husen ytjordvärme, där aggregaten bytts ut mot modernare version till år 1980-81.

4.8.4 Redovisning av energivinst

Denna redovisning innefattar en bedömning av driftresultaten, varvid de sannolika driftfelen i referensradhusen under mätåret 80-81 beaktas. Resultatet redovisas i TABELL 4.8.3.

Fortfarande måste givetvis radhusens resultat från 1980-81 betraktas som indicier, men den BEDÖMNING som görs baserar sig på så pass många mätresultat där inga kända fel kunnat upptäckas att BEDÖMNINGEN av driftresultatet bör kunna betraktas som säker. BEDÖMNINGEN är den grund på vilken husens prestanda betygsätts och efter vilken kontrakten med husägarna slutförhandlas.

TABELL 4.8.3 ÖVERSIKT ÖVER ENERGIVINSTER ENLIGT SLUTLIG BEDÖMNING AV TVÅ MÄTÅR. SE ÄVEN FIGUR 4.8.3.

Syst hus	1979-80 index	1980-81 index	Bedömn, -mdlv index	Vinst normalår kWh
RADHUS	bas 17119 kWh	bas 16304 kWh		bas 15800 kWh
OSÄKERHET* +	-----			
TILLÄGG ** (index)				
14 R 6	-14 6 2	(11,4 6 2)	13 6	2.100 1000
14 R 14	40,0 6 2	(44,9 ¹) 6 2)	47 6	7.400 1000
22 R 7	20,6 6 2	(22,2 6 2)	23 6	3.600 1000
22 R 12	20,7 6 2	fläktfel	23 6	3.600 1000
24 R 13	4,9 6 2	(9,4 6 2)	4 ²) 6	650 ²) 1000
32 R 8	3,4 6 4	(6,4 6 4)	9 6	1.400 1000
32 R 9	21,9 6 4	(21,8 6 4)	26 6	4.100 1000
42 R 10	23,2 6 2	kasseras	20 ²) 8	3.200 ²) 1300
42 R 11	38,1 6 2	(31,5 6 2)	37 ²) 6	5.800 ²) 1000
GRÄNDHUS	bas 22536 kWh	bas 21200 kWh		bas 20800 kWh
14 G 18	30,9 6 2	45,1 ¹) 6 2	47 6	9.700 1200
14 G 38	19,4 6 2	20,7 6 2	22 6	4.500 1200
22 G 33,37	11,3 6 4	9,4 6 4	14 6	2.900 1200
24 G 29		21,3 6 2	18 ²) 6	3.700 ²) 1200
24 G 32	9,9 6 2	1,2 6 2	0	0
32 G 40,41	8,9 ³) 6 4	13,9 6 4	15 6	3.100 1200
42 G 27,28	23,0 ⁴) 6 2	27,0 ⁵) 6 2	24 ²) 7	5.000 ²) 1400
Specialhuset 22 S enligt särsk utredn			35 7	7.000 1400
Specialhuset 44			vinsten är obetydlig	

* OSÄKERHET se 4.7 och 4.8

** TILLÄGG på grund av styrsystemets inverkan

() kring resultat (radhus 80-81) anger att resultatet är en BEDÖMNING

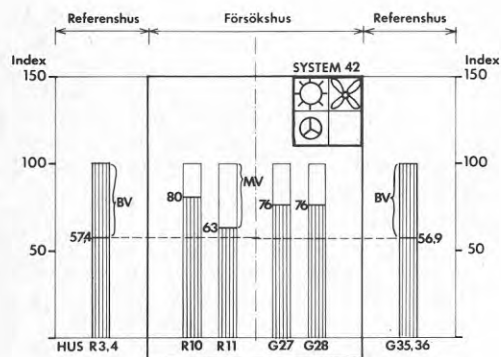
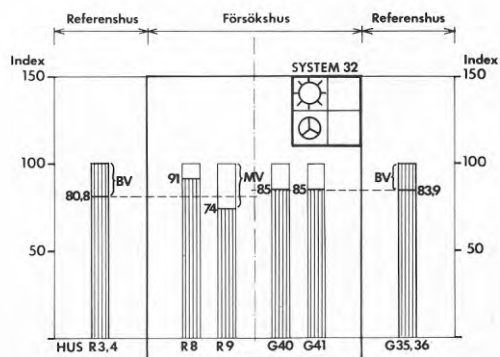
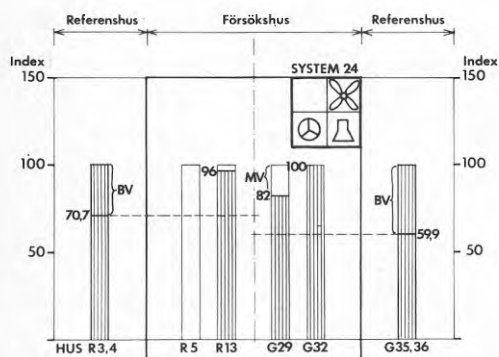
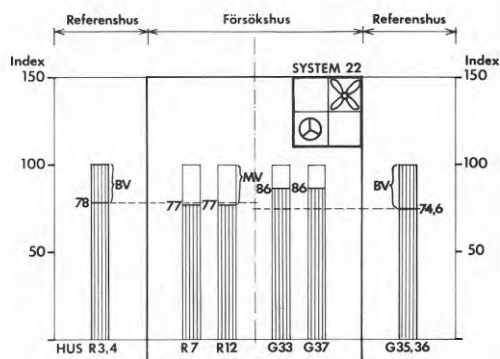
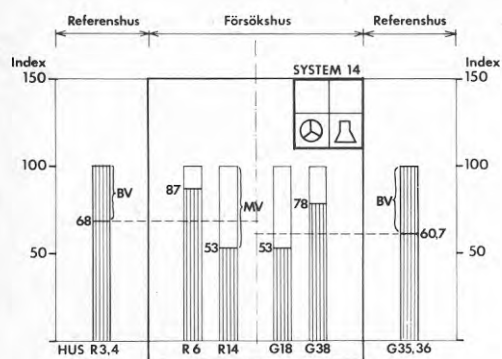
1) ny pumpenhet insatt

2) avdrag p g a hög gradient $l^0 = 5$ indexenheter

3) låg förbrukning av varmv i ena huset

4) värme från sol ej i drift

5) oskärpa i värdena



FIGUR 4.8.3

ÖVERSIKT ÖVER ENERGIVINSTER ENLIGT TABELL 4.8.3. JÄMFÖRELSE MED KONTRAKTERAD BERÄKNAD VINST, VARVID SÄVÄL UTGÅNGSVÄRDE SOM VINST ÄR ENLIGT FLÄKTS BERÄKNINGAR.

BV = BERÄKNAD VINST (INDEX)

MV = MÄTT VINST (INDEX)

VARVID SÄVÄL REFERENSHUSENS SOM FÖRSÖKSHUSENS VÄRDEN ÄR ENLIGT UTVÄRDERINGEN.

4.8.5 Beräkning av energiförbrukningen för ett referensgrändhus

Med ledning av de registrerade utetemperaturerna för åren 1979-80 respektive 1980-81 har konstruerats varaktighetsdiagram för förluster och för tillförsel. Egentligen kräver beräkningarna i sig inga nämnvärda kommentarer, eftersom principerna för dessa beräkningar genomgått i början av detta kapitel.

Transmissionsförluster

Framräknade kA-värden för husen används. De är:

$$T_v + T_t + T_f = 87,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

T_g ersätts med 2,5 W/m² under hela året.

Ventilationsförluster

För ventilationen gäller

- 200 m³/h styrt frånluftflöde,
- 5 m³/h därutöver antas vara läckluftflöde i enlighet med resultaten från beräkningarna av luftläckning. De ventilationstekniska mätningarna ger högre värden, men de är mycket osäkra samtidigt som de uppmätta värdena vid F-ventilation är osannolikt höga.

Vattenomsättning

VA-förluster är beräknade på medelanvändningen av vatten - exkl vatten till trädgården - = 175 m³/år. Detta ger 4.260 kWh/år.

Att denna förlust tidigare rönt ringa uppmärksamhet har redan kommenterats.

Förångning

Avdunstningsvärme beräknas motsvara 4,3 kg vatten/d, vilket enligt avsnitt 4.3 ger ca 250 W effekt eller ca 1.000 kWh/år.

Detta är en alls ej oviktig post, som hittills knappast ägnats någon uppmärksamhet. Värdet är svagt underbyggt (se nedan).

Tillförsel - hushållsel, varmvattenvärmning

Genomsnittet för grändhusen har varit ca 4.450 kWh för hushållsel, varav 250 kWh för frånluftsfläkten.

Matningen till varmvattenberedaren har varit ca 3.600 kWh i de hus som haft traditionellt system. Denna siffra används i balansberäkningarna.

Ca 3.500 kWh är därför det mest troliga värdet för husen 12 G. När balanser skall räknas med hjälp av varaktighetsdiagram, skall då motsvarande maximala (virtuella) fönstereffekt (se FIGUR 4.8.4) vara $67 \text{ W} \cdot \text{F m}^2$; där F avser karmyttermått.

Resultaten av regressionsberäkningarna i 4.2 var som följer när det gäller temperaturberoendet:

Räkнемässigt värde	3,72 kWh/d °C
Med 10 % luftläckn	3,88 --
Indikationer 1:	3,76 --
2:	3,65 --

(Indikationer = resultat regressionsanalys,
TABELL 4.2.1, se avsnitt 4.2)

Eftersom lägre solinläckning kompenseras av minskad solinstrålning är det inte särdeles enkelt att avgöra var sanningen finns.

De kalkyler som genomförts bl a av Fläkt kan emellertid sammanställas med vad som redovisats. Bilden blir då som följer.

Av Fläkt beräknad total instrålning	7.013 kWh/år
Effekten enligt ovan med 67 W/m^2 karmyttermått och med triangulär fördelning	5.869 --
Utnyttjad energi enl regressionsmodellen för kall tid	3.364 --
Utnyttjad energi enl Fläkts ber med husets värmekapac = 0	2.500 --

Det går knappast att komma längre än så. Sannolik nyttig solvärme (hela året) är ca 3.500 kWh. Därav är 2.500 kWh under "eldningssäsongens" ca 600 h och ca 1.000 kWh under sommarhalvåret. Övrig solvärme måste vädras bort - eller ger övertemperatur.

Personvärme

De grundläggande beräkningarna för "manuella korrekationer" bl a med avseende på personvärme gjordes i nov 1980. - Vid den slutliga kontrollen (febr -82) visar det sig att den specifika värmeeffekten tilltagits i överkant. Detta fel är rätt betydelselöst för slutresultatet, dock.

Korrektionerna är ju differenser och det största felet i kalkylerna rör sig om ca 200 kWh/år. Om man dessutom beaktar att personers närvaro och användning av vatten, vilket i sin tur belastar förlustkontot med avdunstningsvärme, är korrelerade bör överskattningen av personvärmens snarare ha varit till nytta än tvärtom.

Vid en absolutkalkyl som denna måste emellertid värdena vara riktiga för att resultatet skall stämma. En mer omsorgsfull hypotes, byggd på de aktuella familjernas i referenshusen sammansättning måste då göras, TABELL 4.8.4.

TABELL 4.8.4 PERSONVÄRMEHYPOTES FÖR DE TVÅ REFERENSGRÄNDHUSEN OCH DEN SYNTETISKA BERÄKNINGEN

Antal pers	Närvaro	W/pers	kWh/d	Summa
Vardagar				
1	90	90	1,94	
1	70	90	1,51	
2	55	100	2,64	
2 (barn < 10 år)	70	80	2,68	
2 (barn ca 5 år)	80	70	2,68	
2 "-"	30	60	0,86	13,62
Lörd, sönd				
4	80	95	7,30	
4	80	75	5,76	13,06

$$\frac{5}{7} * 13,62 + \frac{2}{7} * 13,06 = 13,46 \text{ kWh/d i två hus.}$$

Medeleffekt 280 W; Personvärme akt. tid =
1979-80 ber t = 2.100 kWh, 1980-81 ber t = 2.130 kWh

Beräkningsmodellen

Den överslagsmässiga metod med varaktighetsdiagram av räta linjer som använts under projektets utvärdering syns kunna ge goda och pålitliga resultat. Om man väljer konstanter så att + och - tar ut varandra är metoden ytterligt enkel att använda. Enkelheten i konstruktionen ger också att felaktigheter lätt spåras och kan rättas till.

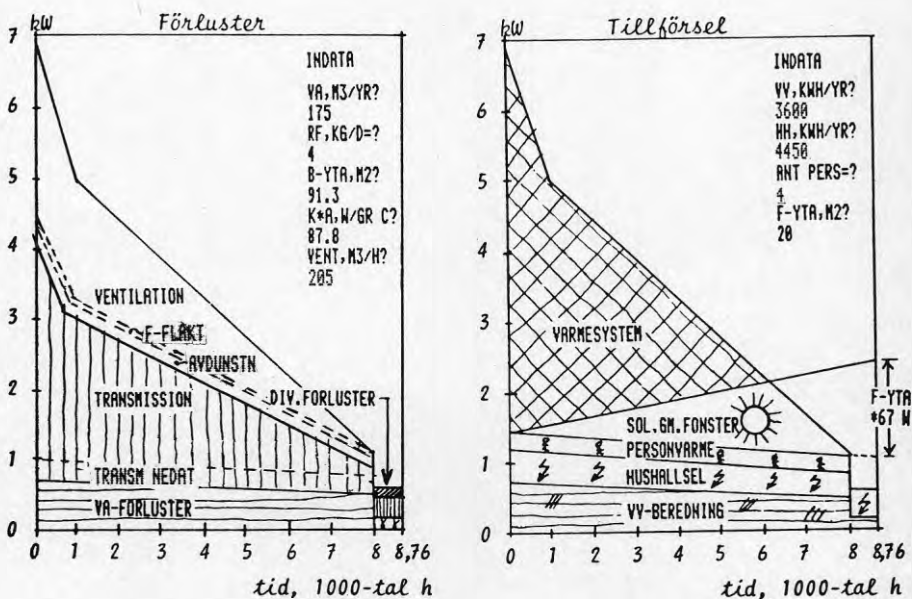
I FIGUR 4.8.5 redovisas denna metod jämte utskrift från en "fickdator". Resultatet är ca 250 kWh högre betald energi för referenshusen 12 G 35,36 än vad som räknats fram för normalår ur mätvärdena.

Vi har

Uppmätt och korrigerad	20.800 (+ 3 %) kWh	
Handberäknad normalårsförbrukn (se TABELL 4.8.5)	20.800	"
"Fickdatormetoden" (se FIGUR 4.8.5)	21.130	"

Ytterligare analyser har gjorts med ett beräkningsprogram (hos TYRENS), som tar hänsyn till att varaktigheten och solvärmen bör representeras av krökta linjer. Här anges solvärmen till 3.535 kWh.

1979-1980		1980-1981		NORMALAR	
GH?		GH?		GH?	
1.10		1.043		1.00	
		?		?	
SVAR:		OK		OK	
SVAR:		SVAR:		SVAR:	
UT	IN	UT	IN	UT	IN
D= 137	S= 3520	D= 137	S= 3459	D= 138	S= 3410
Y= 10231	P= 2086	Y= 9753	P= 2084	Y= 9392	P= 2081
T= 13637	H= 4450	T= 13034	H= 4450	T= 12579	H= 4450
A= 4263	W= 3600	A= 4263	W= 3600	A= 4263	W= 3600
F= 250	U= 14863	F= 250	U= 13845	F= 250	U= 13000
Q= 28519	Q= 28519	Q= 27437	Q= 27437	Q= 26621	Q= 26621
	E= 22913		E= 21895		E= 21130



FIGUR 4.8.5 REFERENSHUSENS ENERGIBALANS ENLIGT FIGUREN. SOLENS ORDINATA I $t = 8760$ ÄR VALD TILL $67 \text{ W} * 20 \text{ m}^2 = 1.34 \text{ KW}$. LUFTLÄCKNING ÄR SATT TILL $5 \text{ m}^3/\text{h}$ (se kap 5).

En av de viktigaste frågorna är, liksom vid utvärderingen av mätresultaten, den osäkerhet vi rör oss med. En variationskalkyl ger besked om detta.

Åtgärd	Resultat
(V) "ventilation" ökad från 205 till 225	E + 810 kWh
(T) transmission (k_{*A}) minskas från 87,8 till 80	E - 940 "
(RF) förångning inomhus minskas från 4 till 2 kg/d	E + 500 "
(S) solinstrålning, F_{*W}/m^2 °C ökas fr 67 till 72	E - 550 "
(P) personvärme ändras 20 %	E - 500 "

Slutresultatet är att

FÖRLUSTER har en osäkerhet av 1 340 kWh	(+ 6,3 %)
TILLFÖRSEL -"-	750 " (+ 2,7 %)

Den sammanlagda osäkerheten för den post man anser vara restpost blir på så sätt

$$\begin{aligned}
 RF &= 993 + 1.450 \text{ kWh} \\
 T &= 12.579 + 1.200 \text{ " } \\
 V &= 8.399 + 1.300 \text{ " } \\
 S &= 3.502 + 1.400 \text{ " } \\
 E &: (\text{tillförd köpt energi}) \\
 E &= T + V + A - S - P - H - W = \\
 &= 20.982 + 1.500 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

I "normal" hantering har alltså det beräknade värdet en osäkerhet (säg $P = 0,9$) av ± 7 %.

En sammanvägning av beräkningar och mätningar skulle avslutningsvis ge ett resultat enligt TABELL 4.8.5, varvid fördelningen mellan posterna dock får anses vara något oskarp. Trots all möda.

TABELL 4.8.5 MANUELL SAMMANVÄGNING AV BERÄKNINGAR OCH MÄTNINGAR

	Förluster				Tillförsel		
	79-80	80-81	normalår		79-80	80-81	normalår
Div	100	100	100	Sol	3.600	3.550	3.500
Vent	9.150	8.550	8.350	Pers	2.100	2.100	2.100
Transm	13.500	12.700	12.450	Hush	4.450	4.450	4.450
Avdunstn	1.000	1.000	1.000	Varmv	3.600	3.600	3.600
VA	4.250	4.250	4.250	Värme	14.500	13.150	12.750
Fläkt	250	250	250				
Summa	28.250	26.850	26.400	Summa	28.250	26.850	26.400
				Betalt*	22.550	21.200	20.800

* Värdena satta = Q_k , se 4.6

4.9 Sammanfattande slutsatser

Grändhusens energibalans syns kunna bestämmas mycket noggrant med hjälp av de teorier som redovisats och med de mätvärden som noterats. För radhusens del är noggrannheten sämre och osäkerheten större. För att kunna upprätta en riktig energibalans måste mätvärdet på följande storheter finnas

- inne- och utetemperatur
- total energi till hushåll, varmvatten och värme - de behöver dock uppenbarligen inte vara separerade i "vanliga" hus (utan värmepump)
- energiförbrukning under icke "eldningssäsong" (separerade för värmepump- och solvärmehus)
- kallvattenflöde - och helst också varmvattenflöde
- luftflöden
- antal personer och deras närvaro.

Här har vädring och forcering av ventilation försumrats såtillvida att SKILLNADEN mellan olika hus inte införts i korrektionsberäkningarna. Samma sak gäller solvärme genom väggar och tak.

Simulering av ett referenshus med programmet TRNSYS har gett synpunkter på värmekapacitet och därmed också tidskonstant.

Regressionsanalyser av energitillförseln till referenshus samt försökshus med ventilationsvärmväxlare och hus med solvärt varmvatten har gett infallsvinklar på problematiken kring förluster och tillförsel redovisade som varaktighetsdiagram.

Därvid har kunnat konstateras att

- VA-förluster sannolikt är stora och starkt variabla - en analogi med F-ventilation ligger nära till hands
- FTX-hus har ett icke-linjärt samband mellan temperaturdifferens ute - inne och energiförlust, vilket mest beror på frysskyddsförvärmningens effekt, men sannolikt även på luftläckning
- vädring är påtagligt kopplad till varmt väder, sol och svaga vindar, varför dess energiekonomiska betydelse är ringa.

Korrektionsberäkningar samt fel- och känslighetsanalyser har påvisat att man med hittills oänd noggrannhet kan beräkna en energibalans, åtminstone för friliggande hus. Därför är det sannolikt att man i kommande projekt borde kunna nå en skärpa som är bättre än $\pm 3\%$ med sannolikheten (konfidensnivån) $P = 0,9$.

Differenser mellan hus bör rimligtvis ha en bättre skärpa (mindre osäkerhet) än vad intervallet $\pm 3\%$ för grändhus anger. Det beror på att avloppstemperaturen i dessa fall inte kan anses vara slumpfördelad $\pm 2^{\circ}\text{C}$ som den är när det gäller energibalansernas totalvärden.

Beräkningar av energibalans med hjälp av varaktighetsdiagram ger god överensstämmelse med de värden som uppmätts och normerats. Dock syns transmissionsförluster i välbyggda hus behöva minskas med kanske 10% för att balans skall uppstå.

Av kalkylerna framgår också att avdunstningsvärme inte kan försummas om man vill vara noggrann.

5 JÄMFÖRELSE MED ÖVRIGA UTVÄRDERINGAR

5.1 Ventilation med värmeväxling

5.1.1 Olika vägar för analysen

Tre sätt har stått till buds för att bestämma resultatet av ventilationsvärmeväxling.

- Beräkningar av energibalanser (manuell utvärdering kapitel 4) grundade på uppmätta energier, temperaturer och luftflöden.
- Beräkningar enligt P O Nylunds systemanalys* med mätresultat som underlag.
- Beräkningar grundade på mätning av luftflöden och gasanalysmätningar av luftomsättningen i referenshus och försökshus system 22 (ventilation med värmeväxling).

Ventilationsvärmeväxling finns även i fyra av de åtta husen med värmepumpar (system 24), i fyra av de åtta med solvärme (system 42) samt i de båda specialhusen (system 22S och 44). Dessa hus är emellertid så komplicerade att en utvärdering av ventilationen enbart ansågs alltför besvärlig för att vara meningsfull.

När det gäller ventilationstekniska fältmätningar är det särskilt besvärligt att nå stor noggrannhet. Likaledes är förutsättningar (ingångsvärden) för teoretiska beräkningar diffusa och osäkra, vilket ställer stora krav på känslighets- och felanalyser.

För alla utvärderingar av delsystem ger energibalanserna en övergripande bakgrund till de direkta mätresultaten. Differensen mellan referens- och försökshus enligt energibalansberäkningarna är skillnaden mellan två stora tal och osäkerheten blir därvid betydande. Även i detta fall krävs alltså en grundlig diskussion av osäkerhetens storlek.

Energiförluster av luftläckning kan vara av ansevärd storlek. Ju otätare hus desto större är luftläckningen och därmed energiförlusten.

Därför är mätning och beräkning av läckluftflödena av stor betydelse för husens energibalanser.

* P O Nylund: "Tjyvdrag och ventilation" BFR T4:1979
 (** B T Larsen: "Ventilasjonsberegninger, Norges Byggeforskningsinstitutt, 1974)

5.1.2 Mätningar med spårgasanalys samt parallella teoretiska beräkningar av läckflöden.

I Täby-projektet har valts att göra spårgasanalytmätning i hus med ventilation och värmewäxling samt i referenshusen för att på så sätt primärt få en bild av skillnaden i energibehov för ventilation i de båda hus typerna. Resultatet av dessa undersökningar redovisas här i sammandrag i avsnitt 5.3, författat av Enno Abel och Torbjörn Jilar, Institutionen för Installationsteknik, CTH.

En parallell teoretisk beräkning av luftläckningen, grundad på de data som framkommit ur CTH:s mätningar - och även på data från Fläkts mätningar - har genomförts av P O Nylund och Gunilla Larsson, TYRENS. Denna beräkning avser två hus försedda med ventilationsvärmewäxlare och med av TYRENS vid två tillfällen uppmätta otäthetsfaktorer.

5.1.3 Mätning av husens otäthet med tryckprovning

Täbyprojektet markerar startpunkten för ett av tre parallella forskningsprojekt om byggnaders lufttäthet (se avsnitt 2.4). Uppföljning av täthetsegenskaperna hos husen - beständigheten av täthet är ännu okänd - har skett inom ramen för ytterligare ett BFR-projekt*. Hittills erhållna resultat redovisas i TABELL 5.1.1.

* "Täthetens tidsberoende hos täta byggnader" (BFR-projekt nr 791612-2).

TABELL 5.1.1 REFERENSHUSENS SAMT VISSA FÖRSÖKSHUS
OCH DERAS TÄTHET ENLIGT TRYCKPROVNING.

System, hustyp	Vintern 77-78 (före inflyttn)		mars- maj 78	okt -79	maj -80	apr -81
12 R 3			0,7*		1,0	1,0
R 4			1,0*		0,8	0,8
G 35	1,0*	1,2*				
G 36	0,9*	1,0*			1,6	1,6
14 G 38					1,8	1,9
22 R 7			0,7*			
R 12			0,7*			
G 33	0,8*	1,3*		1,6 (1,63)	1,6 (1,63)	1,7 (1,68)
G 37	1,2*					
G 34					1,5	1,5
24 G 32				2,3	2,5	2,6
32 R9				-	1,1	0,9
42 R 10				1,1	1,1	1,2
R 11				-	1,2	1,3
G 27				1,8	1,8	1,7

* mätta med en flödesmätare som sannolikt
haft instabil kalibrering.

För överblickens skull redovisas genomsnitt och
spridning samt trend för rad- och grändhus i en sär-
skild tabell.

TABELL 5.1.2 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN TÄT-
HETSMÄTNINGAR ENLIGT TABELL 5.1.1

	\bar{n}_{50}		1981	\bar{n}_{50} 80-81	σ_{n-1} 80-81	Trend
	1979	1980				
<u>Radhus</u>				1,04	0,17	stabil, konstant
<u>Grändhus</u>						
Samtl 6				1,82	0,36	
Samtl utom 32				1,63	0,10	
27,33,32	1,90	1,97	2,0	1,96	-	svag stign

Anm: Bedömningen i slutrapport om täthet, BFR anslags-
rapport, projektnr 791612-2, är att tätheten är
stabil.

5.1.4 Ventilationstekniska mätningar

Avdelningen för installationsteknik vid CTH har under projekttidens gång haft uppdraget att genomföra ventilationstekniska mätningar i åtta hus.

Redovisningen under denna rubrik utgör en orientering om en rapport* som ges ut separat.

Följande faktorer undersöks:

1. Årlig energiförbrukning för ventilationsluftuppvärmning i ett hus med FTX-system jämfört med enbart F-system.
2. Lufthygienisk standard i ett hus med FTX-system jämfört med enbart F-system.
3. Värmeteknisk funktion hos värmeåtervinningsaggregat.

De jämförande undersökningarna under punkterna 1 och 2 har med sin systemtekniska karaktär varit av primärt intresse.

Mätobjekt

För undersökningen utvaldes följande åtta hus:

- 12 R 3,4 samt 12 G 35,36 FRÅNLUFT
- 22 R 7,12 samt 22 G 33,37 FTX-system

Mätningar och mätmetoder

Luftomsättning

Mätning har skett enligt spårgasmetoden med en maximal gaskoncentration om 1000 ppm och därifrån avtagande koncentration. För att hålla gasen jämnt inblandad i luften har friblåsande fläktar placerats i de olika rummen och i trapplopp. Som registrerande instrument har en infraröd gasanalysator ansluten till skrivare och parallellt till voltmeter använts. Mätning har dels skett i enskilda rum med stängda dörrar, dels i hela husvolymen med öppna dörrar. I det senare fallet har analysatorn varit placerad på två ställen per hus, ett centralt i vardera våningen.

* Abel E, Jilar T: "Ventilationstekniska mätningar vid Täby-projektet, Småhus med F- eller FTX-system" Avd för installationsteknik, CTH, Intern skrift I:11, Göteborg 1981.

Kanalluftflöden

Fläktstyrda till- respektive frånluftflöden har bestämts med hjälp av i kanalsystemen fast inbyggda strypflänsar med noggrann kalibrering. För registrering av tryckdifferens har vätskemanometrar använts. Med strypfläns mäts massflöde varför korrektion för avvikelse från kalibreringstemperatur har gjorts.

Lufttemperaturer

Som givare har projektets ordinarie fast installerade termoelement tjänat. Givarna har i rummen varit väggmonterade i blanka cylindrar ca 2 m från golv.

Elenergi

Elenergi till värmeåtervinningsaggregatet har mätts med kWh-mätare. Parallellt har även drifttidregistrering skett för enbart elvärmaren genom mätning över ett relä i dess elkrets. Se kap 3.

Vindhastighet

Vindhastigheten har mätts med hjälp av en portabel anemometer som placerats på garagetak i omedelbar närhet till respektive hus när luftomsättningen samtidigt mätts. Endast en grov uppfattning om vindförhållandena har därför fåtts.

Omfattning

Under fyra skilda perioder inom ett år har mätningar genomförts avseende luftväxling såväl i husen som helhet som i enskilda rum. I stort sett representerar de fyra mätperioderna fyra skilda väderlekstyper enligt följande:

- Period 1, 790208-0308. Miltinterväder med utetemperaturer mellan +1°C och +4°C.
- Period 2, 790418-0427. Medelvarmt övergångsväder med utetemperaturer mellan +5°C och +10°C.
- Period 3, 790613-0620. Varmt sommarväder med utetemperaturer mellan +17°C och +24°C.
- Period 4, 800129-0208. Kallt interväder med utetemperaturer mellan -20°C och -5°C.

Mätningarna har omfattat följande fläktdriftfall:

1. Fläkt eller fläktar i drift med fullfart, öppen spiskåpa.

2. Fläkt eller fläktar i drift med fullfart, stängd spiskåpa.
3. Fläkt eller fläktar i drift med reducerad fart, stängd spiskåpa.
4. Fläkt eller fläktar avstängda, stängd spiskåpa.

Mätresultat och utvärdering

Redovisningen upptar dels direkta mätresultat avseende ventilationsluftmängder och lufttemperaturer kopplade till värmeåtervinningsaggregaten samt dels på mätvärden baserade beräkningsresultat avseende temperaturverkningsgrader och energiförbrukning för ventilationsluftuppvärmning.

För husen som helhet är resultatet enligt TABELL 5.1.3.

TABELL 5.1.3 VENTILATIONSFLÖDEN FÖR HUSEN SOM HELHET ANGIVNA SOM MEDELVÄRDET ÖVER MÄTPERIODERNA FÖR RESPEKTIVE HUSTYP.

V_T = fläktstyrt tilluftsflöde
 V_F = fläktstyrt frånluftsflöde
 V_{TOT} = totalt ventilationsflöde bestämt genom omsättningsmätning
 V_O = luftläckning ventilationsflöde
 n_{TOT} = total luftomsättning
 n_O = luftläckning uttryckt som omsättning

System, hustyp	Ventilationsflöde m ³ /h				Luftomsättning 1/h	
	V_T	V_F	V_{TOT}	V_O	n_{TOT}	n_O
12 R (F)	-	179	203	24	0,75	0,10
22 R (FTX)	189	195	254	59	0,95	0,20
12 G (F)	-	180	198	18	0,55	0,05
22 G (FTX)	182	172	212	40	0,60	0,10

TABELL 5.1.4 LUFTOMSÄTTNING FÖR ENSKILDA RUM VID DE OLIKA FLÄKTDRIFTFALLEN:

System, hustyp	Luftomsättning (oms/h) vid fläktdriftfall		
	helfart	halvfart	avstängda
12 R (F)	0,30-0,75	0,20-0,60	0-0,20
22 R (FTX)	0,85-1,90	0,65-1,10	0-0,10
12 G (F)	0,20-0,60	0,25-0,50	0-0,20
22 G (FTX)	0,60-1,60	0,65-1,25	0-0,15

5.1.5 Den lufttekniska mätningens huvudresultat

Det huvudsakliga syftet med den i detta avsnitt redovisade lufttekniska undersökningen har varit att få en energiteknisk och lufthygienisk jämförelse mellan å ena sidan hus med enbart frånluftsystem och å andra sidan hus med till- och frånluftsystem med återvinning. Den energitekniska bedömningen har grundats på noggranna luftomsättningsmätningar vid olika årstider och olika väderlekstyper samt kontinuerliga mätningar av relevanta temperaturer. Med hjälp av dessa mätvärden och driftsätt som gäller för de olika ventilationssystemen, har den årliga värmeförbrukningen för värmning av all ventilationsluft beräknats. De framräknade värmemängderna avser således såväl fläktstyrda luftflöden som de luftflöden som orsakas av okontrollerbar luftläckning.

DET HAR KUNNAT VISAS ATT HUS OCH VENTILATIONSSYSTEM TILLSAMMANS FUNGERAR PÅ ETT SÄTT SOM AVVIKER FRÅN HUR ENBART VENTILATIONSSYSTEMET FUNGERAR. LUFTLÄCKNINGEN ÄR EN VIKTIG POST I SAMMANHANGET.

DET HAR OCKSÅ VISATS ATT FTX-SYSTEM GER BÄTTRE LUFTOMSÄTTNING ÄN F-SYSTEM I ENSKILDA BOSTADSRUM.

Energiförbrukning

Energiförbrukningen för luftvärmning i hus med enbart frånluft är genomgående större än i hus med till- och frånluft med värmeåtervinning enligt följande. - Beräkningen avser normalår -.

Radhus

$$\begin{aligned} 12 R (F\text{-syst}) \text{ minus } 22 R (FTX\text{-syst}) &= \\ &= 3,2 \text{ +/- } 1,9 \text{ MWh/år} \end{aligned}$$

Grändhus

$$\begin{aligned} 12 G (F\text{-syst}) \text{ minus } 22 G (FTX\text{-syst}) &= \\ &= 2,8 \text{ +/- } 1,9 \text{ MWh/år} \end{aligned}$$

I denna beräkning har flödena icke normerats. Samtliga flöden är de uppmätta och de varierar alltså från hus till hus. Se BILAGA 4.

Hygien

Bedömningen av lufthygienen har koncentrerats på luftomsättningen i det enskilda rummet enbart. Här redovisas således helt enkelt uppmätta värden.

I såväl rad- som grändhus är som sig bör luftomsättningen i de enskilda rummen betydligt högre i hus med FTX-system än i hus med F-system. Man bör skilja mellan två huvuddriftfall, ett då samtliga fläktar arbetar med fullt flöde och ett då fläktarna arbetar med

ett reducerat flöde. I tabellen nedan anges mellan vilka värden de enskilda rummens luftomsättning ligger i de olika husen.

Hus med enbart frånluftssystem (F):

Hustyp	Fläktar i full drift	Fläktar i reducerad drift
Radhus	0,30-0,75 oms/h	0,20-0,60 oms/h
Grändhus	0,20-0,60 oms/h	0,25-0,50 oms/h

Hus med till- och frånluftssystem (FTX):

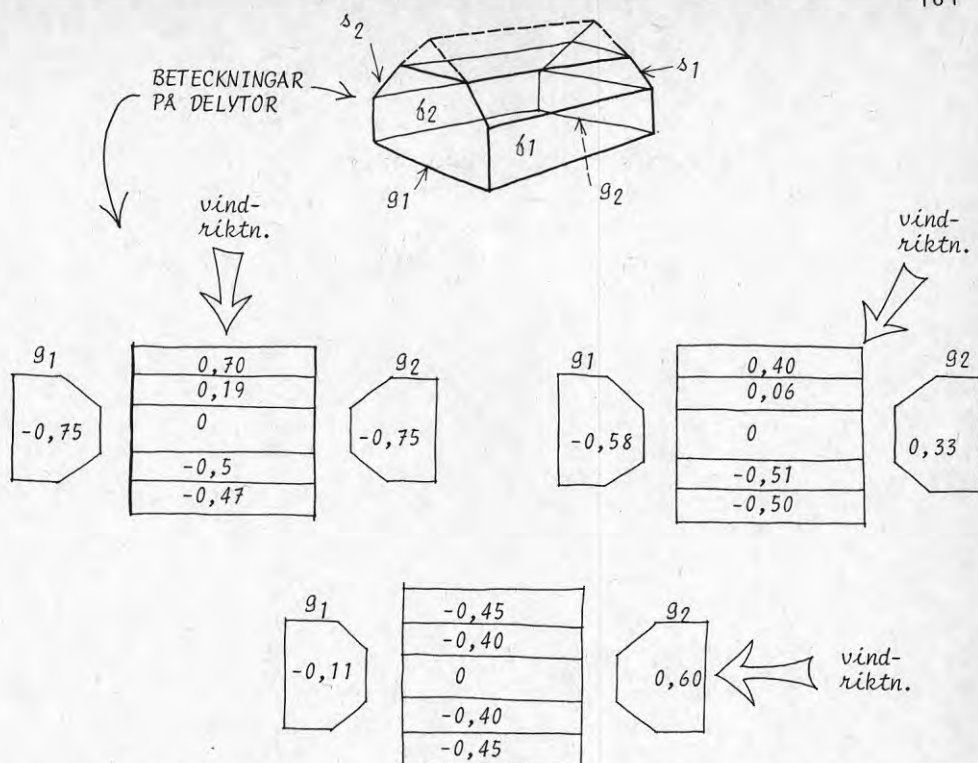
Hustyp	Fläktar i full drift	Fläktar i reducerad drift
Radhus	0,85-1,90 oms/h	0,65-1,10 oms/h
Grändhus	0,60-1,60 oms/h	0,65-1,25 oms/h

5.1.6 Läckflödesberäkning enligt systemanalysen

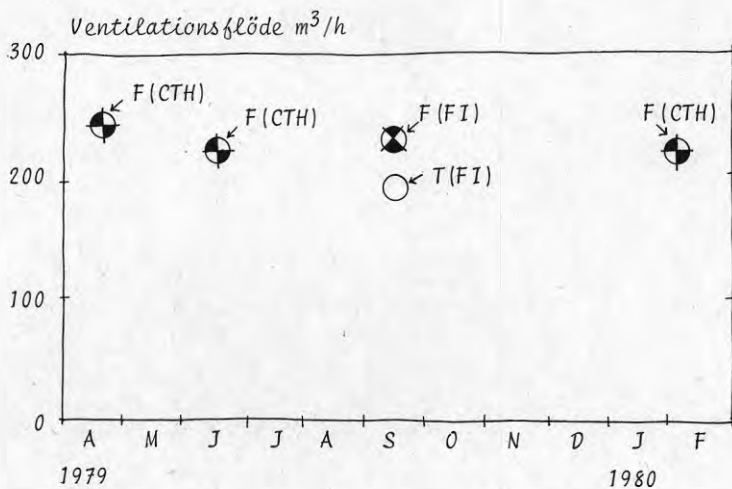
Beskrivning av beräkningen

- Otätheter antas jämnt fördelade över fasader och fönster samt över takytor.
- Klimatbelastning: Värden för både temperatur och vindhastighet har tagits från SMHI:s statistik. I den mån samtidiga temperaturmätvärden från Täbyprojektet har funnits, görs jämförelser mellan registreringarna. Vindmätaren har långa tider varit ur funktion i Täby och de vindvärden som använts för beräkningen är medeltalet mellan registrerade vindstyrkor i Arlanda och på Bromma och dessa vindstyrkor har reducerats med en faktor C, beroende på måthöjden.
- Formfaktorer antas vara helt i enlighet med Thomas Lindqvist och Axel Bergenstierna*), se även FIGUR 5.1.1.
- Vid bedömning av fläktflöden har alla tillgängliga mätvärden utnyttjats. I FIGUR 5.1.2 redovisas Fläkts injusteringsvärden av från- och tilluft samt de mätvärden för enbart frånluftsfloeden som redovisas av CTH. Motsvarande tilluftsfloeden har beräknats så att förhållandet tilluftsfloede/frånluftsfloede är detsamma som förhållandet mellan till- och frånluftsfloedet vid Fläkts mätningar.

* Jfr Thomas Lindqvist och Axel Bergenstierna "Värdering av lufttäthet hos fönster" Rapport 79:12 Byggnadskonstruktion, CTH.



FIGUR 5.1.1 FORMFAKTORER VID OLIKA VINDRIKTNINGAR



FIGUR 5.1.2 MÄTRESULTAT GRÄNDHUS NR 33 (system 22).
 F(CTH) = mätning av CTH
 F,T(FI) = mätning Sv Fläktfabriken
 F = frånluft, T = tilluft

Beräkningens omfattning

Beräkningen omfattade följande driftfall.

- 1) Full fart med forcering (öppen spiskåpa)
- 2) Full fart med stängd spiskåpa
- 3) Halv fart på fläkten, stängd spiskåpa

Beräkningen omfattar ett grändhus, hus nr 33, och ett radhus, hus nr 7. För dessa två hus har beräkningar gjorts för tre olika tillfällen (olika temp och vind).

För att illustrera känsligheten för vind och temperatur har dessutom beräkningar gjorts för ett tänkt idealiserat fall. I detta idealiserade fall har hus 33 antagits vara försett med fullständigt balanserad från-och tilluft (0,5 oms/h). Huset har i denna beräkning exponerats för varierande vindhastighet och temperatur.

Resultat - jämförelser med mätresultat från spårgasanalysen

Det idealiserade fallet med balanserad ventilation

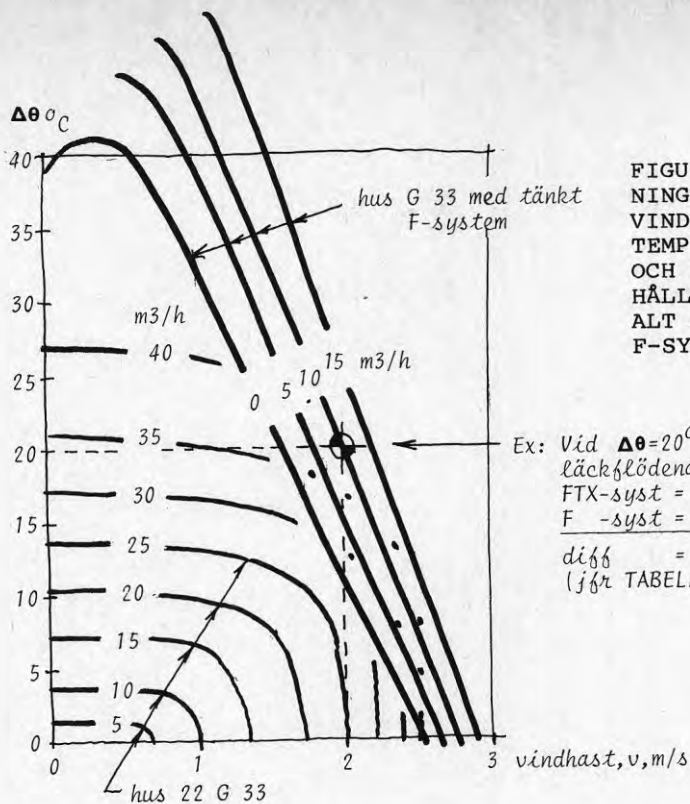
I FIGUR 5.1.3 redovisas diagram för läckluftflöden som funktion av vindhastighet och temperaturdifferens ute - inne. Av diagrammen framgår att vinden dominerar som orsak till läckflöden genom huset. Även temperaturdifferensen spelar en viss roll.

Grändhus 22 G 33, FIGUR 5.1.4

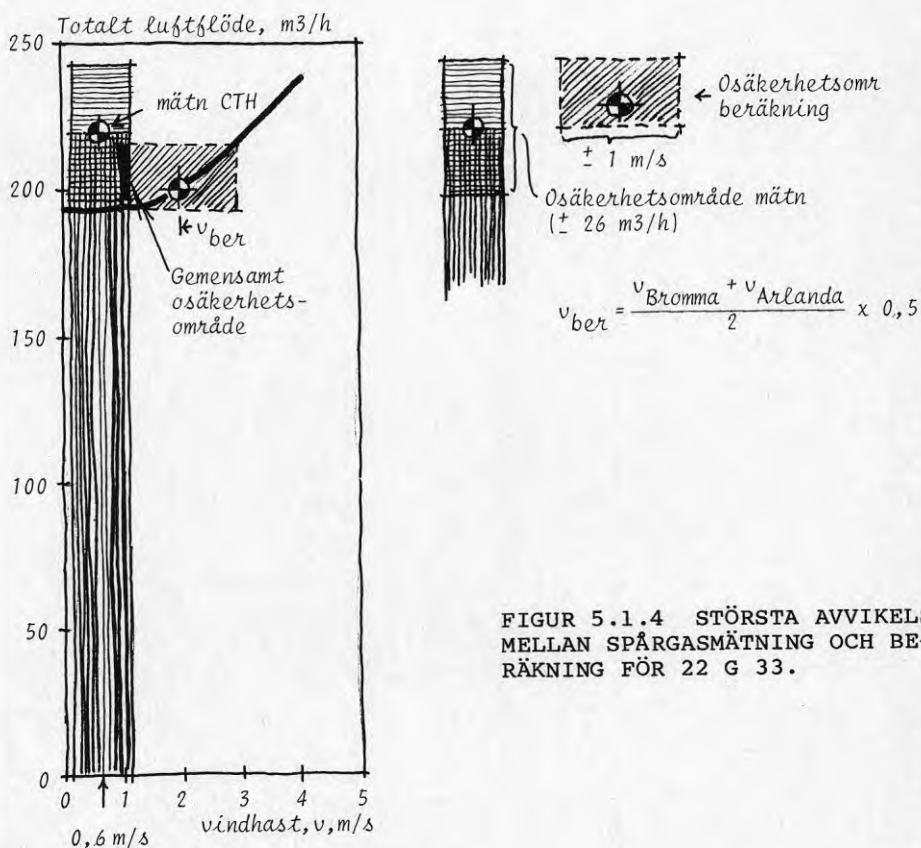
Mätvärdena för temperatur, å ena sidan CTH:s värde och å andra sidan medelvärdet från Bromma/Arlanda skiljer sig något från varandra. Beräkningar har gjorts för båda dessa temperaturer vid de tre mät-tillfällena. Vindhastigheterna som redovisas är av SMHI registrerade värden som reducerats till hälften med tanke på att husen dels ligger lägre, dels är mer skyddade än SMHI:s observationspunkter.

Naturligtvis innebär detta en osäkerhet, men beräkningarna kan knappast förväntas ge exakt överensstämmelse, eftersom redan ingångsvärdena innebär avsevärd osäkerhet.

Överensstämmelsen mellan de beräknade kurvorna och de med spårgas uppmätta läckflödena är någorlunda god i två av tre beräknade fall men inte särdeles god i ett fall, FIGUR 5.1.4.



FIGUR 5.1.3 LUFTLÄCKNINGENS BEROENDE AV VINDHASTIGHET OCH TEMPERATUR. HUS 22 G 33 OCH IDEALISERADE FÖRHÅLLANDEN ANTAS GÄLLA. ALT ANSES G 33 HA F-SYSTEM



FIGUR 5.1.4 STÖRSTA AVVIKELSE MELLAN SPÅRGASMÄTNING OCH BERÄKNING FÖR 22 G 33.

Beräkning av årsenergibehov till ventilation

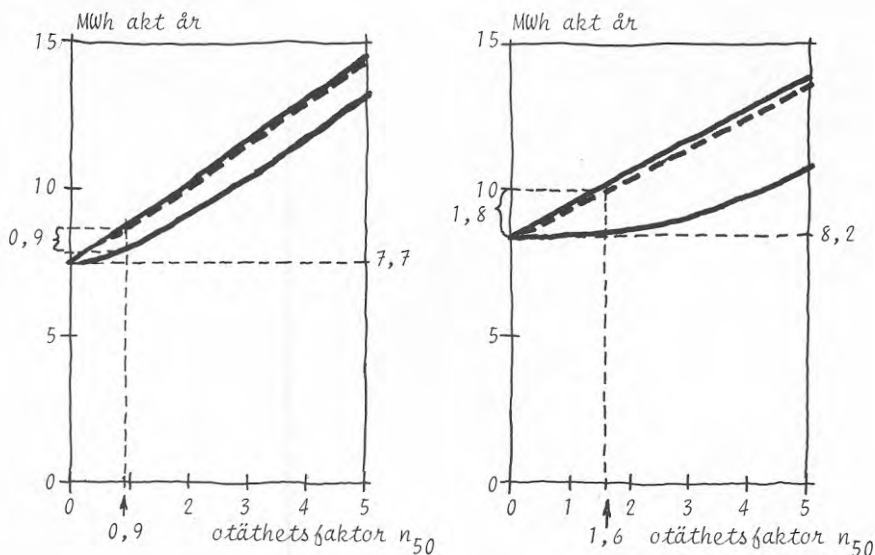
Enligt den teori som läckberäkningarna bygger på finns ett systematiskt samband mellan genomsnittlig läckning, otäthet och ventilationssystem enligt FIGUR 5.1.5.

Läckflödena blir med antagandet att mätvärdena för otätheten enligt TABELL 5.1.1 är representativa

- för radhusen med ventilationsvärmväxling (FTX) om de antas ha otäthetsfaktorn 0,9 (jfr TABELL 5.1.1) ca 800 kWh för normalår och ca 900 kWh för aktuellt år
- för grändhusen med FTX om de antas ha otäthetsfaktorn 1,6 ca 1600 kWh för normalår och ca 1800 kWh för aktuellt år.

Frys-skyddsförvärmning och fläktenergi finns registrerade. Viss del av fläktenergin "hjälp-er upp" ventilationsvärmväxlarens temperaturverkningsgrad till registrerade ca 70 %, varför dessa energimängder måste tas med. Följande beräkning ger de sökta värdena.

Försökshus	Referenshus		
22 R 7	- 12 R 4,3	= 2.000 - 500	
22 R 12	- 12 R 4,3	= 1.347 - 204	mdlv 1.697
22 G 33	- 12 G 35	= 1.500 - 264	
22 G 37	- 12 G 36	= 1.064 - 260	mdlv 1.110



FIGUR 5.1.5 LÄCKFLÖDEN I DE AKTUELLA REFERENS- OCH FÖRSÖKSHUSEN MÄTÅRET 1979-80.

Aktuella flöden är ca 50 l/s, men flödena är i den manuella utvärderingen uppräknade till 200 m³/h = 55,6 l/s, vilket i stort sett överensstämmer med referenshusens nivå. Differenserna ovan liksom läckflödenas storlek är därför i lägsta laget om de skall användas i samband med normerade flöden.

Med aktuella flöden blir beräkningen av FTX-systemets nytta enligt TABELL 5.1.5. Samma beräkningssätt har använts vid beräkningarna för samtliga fall i den sammanfattande TABELL 5.1.7, där ett flertal olika förutsättningar används.

TABELL 5.1.5 SYSTEMANALYSENS LÄCKFLÖDEN SAMT AV CTH UPPRÄTTA AKTUELLA FLÖDEN OCH VERKNINGSGRADER, MAJ 79 - MAJ 80.

	RADHUS		GRÄNDHUS	
Flöde:	12 R	203 m ³ /h	12 G	198 m ³ /h
Energi: (motsv ca 5.000 h)		7670 kWh	(motsv ca 5.750 h)	8230 kWh
Flöde:	22 R	195 m ³ /h	22 G	172 m ³ /h
Energi: (5000 h, n=0,755)		1810 kWh (5750 h, n=0,67)		2360 kWh
Läckluftenergi		900 "		1800 "
Förvärmn		1700 "		1100 "
Summa		4410 kWh		5260 kWh
12 R - 22 R =		3260 kWh		2970 kWh

5.1.7 Resultat av den indirekta utvärderingen, osäkerhet - jämförelse med övriga metoder

TABELL 5.1.6 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTATEN FRÅN DE MANUELLA MÄTNINGARNA OCH KORRIGERINGSBERÄKNINGARNA

hus	79-80		η	80-81	
	energivinst, kWh			energivinst, kWh	η
R 7	3.500 + 900		0,43	3.600 + 1000	0,48*
R 12	3.500 ± 900		0,43	380 ± 1000**	0,05**
G 33	2.500 + 1200		0,30	1.750 + 1200	0,23
G 37	2.600 ± 1200		0,32	2.215 ± 1200	0,36

* värdet relativt osäkert; mätresultatet från referenshusen R 3,4 kasserade.

** tilluftfläkten hade havererat vid flödesmätning i mars 81. Osäkerhet som R 12.

Värdena är framräknade som skillnad mellan referenshus och försökshus. Osäkerheten bedöms vara ca 0,005, dvs konfidensnivån är beräknad till $P = 0,995$ (se kap 4). Systemverkningsgraden är beräknad som differensen mellan referens- och försökshus dividerad med 8.200 kWh för år 79-80 och 7.500 kWh för år 80-81. Dessa siffror är beräknade som flödet (200 m³/h) gånger specifika värmnet gånger gradtimtalen 120.000 resp 110.000.

I själva verket är det totala uppvärmningsbehovet för ventilationen ca 9.060 kWh för år 79-80 och ca 8.600 kWh för år 80-81. Systemverkningsgraderna är alltså angivna i överkant.

En viktig del av utvärderingarna 1 (CTH) och 2 (Systemanalysen) avser läckflödesberäkningen. CTH har utvärderat läckflöden vid fyra olika tillfällen och systemanalysens resultat stämmer väl överens med CTH:s mätningar utom vid ett tillfälle (FIGUR 5.1.4).

En sammanfattande bild av läckflödenas genomsnittliga storlek har gjorts enligt båda metoderna, varvid resultatet är enligt TABELL 5.1.7. Med hänsyn till den stora osäkerheten, vilken betingas av svåra mätförhållanden respektive osäkra beräkningsförutsättningar, måste resultatet anses vara entydigt. Differensen i läckflöden är stor och helt säkert beroende av system.

När det sedan gäller framräknade driftresultat måste de varieras på flera sätt för att man skall kunna få perspektiv på problemet, TABELL 5.1.8.

Idealfunktion förvärmning har antagits innebära att FTX-ventilation = fläktar och förvärmning kräver 1.100 kWh mer energi än F-ventilation.

Beräkningarna bakom TABELL 5.1.8 baserar sig på läckflödena enligt TABELL 5.1.7 och aktuell respektive tänkbar funktion av fläktar och förvärmning.

TABELL 5.1.7 LÄCKFLÖDEN ÖVER AKTUELLT ÅR ENLIGT
TRE UTVÄRDERINGSMETODER (m³/h)

Metod	Radhus			Grändhus		
	12R (F)	22R (FTX)	Diff	12G (F)	22G (FTX)	Diff
CTH:						
TAB 5.1.2	24	59	35	18	40	22
Systemanalys						
FIG 5.1.5,	14	37	23	5	48	43
Manuell korrektion (79-80)	-	-	20	-	-	49

TABELL 5.1.8 SAMMANSTÄLLNING AV MÄT- OCH BERÄKNINGS-
RESULTAT

Alt A: Aktuellt år, aktuella (olika) flöden, aktuell funktion av förvärmning

Metod	Radhus MWh	Grändhus MWh
1 CTH-mätn	2,6 +/- 1,9	3,5 +/- 1,9
2 Syst.anal (tab 5.1.4)	3,3	3,0

Alt B: Normalår, 200 m³/h konst. flöde, aktuell funktion av förvärmning.

Metod	Radhus MWh	Grändhus MWh
1 CTH-mätn	2,7 +/- 1,9	3,5 +/- 1,9
2 Syst.anal	3,2 -	2,6 -
3 Avläst.korr	3,50 +/- 1,2	2,5 +/- 1,2

Alt C: Normalår 200 m³/h konst. flöde, idealfunktion av förvärmning.

Metod	Radhus MWh	Grändhus MWh
1 CTH-mätn	3,3 +/- 1,9	3,5 +/- 1,9
2 Syst.anal	3,7 -	2,6 -
3 Avläst.korr	3,8 +/- 1,2	2,5 +/- 1,2

Alt D: Normalår, idealfunktion, vald lägre ventilation

Metod	Radhus	Grändhus
1 CTH-mätn	2,5	2,8
2 Syst.anal	3,0	2,0
3 Beräkn	3,1	1,9

5.1.8 Sammanfattande slutsatser om ventilation

Analyserna har med olika grad av resulterande osäkerhet gett resultat enligt TABELL 5.1.8.

Allt sammantaget är resultaten tillräckligt goda för att man med visshet kan uttala sig om deras giltighet:

- Systemanalysens principer styrks helt.
- Mellan 40% och 50% systemverkningsgrad (hus + ventilationssystem) kan uppnås praktiskt med täta hus och växlare med ca 70 % temperaturverkningsgrad.

I dessa försökshus och i föreliggande utvärdering påverkas talvärdena av följande faktorer.

- Förvärmningseffekten har varit något feljusterad. Det kan enkelt rättas till och innebär en uppjustering av vinsten av samma storlek.
- En ännu inte helt förklarad temperaturökning av tilluften till växlare har skett. Det kan vara sol eller transmissionsvärme som nyttiggjorts, vilket pekar på möjligheten att systematiskt utnyttja detta.
- Tilluftfläkten i radhus nr 12 har krånglat. I CTH:s utvärdering har hänsyn tagits till detta och perioder med störningar uteslutits. I energibalansbestämningarna har dessa hänsyn inte kunnat tas. Inverkan är mycket tydlig under år 1980-81.
- Tätheten hos hus syns kvarstå. Normalt underhåll av tätlistor etc förutsätts dock i så fall.

Dagens hus är normalt inte så täta som husen i detta projekt. Särskilt FTX-ventilationens funktion syns ha ett starkt samband med tätheten. Att dra alltför generella slutsatser om FTX-ventilation kan därför vara vanskligt. Dock kan man våga sig på slutsatsen att ännu tätare FTX-hus än dessa fungerar ännu bättre.

Den hygieniska fördelen med FT-ventilation belyses i CTH:s undersökning. Luftomsättningen i de enskilda bostadsrummen är enligt mätningarna 2 - 2,5 gånger högre i husen med tilluft i jämförelse med omsättningen i hus med enbart frånluft.

COP för värmepumpar definieras som (avgiven energi)/(tillförd energi). Arne Lindh och Per Olof Nylund (TYRENS)* har gjort ansatsen att använda COP-begreppet även för FTX-system.

Exempelvis kan man göra följande definition: Avgiven energi är då luftflödets entalpiökning i växlaren och tillförd energi fläktarbete, förvärmning samt det tillkommande läckluftflödets entalpiökning.

* Lindh, A och Nylund, P O "En granskning av ett FTX-ventilerat småhus" BFR R115:1982

5.2 Värmepumpar

5.2.1 Allmänt om mätningar och bearbetning

Som delvis framgår av kapitel 4 och BILAGA 5 har en lång rad driftstörningar inträffat för vissa värmepumpar. Dessutom har problem med flödesmätare varit av den art att man tidvis inte kunnat lita på erhållna mätvärden. Detta har stört arbetet med utvärderingen i avsevärd grad.

Ett antal intensivmätningar* under kortare perioder har dock gjorts med delvis väl fungerande mätutrustning. Dessa mätningar är vägledande för installationsprestanda, men ger bara upplysning om hur värmepumpen fungerar under relativt kort period. För att spåra driftfel eller mätfel är intensivmätningar omistliga, men för att kunna bedöma hur värmepumparna har fungerat som "energiproducent" är långtidsmätningar av energiflöden av större värde.

För fem av de nio värmepumpar som finns i projektet har driftförhållandena under det första halvåret 1980 registrerats. Härvid har särskilt det totala genomsnittliga dygnsenergiebehovet för värme och varmvatten studerats. Ett samtidigt studium av samma faktorer för referenshusen har gjorts och värdena har jämförts.

De värmepumpar som varit föremål för dessa mätningar är ytjordvärmepumparna i hus 14 R 14 och 14 G 18, luft-luft-värmepumpen som tillsammans med en mindre luft-vindluft-värmepump förser hus 24 R 13 med värme och varmvatten samt luft-vatten-värmepumparna i husen 24 G 32 och 14 G 38.

Värmepumparnas värmefaktorer har också beräknats ur de manuella avläsningarna och bearbetningarna. Dessa avser tiden maj 1979 - maj 1981, varför vissa olikheter med sektorrapporten kan förekomma utan att detta bör betraktas som motstridiga resultat. Sektorrapporten avser i huvudsak perioden 800101 - 800630, under vilken tid exempelvis värmepumpen i hus G32 fungerat betydligt bättre än under hösten och förvintern 1979.

Mätningarna har fortsatt under tiden 800701 - 810630 och en kompletterande utvärdering har genomförts för husen 14 R 6 och 24 G 29, från vilka inga relevanta mätresultat tidigare erhållits. Ytterligare studier av särskilt 24 R 32 och 24 R 13 har också gjorts.

* Resultat från dessa m m framgår av Sektorrapporten om värmepumpar, vilken har sammanställts av Henrik Enström. Rapporten föreligger som separat handling.

5.2.2 Sektorrapportens intensivmätningar och långtidsmätningar av fem värmepumpars prestanda mätåret 79-80

Genom att registrera tillförd respektive avgiven energi från värmepumpar har den totala värmefaktor kunnat bestämmas. Bestämningar av kompressorns värmefaktor samt köldfaktor, drifttider, avfrostningscykler m m har även gjorts, men refereras inte här.

Stickprov på värmepumparnas drift ingår i de "direkta" mätningar som här presenteras. Dessa stickprov med hjälp av intensivmätningar ger bara besked om hur värmepumpen fungerar just vid måttillfället, men detta ger en god indikation på eventuella felaktiga drifttillstånd, vilket förekommit i projektet. Intensivmätningarna har jämförts med laboratorieprov och dessa jämförelser visar i regel på en sämre funktion för värmepumparna i fält.

Ofta är mätresultaten förvirrande och illustrerar de avsevärda svårigheterna med att mäta under fältmässiga förhållanden. Trots upprepade kontroller och kalibreringar är resultaten inte alltid helt pålitliga. Utan jämförelser referenshus - försökshus hade det sannolikt inte varit möjligt att med någorlunda god säkerhet fastställa funktionen hos alla de fem värmepumpar som ingår i denna mätserie. Det är för övrigt klart motiverat att åtminstone för ett par av dem göra ytterligare utvärderingar ur mätmaterialen från det tredje mätåret 800701-810630.

TABELL 5.2.1 RESULTAT FRÅN DIREKT ENERGIMÄTNING OCH FRÅN INTENSIVMÄTNINGAR PERIODEN 800101-800630
(e) = energijämförelser, (i) = intensivmätning
uppm avgiven energi momentan - samma som (e)
ej avfrostn, tomg. etc.

System	Hus nr	COP(e)	COP(i)	Anm
14	R14	1,92*	1,80*	Ytjordvärme
	G18	2,68*	3,14*	"-"
	G38	1,33	1,77	Luft - vatten
24	R13	0,77	1,75	Luft - luft
	G32	0,77	1,76	

* Värmeförluster från kompressorn ingår i avgiven värme Q_1 . Se sektorrapporten.

Uteluftvärmepumparna (G38, R13 och G32) har dragit mer tillsatsvärme för husets uppvärmning än förväntat. Skälen härtill syns vara

- ett antal funktionsfel
- reglertekniska bristfälligheter
- husägaren har stängt av värmepumpen på grund av störande ljud.

De förbättringar som införts på dagens generation av här provade värmepumpar torde ha undanröjt flera av de konstaterade bristerna.

Avläst elförbrukning contra
utetemperatur

Referenshusen,
hus 12 R3 och 4, 12 G35 och 36

I tidigare kapitel har konstaterats att ett mycket starkt samband mellan utetemperatur och energiförbrukning finns. Detta samband är praktiskt taget helt linjärt. I FIGUR 5.2.1 framgår detta klart. Den relativt obetydliga spridning som finns beror med all sannolikhet på skillnader i vattengenomflöde, solinstrålning och kanske även vädring och vind.

För hus 36 framgår också klart av diagrammen att man har en påtaglig energiförbrukning även när det är mycket varmt ute och det är inte uteslutet att detta kan bero på tillfällig kraftig genomvädring. Studier-
na av energiförbrukning sommartid styrker också att just detta hus förbrukar värme till värmesystemet sommartid. Tyvärr saknas registreringar av vädring för detta hus på grund av mätfel, varför man inte kan dra säkra slutsatser härom.

I sammanhanget passar att nämna att spridningen av tillförd värme till värmesystemet är klart större än spridningen av totalt tillförd energi, TABELL 5.2.2. Skälet är helt enkelt att hushållsel bidrar i stort sett till 100 % till husets uppvärmning.

TABELL 5.2.2 JÄMFÖRELSE MELLAN SPRIDNINGSTAL FÖR
ENERGI TILL VÄRMESYSTEMET OCH SPRIDNING AV TILLFÖRD
ENERGI TOTALT - SOM FUNKTION AV UTETEMPERATUREN

Hus	Period	°Cd	"Värme" kWh	Värme/°Cd kWh/°Cd	Totalt tillf kWh	Tot/°Cd kWh/°Cd
G35	1	124	214	1,73	569	4,60
	2	212	127	2,26	885	4,17
	3	197	479	2,43	931	4,72
	4	189	539	2,85	882	4,67
	5	242	730	3,05	1.223	5,05
	6	306	969	3,17	1.467	4,80
	7	331	1.002	3,02	1.553	4,69
	8	321	1.006	3,13	1.499	4,67
	9	349	1.082	3,10	1.558	4,46
			mdlv	2,74 ± 0,50	mdlv	4,65 ± 0,24
G36 - samma analys			mdlv	2,74 ± 0,38	mdlv	4,69 ± 0,31
Båda tillsammans:			mdlv	2,74 ± 0,43	mdlv	4,67 ± 0,27
Dvs:			Värme: 114 W/°C	<u>+ 16%</u>	Tot: 194 W/°C	<u>+ 6%</u>

Ytjordvärmehusen,
hus 14 R 14 och 14 G 18 (vattenradiatorer)

Dessa båda hus har en mycket väl samlad punktskara, se sektorrapporten. Jämför även de ritade linjerna i FIGURERNA 5.2.1 och 5.2.2. Detta kan tyda på ett tidigare observerat förhållande att solen kanske inte har så stor betydelse vare sig för den totala energiförbrukningen eller för spridningen. Huruvida vädring påverkat resultatet eller inte är svårt att avgöra. Ett fåtal punkter för hus R14 (system 14) ligger väsentligt över den övriga punktskaran vid temperaturintervalllet mellan 10 - 15° ute. Om detta beror på extremt hög vattenförbrukning eller på öppna fönster kan inte avgöras från diagrammen.

Luftvärmepumphusen,
hus 14 G 38 (vattenradiatorer)
samt 24 R 13 och 24 G 32 (varmluft + FTX-system)

Dessa hus har en större spridning av effektbehovet än referenshusen. Detta kan tillskrivas en rad olika faktorer (hypotes!).

- Nattsänkningen av innetemperatur och ventilation innebär att effektbehovet blir stort när normal temperatur skall återställas, jfr FIGUR 4.5.2, som visar återvändande effekt efter nattsänkning. - Direktvärme går in och det är oklart om man inte förlorar mer än man vinner.
- Stor varmvattentappning innebär också direktinkoppling av elektrisk effekt, vilket påverkar det specifika behovet.
- För avfrostningen krävs energi och när avfrostningscyklerna kommer tätt är effektbehovet högt.
- Manuell avstängning av värmepumpen på grund av konstaterade ljudproblem kan mycket väl ha ökat effektbehovet.

Enligt teorin kulminerar avfrostning kring 0° ute eller - enligt mätningarna - strax under. Detta motsägs åtminstone inte av registreringarna för husen G32 och G38. I hus R13 har mätningen av detta inte fungerat.

Bearbetade effekt - temperatur - diagram med
eliminerad spridning

Enligt teorin skall referenshusen ha raka kurvor, medan ytjordvärmen bör ha antingen en rak eller möjligen en kurva med negativ krökning. För luftvärmepumparnas del är det helt klart att en positiv krökning av funktionslinjen skall finnas. Förklaringen härtill är helt enkelt att värmefaktorn blir allt sämre för luftvärmen ju lägre temperaturen blir. De "äldre" yt-

jordvärmepumparna har efter mätperioden utbytts mot en senare typ. Denna nyare typ har en med värmebehovet varierande kondenseringstemperatur, vilket bör medföra en rakare funktionskurva och en bättre värmefaktor.

De påtalade tendenserna framgår rätt tydligt av de förenklade diagrammen i FIGURERNA 5.2.1 och 5.2.2, det förstnämnda avseende radhus, det senare grändhus.

Referenshusens räta linjer ligger i båda diagrammen något åtskilda. Detta beror i båda fallen på skillnad i inomhustemperatur. Ytjordvärmepumparnas svagt krökta kurvor ligger som sig bör klart under referenshusens. För grändhusens del är denna skillnad särskilt markant. (I sektorrapporten finns temperaturkorrigerade data plottade i motsvarande figurer.)

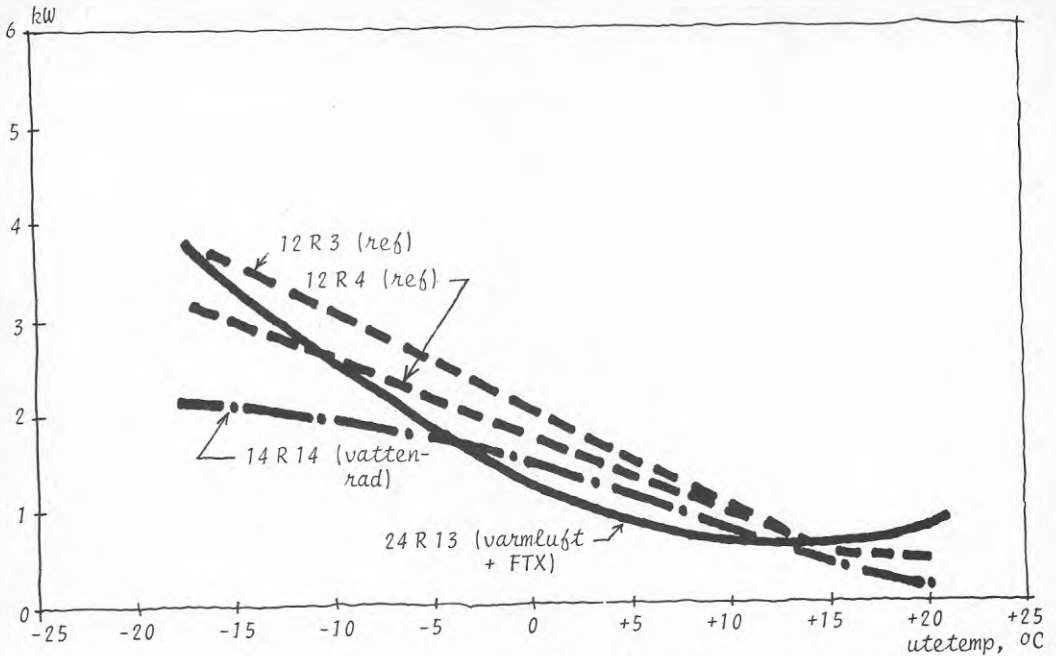
Lika tydlig är tendensen för luftvärmepumparna. De upphör att producera värme vid ca -15° , samtidigt som de syns ha bättre värmefaktor än ytjordvärmepumparna vid temperatur över -5°C . Även här är tendenserna mer uttalade för grändhusens del.

Enligt teorin skall skärningspunkten mellan ytjordvärmepumparnas karakteristiska linje och luftvärmepumparnas ligga nära 0° . Detta beror på att värmefaktorn bör vara densamma då kondenseringstemperaturer och förångningstemperaturer överensstämmer. I figurerna syns skärningspunkten snarare ligga vid -5° än vid 0 .

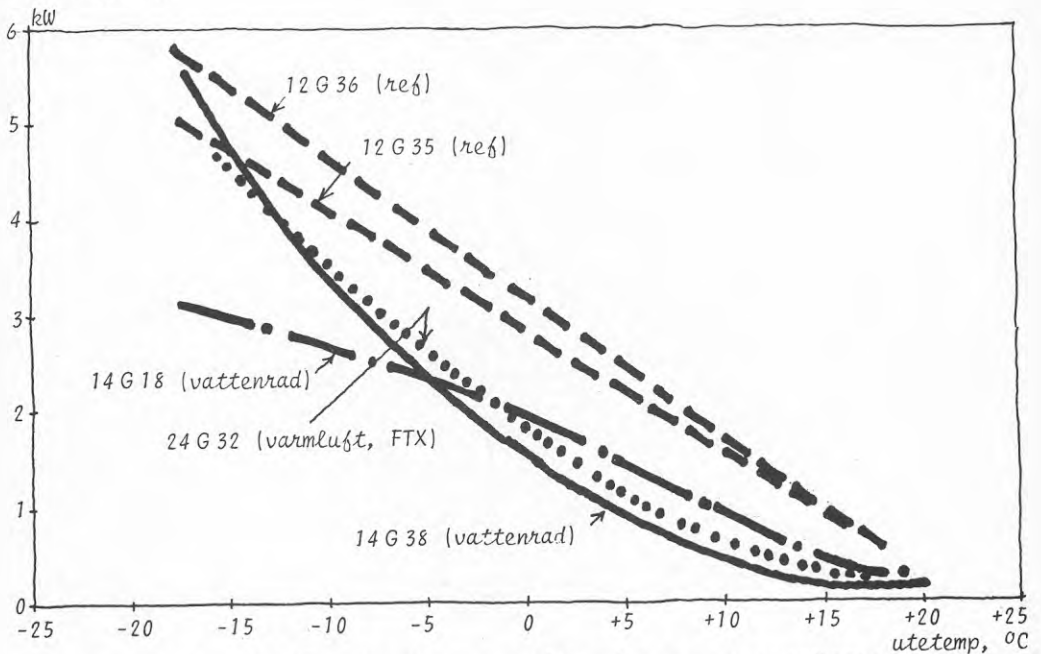
Jämförande värmefaktorer (COP(j)) beräknade
ur total energiförbrukning för respektive hus

Med "total" i rubriken menas främst att husets energibalans betraktas i stället för värmepumpens. Beräkningarna utgår med andra ord från de energier som redovisas i FIGURERNA 5.2.3 och 5.2.4.

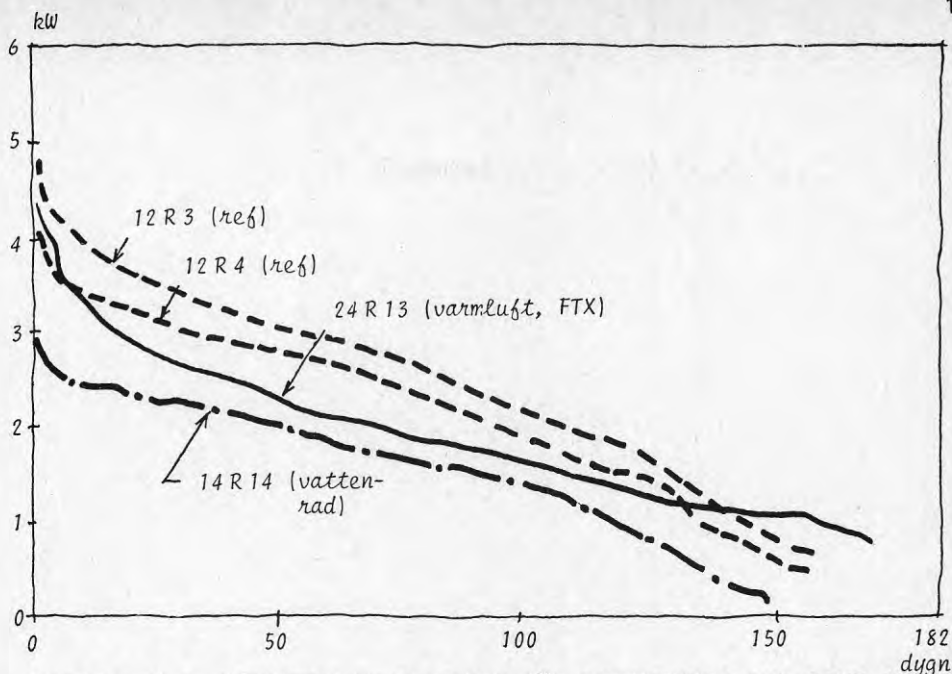
Korrekationer har genomförts på ett något annorlunda sätt än vad som redovisas i kapitel 4. Detta motiveras främst av tidsfaktorn i arbetet. Delutredningarna har pågått parallellt och det är i praktiken omöjligt att helt synkronisera synsätt beträffande detaljer i korrektionsberäkningarna. En sådan synkronisering är inte heller önskvärd, eftersom perspektivet blir bättre med flera angreppssätt.



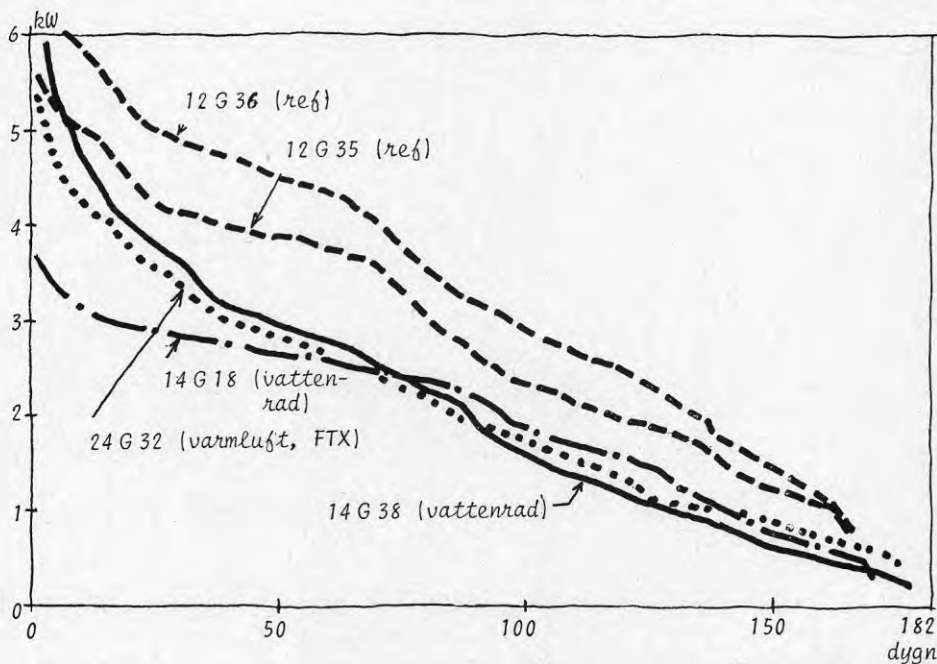
FIGUR 5.2.1 TILLFÖRD EL EXKL HUSHÅLL FÖR REFERENSRADHUS SAMT FÖR RADHUS MED VÄRMEPUMP. MEDELLINJER GENOM PUNKTSVÄRMAR DIREKT ERHÅLLNA UR OBSERVERADE DYGNMEDELVÄRDEN 800101-800630 (JFR SEKTORRAPPORTEN)



FIGUR 5.2.2 TILLFÖRD EL EXKL HUSHÅLL FÖR REFERENSGRÄNDHUS SAMT GRÄNDHUS MED VÄRMEPUMP. MEDELLINJER GENOM PUNKTSVÄRMAR DIREKT ERHÅLLNA UR OBSERVERADE DYGNMEDELVÄRDEN 800101-800630 (JFR SEKTORRAPPORTEN).



FIGUR 5.2.3 VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR REFERENSRADHUS SAMT RADHUS MED VÄRMEPUMP. TOTALT TILLFÖRD EL, DYGNMEDELVÄRDEN DIREKT UR OBSERVATIONER 800101-800630 (JFR SEKTORRAPPORTEN).



FIGUR 5.2.4 VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR REFERENSGRÄNDHUS SAMT GRÄNDHUS MED VÄRMEPUMP. TOTALT TILLFÖRD EL, DYGNMEDELVÄRDEN DIREKT UR OBSERVATIONER 800101-800630 (JFR SEKTORRAPPORTEN).

I sektorrapporten har korrigerats för

- innetemperatur (till +22°C i st f 21° i kap 4
22° ligger närmare observerat medelvärde)
- energi mellan radhus (samma som kap 4)
- energi genom gavel (-hus 14 samma som kap 4)
- tappvarmvattenflöde (i st f totalt vattenflöde i
kap 4)
- differens i hushållsenergi - alternativt har denna
korrektions utslutits
- uppmätt tillförsel av energi från ventilationsvär-
meväxlare, därvid har läckluftflödet antagits vara
dubbelt så stort för ett FTX-system som för ett F-
system.

Allt detta gör att resultaten bör avvika något från dem som redovisats i kap 4. Detta skall fortsättningsvis redovisas och diskuteras här.

Energijämförelserna i sektorrapporten för mätperioden 800101 - 800630 refereras i TABELL 5.2.3.

TABELL 5.2.3 VÄRMEFAKTORER, COP(j) UR ENERGIJÄMFÖRELSEFRÅN PERIODEN 800101 - 800630

Sys- tem	Hus nr	COP(j) okorr hush	COP(j) korr hush	Anm
14	R14	1,54	1,72	Ytjordvärme
	G18	1,61	1,74	"-"
	G38	1,69	1,69	Luft - vatten
24	R13*	1,02	0,98	Luft - luft
	G32	1,27	1,42	Luft - vatten

* Kyl drift har förekommit.

Förf har i tabellen markerat de värden som bäst överensstämmer med kap 4 vad beträffar förutsättningarna.

5.2.3 Driftresultat enligt kap 4 jämförda med sektorrapportens resultat

I tabellerna 4.6.2 -.5, 4.6.8 och .9 samt 4.8.2 i kapitel 4 har samtliga förbrukningsvärden korrigerats med hänsyn till temperatur, luft- och vattengenomflöde (ventilation och VA-förluster), energiflöden mellan hus och genom radhusgavlar etc. Där har värmefaktorerna (COP) bestämts genom passning i samband med övriga korrigeringsberäkningar.

Beräkningen av värmefaktorn har gjorts på följande sätt:

$$\text{COP} = \frac{\text{Ref.husets korr totalenergi} - \text{vp-husets hush.el}}{\text{Vp-husets korr totalenergi} - \text{vp-husets hush.el}}$$

För system 24 har hänsyn inte tagits till att FTX-systemet bidragit till energivinsten. Detta betyder i praktiken att värmepumparna inte gett någon energivinst alls.

En sammanställning av COP enligt kap 4 framgår av TABELL 5.2.4.

TABELL 5.2.4 RESULTAT ENLIGT KAPITEL 4. COP JÄMTE BERÄKNADE SPRIDNINGSTAL (P = 0,995).

System, hus	År 79-80		År 80-81	
	COP	f	COP	f
14 R 6	0,86 ¹⁾	0,11	1,21 ²⁾	0,12
14 R 14	1,78	0,18	2,27 ³⁾	0,18
14 G 18	1,58	0,13	2,11 ⁴⁾	0,20
14 G 38	1,33	0,15	1,35	0,15
24 R 13 ⁶⁾	1,08	0,1	1,40 ⁵⁾	0,12
24 G 29 ⁶⁾	-	-	1,34	0,15
24 G 32 ⁶⁾	1,13	0,15	1,01	0,15

- 1) Fel injusterad reglerkurva.
- 2) Reglerkurvan justerad, värdet dock osäkert p g a kasserade referenshusvärden
- 3) Värdet rel osäkert p g a kasserade referenshusvärden. Värmepumpen utbytt mot ny modell
- 4) Ny modell av värmepump
- 5) Osäkert värde p g a kasserade referenshusvärden.
- 6) Energi från FTX försummad.

Jämförelser mellan de olika utvärderingarna mätperioden 79-80

En översikt av de olika resultaten ges i TABELL 5.2.5 varvid de okorrigerade värdena i TABELL 5.2.3 utslutits.

Jämförelserna illustrerar ytterligare hur svårt det är att utvärdera värmepumpar i praktisk drift.

Felanalysen i kapitel 4 visar att sannolikheten för att värden som avviker mer än 0,2 enheter från dem i kolumnen 3 (COP helår) är liten. För hus R14 finns alltså inga problem - alla tre analyserna stämmer.

För hus G18 kan omedelbart konstateras att värdena 1,74 och 1,58 är sannolika.

TABELL 5.2.5 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTATEN FRÅN 1979-80

Sys-tem	Hus nr	COP(e)	COP(j)	COP(j)	+/- f	Anm
		TAB 5.2.1	TAB 5.2.3	TAB 5.2.4		
14	R14	1,92	1,72	1,78	+/- 0,18	Ytjordvärme
	G18	2,68 ³⁾	1,74	1,58	+/- 0,13	---
	G38	1,33	1,69 ¹⁾	1,33	+/- 0,15	Luft - vatten
24	R13 ²⁾	0,77 ³⁾	0,98	0,79 ⁴⁾	+/- 0,1	Luft - luft
	G32	0,77	1,42	1,05 ⁵⁾	+/- 0,2	Luft - vatten

- 1) Hänsyn till att huset har lägre frånluftflöde än övriga hus har inte tagits härt. Detta bör sänka värdet fr 1,69 t 1,45
- 2) Kyl drift har förekommit
- 3) Mätfel
- 4) 3.500 kWh energi från FTX har tillagts obs värde; 1,08 i TAB 5.2.4 minskar då till 0,79
- 5) 2.500 kWh energi från FTX har tillagts obs värde; 1,13 i TAB 5.2.4 har minskat till 1,05

För hus G38 gäller att en korrektion för ventilationen ändrar värdet 1,69 till ca 1,45, vilket i sin tur faller inom konfidensintervallet för helårsvärdet. Därför syns ett lägre värde än 1,69 vara sannolikt (COP(j), se not 1 TABELL 5.2.5).

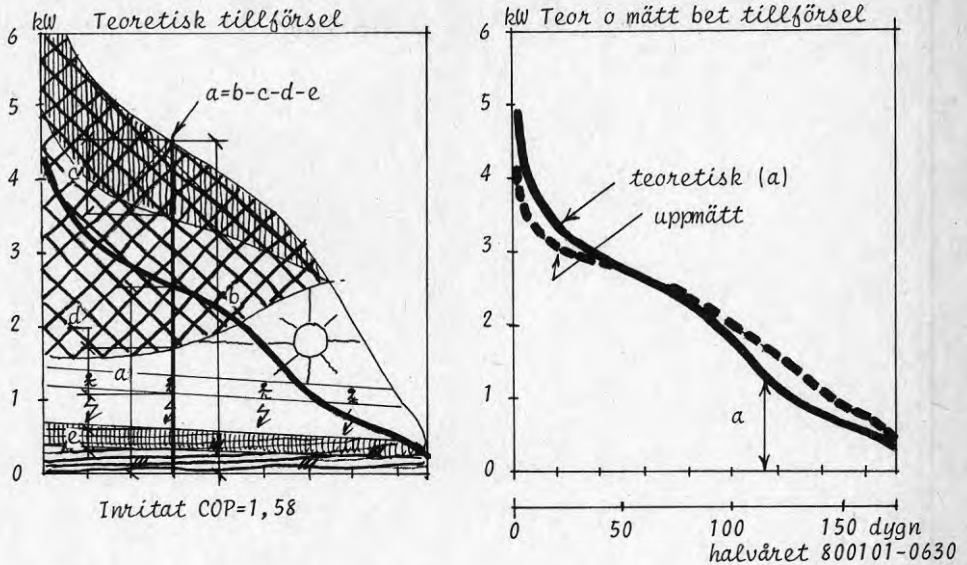
Energimätningarna för husen R13 och G32 har gett felaktiga resultat. Skälen härtill redovisas mer i detalj i sektorrapporten.

Dock kan man av energijämförelserna i kol 2 och 3 utläsa att värmepumpens i hus R13 nyttiga energiproduktion har varit mycket låg. För hus G32 syns en påtaglig driftförbättring ha skett från hösten 79 till vintern-våren 1980. Detta stämmer överens med driftjournalen.

TABELL 5.2.6 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN 1980-81

System, hus	Sektorrapport		kap 4, ¹⁾	
	COP(e)	COP(j)	COP(j; FTX förs)	COP(j) ²⁾
14 R 6 R 14 G 18 G 38	1,2	1,0	1,14	1,21 + 0,20
				2,27 + 0,20
				2,11 + 0,15
				1,36 + 0,15
24 R 13 G 29 G 32	1,7 3) 1,2	0,9 1,7 1,4	1,34 1,01	0,81 + 0,20
				1,12 + 0,15
				0,93 + 0,15

- 1) FTX-systemets inverkan har inte beaktats. Energivinsten har tillskrivits "systemet" - här värmepumpen.
- 2) FTX-systemets energitillförsel har pålagts observerade värden; 3.500 kWh för radhus och 2.500 kWh för grändhus.
- 3) Godtagbara mätdata saknas.



FIGUR 5.2.5 JÄMFÖRELSE MELLAN TEORETISK OCH UPPMÄTT VARAKTIGHET AV TILLFÖRD EFFEKT - GRÄNDHUS NR 18 (YTJORDVÄRME SYSTEM 14).

5.2.4 Slutsatser om värmepumpar

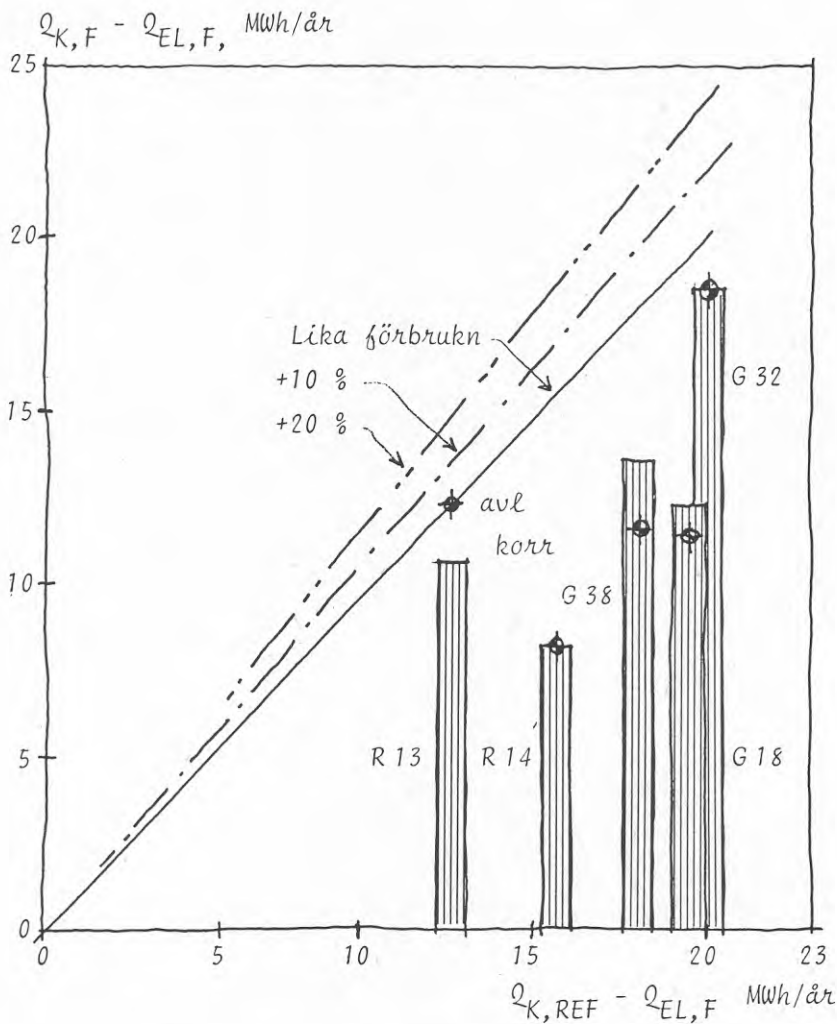
Ytjordvärmesystemen har fungerat relativt väl och tillsammans med G38 klart bättre än övriga värmepumpsystem.

De båda värmepumparna i husen 13 och 32 har fungerat något bättre än vad TABELL 5.2.4 anger.

- I hus 13 har kyl drift förekommit, vilket i någon mån påverkar COP. Den kan således ha varit något högre under värmepumpdrift än vad siffrorna antyder.
- Den manuella bearbetningen (TAB 5.2.4) avser maj 79 - maj 80. COP för hus 32 är då < 1 . För tiden jan - juni 80 har resultatet varit något bättre.

Hus 38 har fungerat stabilt och har gett den måttliga värmefaktorn 1,3 å 1,4. Om hänsyn tas till den trögare regleringen hos vattenburen värme kan COP ha varit betydligt högre, se FIGUR 5.2.6.

För alla husen med system 14 aktualiseras frågan om den vattenburna värmens relativt direktel högre energibehov. I den svenska statistiken finns en klar skillnad.



FIGUR 5.2.6 KORRIGERAD FÖRBRUKNING Q_K 1979-80 MINUS HUSHÅLLSEL Q_{EL} FÖR FÖRSÖKSHUSET JÄMFÖRD MED $Q_{K,REF}$ OCH $Q_{EL,F}$ MED ALTERNATIVA PÅSLAG 10 % OCH 20 % FÖR EN HYPOTETISK SÄMRE REGLERING AV VATTEN OCH LUFTBUREN VÄRME.

Om man hypotetiskt antar att regleringen av direktel ger alternativt 10 % eller 20 % lägre energiförbrukning för värme och varmvatten tillsammans erhålls följande förändringar av COP(j) för tiden maj 79 - maj 80.

1979-80	14(R14	G18	G38)	24(R13	G32)
Ingen diff	1,8	1,7	1,3	0,9	0,9
10 % diff	2,1	1,9	1,5	1,0	1,0
20 % diff	2,3	2,1	1,6	1,1	1,1
1980-81				FTX inverkar med ca 0,3	
Ingen diff	2,3	2,1	1,4	0,8	0,9
10 % diff	2,5	2,3	1,5	0,9	1,0
20 % diff	2,7	2,5	1,6	1,0	1,1

Naturligtvis kan inget sägas om sannolikheten för detta, men uppställningen medger överväganden som läsaren själv kan göra.

I beräkningarna har förutsatts att FTX-systemet bidragit med 3.000 kWh under tiden maj 79 - maj 80. Detta ger 0,3 enheter på COP(j). Det registrerade värdet $Q_k - Q_{EL,F}$ skulle alltså ge COP(j) = värdena i uppställningen ovan +0,3 om COP(felaktigt) tillskrevs den nytta FTX-systemet gjort. Här kan inte avgöras om nyttan varit 3.000 kWh, eftersom samverkan mellan två system påverkar slutresultatet. Gränsdragningen är därför svår att göra.

Sammanfattningsvis skyntar dock i och med dessa resultat förklaringen till den långa rad av misslyckanden speciellt med luft-luft-värmepumpar i Sverige under 70-talet. Det krävs hög kvalitet på installationen för att det tekniska driftresultatet skall bli godtagbart.

Av sektorrapporten för mätåret 79-80 framgår att flera förbättringar är möjliga för värmepumparna i husen R14, G18 och G38. Samtliga dessa är numera genomförda i serieproduktionen. Utbytet av pumpar i husen R14 och G18 bekräftar att dessa förbättringar är betydelsefulla. Driftresultatet för år 80-81 är klart förbättrat.

Med de förbättringar som alltså numera har införts i flertalet marknadsförda värmepumpar ger denna teknik en lovande framtid, även om det kanske kan bli besvärligt med lönsamheten i enskilda energisnåla hus.

5.2.5 Övrigt

Jordtemperaturer har uppmätts dels i orörd mark, dels i mark utnyttjad av ytjordvärmepumparna. Resultaten visar att vid ca 70 cm djup försvinner tjälen maximalt ca två veckor senare än i ostörd mark. Påverkan under lång tids drift har ej kunnat studeras.

5.3 Solvärmesystem

5.3.1 Metoder för utvärdering

Solvärme genom höljet redovisas i avsnitt 4.4. Här behandlas enbart solvärme som tillförs de åtta husen i system 32 och 42 (se kap 2 och 4) via deras solvärmesystem.

Metoderna som används är både "direkta" och indirekta. Med direkt utvärdering menas mätning av instrålning och energiflöden i själva systemet. Indirekt utvärdering är jämförelser mellan referenshus och försökshus.

För system 42, som inte till alla delar kom i drift förrän sommaren 1980 (se BILAGA 5) görs endast en jämförelse med de försökshus som har ventilationsväxling enbart (system 22) och solvärt varmvatten (system 32).

Direkta och indirekta utvärderingar jämförs och resultatet av samma felanalys som den i kapitel 4 redovisade anges.

5.3.2 Mätningar

Mätsystemet för den direkta utvärderingen framgår av kapitel 3.

En fullständig rapport om solvärmesystemen 32 har utarbetats vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, av Per Isakson*. En motsvarande rapport om de större solvärmesystemen 42 kommer när ett mer komplett mätmaterial föreligger (samme förf).

Mätningar på system 32

Energiflöden som uppmätts är (bl a)

- Q 01 Solinstrålning mot kollektor (1)
- Q 12 Solvärme från kollektor (1) till energilager (2)
- Q 23 Värme från lager (2) till vv-beredare (3)
- E 03 El till beredare 3
- Q 36 Värmeenergi från beredare till hushållet
- Q T3 Totalt till beredare förd energi
= E 03 + Q 23

Av dessa mätvärden är närmast Q 23 jämförbara med den indirekta utvärderingens resultat (ref.hus minus försökshus).

* Per Isakson, Solvarmvattensystem i drift - utvärdering av experimenthus i Täby

5.3.3 Direkt utvärdering av solvärmesystem för varmvatten, 32 R 8, 9 samt 32 G 40, 41

Med de mätningar, som antytts i 5.3.1 som bakgrund, blir resultat och slutsatser som följer:

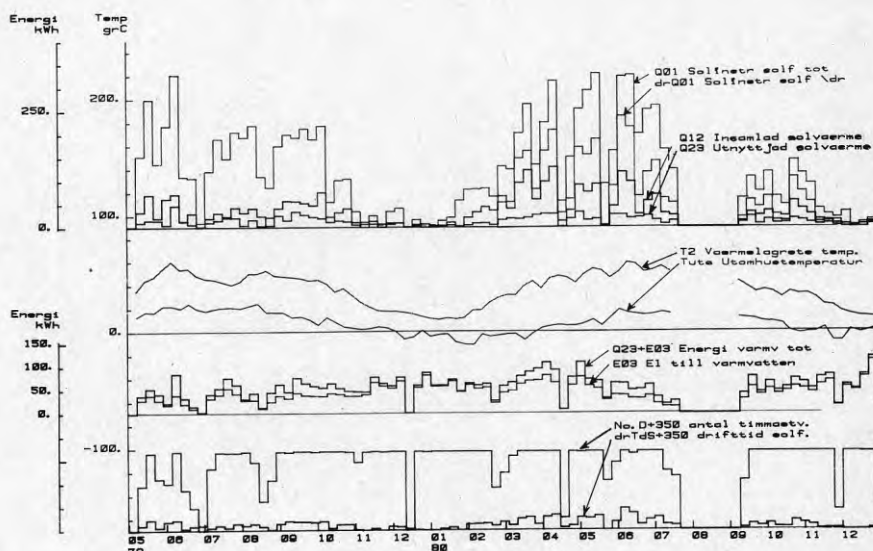
Bland slutsatserna om systemen märks att

- termostaternas inställningsvärden är instabila,
- den höga tidsupplösning som använts har varit nödvändig för att upptäcka temperaturtoppar från kollektorer. Timmedelvärden duger t ex inte,
- bidragande orsak till differenser mellan hus är styr- och reglerystemets felfunktioner.

Mängden utnyttjad solvärme syns främst bero på om man utnyttjar mycket varmvatten på sommaren eller inte.

TABELL 5.3.1 EXEMPEL PÅ SOLVÄRMEUTNYTTJNING I SYSTEM 32

	1979-06--1980-05		1980-06--1981-05	
	min	max	min	max
kWh/m ² ,år				
Solinstrålning mot kollektor	934	985	979	983
Solvärme till lager	246	273	234	309
Utn t varmv	96	215	78	230
Totalt per hus kWh/år	770	1.772	628	1.840
Systemverkningsgrad, %	10	23	8	23



FIGUR 5.3.1 SOLVÄRME I HUS 32 R 8.

5.3.4 Indirekta utvärderingar, jämförelse referenshus - försökshus

Metoden är att betrakta som det skyddsnet projektledningen hängde upp för det fall att de direkta mätningarna skulle misslyckas. Ett resultat som är en relativt liten skillnad mellan två stora tal måste alltid vara behäftat med osäkerheter relaterade till de stora talen. Någon förhoppning om att denna väg få noggranna värden fanns alltså inte.

Nu syns emellertid energibalanserna åtminstone för grändhusen ha utretts så väl att endast liten osäkerhet finns i siffermaterialet. Storleksordningen av nyttiggjord solvärme kan alltså bedömas relativt väl, TABELL 5.3.2. Här ingår den del av solvärmens som kommer via en värmd källare genom bjälklag etc, men inte den del av solvärmens som så att säga stannar i källaren och minskar kondensrisken.

I hus 9 är energivinsten som syns hela 3.600 kWh. Denna höga siffra torde bero på att en del av tankförlusten har nyttiggjorts i bostadsutrymmen därför att väggen och den täta nedre dörren till källartrappan rivits bort.

Detta är självfallet ett missgrepp. Husägaren syns ha varit helt omedveten om detta. I det rådande läget mellan säljare och köpare valdes att inte mer eftertryckligt påtala detta. Själva systemutvärderingen har i alla fall kunnat ske på nöjaktigt sätt, trots att detta för energifördelningen tydligen väsentliga ingrepp har skett.

Tankförlusterna kommer naturligtvis även övriga tre hus i gruppen tillgodo. Källaren värms och detta ersätter annan nödvändig värme för att hålla luftfuktigheten nere.

Detta är ett problem som ligger utanför den egentliga forskningsuppgiften, men det har betydelse för husägarna och för säljaren, som ju påtagit sig ett ekonomiskt ansvar gentemot köparna.

TABELL 5.3.2 RESULTAT AV SOLVÄRMESYSTEM - SKILLNAD REFERENSHUS - FÖRSÖKSHUS (OSÄKERHET, NIVÅ P = 0,995)

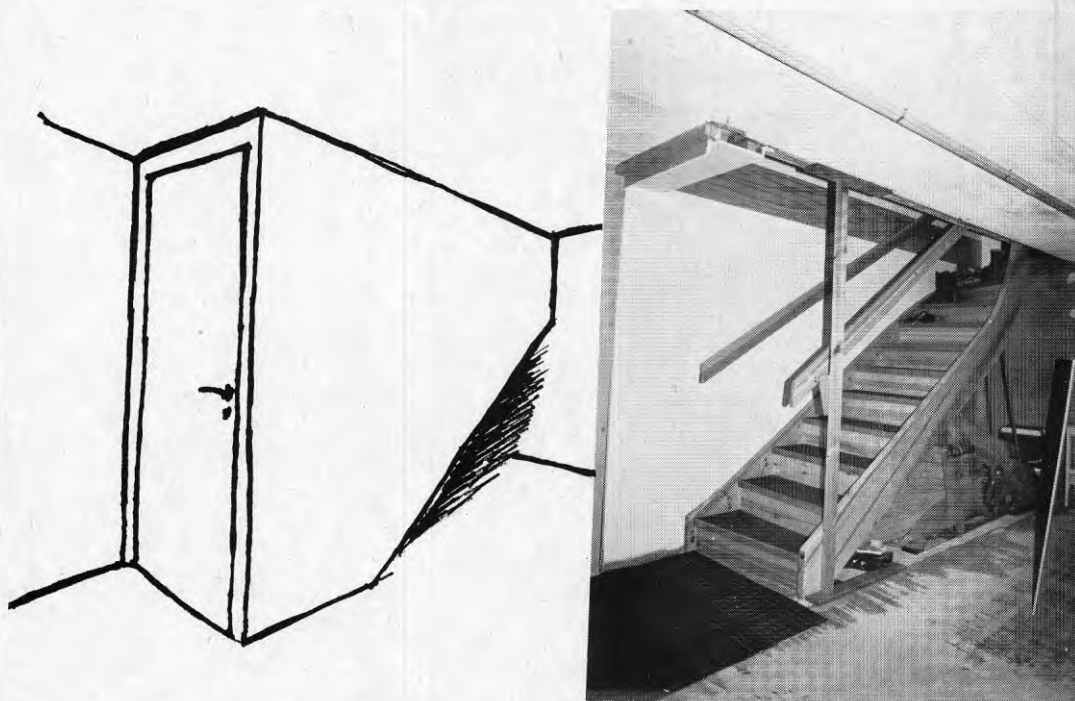
Syst, hus	Index	År 79-80		Index	År 80-81	
		Energi- vinst, kWh	Osäker- het, kWh		Energi- vinst, kWh	Osäker- het, kWh
32 R 8	96,6	586	+ 900	93,6*	1.048	+ 1000
32 R 9	78,1	3.749	+ 900	78,2*	3.548	+ 1000
32 G 40	93,2	1.526	+ 1200	86,8	2.798	+ 1200
32 G 41	90,1	2.220	+ 1200	85,4	3.104	+ 1200

* avser index m a p reviderade (ej mätta) referenshusvärden

Jämförelse mellan direkt och indirekt
utvärdering av system 32 (solvärt varmvatten)

Jämförelse mellan den direkta och de indirekta mätningarna ger små differenser.

Den stora skillnaden mellan hus 8 och 9 har som tidigare nämnts en byggnadsteknisk förklaring. En fri luftförbindelse mellan källaren och huset ovanför finns. Av ackumulatortanken - eller på annat sätt - förvärmad luft strömmar upp från källaren, eftersom den täta nedre källardörren tagits bort, FIGUR 5.3.2.



FIGUR 5.3.2 KÄLLAREN I HUS 9 MED VÄGGEN TILL TRAPPHUSET SAMT DEN TÄTA KÄLLARDÖRREN BORTTAGEN. DEN ÖVRE DÖRREN MELLAN TRAPPAN OCH BOSTADEN HAR EN MER ÄN CENTIMETERBRED SPRINGA MELLAN GOLV OCH DÖRR.

Det är inte sannolikt att hela energimängden 3.750 kWh kommit från solvärmen. Om man utgår från att värdet är korrekt (utan fel) skulle i så fall verkningsgraden instrålad sol/infångad sol varit 45 %, vilket är i mesta laget. En bättre hypotes är att luftförsörjningen till övervägande delen skett via källaren (huset har enbart frånluft). Denna "tilluft via källaren" har året runt förvärmats av

- tankförluster
- energi genom källarbjäklag
- energi från avloppsledningar.

Transmissionsförluster genom källarbjäklaget påverkas av solvärmen. Luftläckning genom källaren kan också ha gett viss energivinst genom att tilluften till huset på detta sätt förvärmats.

TABELL 5.3.3 JÄMFÖRELSE MELLAN DIREKT OCH INDIREKT UTVÄRDERADE DRIFRESULTAT (ENERGIVINSTER) AV SYSTEM 32 (kWh/år)

Syst, hus	År 79-80			År 80-81		
	Indir. utvärd	Direkt utvärd	Diff	Indir. utvärd	Direkt utvärd	Diff
32 R 8	586	770	-184	1.048	628	420
32 R 9	3.749	1.018	2.731	3.548	935	2.613
32 G 40	1.526	851	675	2.798	656	2.144*
32 G 41	2.220	1.722	498	3.104	1.840	1.264

* osäkrare än övriga värden - sannolikt felaktigt högt

Differenserna i TABELL 5.3.3 är inte orimliga i några fall. Exempelvis kan mycket väl ca 500 kWh utgöra skillnad i värmeförlust genom bottenplatta resp källarbjäklag i referenshus resp försökshus. Det är även möjligt att som i hus R 9 ett systematiskt utnyttjande av källaren för förvärmning av husets tilluft kan ge stora energivinster. Då kommer emellertid sannolikt betydande delar av energivinsten från andra källor än från solen.

5.3.5 Indirekt utvärdering av system 42

Resultaten är relativt osäkra. De båda radhusenheter-
na skiljer sig mer än vad som kan enkelt förklaras.
Mätåret 79-80 var solvärmens till varmluftaggregaten
inte inkopplad i grändhusen. Mätåret 80-81 är mätvär-
dena osäkra på grund av mätfel och saknade direkta
mätaravläsningar i grändhusen.

TABELL 5.3.4 RESULTAT AV SOLVÄRMESYSTEM - SKILLNAD
REFERENSHUS - FÖRSÖKSHUS

Syst, hus	Index	År 79-80		Index	År 80-81	
		Energi- vinst, kWh	Osäker- het, kWh		Energi- vinst, kWh	Osäker- het, kWh
42 R 10	76,7	3.980	+ 900	104,1*		
42 R 11	61,9	6.520	+ 900	68,5**	5.100**+	1000
42 G 27	77,4	5.100	+ 1200	75,5***	5.100	+ 1400
42 G 28	76,4	5.300	+ 1200	69,8***	6.400	+ 1400

* oförklarlig drastisk driftförsämring

** referenshusens värden kasserade, osäkra värden

*** en extra osäkerhet i indata av + 600 kWh ger totalt
+ 1400, vilket borde kompensera osäkerheten ifråga.

Värdena för grändhusen är av logisk storleksordning.
Gränsnyttan av solvärmesystemet utöver FTX-systemet
är emellertid HÖGST 6.400 - 2.500 = 3.900, vilket
knappast motiverar installationskostnaden.

Dessutom erinras om att vinsterna bör räknas ner med
5 indexenheter på grund av ogynnsam temperaturgradi-
ent i alla hus med luftburen värme. Detta skärper det
negativa omdömet.

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

6.1 Tekniska huvudresultat i jämförelse med målsättningen

I avsnitten 1.3 - 1.5 redovisas i punkter de mål som formulerats för projektet. Det är naturligt att här anknyta till dessa punkter och söka redovisa vad som åstadkommit.

- "Att utröna vad vi kan åstadkomma i energibesparingshänseende med nuvarande resurser (bygg- och industriföretag, kommuner, enskilda etc)."

Vi kan idag bygga optimalt värmeisolerade hus, vi kan tekniskt åstadkomma erforderlig täthet, vi kan också klart precisera täthetens betydele för byggnaders tekniska funktion och ekonomi. Detta kunskapsprång har initierats av projektet. Åran tillkommer andra, men trots allt bör det betraktas som en spin-off-effekt av projektet.

Vi kan också med förtröstan använda sådana värmepumpar som varit föremål för omfattande industriellt utvecklingsarbete samt praktisk och teoretisk utvärdering. - "Laboratoriefärdiga" värmepumpar, som ännu inte utprovats i stor skala, duger inte förrän detta skett. Med korrekt avvägning pumpstorlek/ energibehov kan ekonomiskt godtagbara resultat åstadkommas även i nyproduktionen av energisnåla hus.

"Styrsystem för behovsstyrt inneklimate är enkelt, driftsäkert och ger god avkastning på investerade medel." En exakt precisering av besparingspotentialen är dock näst intill omöjlig att göra. En stor potential finns dock. Mer än 10 % utöver vad som idag är vanligt kan uppnås.

- "Att systematisera och fastställa energitillförselns och energiförlusternas nivå och fördelning enligt den nya byggnormen SBN:75, Suppl nr 1."

Om en liten radhuslamell i medelsvenskt klimat betraktas, om fyra personer antas bo i detta hus och om hittills normal förbrukning av hushållsel, varm- och kallvatten har förekommit gäller följande:

Energiförlusterna från huset består av tre i stort sett lika stora delar, nämligen transmissionsförluster, ventilationsförluster och avloppsförluster. Ytterligare en mindre förlustpost finns (främst hushållsel sommartid), men denna lämnas tills vidare därhän.

Något tillspetsat skulle man kunna uttrycka hit-tillsvarande tekniska intresseinriktning på energibesparing som följer. Transmissionsförluster har ägnats huvuddelen av intresset när det gäller att åstadkomma energisnåla hus. Ventilationsförlusterna

har ägnats betydligt mindre intresse. Endast en bråkdel av intresset har ägnats vattenflödet genom huset (VA-förlusterna) helt enkelt därför att man inte varit medveten om deras betydelse relativt sett.

De indikationer som finns antyder att vattenflödet genom huset är en stor och viktig förlustpost. Denna nya tanke, som delvis belysts från en annan synvinkel av Erik Lundström*, borde kunna öppna nya möjligheter - icke minst i befintlig bebyggelse, där veterligen vattenförbrukningen är hög.

Enligt avsnitt 4.2 är energiförlusten sommartid betydande, vilket också framgår indirekt av varaktighetsdiagrammen. Även mätresultaten styrker entydigt detta.

Lättast förstår man kanske detta om man betraktar effektbalansen. Särskilt när det regnar är soltillskottet lågt, samtidigt som huset kyls evaporativt. Om lufttemperaturen ute är lägre än inne, uppstår både transmissions- och ventilationsförluster. Golvet lär ha värmeförlust mot mark hela året. Att undertempererat renvatten tas in har alltså med säkerhet viss betydelse för årsenergiförbrukningen - även sommartid.

Ytterligare en post har försumrats eller behandlats ofullständigt i energibalansberäkningarna. Det är avdunstningsvärme.

Entalpin i frånluft är upp emot 30 % högre än vad man hittills normalt räknat med. Rutinmässigt räknas oftast

$$\text{flöde} * \rho * c_p * \text{gradtimtal} = \text{ventilationsenergi.}$$

För 170 m³/h, mellansvenskt klimat och 110.000 °Ch blir detta ca

6.200 kWh.

I själva verket är energidifferensen tilluft - frånluft under eldnings säsongen närmare

8.000 kWh

på grund av den befuktning som skett i huset. Ca 1.000 kWh av skillnaden tas från "betald energi" och bör alltså tas med i energibalansberäkningar. Resten kommer från människor, vars "latent värmeavgivning" svarar för avdunstningsvärmets ifråga.

* Erik Lundström, "Energy Consumption in Single-family Houses - Influence by the Occupants". Inst f Byggnadsekonomi och Organisation, KTH. Seminarium juni 1980.

Detta leder också tanken till möjligheten att hela året kyla och avfukta frånluften med en värmepump. De 170 m³/h som nämnts innehåller inte mindre än ca

12.700 kWh,

om man året runt kyler till +1°. Detta är en praktisk värmekälla.

Att räkna energibalanser är inget nytt och kan förefalla trivialt. Med de varaktighetsdiagram för förluster och för tillförsel, som använts vid utvärderingen av Täby-projektet, syns emellertid ytterligare ett steg mot ökad kunskap ha tagits.

- "Att se om "ytterligare system" kan ge påtagliga (och positiva) resultat vad beträffar energiförbrukning och miljöeffekter."

Täby-projektets entydiga erfarenhet är den att värmelanläggningar med flera samverkande delsystem i enskilda hus bör undvikas. De är ofta dyra, komplicerade och svårskötta. Vissa värmepumpar har gett goda resultat - även om ofullgångna varianter vållat stora problem. Solvärmesystemen har däremot knappast hållit vad de lovat. Tekniken var åtminstone när Täby-husen byggdes ännu alltför primitiv. För små system och enskilda hus får kanske tilläggas "om ens någonsin".

- "Att om möjligt extrapolera från friliggande hus och radhus till större bostadshus."

De enkla modeller för energibalans som konstruerats och de kunskaper vi fått om ventilation och täthet samt om vattenförbrukningens och avloppets betydelse kan utan vidare översättas till större bostadshus. I själva verket torde goda möjligheter finnas att med enkla medel göra just de större husen extremt energisnåla.

- "Att jämföra kostnader och energibesparing för olika energibesparande system."

Genom uppläggningsen har jämförelser av energiåtgång kunnat göras och det med stor skärpa. Därmed kan också vederhäftiga kostnadsjämförelser göras.

- "Att ge erfarenheter av avancerad installationsteknik och dess påverkan på byggprocessen."

Helt klart framgår av erfarenheterna att en långt mer detaljerad projektering krävs. - Ju mer komplicerad anläggning, desto noggrannare förarbete måste bekostas. Ett bra exempel är de ljudproblem, som säkert inte fått den dignitet som nu blev fallet om t ex värmepumpar i enlighet med projektledningens och installatörernas samstämmiga önskemål kunde ha förlagts utanför bostadsutrymmet.

- "Att ge beslutsfattare på olika nivåer vetenskapligt verifierat underlag för olika dispositioner i energisammanhang när det gäller byggnader."

Dessa punkter har i vissa avseenden besvarats ovan. En viktig detalj helt utanför kostnad - nytta när det gäller energibesparing är komfort och klimat-hygien.

I Täby-projektet har här otvetydiga praktiska erfarenheter vunnits. En sådan är de övertemperaturer som ofta uppstår inomhus vid varmt väder och starkt solinfall. Detta är en allvarlig begränsande faktor när det gäller att göra energisnåla hus i framtiden. Det bör starkt övervägas huruvida inte tyngre byggmaterial bör återinföras även när det gäller småhus.

Ljudproblemen har i Täby-projektet bedömts vara den viktigaste enskilda begränsande faktorn för utnyttjande av värmepumpar. Med tunga byggnader kan ljudproblem lättare klaras. Även med nya och förbättrade värmepumpskonstruktioner kan befrielse från ljudproblem i dagens läge knappast garanteras enbart genom apparattekhniska förbättringar.

Det verkar idag inte osannolikt att vissa värmepumpar i projektet, vilka trots allt efter hand fått fungera väl i energisparhänseende ändå måste bytas ut mot traditionella elradiatorsystem just på grund av svårigheterna med ljud.

6.2 Översikt av de tekniska systemens teoretiska ekonomi med hänsyn till praktiskt uppnåelig funktion

Med de betraktelsesätt, som presenterats i kapitel 4, kan de flesta energisparsystem granskas och bedömas. För att förbättra överskådligheten redovisas huvudsakligen de friliggande husen och deras resultat i de resonemang som följer. Att de är tillämpliga även på radhusen är underförstått och kräver knappast ytterligare kommentarer.

Redovisning av ekonomi

Många mer eller mindre sofistikerade metoder att redovisa ekonomi finns. Författaren har i samarbete med kollegerna Arne Lindh, Tyréns, och Pehr Lundquist, Skandinaviska Elverk, redovisat sådana system som här berörs med hänsyn till inflation, energiprisstegringar, drift och underhåll i artikelform*. Här skall inte vare sig privatekonomiska eller riksekonomiska detaljstudier av systemen göras. En enkel jämförelse

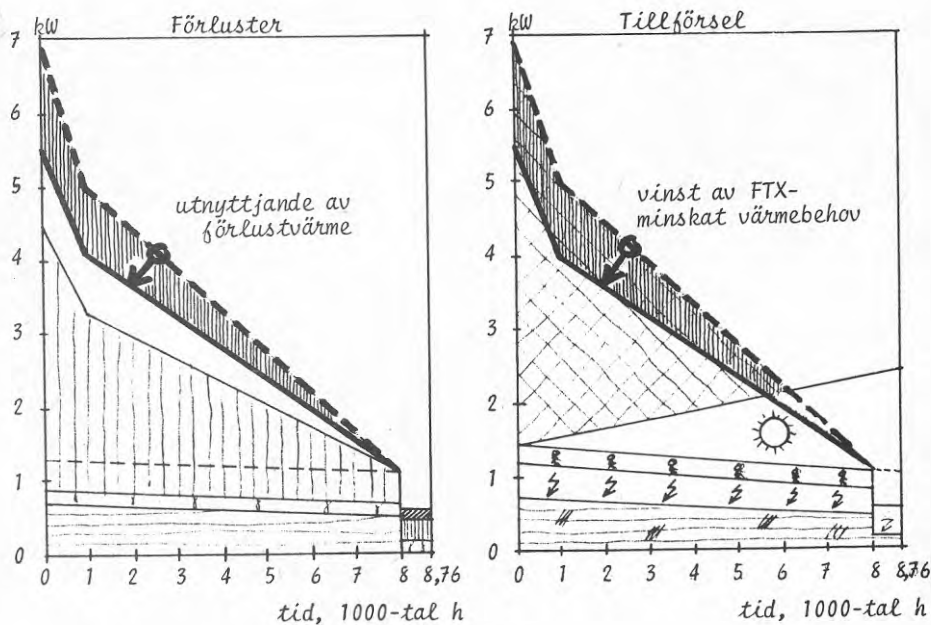
* VVS nr 10, 1980

av den relativa investeringskostnaden räcker för att belysa de stora differenser det här är fråga om. Den intresserade kan sedan lätt göra upp egna bedömningar av totalekonomin med hjälp av de många källor som finns att tillgå.

Den enkla jämförelsen görs här i kr/kWh/år, varvid inledningsvis endast investeringen berörs. I en sammanfattande tabell visas kompletterande synsätt på ekonomin.

Ventilationsvärmewäxling enbart

Här föreligger knappast några kontroversiella problem. Om väl förskjutningen av varaktighetsdiagrammets övre begränsningslinje i förlustdiagrammet (UT) är korrekt genomförd, är vinsten i betald energi på tillförselsidan odiskutabel. Energivinsten bestäms av flödena, värmeväxlarens verkningsgrad och luftläckningens storlek. Luftläckningen i sin tur bestäms av husets otäthet i samspel med de genomsnittliga drivkrafterna vind och termik.



FIGUR 6.2.1 BESPARING AV ENBART VENTILATIONSVÄRMEVÄXLING.

Ventilationsvärmewäxling förutsätter särskild tätning av huset utöver vad som krävs i Svensk Byggnorm och utöver vad som är allmän praxis idag. Om så inte sker blir besparingen mindre än vad som visas i diagrammet. Kostnaden för denna tätning är av storleksordningen 2.000 kr. Ett värmewäxlersystem kostade (1980) ca 8.500 kr (merkostnad utöver F-ventilation).

Den sammanlagda kostnaden för detta system är alltså i storleksordningen 10.000 å 11.000 kronor i 1980 års penningvärde och besparingen enligt beräkningar och enligt mätningar 3.000 +/- 1.000 kWh. I det praktiska måttat investerat antal kronor per årligen inbesparad kWh ligger alltså detta system ungefär vid

3 - 5 kr/kWh/år.

Solvärme

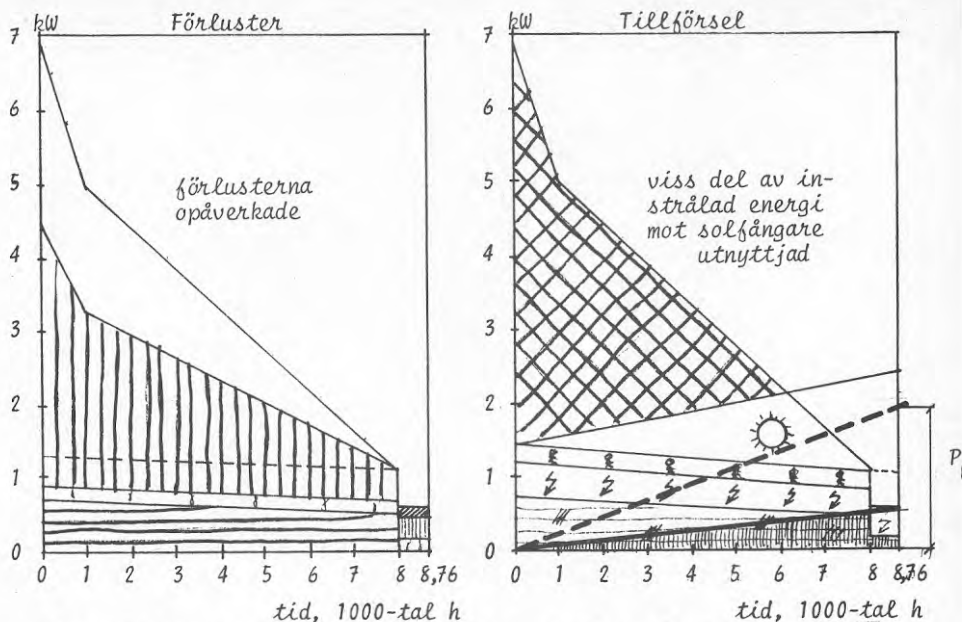
Det har visat sig vara en rätt praktisk metod att skissa ett slags omvänd varaktighet av nyttiggjord solinstrålning i tillförseldiagrammet och ur detta bedöma solvärmens inverkan. - Den omvända varaktigheten får ses som ett frekvensdiagram. - Det är tillämpligt generellt, dvs som ett genomsnitt av flera år, vilket gör att det alltså duger bra som "estimat". För ett enskilt år är diagrammet inte tillämpligt.

I ett litet solvärmesystem för enbart förbrukningsvarmvatten, FIGUR 6.2.3, är detta inte fullt så överskådligt som när det gäller de större systemen, FIGUR 6.2.2. Dock kan man konstatera att man på relativt enkelt sätt får fram en storleksordning av nyttig solvärme som är någorlunda riktig.

Kostnaden för detta system är i 1980 års prisläge av storleksordningen 16.000 kr och med den dimensionering som här valts borde man kunna påräkna en energivinst av ca 2.000 kWh/år. Att detta i praktiken icke uppnåtts syns bero bl a på ofullkomligheter i ackumulatortankens värmeisolering samt att systemen inte utnyttjats särskilt mycket under sommaren. Sannolikt spelar en systematisk övervärdering av varmvattenbehovet också in. En mindre ackumulatortank syns vara ekonomiskt mer fördelaktig. Såväl vinst som kostnad sjunker alltså, men någon väsentlig förskjutning kostnad/vinst kommer knappast ifråga. Från ekonomisk synpunkt syns alltså systemet ligga vid storleksordningen

8 kr/kWh/år.

Ett större solvärmesystem syns kunna förse varmvattensystemet med något mer energi än vad det mindre systemet kunde. Dessutom levereras värme till uppvärmningen, vilket representeras av den övre, mörkt skrafferade ytan i FIGUR 6.2.3.

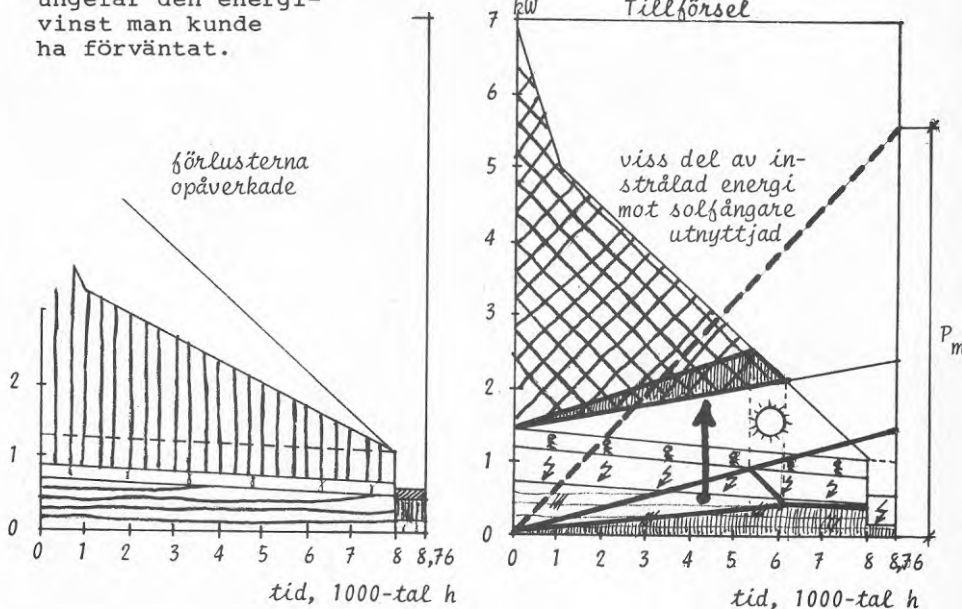


Figuren har konstruerats schablonmässigt så att P_{\max} * 8760 h / 2 och verkningsgraden 0,25 ger "idealiserat" resultat.

FIGUR 6.2.2 "LITET" SOLVÄRMESYSTEM - ENBART VARMVATTEN (OVAN)

FIGUR 6.2.3 "STORT" SOLVÄRMESYSTEM (NEDAN)

Även i denna figur avser P_{\max} den instrålning som med verkn. graden 0,25 ger ungefär den energivinst man kunde ha förväntat.



Även i detta fall har enkla ytberäkningar gett med Fläkts databeräkningar väl överensstämmande proportioner. Hela nyttan av solvärmesystemet kan uppskattas till drygt 4.000 kWh och kostnaden för solvärmesystemet enbart torde ligga kring 40.000 kronor. Investeringsens relativa kostnad blir alltså ca

10 kr/kWh/år.

Räknar man den totala nyttan av systemet som det är utfört, dvs med både solvärme och värmeväxling jämte styrning av temperatur och luftflöden, vinnas (teoretiskt, OBS!) ca 7.500 kWh till ett pris av drygt 60.000 kronor. Den totala investeringskostnaden ligger alltså om hänsyn tas till vissa osäkerheter, vid ca

8 kr/kWh/år.

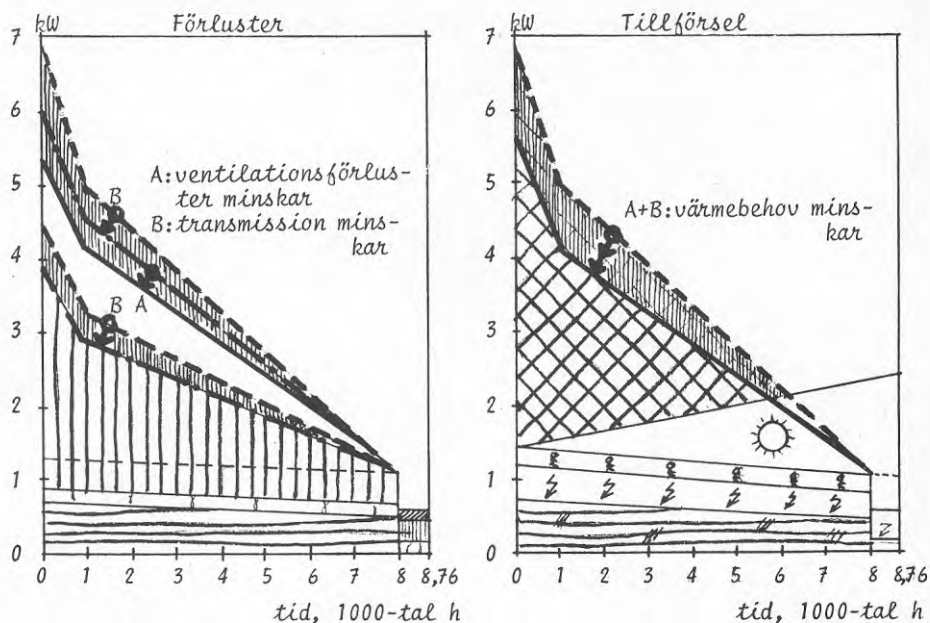
För de "stora" solvärmesystemen är resonemanget högst preliminärt och hypotetiskt, eftersom utvärdering ännu inte kunnat ske.

Styrsystem för behovsstyrt inneklimat

Detta system är enkelt, billigt och driftsäkert. Det är i fullt utbyggt skick närmast lämpat för elradiatorer, men kan också i olika varianter tillämpas för andra värmesystem. Utvärderingen är på denna punkt osäker. Vad man kan konstatera är emellertid att olika åtgärder för styrning av energibehovet inom ramen för en kostnad av ca 2.000 kr har KAPACITETEN att påverka energibehovet med ca 10 %. Då avses sådana åtgärder som att kraftigt sätta ner temperaturen under bortvaro från huset och därvid också sänka ventilationsflödet. Det kan knappast vara besvärligt att sänka ventilationen ner till 0,1 à 0,2 luftomsättningar under sådana perioder. Radon och hälsovådliga gaser vädras ut mycket snabbt när ventilationen körs igång.

Med den utformning som systemet fått i Täby kan emellertid siffran 4 % bedömas vara det normala resultatet. Därtill kommer inverkan av fönsterbrytare med samma storleksordning. I system med vattenradiatorer och luftvärme har besparingen sannolikt varit lägre på grund av att dessa system inte regleras på fullt lika enkelt sätt. Särskilt gäller detta värmepumphus, där ju "hälften av energin bör levereras gratis". Även hus med FTX har ju redan återvinning av en väsentlig energipost som reducerar nyttan av styrning. Därtill kommer att temperaturstyrning är svårare än vid direktelvärm.

Om man skall räkna nyttan för system av detta slag, bör man kanske dock i väsentlig grad ta hänsyn till systemets potential och därvid är de uppskattningar som redovisas i avsnitt 4.5 grunden för följande bedömning av investering/energibesparing.



FIGUR 6.2.4 INVERKAN AV KLIMATSTYRNING

● enbart temp och flödesstyrning	2,5 kr/kWh/år
(● vid värmepump och/eller FTX	5 "")
● även helgsänkning	1,5 "
● vid värmepump och/eller TF	3 "")
● maximal utnyttjning	0,7 "

Den bästa "biten" av styrning är radikalt sänkta ventilationsflöden, när man inte vistas i huset. - Nattsänkning av ventilationsflödet är egentligen ologiskt; en omdirigering av luften både vid F- och FTX-ventilation skulle däremot kunna vara tekniskt, ekonomiskt och hygieniskt klart försvarbart. På natten kan särskild sovrumsventilation slås på. Återluft, som gör att luften används mer rationellt, vore också positivt. Hittillsvarande erfarenheter visar att radon och hälsovådliga gaser snabbt vädras bort då ventilationen startas. I uppställningen är varken kostnad för eller vinst av fönsterbrytare (utomhusgivare gör ungefär samma nytta) medtagna.

Värmepumpar

I Täby förekommer två principiellt olika slag av värmepumpar. Den ena, ytjordvärmen, har som värmekälla ett medium med tämligen konstant temperatur under det att isbildning pågår. Det andra systemet utnyttjar

uteluften, och ger vid utetemperaturer under -15° inget bidrag till energiförsörjningen.

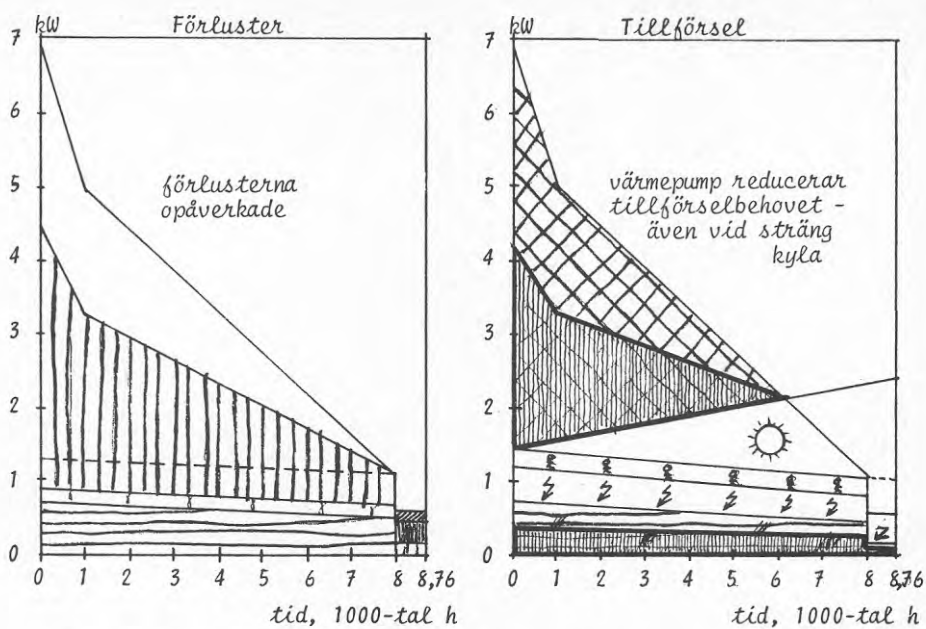
Det kan knappast vara en tillfällighet att de båda FIGURERNA 6.2.5 och 6.2.6 vid en ytberäkning ger så pass olika resultat som index 65 för ytjord och 77 för luft som värmekälla (index = 100 motsvarar refhus betald energi: värme + varmv + hush.el). Mätningarna från husen 14 och 18 (ytjordvärme) samt 38 (luftvärmepump) bekräftar dessa siffrors riktighet.

Det ekonomiska utfallet i Täby uttryckt som investering contra besparing är för de båda värmepumparnas del av storleksordningen

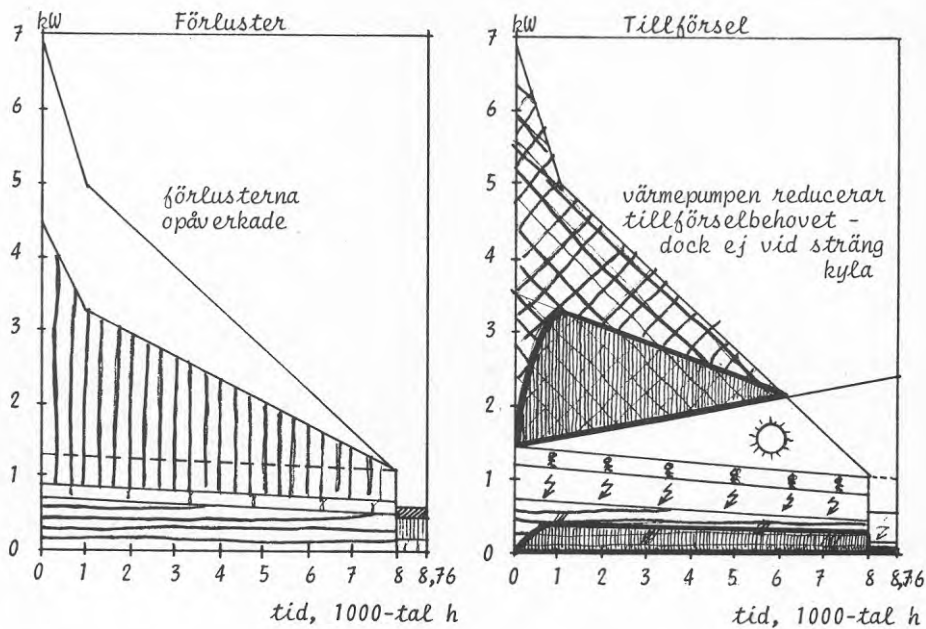
ca 6 kr/kWh/år resp ca 8 kr/kWh/år

för ytjordvärme respektive värmepumpar med uteluft som värmekälla. Siffrorna avser ENDAST nyproducerade energisnåla småhus.

Här aktualiseras behovet av en mer nyanserad bild av de ekonomiska jämförelserna. Service och underhåll drabbar värmepumpar med ett kapitaliserat belopp som kan vara av samma storleksordning som den ursprungliga investeringen, särskilt om utbyte och ombyggnad av väsentliga delar tas med i jämförelsen (jfr VVS 10 1980). Sådant är rimligtvis betydligt billigare för styrsystem och även för FTX-system. En reservation må dock göras för säkerheten i denna bedömning. Ännu är erfarenheterna av långsiktiga kostnader för drift och underhåll otillräckliga för en säker bedömning.



FIGUR 6.2.5 PRINCIP FÖR YTJORDVÄRMEPUMP



FIGUR 6.2.6 PRINCIP FÖR LUFT-LUFTVÄRMEPUMP

Kombinerade system - radhus, system 24

FIGUR 6.2.7 har konstruerats på följande sätt: Transmissionsförlusterna för ett radhus har upprättats. Ventilationsvärmeväxling har därefter reducerat ventilationsförlusten enligt UT-diagrammet, varvid vinsten redovisats på IN-diagrammet. Därefter har en luft-luft-värmepump lagts in på resterande värme och på varmvattnet.

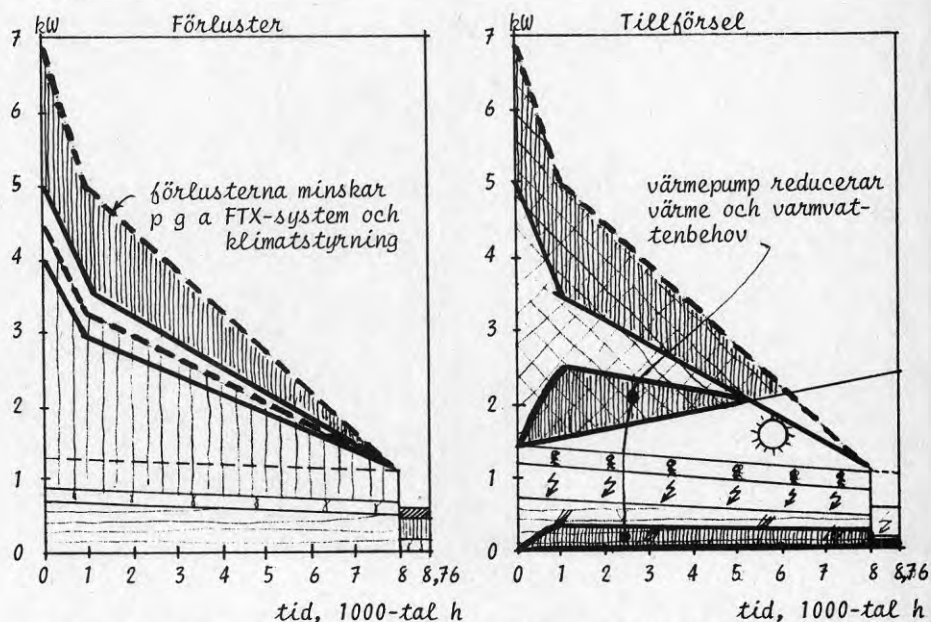
Den totala kostnaden uttryckt i kronor per årlig inbesparad energi är för systemet som helhet ca

7 à 8 kr/kWh/år.

Om man antar att värmeväxling av ventilationsluften först införs, får man där en kostnad av storleksordningen 4 à 5 kr/kWh/år.

Gränsnyttan av värmepumpen blir då relativt låg, med alltför hög kostnad för en tillkommande värmepump. Om man börjar med värmepumpen blir på samma sätt kostnaden för FTX-systemets gränsnytta alldeles för låg för att motivera investeringen.

Ytterligare komplikationer finns naturligtvis om även hänsyn tas till det styrsystem som använts i Täbyprojektet och som just i detta speciella fall dock kanske inte sparar nämnvärda energimängder. I varje fall skulle, om man började med att införa ett styrsystem och därefter övriga system, gränsnyttan ytterligare sjunka och kostnaden per årligen besparad energi stiga.



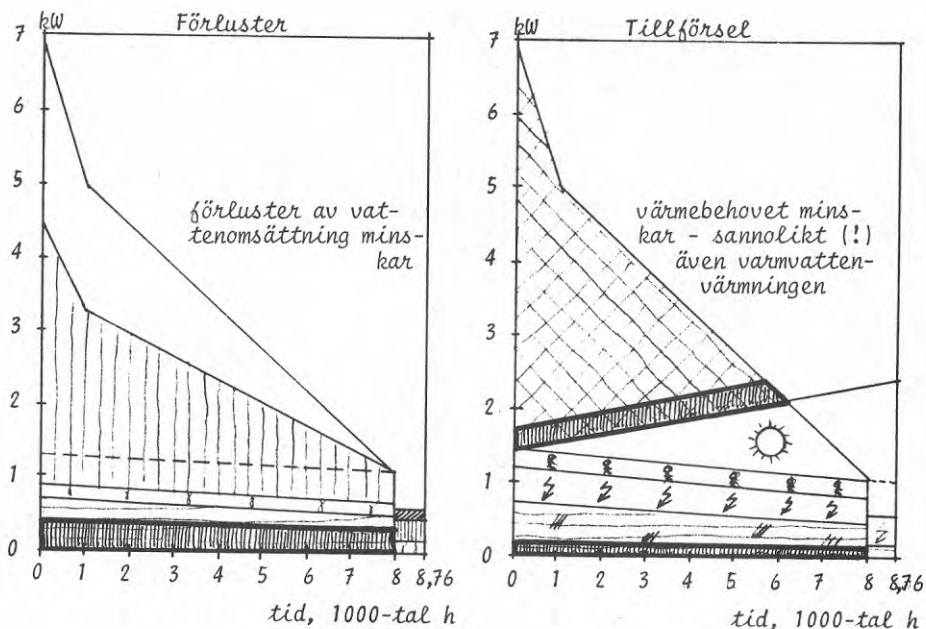
FIGUR 6.2.7 GRÄNDHUS MED SYSTEM 24, VÄRMEPUMP LUFT-LUFT, VENTILATIONSVÄRMVÄXLARE OCH KLIMATSYSTEM

Vattenbesparing

I linje med tidigare resonemang om vattengenomflödets betydelse för husets energiförbrukning kan alltså hävdas att ett minskat vattengenomflöde påtagligt minskar även energiförbrukningen. Analogin med ventilation är i detta fall högst påtaglig och, som även tidigare påpekats; varmvattenberedningens roll i sammanhanget får inte överbetonas.

Det kan vara motiverat att utöka analogin med ventilation just när det gäller varmvattenberedning. Att vissa delar av vattenflödet genom huset uppvärms är på sätt och vis analogt med vad som sker i ett hus med varmluftuppvärmning. Den enda skillnaden är att man oftast vid varmluftuppvärmning har en återluftförlust, vilket inte av hygieniska skäl finns några paralleller till när det gäller vatten.

I varaktighetsdiagrammen, FIGUR 6.2.8, kan en vattenbesparing redovisas som ett minskat fält för avloppsförluster i förlustdiagrammet. Det är alls icke nödvändigt att i tillförseldiagrammet minska varmvattenförbrukningen, även om en sådan minskning förefaller sannolik. Inverkan kommer av uppenbara skäl att komma till synes på värmekontot (radiatorenergi).



FIGUR 6.2.8 PRINCIPIELL INVERKAN AV VATTENBESPARING. OBSERVERA ATT VARMVATTENBEREDNINGEN INTE NÖDVÄNDIGTVIS BERÖRS.

Minskad vattenförbrukning åstadkommes emellertid inte utan vidare. Den får naturligtvis inte påverka hygien. Snålspolande armaturer, pedalstyrda armaturer, korta och tunna ledningar från varmvattenberedaren kan medverka till en låg vattenförbrukning. All den onödiga spolning som sker före och efter man tar det vatten man behöver kan vara en tillräcklig post att ta omhand för att åstadkomma en väsentlig vattenbesparing.

Analogin med ventilation kan drivas ännu längre. Avloppsvattenvärmväxling och ventilationsvärmväxling är analoga. En enkel mantelformad värmväxlare som tar upp en del av avloppsvärmen till kallvatten innebär i varje fall inga nackdelar för spolvatten till toaletter och diskvatten. Inte heller till tvätt finns någon anledning att använda speciellt kallt vatten. De enda fall där man har önskemål om särskilt låg temperatur på vatten är till dricksvatten och för kalldusch. Dricksvatten kan emellertid ordnas t ex med en tunn direktledning från servisen. Liknande arrangemang förekommer på en del håll. Man har alltså TRE kranar vid diskbänken. Skälet är oftast att det ordinarie vattnet är olämpligt som dricksvatten. Samma lösning kan man naturligtvis tillgripa för den som är speciellt angelägen om en iskall dusch.

Annars finns inget speciellt skäl som talar emot att kallvattnet i husets hela ledningssystem skulle kunna vara rumstempererat redan efter en värmväxling med avloppsvattnet. Här skulle väsentliga energimängder kunna sparas, uppskattningsvis 2.000 - 5.000 kWh/hushåll, varvid den högre siffran syns kunna vara möjlig i flerbostadshus, där vattenslöseriet är uppenbart.

I en flerbostadslägenhet skulle man alltså kunna åstadkomma något i stil med följande räkneexempel:

3 pers förbrukar 230 m³
 avloppstemp sänks 8° till 20 à 22
 kallvattentemp höjs 8° till 15 à 17

- detta ger energivinsten 2.100 kWh (300 à 400 kr)

vattenförbrukningen sänks
 minst 20 % (till småhusens
 nivå) till 185 m³

- detta ger energivinsten 680 kWh (100 à 150 kr)
 jämte en vattenvinst på 150 à 250 kr

I 1,9 M bostäder blir detta betydande belopp. Antalet boende är inte fullt 3 pers/läg, varför beloppen bör justeras ner en aning men följande totalbesparing syns ligga inom möjligheternas gränser:

- I energi räknat 4,5 +/- 1 TWh/år
- I pengar (1981 års) 1.000 +/- 200 milj kr/år

En vattenbesparing av den storleksordning som nämnts kan åstadkommas med mycket enkla medel. Vattenbesparing ENBART torde kunna klaras - i flerbostadshus - med mätare och debitering. Om mätaren inkl installation kostar 1.000 kr och vattenvinsten omräknas till energi (bara för att få ett enkelt jämförelsetal) blir det

$$1.000 \text{ kr}/2,6 \times 680 \text{ kWh} = 0,6 \text{ kr/kWh/år.}$$

Värmeväxling kostar olika beroende på hur stort huset är, men 2.000 x 20 verkar vara rimligt för ett hus med 20 familjer. Då blir kostnaden mindre än

$$1 \text{ kr/kWh/år.}$$

Sammanställning av relativa kostnader
för energibesparing

Jämförelserna ovan kan naturligtvis nyanseras en aning samtidigt som en sammanställning underlättar överblicken, TABELL 6.2.1.

TABELL 6.2.1 GROV ÖVERSIKT ÖVER DEN RELATIVA EKONOMIN FÖR OLIKA ENERGIBESPARANDE SYSTEM

	Investering kr/kWh/år
Ventilationsvärmeväxl (FTX)	3-5
Solvärme, system 32	8
" " 42 inkl FTX	8
Styrssystem för inneklimat, bästa variant	<1
-"- enl normalutförande (Täby)	2,5
-"- kombinerat med FTX och/el värmepump	5
Värmepump ytjord, energisnåla hus	6
" luft, "-"	8
(" ideal belastn)	3
Kombination värmepump, FTX i energisn hus	10
Vattenbesp särskilt i flerbost.hus	<1

6.3 Resultatens pålitlighet

Allmänna omdömen dels om kunskapsläge, dels om installationssystem och energibesparande systems effektivitet och ekonomi har ovan redovisats. Omdömena har naturligtvis avgetts med vederbörlig hänsyn till att kontinuerlig utveckling av såväl system som kunskaper pågår.

De resultat av driftmätningar som redovisas har i stort endast sådana osäkerheter som mätnoggrannheten medför. Den väsentliga osäkerheten härvidlag är innetemperaturens representativitet. Det av praktiskt skäl valda höga läget av mätgivarna (överkant dörrkarm) medför att redovisade temperaturer är något för höga.

Om man jämför med andra projekt av någorlunda likartad karaktär syns emellertid utvärderingsresultatet från Täby-projektet i påfallande hög grad överensstämma med framlagda teorier. Eftersom författaren varit projektledare även för Villa 80-projektet i Umeå under själva uppläggningskedet och därför också delvis ansvarat för detta projekts uppläggning kan det kanske vara ursäktligt om vissa paralleller redovisas. I detta projekt, där syftet och uppläggningsen hade en annan inriktning än i Täby-projektet, är det endast undantagsvis som i förhand beräknade driftresultat överensstämmer med de slutligt uppmätta.

Korrektionsberäkningar med hänsyn till innetemperatur, vattengenomflöde samt otäthet och ventilation för Täby-projektet har däremot gett mycket god överensstämmelse mellan flertalet huspar. Dessutom har överensstämmelsen mellan teoretisk beräkningsmodell och uppmätt värde varit god.

Andra indicier för pålitligheten finns också. I de regressionsmodeller som här kunnat redovisas är förklaringsgraden oftast över 0,95, vilket talar för mycket starka samband. I de fall modellerna inte ger fullt konsistent resultat har oftast sådana uppenbara förklaringar som exempelvis att icke linjära termer förekommer kunnat hävdas.

I många sk intensivmätningar har man kunnat ta pulsen på delsystem i husen. Det finns ingen anledning att betvivla riktigheten av intensivmätningarnas resultat, men däremot är deras representativitet självfallet inte sådan att man från dem kan dra generella slutsatser om systemens funktion. Här har emellertid genomgående kompletterats såväl med totalenergimätningar av själva försöksobjekten (både manuella och automatiska avläsningar) som jämförelser med referenshusen. På detta sätt har mycket säkra slutsatser beträffande de stora dragen av driftresultaten kunnat säkerställas.

Ett exempel är ventilationsvärmexlaren. Här har följande analyser gjorts.

- Gasanalysmätningar av luftomsättningen vid olika väderförhållanden för referenshus och för försöks-
hus.
- Strypfläsmätningar av själva ventilationssystemets
flöden.
- Temperaturverkningsgrader hos ventilationsvärmex-
lare.
- Teoretiska totalberäkningar av läckluftflöden base-
rade på mätningar och på meteorologiska data.
- Regressionsanalyser av automatiskt registrerade
energibelopp för referenshus och försökshus.
- Manuella avläsningar samt korrektionsberäkningar
för referenshus och försökshus.

Här är bilden helt klar och entydig. Trots relativt sett mycket täta hus har luftläckningen avgörande betydelse för systemet som helhet.

I de flesta fall har full klarhet om systemens prestanda kunnat nås. I några fall, exempelvis hus 32R9, har de överraskande goda driftresultaten kunnat tillskrivas en av misstag öppnad förbindelse till källaren. Här är våra slutsatser troligen riktiga, men ej helt ovedersägliga. I ytterligare ett fåtal fall, t ex referensradhusen 12R3,4 samt hus 32R19 år 1980-81, har ingen rimlig förklaring till de från mönstret avvikande driftresultaten kunnat uppletas.

Ett antal hus kunde trots stora ansträngningar inte fås att fungera tillfredsställande under loppet av de två första mätåren. Förhandlingar pågår när detta skrivs (maj 1982), varför mer än så ej kan sägas.

6.4 Sammanfattning av vetenskapliga och praktiska resultat från Täbyprojektet - resultatens generalitet

Den ursprungliga målsättningen att göra en positionsbestämning av vårt kunskapsläge syns i allt väsentligt vara uppfylld. Dessutom har viktiga kunskaps-tillskott på delområden kunnat noteras. Alltså:

- Det syns vara åtskilligt svårare än man hittills trott att utan målmedveten produktutveckling av system och hus åstadkomma radikala energibesparingar i nybyggda, från början energisnåla småhus.
- Kunnandet är långt ifrån tillräckligt när det gäller vissa installationssystem. Bristen på kunskap hänförs sig främst till systemens driftsäkerhet och deras samverkan med huset.

- Täby-projektet har initierat och bidragit till viktiga insatser på ventilationsområdet när det gäller samverkan av ventilationssystem och hus.
- Täby-projektet har fångat upp tankar kring vatten genomflödet genom huset och genom indiciebevisning kunnat styrka att energiförluster orsakade av vattengenomflödet genom huset är betydligt större än vad man tidigare föreställt sig.
- I arbetet med Täby-projektet har en enkel metod att redovisa förluster och tillförsel med hjälp av varaktighetsdiagram utarbetats och systematiserats.

Det största värdet av ett stort forskningsprojekt brukar vara den ökade kunskap som projektet kan tänkas ha medfört. Det är alltid svårt att precisera denna ökade kunskap och dess omfattning. Man kan heller inte med fog hävda att samma kunskap inte kunde ha inhämtats på annat håll. Sannolikt är emellertid att Täby-projektet medfört en tidigareläggning av kunskap exempelvis på områdena ventilation och täthet samt mer allmänt om energibalans för hus, dess proportioner och karaktär.

Det har här hävdats att man endast med stora svårigheter får flera energibesparande system att bli samhällsekonomiskt lönsamma. I detta fall kan resultaten från Täby-projektet ha stor ekonomisk betydelse ur den synvinkeln att de kan tjäna som referensobjekt i alla diskussioner om lämplig inriktning av forsknings- och utvecklingsinsatser beträffande energisparteknik. Marknaden på detta område, har det hävdats, är en tummelplats för allsköns tvivelaktig geschäft och det kan vara av stort värde att med kalla siffror kunna vederlägga alltför ovederhäftig reklam beträffande marknadsförda energibesparande system.

Spin off-effekter av särskilt arbetena på ventilationsområdet finns också att peka på. En i och för sig inte ny produkt - frånluftvärmepumpen - har satts i produktion. Ett avgörande skäl till detta var Täby-projektets resonemang om lägre läckluftflöden vid F-ventilation än vid FT-ventilation. Den syns vara en idag mycket konkurrenskraftig installationskomponent för energibesparing i nybyggda småhus.

Ytterligare ett område bör alltså vara betjänt av erfarenheterna från Täby-projektet. Det är den seriösa produktutveckling (exempelvis med frånluftvärmepumpar) som redan påbörjats eller som eventuellt också initieras av våra resultat.

Eventuellt kan redan framlagda resultat, vilket ju också tidigare påpekats, vara direkt användbara i befintlig bebyggelse. I så fall kommer detta högt upp på prioriteringslistan.

Även som bas för kommande experimentbyggnadsverksamhet kan Täby-projektet förväntas ha viss betydelse.

Naturligtvis kan omdömen om resultatens generalitet inte vara kategoriska. Alla resultat ligger på en glidande skala från "för Täby-projektet specifika" till "generellt giltiga"

Jämförelse med superisolering

Många har lekt med tanken* - och även gjort praktiska försök** med extremt välisolerade hus. Tanken är främst att nå den tröskel där man inte längre behöver ett värmesystem av vanligt slag. Ett grändhus i Täby-projektet med 30 cm isolering i väggar och 40 à 50 cm i tak samt specialfönster ($k = 1,2$) skulle kunna komma till en årsenergibalans i MWh ungefär som följer:

Förluster (UT)		Tillförsel (IN)	
Div (sommars el)	0,5	Sol	1,5
Vent (FTX)	3	Personer	1,5
Transmission	6	Hushållsel	4,5
Avdunstn (återv)	0,5	Varmvattenber	2
VA-förluster	2	Värme	2,5
Summa	12	Summa	12
		varav bet	9

Ett så litet behov av värmertilförsel som 3.000 kWh kan förmodligen klaras på enklare sätt än med ett traditionellt värmesystem.

Mats Wolgast har en liten vedkamin och några små 300 W stickproppsanslutna elradiatorer. Vill man klara sig med enkla medel så visst kan man.

Några av Täby-projektets radhus har så lågt totalt värmebehov som i exemplet ovan. Ett närmare studium av dem med denna speciella inriktning kanske vore av intresse (se exempelvis avläst, okorrigerat värde hus R 12 mätåret 1979-80).

Kombinerade systems prestanda

De kanske minst generella resultaten rör vissa kombinationssystemens prestanda. Exempelvis kan energisparresultaten från system 24 (FTX, styrsystem, värmepump) anses vara specifika Täby-företeelser, eftersom likadana system kanske inte kommer att byggas och eftersom systemets delar redan idag undergått en teknisk utveckling.

I ett annat avseende kan resultatet av just system 24 dock anses ha stor generalitet, nämligen som exempel på hur stora svårigheter man riskerar att möta när flera system kombineras - i all synnerhet om en grundlig produktutveckling inte hunnit genomföras.

Nils-Eric Lindskoug* och Mats Wolgast** "Bygga & Bo på 80-talet", Ingenjörsförlaget, Stockholm 1977.

Värmepumpars utnyttjning

En låg grad av generalitet har kanske också resultaten från t ex system 14 (styrsystem, värmepump, vattenradiatorer) trots den i flera fall goda energispareffekten. De värmepumpar som använts är dimensionerade för större värmebehov och har alltså inte kunnat visa vad de duger till i tekniskt-ekonomiskt hänseende.

Möjligen kan man anse att den relativt låga "jämförelsevärmefaktorn", COP(j), har en slags generalitet däri att den avser en jämförelse med direktel, vilken enligt flera samstämmiga undersökningar har bättre total systemverkningsgrad än vattenburen värme och eventuellt också luftburen värme.

Inverkan av luftläckning

Utvärderingen av F-ventilation i jämförelse med FT-(FTX-)ventilation syns ha en hög grad av generalitet. Det förefaller att vara berättigat att tala om bevisning av samband, som för övrigt redan år 1974* - oss ovetande, eftersom skriften inte anmälts till Byggdok - uttryckts i matematisk form. År 1977 publicerade hypoteser** och P.O. Nylunds 1979 publicerade systemanalys*** har alltså bekräftats. Den goda nytta FTX-system gör i täta hus har också belysts, varvid den ekonomiska nyttan inte bör få skymma den hygieniska.

Energibalansens karaktär

Flera resultat som erhållits på detta område är fullt generellt giltiga. Att formulera dem kortfattat är emellertid svårt, allrahelst som resultaten på intet sätt kan påstås vara uttömmande. Följande punkter må nämnas.

1. VA-förluster är ofta STÖRRE än man tidigare trott och deras VARIANS är stor. Spannet för vanliga småhus kan vara större än 2.000 - 7.000 kWh/år.
2. Luftläckning torde vara en så pass betydande faktor att den inte kan försummas vid en energibalansberäkning. Sannolikt har transmissionsförluster övervärderats samtidigt som ventilation och luftläckning undervärderats för att få balansen att gå ihop. Från vädring bortses dessutom ofta.

* Larsen, Björn T, Ventilationsberegninger, Norges Byggeforskningsinstitut, 1974

** Lindsoug, Nils-Eric, Tekn Tidskr + VVS, se tidigare ref

*** Nylund, P.O., Tjyvdrag och ventilation, BFR T4:1979

3. Entalpiökningen av luft som omsätts beror inte enbart på människornas utdunstning. Storleksordningen 1.000 kWh + 500 kWh är sannolikt köpt energi, vilket måste beaktas i energibalansberäkningarna.

I och för sig stämmer detta med publicerade resultat från flera håll, men mer forskning behövs innan faktorernas betydelse är säkerställd.

4. Varmvattenbehovet har sannolikt ÖVERVÄRDERATS. Studierna antyder att en stor del av energin till varmvattenberedare blir transmissionsförluster från beredare och avsvalningsförluster i rör. Den första säkra observationen av beredarförluster är 116 kWh/mån, vilket motsvarar 39 % av den genomsnittliga totalförbrukningen. Avsvalning i rör kan överstiga 10 % (därutöver).
5. Nyttig solvärme syns vara lägre i Täby-projektet än vad man oftast ser i redovisningar av energibalanser.
6. Personvärme har valts till höga värden i Täby-projektets korrigeringsberäkningar, vilka ju lett till trovärdiga resultat.

Generellt indikerar resultaten att energisparande är SVÅRARE än hittills rådande uppfattning med

- värmeisolering
- FTX-system
- solvärt varmvatten
- passiv solvärme

På samma sätt syns det kunna vara LÄTTARE än man trott att åstadkomma resultat med

- kallvattenbesparing
- bättre varmvattenberedningsteknik (+ sparande)
- tätning
- frånluftvärmepumpar

På flera punkter erfordras emellertid mer uttömmande bevisning - förhoppningsvis är dock indikationerna till nytta.

Resultaten vad beträffar energibalansens karaktär torde ha generell giltighet för alla hustyper. Dock har kylproblematiken inte ägnats uppmärksamhet i detta projekt.

7 MÄTDATA FRÅN TÄBYPROJEKTET FÖR HUGADE FORSKARE

7.1 Inledning

Det finns gott om mätdata som det går att utnyttja för att belysa husens och de olika systemens funktion ur nya synvinklar. Intresserade läsare kan efter kontakt med MCE själva få tillgång till alla data de kan ha intresse av.

7.2 De automatiska mätningarna

Insamling av timvärden för flertalet mätpunkter har med undantag av kortare avbrott pågått under perioden 79-02-01--81-05-31.

Mätpunkter

Mätningarna består av ett basprogram, som är gemensamt för samtliga hus, och speciella program, som är anpassade för de olika värmeanläggningarna. Mätningarna är i princip lika inom grupper av fyra hus med lika uppvärmningssystem. Dessutom mäts solinstrålning, vindhastighet och -riktning samt utomhustemperatur gemensamt för hela området.

Grundprogrammet omfattar

1. Inomhustemperaturer i sju olika rum
2. Elförbrukningen för uppvärmning, varmvatten resp övriga hushållet
3. Sammanlagda öppettiden för fönster och ytterdörrar
4. Varmvattenförbrukningen
5. Drifttid för hel- och halvfart hos ventilationsfläkt

I bildsidorna i avsnitt 4.6.3 finns översiktligt beskrivet hur och var det mäts. En mätpunktsförteckning finns i en särskild pärm hos MCE, där systemskisserna från avsnitt 4.6.3 finns i större skala för varje hus.

Typisk onoggrannhet

Onoggrannheten på grund av brister hos mätutrustningen är för olika mätpunkttyper:

Typ	Beskrivning	Typisk onoggrannhet
Tx	temperaturer	0,3 K
I	solirradians	10 %
H	drifttider	+5s
FV	vätskeflöden	3 %
EE	elenergi	2 %
EV	vätskeburen värme	5 %

* Detta kapitel har i huvudsak skrivits av
Per Isakson, MCE

Till dessa siffror måste i några fall adderas ett bidrag till onoggrannheten, som beror på givarens placering. Rumstemperaturer mäts t ex av praktiska skäl invid en innervägg 2,10 m över golv och på grund av luftens temperaturskiktning - beror på värmedistributionsystemet - kan det mätta värdet vara någon grad över rumsmedeltemperaturen - mer vintertid i husen med varmluftuppvärmning.

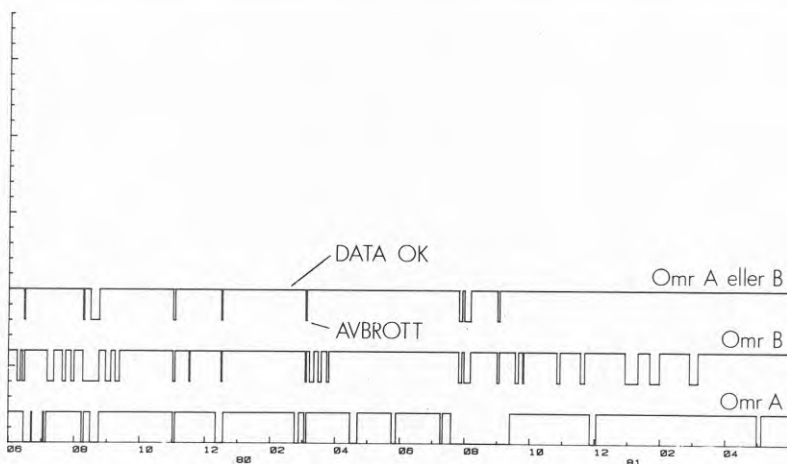
Databortfall

Problem med driften av mätsystemet, bl a ett åsknedslag, har medfört ett databortfall omfattande ca 10 % av tiden, vilket gör att det för de värst drabbade perioderna är svårt att beräkna månadsvärden med acceptabel noggrannhet. Bortfallens fördelning i tiden framgår av FIGUR 7.2.1.

Mätdatas tillgänglighet

Data lagras av mätcentralen vid KTH på 1/2" magnetband (ANSI-standard 800 BPI). Vid mätcentralen finns det nu programvara som gör det förhållandevis enkelt att på deras datorsystem utföra beräkningar och skriva ut resultatet i tabeller och diagram.

Enligt kapitel 3 är en stor del av data som registreras efter 800701 opålitliga och bör därför användas med största försiktighet.



FIGUR 7.2.1

7.3 Övriga mätdata

Några ord om elmätaravläsningarna

För att säkra data även om något skulle hända med datautrustningen, beordrades avläsning av alla el- och vattenmätare varje månad. Detta material har stansats och tryckts ut och finns tillgängligt.

Inom parentes kan erinras om att korrigeringsberäkningarna helt baserats på dessa "manuella" data, eftersom de bedömdes vara säkrare och eftersom de för övrigt också var omedelbart tillgängliga på kontoret.

Spårgasmätningar

Dessa mätningar refereras i kap 5. Mätmaterial finns på Chalmers, Inst för Installationsteknik (Torbjörn Jilar).

Karteringar av rumstemperatur

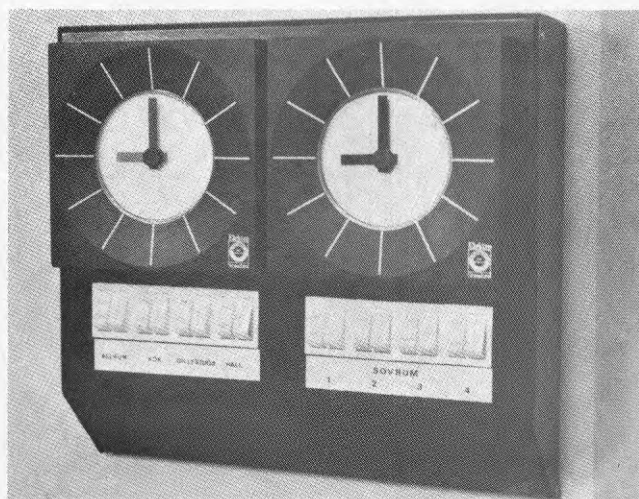
För att få bästa möjliga noggrannhet på temperaturdata har kartering av rumstemperaturer skett. Den största mätningen har genomförts av Institutionen för Byggnadsteknik (Nyman) och den finns redovisad i bilagor i motsvarande rapport. Ytterligare mätdata finns hos MCE och hos TYRENS.

DIVERSE DETALJER

(styrning och reglering
av värme- och ventila-
tionssystem)

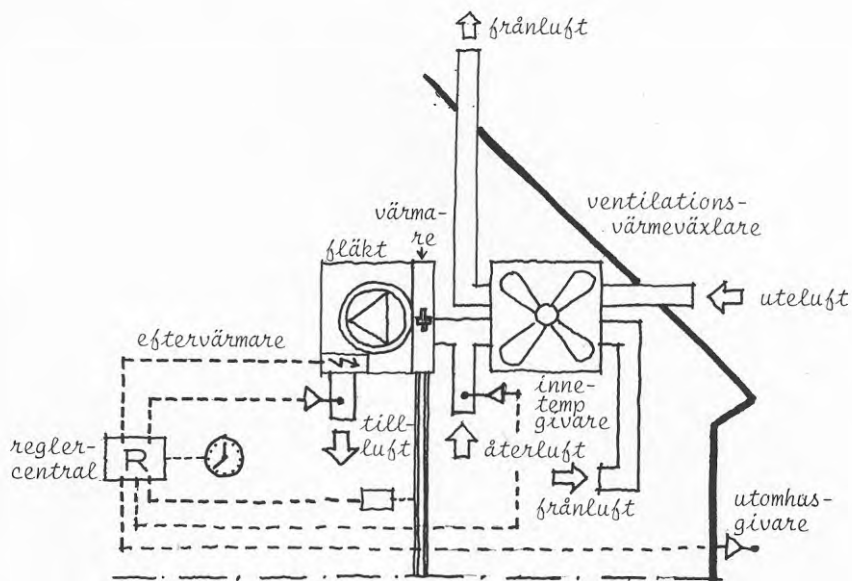


Microbrytare mellan båge och karm styr ström till radiatorer - mäter tid för fönsteröppning.



ELEKTROSTANDARD'S ENERGISPARSYSTEM TYP 39 .

STYRCENTRALEN BESTÅR AV TVÅ KOPPLINGSUR MED VARDERA FYRA PROGRAMVÄLJARE FÖR OLIKA RUM ELLER RUMSKOMBINATIONER. PÅ KOPPLINGSURET STÄLLS LÄMPLIGT VECKOPROGRAM IN FÖR HUSETS DAGDEL RESP NATTDEL. FLERA SÄNKNINGAR PER DAG KAN ERHÅLLAS. MED PROGRAMVÄLJAREN STYRS SEDAN VARJE RUM FÖR SIG.



Princip för styrning av varmlufts-system

Kopplingsur för
varmluftsyttem
(SCS EUK2/TG)

Tidindikering

Korrigerering av ur

Koppl.ryttare i inre
läge kontaktläge *

Koppl.ryttare i yttre
läge kontaktläge *

Dygnsskiva

Programväljare

* Dag och natt

normal

* Dag och natt

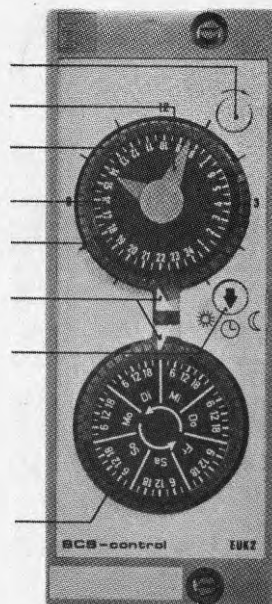
reducerad

* Dag normal

* natt reducerad

Veckoskiva

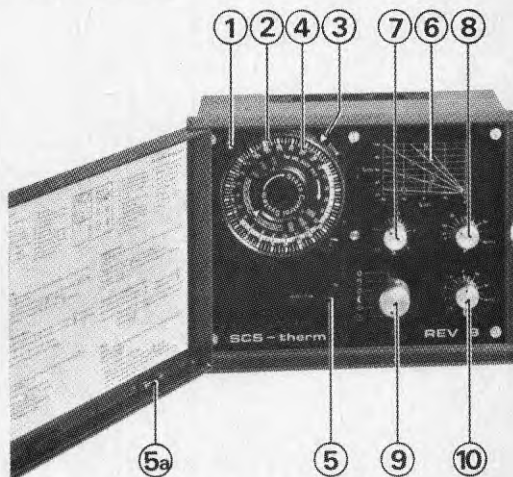
* Symboler



Kopplingsur för
vattenradiatorsyttem
(SCS-therm REV 9)

Inställningsmöjligheter

- 1 Kopplingsur
- 2 Ändringsbara kopplingsryttare
– röd för dagstemperatur
– blå för nattemperatur (sänkning)
- 3 Omkopplingsmarkering
- 4 Tidsskiva
- 5 Säkring (1A-T)
- 5a Pesersäkring
- 6 Värmekurvans diagram
- 7 Lutningsinställning
- 8 Parallelförskjutning
- 9 Programkontakt
- 0 Sommar (pump från)
- ☉ Manuell drift
- ☼ Dag och natt normal
- ☾ Dag och natt reducerad
- ☼☾ Dag normal – natt från
(Ventilen är avstängd på natten)
- ☼☾☾ Dag normal – natt reducerad
- 10 Nattsänkning



BILAGA 2

MÄTNINGAR - MÄTINSTALLATIONER OCH MÄTTEKNIK

1 INSTRUMENT

1.1 Översikt

I Täby-projektet mäts ca 1200 punkter var 5:te minut. Denna mätning sköts av ett datorstyrt mätsystem. Ur mätsynpunkt består projektet av två likadana, självständiga system; ett för A-området och ett för B-området. Systemen har inte några delar gemensamma. Mätdata medelvärdesbildas eller summeras, beroende på mätpunktstyp, över entimmesintervall. Varje timme lagras resultaten ut på kassettband, som byts varje vecka.

1.2 Dator

Varje system styrs av en bordsdator, typ Hewlett & Packard 9825. Datorn har programmerats i ett Basic-liknande språk, HPL. Till datorn är mätinstrumenten anslutna genom en standardiserad anslutning, en buss. Beteckningen på den använda bussen är bl a IEEE-488-bussen eller IEC-bussen. Via bussen är också en skrivare ansluten, som gör det möjligt att tabellera eller rita kurvor över mätvärdena direkt vid mätplatsen. Detta påverkar inte den normala insamlingen av data.

Datorns program är lagrade på ett internt kassettbandminne. Om nätströmmen till systemet försvinner, läser datorn automatiskt in programmet från kassetten och startar mätningarna så fort strömmen återkommer. De insamlade mätvärdena lagras på ett externt kassettbandminne. Detta har plats för fyra kassetter, vilket svarar mot två veckors mätningar.

Mätvärdesbehandlingen, som görs av datorn, beror på mätpunktstypen (mätstorheten). Instruktionen härtill finns lagrad i en tabell i datorn tillsammans med kanalnummer och övrig information. Denna tabell, som alltså styr hela mätinsamlingen, kallas beskrivningsfil.

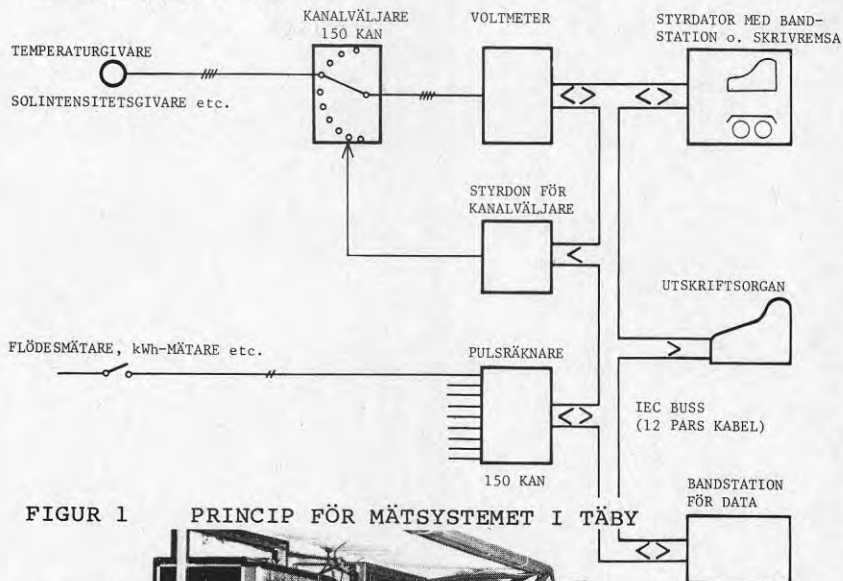
1.3 Instrument

Till styrdatorn är tre olika instrumenttyper anslutna genom den standardiserade bussen. För mätning av analoga signaler används en voltmeter. Den signal som skall mätas ansluts till voltmeteren via en kanalväljare. Pulser, som erhålls t ex från flödesmätare, kWh-mätare eller drifttidmätning, mäts med pulsräknare. Varje sådant instrument har 100 kanaler.

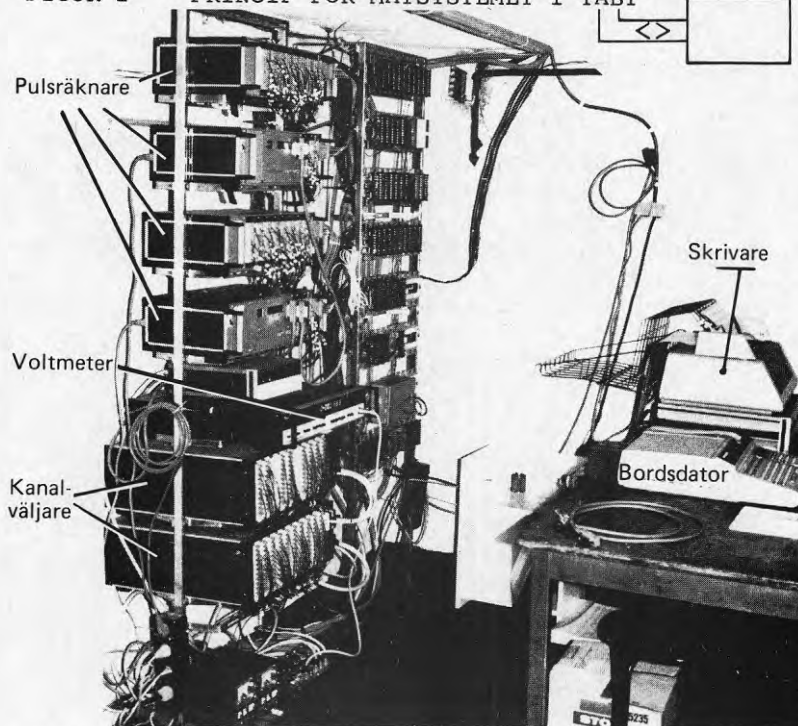
Order till instrumenten om inställning av kanalnummer, mätområde t ex ges av bordsdatorn. Överföringen sker över IEC-bussen. Datorn läser sedan av instrumenten, omvandlar resultaten till fysikaliska stor-

heter, gör ev ytterligare behandling, medelvärdesbilder eller summerar och lagrar slutligen resultaten.

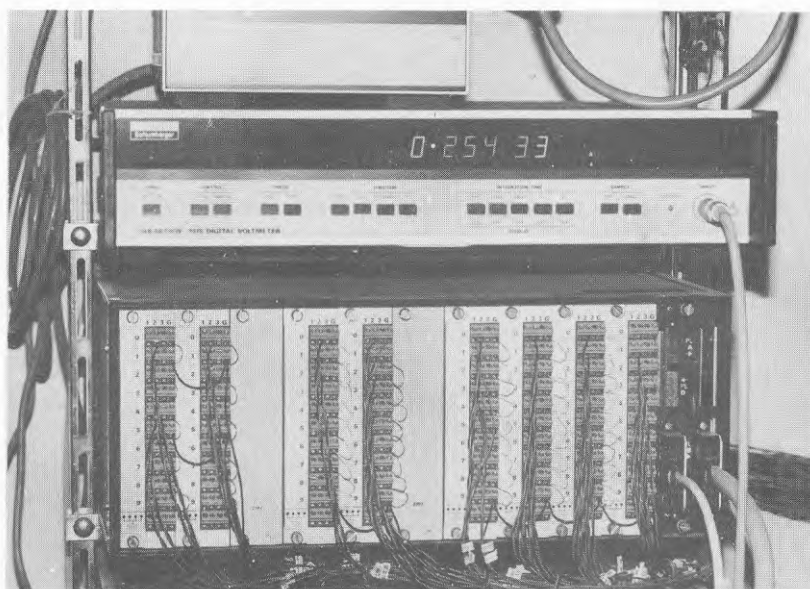
FIGUR 1 visar en schematisk bild av insamlingssystemet. FIGUR 2 - 4 visar bilder på instrument och instrumentuppställning.



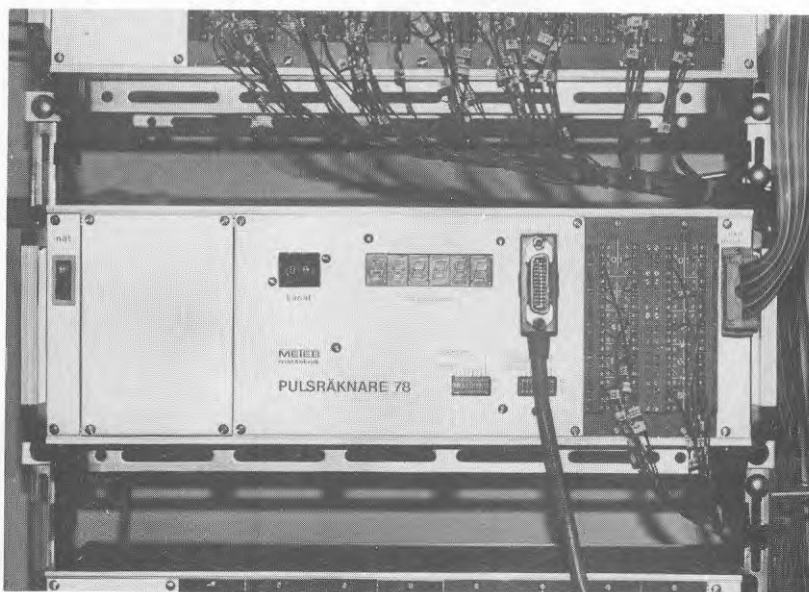
FIGUR 1 PRINCIP FÖR MÄTSYSTEMET I TÄBY



FIGUR 2 MÄTSTATION I TÄBY-PROJEKTET. STYRDATOR OCH INSTRUMENT I HUVUDSTATIONEN I B-OMRÅDET.



FIGUR 3 VOLTETER OCH KANALVÄLJARE



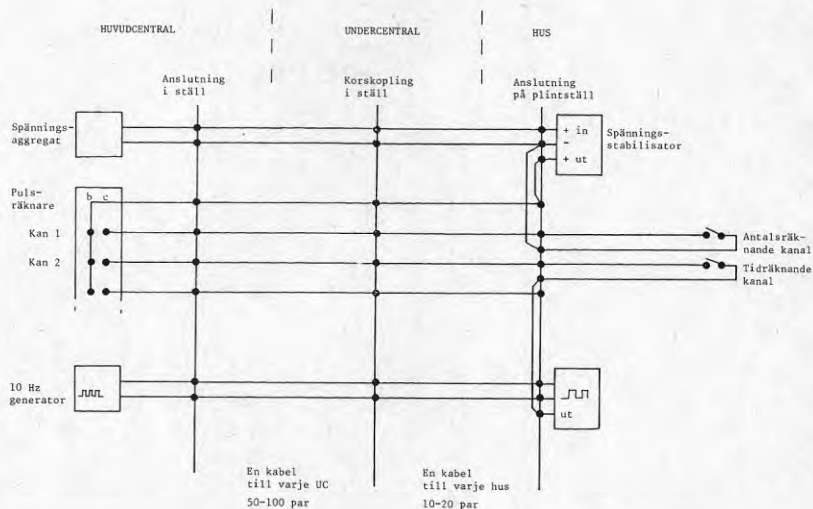
FIGUR 4 PULSRÄKNARE

2 KABELDRAGNING

Styrdator, pulsräknande instrument och voltmeter är placerade i en s k huvudcentral i varje område. Från huvudcentralen är kablar dragna till s k undercentraler och därifrån till varje enskilt hus. I husen finns ett plintställ där signalerna från de olika givarna i huset är anslutna till de inkommande kablar. Fördelningen av ställ och kabeldragningen mellan husen framgår av FIGUR 5 och 6. För de analoga och digitala signalerna används separata kablar och även i övrigt är de helt separerade.



FIGUR 5 KABELDRAGNING I A-OMRÅDET

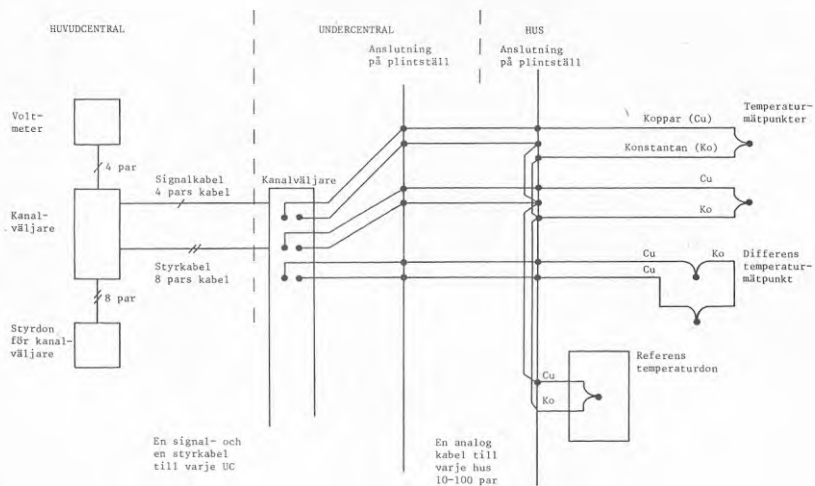


FIGUR 7 PRINCIPER FÖR DIGITALA SIGNALER

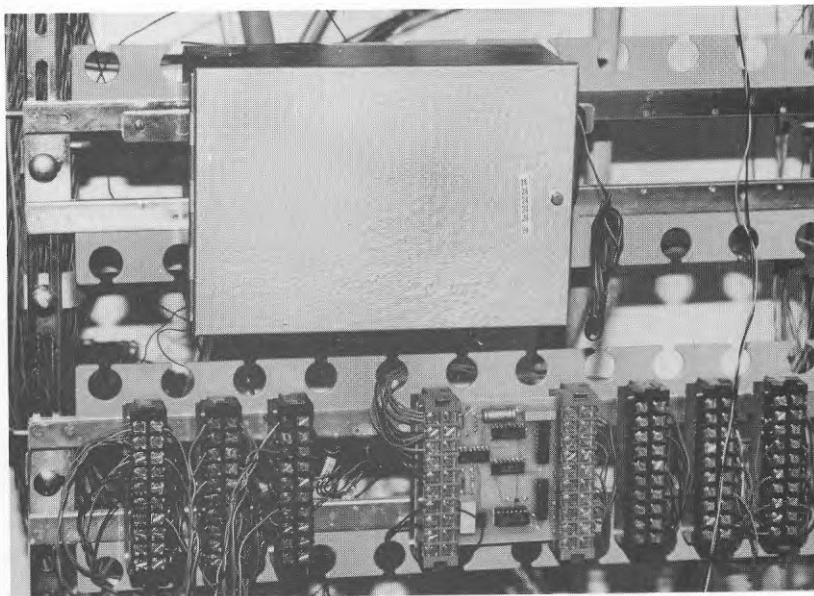
Från varje enskilt hus går en digital kabel till närmaste undercentral. I undercentralen korskopplas alla digitala signaler samman till en enda kabel med 50 - 100 par, vilken går till huvudcentralen. Där ansluts signalerna till de pulsräknande instrumenten. I de digitala kablarna överförs också matningsspänningar och en 10 Hz-signal till de enskilda husen. Signalen med 10 Hz-frekvens används för att generera den 1 Hz-signal som används för tidsräkningen.

Analoga signaler

FIGUR 8 visar schematiskt hur de analoga termoelementsignalerna kopplas. Från mätpunkten ute i huset dras termoelementtråd till plintstället i huset. Signalen korskopplas via ett referenstemperaturdon, FIGUR 9. Efter detta förs signalen vidare genom ett ledningspar i en analog kabel till närmaste undercentral. I undercentralen står några enheter av kanalväljaren. Kanalväljaren består av upp till tio separata enheter. Dessa kan placeras på stort avstånd (upp till 100 m) från varandra och behöver bara förnas med två kablar om 8 resp 4 par. De analoga signalerna ansluts till kanalväljaren i undercentralen. Till huvudcentralen går endast de två kablar som för binder kanalväljarens olika enheter med varandra. I huvudcentralen är voltmeteren ansluten till kanalväljaren.



FIGUR 8 PRINCIP FÖR TERMOELEMENTSIGNALER (ANALOGA)



FIGUR 9 DETALJ AV KOPPLINGSSTÄLL MED TEMPERATUR-REFERENSDON OCH 1 Hz-GENERATOR.

För mätning av temperaturskillnader används differenskopplade termoelement. Signalerna från dessa är inte anslutna via referensdonet utan går direkt vidare. Även andra typer av analoga signaler finns. De är kopplade på liknande sätt. Exempel på givare som ger sådana signaler är motståndstermometrar för mätning av temperaturdonets temperatur och/eller solarimetrar.

Det sker alltså ingen förstärkning av de små signaler som erhålls från termoelementen. Avstånden till voltmetern är mer än 80 m för de längst bort belägna termoelementen. För att undvika inverkan av elektriska störningar har stor omsorg lagts ner på jordning och skärmning. Alla analoga signaler går i tvinnade par i kablarna, som är skärmade. Separata jordpunkter i varje hus har använts för de analoga signalerna. Omkoppling mellan jordpunkterna sker med kanalväljare. Det digitala systemet har en enda jordpunkt - i huvudcentralen.

4 BESKRIVNINGSFIL

Datorns avläsning av mätpunkterna styrs av en tabell i programmet. Tabell kallas - som nämnts - beskrivningsfil (b-fil). (Exempel, se FIGUR 10.)

323	09FV085	123	Flöde solfångare FV 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.300	M3	.1000E-02
324	09FV086	124	Varmvattenförbrukning FV 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.300	M3	.1000E-02
313	09H 025	117	Tid mellan datalagringar H 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4000.	S	1.000
320	09H 082	120	Tid fläkt halvfart+avst H 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4000.	S	1.000
321	09H 083	121	Drifttid fläkt helfart H 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4000.	S	1.000
322	09H 084	122	Öppettid spiskåpa H 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4000.	S	1.000
328	09H 090	128	Drifttid solfångarpump H 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4000.	S	1.000
329	09H 098	129	Öppettid fönst., dörr. H 0	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	.4000E+05	S	1.000
307	09I 023	347	Solinstrålning hor. I 0	10.89	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.000	1100.	W/M2	10.00

För varje mätpunkt finns vissa bestämda data lagrade. Mätpunkterna kännetecknas genom en 8-ställig kod eller kanalbeteckning. Denna kod är unik och får inte ändras under projektets gång. Koden byggs upp på följande sätt: HHTTLLX,

där HH är två siffror som anger husnummer
 TT är två tecken som anger mätpunktstyp
 LLL är tre siffror som anger ett löpnummer i varje hus
 X saknas vanligen men kan användas för att skilja två i övrigt lika mätpunkter.

Exempelvis anger 28TK017 en mätpunkt av typ TK (Temperatur i luftKanal) hus 28, löpnummer 17.

Beskrivningsfilens viktigaste data är följande:

- Kanalnummer: Använt kanalnummer i kanalväljare eller pulsräknare.
- Kanalbeskrivning: Text som skrivs ut vid kurvritning etc.
- Referenser till övriga mätpunkter: Anger beteckning på upp till tre andra mätpunkter som har samband med aktuell mätpunkt och som används vid mätvärdesberäkningar. Sambandets art beror av mätpunktstypen.
- Villkor: Anger om mätpunkten endast skall mätas villkorligt, se BILAGA 2.
- Sort: Anger enhet för givna mätvärden.
- Numeriska parametrar: Används vid mätvärdesberäkningen. Användningen beror på mätpunktstypen.
- Min- resp maxgräns: Mätvärdet kontrolleras mot dessa gränser i samband med överföringen från kassettband till mätcentralens dator.
- Upplösning: Anger noggrannhet eller upplösning på använd mätutrustning. Skillnader mellan mätvärden som är mindre än upplösningen är inte signifikanta.

5 ANALOGA MÄTPUNKTER

Temperatur

Temperaturer mäts med termoelement av koppar-konstantan (typ T). Termoelement mäter en temperaturdifferens gentemot en känd referenspunkt. Denna referens är ofta 0°C i ett isbad. Sådana är relativt dyra och har ändå rätt dålig driftsäkerhet. I Täby används istället en metod med variabla referenstemperaturer. I varje hus finns ett temperaturreferensdon som består av ett väl isolerat aluminiumblock. Endast för-

sumbara temperaturskillnader uppstår i detta block. Referensblocket temperatur mäts med en noggrant kalibrerad elektrisk motståndstermometer.

I datorn utförs sedan en kompensationsberäkning för att referenstemperaturen inte är 0°C . Termoelementkurvan linjäriseras samtidigt som omvandling till $^{\circ}\text{C}$ sker. En temperaturmätning tillgår alltså på följande sätt. Datorn finner i beskrivningsfilen att en temperatur skall mätas. Kanalväljaren kopplar in rätt termoelement till voltmetern. Spänningen avläses. Referenstemperaturen har mätts strax innan och har lagrats i en tabell. Med hjälp av detta värde omvandlas den uppmätta spänningen till en temperatur.

Följande temperaturmätpunktstyper finns:

- RF mätning av temperatur hos referensblock
- TL lufttemperatur
- TV vattentemperatur eller jordtemperatur
- TR yttemperatur på rör
- TC temperatur mätt med motståndstermometer.

För temperaturmätpunkter (TL, TV, RT) anger "Referenser till övriga mätpunkter" i beskrivningsfilen vilken mätpunkt av typen RF som mäter temperaturen i den aktuella referensen.

Temperaturdifferens

För mätning av temperaturskillnad används termoelement i differenskoppling. Detta innebär att termoelementets kalla "lödställe" är placerat på ena sidan av den apparat över vilken temperaturskillnaden skall mätas och dess varma lödställe på den andra. En tänkbar, alternativ metod är att mäta temperaturen på bägge sidor om apparaten och sedan i datorn beräkna skillnaden. Den valda metoden ger emellertid avsevärt större mätnoggrannhet, i synnerhet vid små temperaturskillnader.

För att kunna kompensera för att utspänningen inte är direkt proportionell mot temperaturskillnaden måste temperaturnivån (på ena sidan) mätas. En differens-temperaturmätning kompletteras därför alltid med en mätning av absoluttemperatur. Den använda teckenkonventionen innebär att differens-temperaturen får positivt tecken, då den "fria" änden har högre temperatur än den sida där absoluttemperaturen mäts. Detta innebär, att en negativ temperaturskillnad i vissa fall kan vara det normala driftfallet.

Bokstaven U betecknar temperaturdifferens. Följande mätpunktstyper används:

- UK differens-temperatur i luftkanal
- UV " i vatten
- UR " mellan rörytor.

För dessa typer anger "Referens till övriga mätpunkter" i beskrivningsfilen vilken mätpunkt som mäter absoluttemperaturen.

Exempel:

FIGUR 11 visar utdrag ur en beskrivningsfil och motsvarande system. Mätpunkten 08TV014 mäter utloppstemperaturen från en tank i solfångarsystemet. Referenstemperaturen för denna mätpunkt mäts med 08RF001. 08UV015 mäter temperaturen över tanken. Som framgår både av beskrivningsfilen och systemritningen mäts absoluttemperaturen för 08UV015 med 08TV014 (punkten B). Då gäller att temperaturdifferensen har positivt tecken, då den fria änden (punkt A) av det differenskopplade termoelementet har högre temperatur än punkten B, där absoluttemperaturen mäts. Temperaturen i A kan beräknas som

$$(\text{temperaturen i B}) + (\text{uppmätt temperaturdifferens med tecken}) = (\text{temperatur i A})$$

Kontrollpunkter

För att kunna automatiskt kontrollera utrustningens funktion finns två kontrollmätpunkter i varje hus. Den ena är ett stabilt motstånd med en resistans av 250,0 ohm. Om mätsystemet registrerar en avvikelse som är större än 0,2 ohm aktiveras ett larmsystem. På motsvarande sätt mäts en termoelementspänning som skall vara 0 V. Om spänningen är större än vad som svarar mot 0,3°C ges larm. Larm utlöses också om datorn eller dess program slutar fungera. Larm indikeras av varningslampor i hus 34 och 39.

Följande mätpunktsbeteckningar finns

KM kontrollmotstånd
KT kontrolltemperatur

Solinstrålning

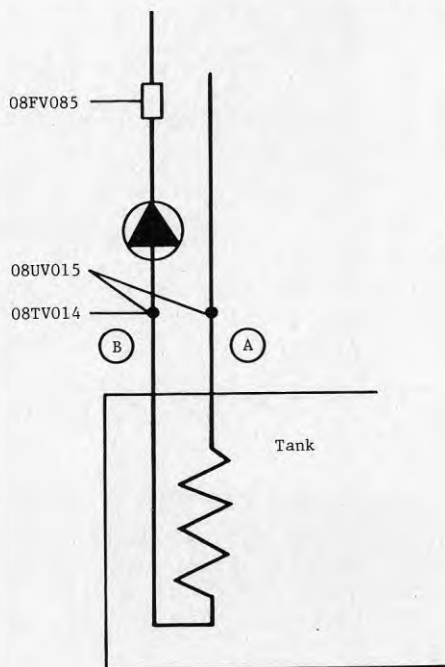
Solarimetrar av såväl termisk typ (fabrikat Kipp & Zonen) som fotoelektrisk typ används, resp Lambda. Instrumenten ger en spänning proportionell mot instrålningen. Denna mäts med voltmeteren via kanalväljaren. I beskrivningsfilen är en individuell kalibreringskonstant lagrad. Lagrade värden anges i W/m².

Temperatursänkning

I hus typ 12 mäts inställd temperatursänkning för varje rum. Temperatursänkning erhålls genom att en spänning läggs på ett motstånd i respektive termostat. Storleken av denna spänning mäts efter spänningsdelning och den motsvarande temperatursänkningen om 0,3 resp 6°C inregistreras. Kopplingen framgår

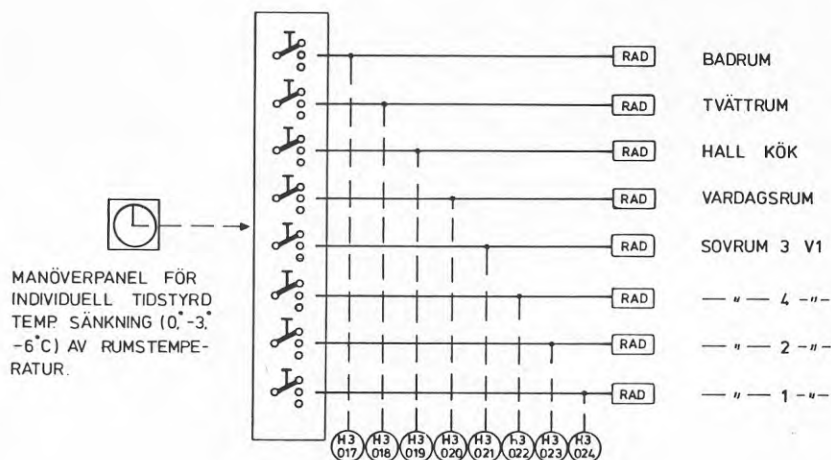
9:32 AM WED., 20 FEB., 1980
Sida 1

Ix	Beteck.	Kan	Kanalbeskrivning		Referenser till andra mätpunkter	Kommentar	Koppling			
			Typ	Kan2			Villkor	Extra parametrar	Sort	
			Numeriska parametrar			Mingrns Maxgrns			Upplösning	
270	08EV081	1	Energi solf-tank	EV	0 08FV085	08UV015	Negativ			
			0,000		1,000	0,000	0,000	0,000	-5,000	,5000
										kWh
250	08RF001	.290	Ref.temp	RF	0					
			-233,8		1,000	0,000	0,000	0,000	-25,00	35,00
										gr C
										,1000E-01
261	08TV014	209	Temp inl. tank (solf-kr)	TV	0 08RF001					
			0,000		0,000	0,000	0,000	08VI050	0,000	-15,00
										120,0
										gr C
										,1000
262	08UV015	210	Tempdiff tank (solf-kr)	UV	0 08TV014					
			0,000		0,000	0,000	0,000	08VI050	1	-40,00
										25,00
										gr C
										,1000
323	09FV085	123	Flöde solfångare	FV	0					
			0,000		1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,300
										m ³
										,1000E-02



FIGUR 11

EXEMPEL PÅ TEMPERATURMÄTPUNKTER OCH
UTDRAG UR BESKRIVNINGSFILLEN.



FIGUR 12 PRINCIP FÖR REGISTRERING AV TEMPERATURSÄNKNING

av FIGUR 12. På grund av att installationerna är olika gjorda i område A resp B används två olika metoder att beräkna inställd temperatursänkning. Två olika mätpunktstyper finns därför

- H2 temperatursänkning i B-området
- H3 temperatursänkning i A-området

Vind

Vindriktningsgivaren ger en riktningberoende resistans. Denna omvandlas till sinus och cosinus för vindriktningen. 0° svarar mot norr, 90° mot öster etc. Vinkeln anger bäringen från vilken vinden blåser. Omvandlingen till sinus resp cosinus för vinkeln sker för att erhålla en riktig medelvärdesbildning. Vindhastigheten medelvärdesbildas. Typerna benämns

- WA sinus för vindriktning
- WB cosinus för vindriktning
- WV vindhastighet i m/s.

6 DIGITALA MÄTPUNKTER

Från flera givare erhålls digitala signaler eller pulser. Dessa räknas kontinuerligt med pulsräknare. Följande typer finns.

Räkning av antal sker t ex för antal starter av värmepumpar. Ett relä anslutet till apparaten ger en nivå, vars ändring räknas. Ingen konvertering görs i datorn utan antalet summeras och lagras. Typen benämns N.

Drifftid

Drifftider erhålls genom att ett pulståg med frekvensen 1 Hz leds över ett relä eller en kontakt för apparaten ifråga. Pulserna kommer endast fram då kontakten är slutet. Räkning av pulserna ger direkt drifftid i sekunder.

H drifftid i sek.

Genom en speciell koppling räknas öppettider för fönstren och ytterdörren i varje hus med en enda kanal. Denna kanal räknar den sammanlagda öppettiden. Om flera fönster är öppna samtidigt räknas flera pulser än om endast ett fönster är öppet. Exempelvis kan en registrering på 1000 s betyda ett fönster i 1000 sek eller 5 fönster i 200 sek.

Vätskeflöde

Från flödesmätare erhålls pulser. Flera olika typer av flödesmätare med sinsemellan olika kalibreringskonstant (volym/puls) används. I datorn omvandlas pulsantalet till flöde uttryckt i m³. Mätpunktstypen anger vilken flödesmätare som använts. Följande typer finns

FV	vätskeflöde,	0,000037 m ³ /puls
FW	"	0,0025 m ³ /puls
FU	"	0,0015 m ³ /puls.

Elenergi

Elenergi mäts med kWh-mätare som ger 10 pulser/kWh. Resultatet lagras som kWh. Benämningen är

EE elenergi

7 BERÄKNADE MÄTPUNKTER

Vätskeburen energi

Vätskeburen energi beräknas genom att en temperatur-

differens multipliceras med ett vätskeflöde. Denna multiplikation sker var 5:te minut i samband med mätningen. Summan lagras sedan varje timme. Omvandling av resultatet till kWh sker. Därvid används värmekapaciteten för rent vatten. För system med glykol måste alltså kompensering för den lägre värmekapaciteten ske i samband med utvärderingen. I beskrivningsfilen anges den flödesmät punkt och den differens temperaturmät punkt som multipliceras. Beteckningen är

EV vätskeburen energi.

Ett exempel ges i FIGUR 11. Energin till tank, 08EV081, erhålls genom multiplicering av 08FV085 och 08UV016.

8 VILLKORLIGA MÄTNINGAR

Vissa mätpunkter skall endast mätas under vissa villkor. Exempelvis är temperaturerna i ett solfångarsystem endast av intresse då vatten cirkulerar i systemet. Dessa villkorliga mätningar gäller endast temperaturer.

I beskrivningsfilen anges att en temperaturmät punkt skall mätas villkorligt genom att en villkorspunkt anges under rubriken "Villkor". Temperaturen mäts endast då den givna villkorspunkten är sann. Villkorspunkternas typbeteckning är VI. Ett sådant villkor kan bero på upp till tre olika mätpunkter av typen flöde (FV, FW eller FU) eller drifttid (H). Vilka punkter som ingår i villkoret anges i beskrivningsfilen under "Referenser till andra mätpunkter". Om dessa punkter skall vara till (dvs drifttid skall mätas eller flöde flyta) eller inte, för att ett sant villkor skall erhållas, anges med +1 resp -1 i motsvarande "Numeriska parametrar". Villkoret utgör ett logiskt "och" av alla ingående mätpunkter. Exempel i anslutning till FIGUR 13.

Ix	Beteck.	Kan	Kanalbeskrivning			Kommentar	Villkor	Koppling		Sort
			Typ	Kan2	Referenser till andra mätpunkter			Extra parametrar	Sort	
			Numeriska parametrar			Mingräs Maxgräs		Opplösning		
610	39H 183	66	Drifttid VP							
		H	0							s
			0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4000,	1,000
511	39H 184	67	Drifttid VP							
		H	0							s
			0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4000,	1,000
517	39TR069	544	Temp förångaryta							
		TR	0	39RF001			39VI143			gr C
			0,000	,2597E+5	-,7520E+06	,3580E+08-	0,000	-15,00	120,0	,1000
593	39VI143	0	VP drift & ej avfr.							
		VI	0	39H 184	39H 183					ggf
			1,000	-1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,00	1,000

FIGUR 13 UTDRAG UR BESKRIVNINGSFIL, VISANDE EN VILLKORLIG MÄTNING.

Temperaturpunkten 39TR069 mäts villkorligt därför att under "Villkor" anges att 39TR069 styrs av villkorspunkten 39VII143. Vi studerar nu 39VII143. Under "Referenser till övriga mätpunkter" anges 39H 184 och 39H 183. De numeriska parametrarna är +1 resp -1.

Villkoret 39VII143 är då sant endast när 39H 184 är till- (ger drifttid) och 39H 183 är frånslagen (drifttid erhålls ej). Eftersom 39H 184 och 39H 183 är drifttider för värmepump resp avfrostningstid för värmepumpen så innebär villkoret 39VII143 att värmepumpen i hus 39 går i normaldrift.

Om ett villkor aldrig är sant under en timme, lagras värdet noll för den mätpunkt som är styrd av villkorspunkten. För villkorspunkten lagras antal gånger som villkoret varit sant under timmen. Vid utvärderingen måste hänsyn till detta tas, t ex vid medelvärdesbildning.

En sammanställning av alla mätvärdestyper ges i TABELL 1.

TABELL 1 SAMMANSTÄLLNING AV MÄTPUNKSTYPER.

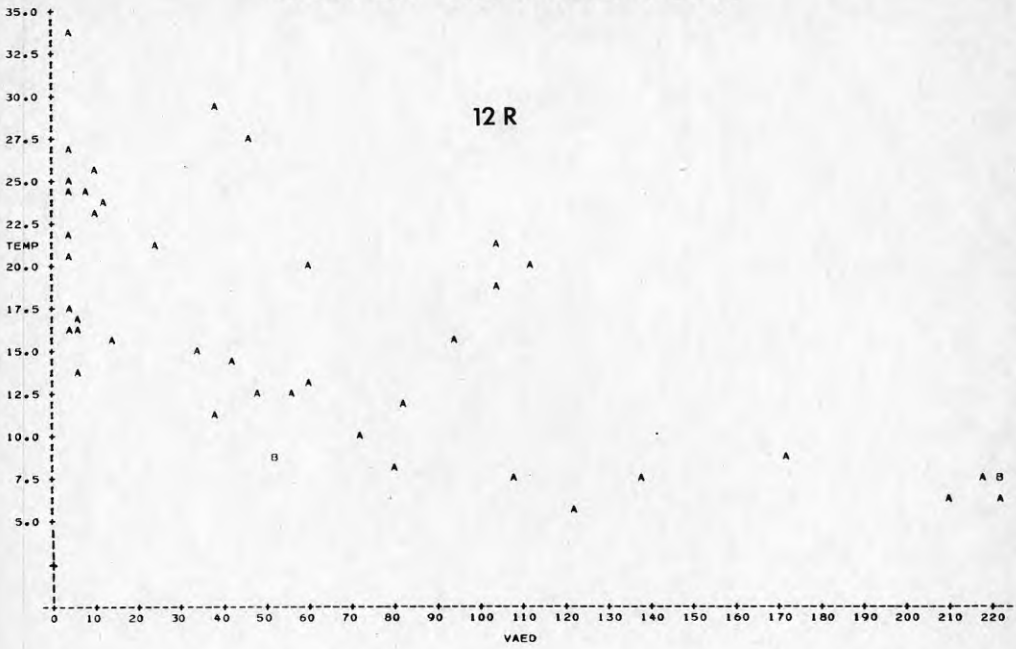
Mätpunktstyp	Extra information i B-filen
RF Referens (C)	Temperatur i referenspunkten i varje hus
KM Kontrollmotstånd. (ohm)	Används för kontroll av utrustningen. Skall vara 250 ohm.
KT Kontrolltemperatur. (C)	Används för kontroll av utrustningen. Är idealt 0,0°C, skall alltid vara < 0,1°C.
Tx Temperatur (C)	Alla typer som börjar med T anger en temperatur. Andra bokstaven anger typ av temperatur.
TL	Lufttemperatur i rum
TK	Lufttemperatur i kanaler
TV	Temperatur i vattenrör
TR	Yttemperatur på rör
TC	Lufttemperatur mätt med resistans-termometer
Ux Differenstemperatur. (C)	Alla typer som börjar med U anger en differenstemperatur. Den extra informationen anger beteckningen referensmätpunkter.
UK	Differenstemperatur i luftkanal
UV	Differenstemperatur i vattenrör
I Solinstrålning (W/m ²)	
D Drifttid (sek)	

PLOT VÄDRING - TEMP.DIFF

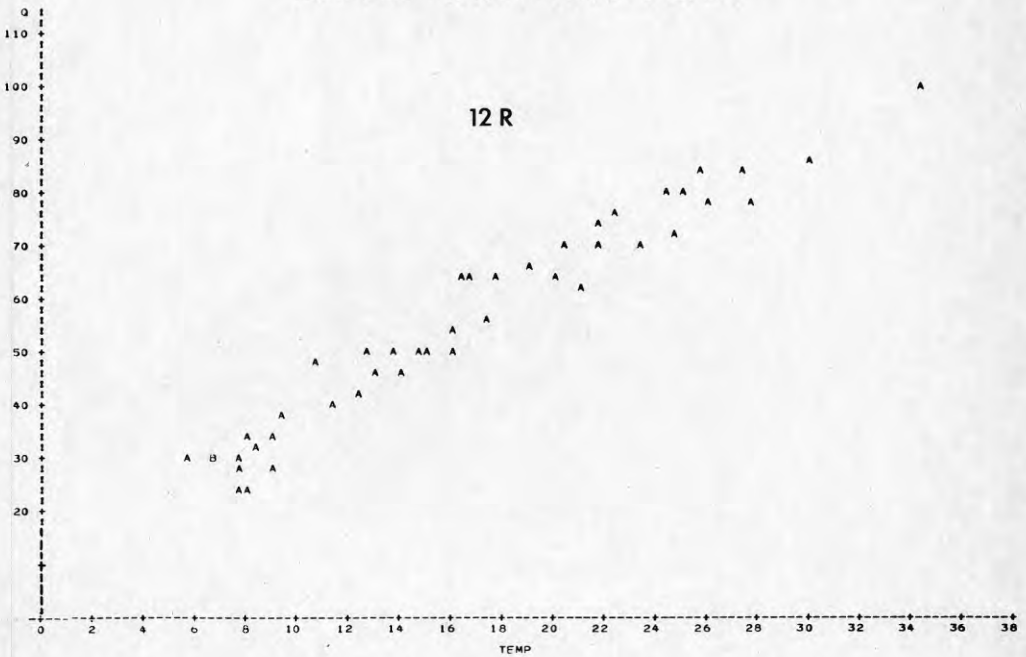
ENERGI - TEMP.DIFF

FRÅN LINJÄR REGRESSIONSANALYS
AV SYST 12, 22 OCH 32.

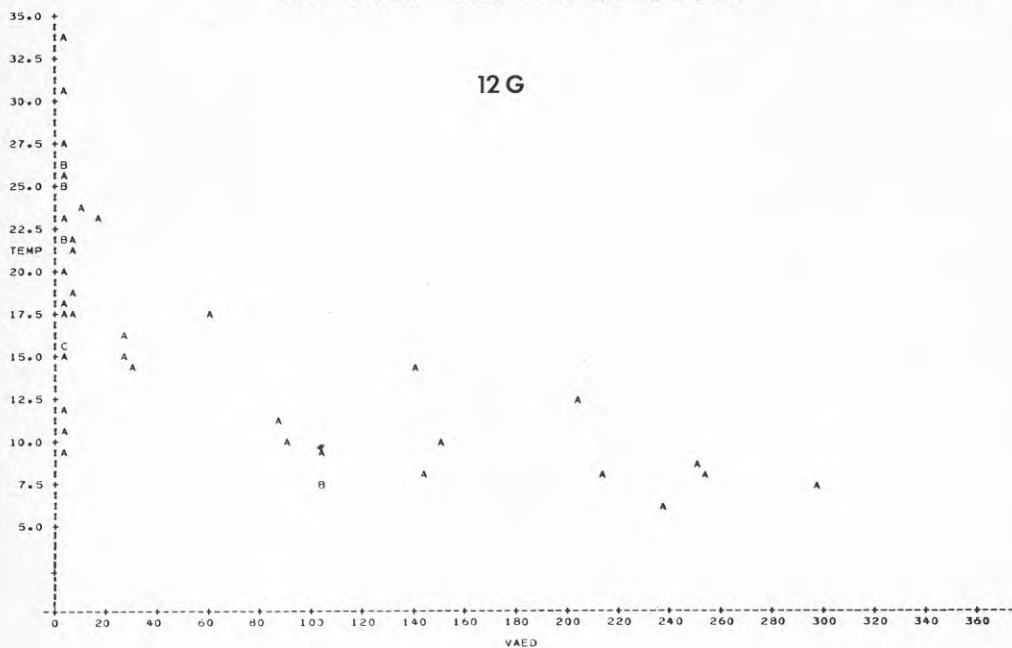
PLOT OF TEMP*VAED LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



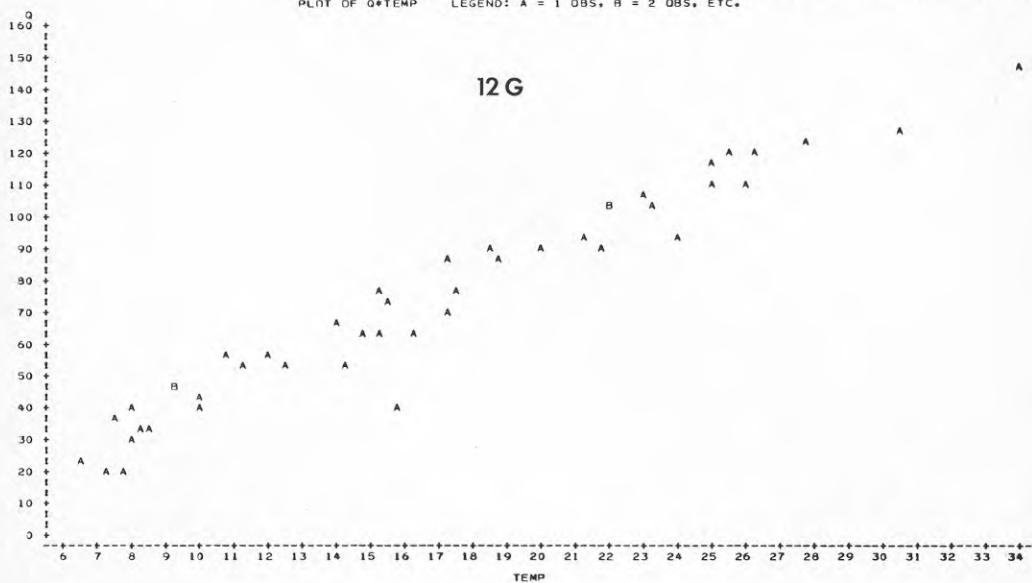
PLOT OF Q*TEMP LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



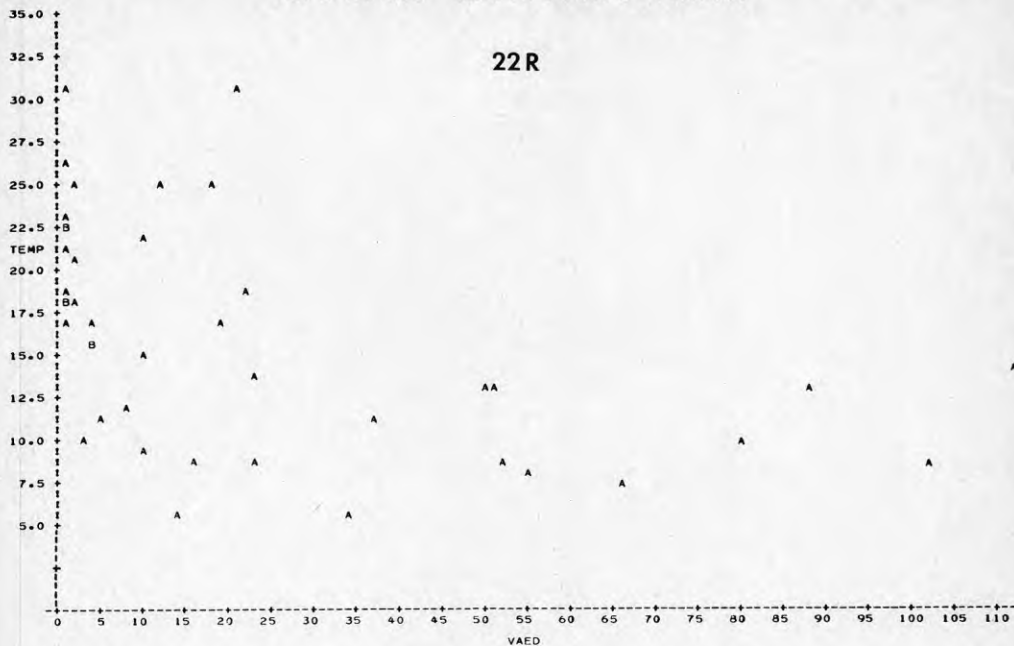
PLOT OF TEMP*VAED LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



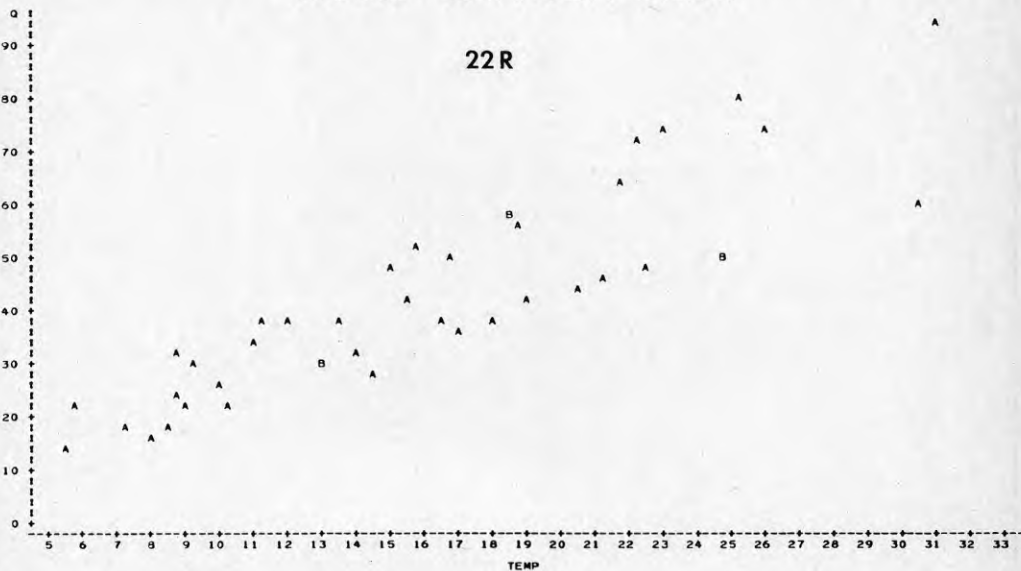
PLOT OF Q*TEMP LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



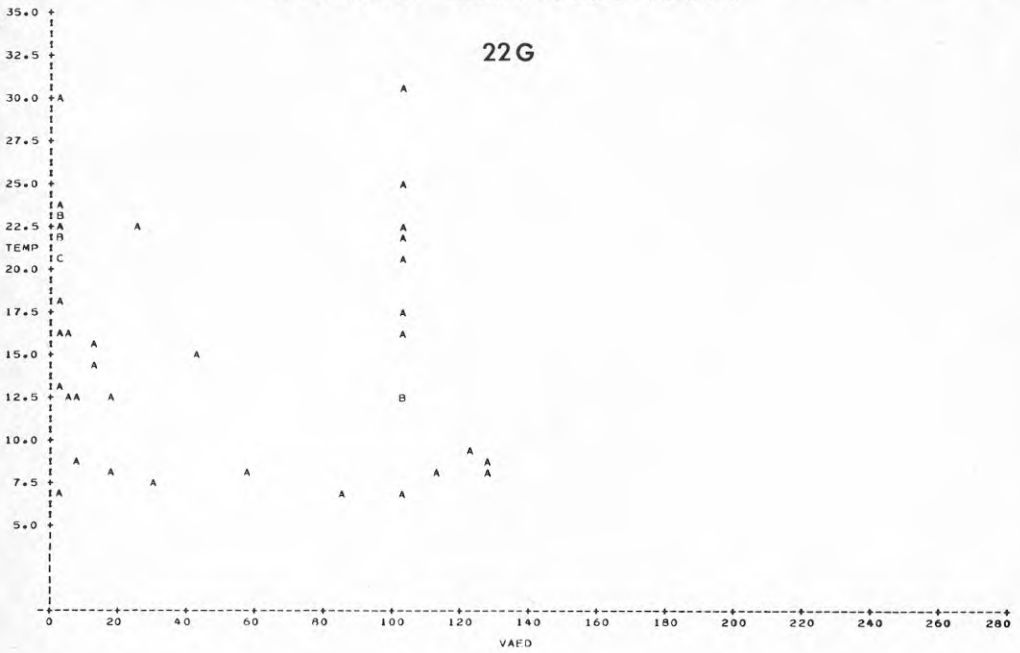
PLOT OF TEMP*VAED LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



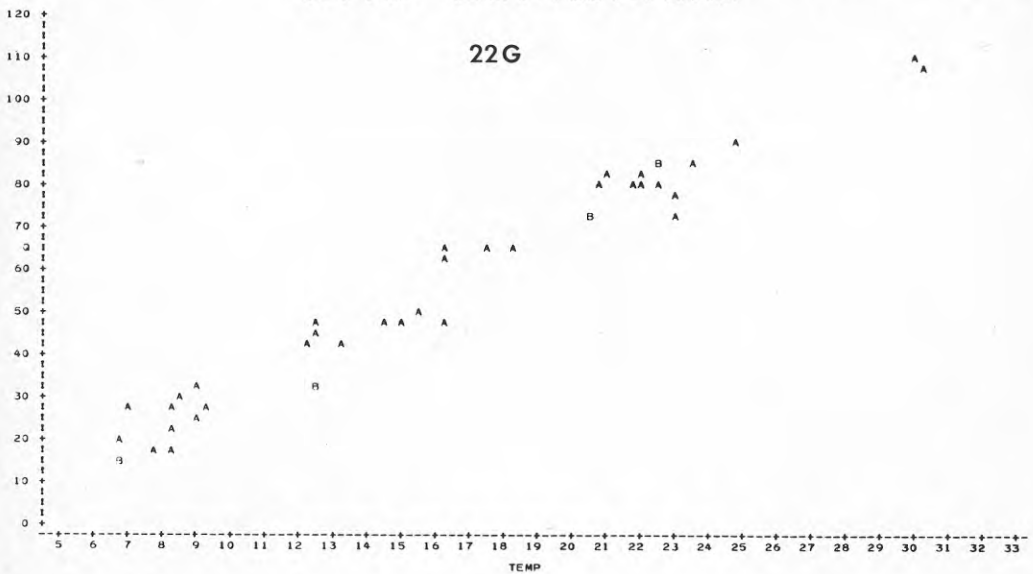
PLOT OF Q*TEMP LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



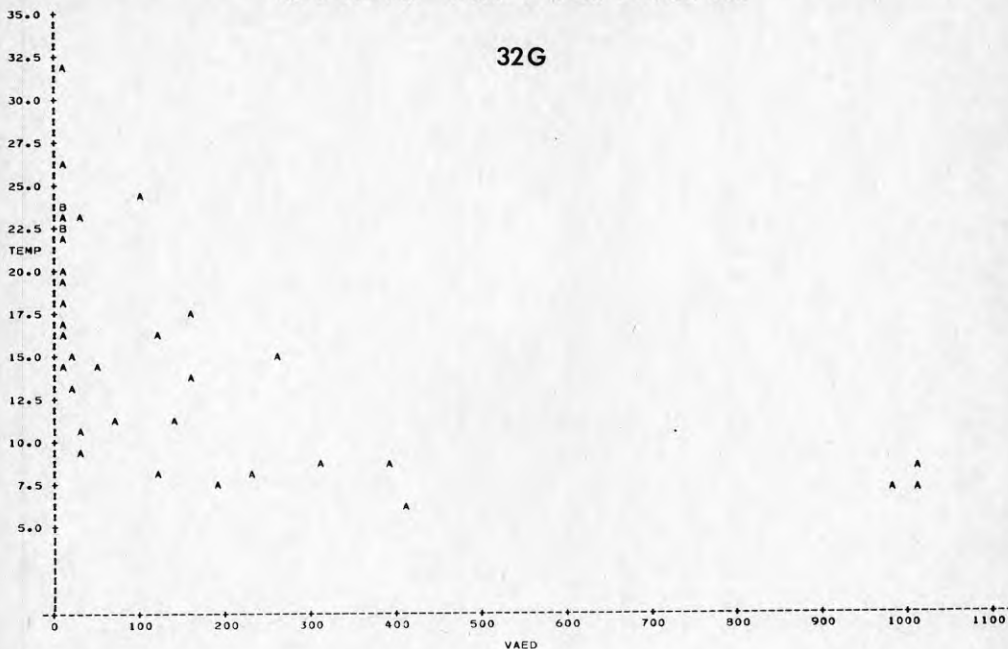
PLOT OF TEMP*VAED LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



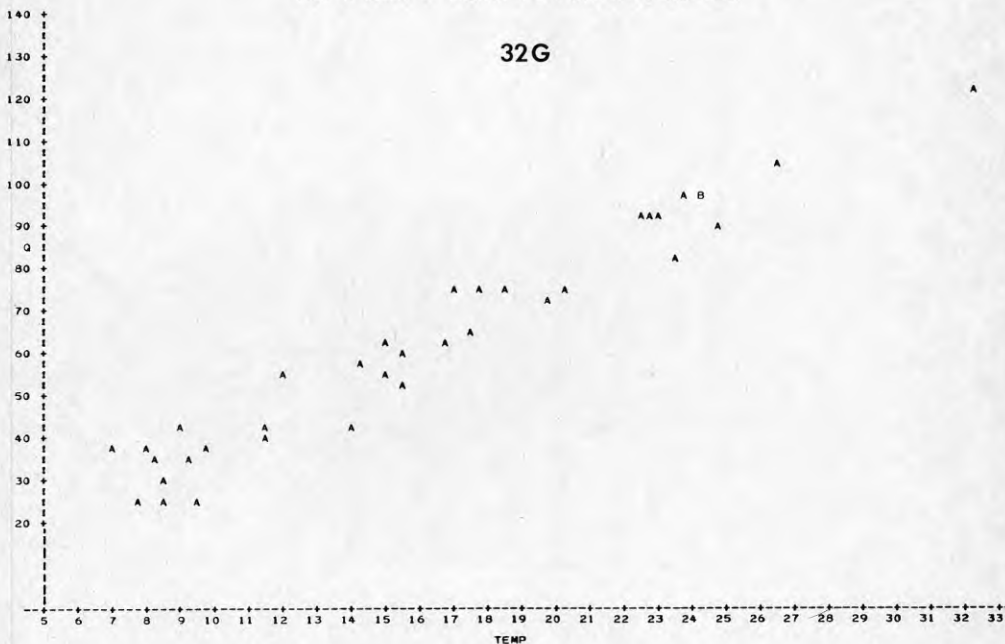
PLOT OF Q*TEMP LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



32G



32G



DIVERSE INDATA FÖR
KORREKTIONSBERÄKNINGAR

MÄTNINGAR AV LUFTFLÖDEN SEPTEMBER 1979 (I) OCH
MARS 1981 (II) SAMT FLÖDESBERÄKNING

Hus nr	Flöde l/s halfart		Flöde l/s halvfart		%		Flöde m ³ /h	
	I	II	I	II	79-80	80-81	79-80	80-81
3	57	46	-	38	100	100(99)	200	174
4	57	41	-	40	100	100	198	157
5	53	-	45	-	-	-	-	-
6	59	56	52	55	73	73	204	201
7	59	56	50	55	52	52	196	205
8	56	49	49	43	56	56	187	172
9	58	46	49	43	52	52	189	167
10	49	46	42	43	64	64	167	163
11	56	55	50	49	40	40	189	186
12	56	56	34	46	38	38	155	174
13	59	59	53	52	50	50	202	200
14	60	60	49	49	66	66	203	203
18	59	58	51	53	66	66	203	203
27	54	53	40	41	67	67	178	187
28	54	57	41	44	66	66	180	187
29	57	57	43	41	10	10*	162	178
32	56	51	41	42	70	70	184	176
33	54	44	40	39	54	->54	169	154
35	58	42	-	36	100	93**	202	161
36	55	44	-	39	100	100	193	167
37	55	46	42	35	42	42	167	148
38	48	39	43	37	20	20	155	140
40	55	47	47	47	46	46	181	172
41	53	48	46	44	51	51	177	168

* ändrat till 30 - misstänkt mätfel

** vägt värde - inkoppling av halvfart 810223

Personvärme enligt intervjuer och beräkningar (kWh/år).
Endast sensibel värme räknas.

	Hus nr	Totalt (365 d)	250 d	79-80 avrundn	80-81
bas f	3	1.745	-405	-400*(-300)	-700
jämf	4	2.336	0	0	0
radhus	5	2.044	-		-
	6	2.320	-73	-100	-100
	7	1.920	-275	-300	-300
	8	1.132	-825	-800	-800
	9	1.128	-825	-800	-800
	10	3.102	+525	+500	+500
	11	1.898	-300	-300	-300
	12	854	-1025	-1000	-1000
	13	2.340	0	0	0
	14	660	-1150	-1100	-1100
	18	1.825	-150	-150	-150
	27	2.664	-277	-250	-250
	28	2.117	-652	-650	-1100***
	29	1.226	-1283	-1300	-1000***
	32	3.201	+92	+100	+100
	33	1.500	-1075	-1100	-1100
	35	3.070	0	0	0
	36	2.318	-515	-500	-500
	37	3.905	+572	+550	+550
	38	3.100	0	0	0
	40	993	-1423	-1400	-1100***
	41	2.146	-375	-400	-400

* En stor schäfer hemma all dagtid och all natt minst
500 h/mån - motsvarar säkert 200-400 kWh. Tillägg 300 kWh.

** -1 person 80-81

*** +1 person 80-81

VATTENFÖRBRUKNING

Syst	Hus	År	Mån:													mdlv mån 9-3	m ³ /år
			6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5			
12	8	79-80 80-81	19,4	11,4	12,5	13,3	13,3	13,3	14,1	14,1	14,1	8	11,7	-	12,58	151	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	150
	4		17,4	19,9	15,2	15,3	15,3	15,3	16,8	16,8	16,8	9,1	12,8	15	15,33	182	
			15	14	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	44		15,17
	35		23,3	10,8	26,5	13,3	13,3	13,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	26	12,74	...(161)	
			19	17	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	53	13,4		
	36		25,1	12,4	18,9	20,4	20,4	20,6	20,6	20,6	20,6	11,9	21,1	38	18,38	222	
			34	18	97												
14	6		9,1	16	20,1	20,8	20,8	20,8	22,7	22,7	22,7	12,9	17,6	18	19,71		
			10	9	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	46		17,1
	14		9	9,2	10,8	11,1	11,1	11,8	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	12	9,58	109	
			22	15	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	32	9,1		
	18		16,9	7,5	34,5	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	9,2	13,3	22	11,9	135,6	
			11	16	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	34	11,3		
	38		11,3	12,7	16,7	18,1	18,1	18,1	20,4	20,4	20,4	10,3	16,4	14	17,16	193	
			8	11	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	37	16,1		
22	7		28,3	13,8	22,8	21,2	21,2	21,2	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	23,52	259	
			24	14	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	79	21,6		
	12		5,2	7,3	7,8	6	6	6	6	6	6	6	6	10	6	85	
			12	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	21	7,1		
	33		14,6	8,2	11,7	11,6	11,6	11,6	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	18	11,4	133	
			17	11	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	43	11,1		
	34		27,9	2,2	8,5	13,1	13,1	13,1	14,5	14,5	14,5	5,6	14,4	25	12,36		
			12	6	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	51	9,7		
	37		12,5	0,5	16,8	14,7	14,7	14,7	16	16	16	11	13,7	19	14,84	160	
			13	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	45	13,3			
24	5		10,9	9	13,6	13,3	13,3	13,3	13,8	13,8	13,8	8,3	13	20	12,52		
			13	6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	45	11,6		
	13		22,5	13,7	0,3	20,3	22	22	22	20,6	20,6	20,6	13	23	20,13	194	
			23	22	16,2-	16,2+	16,2+	16,2+	16,2+	16,2+	16,2+	16,2+	16,2+	53	20,7		
	29		6,2	6,9	9,7	0,1	0,1	0,1	5	5	5	4,9	7,6	13	5,7	106	
			11	8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	32	8,8		
	32		20,5	14,6	17,1	18,6	18,6	18,6	16	16	16	11,8	27,7	25	17,8		
			26	16	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	62	17,3		
32	8		9,4	7,1	7,4	8,4	8,4	8,4	8,6	8,6	8,6	6,7	8,4	11	8,2	83	
			11	6	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	20	6,9		
	9		4,5	12,7	17,2	16,4	16,4	16,4	16,8	16,8	16,8	9,4	15,1	16	15,7	182	
			7	12	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	45	15,2			
	40		7,3	10,1	10,1	10,5	10,5	10,5	10,9	10,9	10,9	5,6	11,2	15	10,1	106	
			9	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	24	8,8		
	41		11	15,3	15	15,8	15,8	15,8	17,4	17,4	17,4	8,7	18,6	22	15,8		
			22	19	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	59	15,7		

VATTENFÖRBRUKNING, sid 2

Syst	Hus	År	Mån:													mdlv mån 9-3	m ³ /år
			6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5			
42	10	79-80 80-81	-	18,2	23,7	22	22	22	23,7	23,7	23,7	15,3	49,7	26	21,6	228	
			18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	62		19
	11		18,7	18,7	21,4	25,6	25,6	25,6	24,2	24,2	24,2	18,3	25,5	25	23,8	253	
			11	15	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	45		21,1
	27		17,2	9,5	19,3	13,9	13,9	13,9	16,3	16,3	15,3	10,7	14,5	27	15,0	
			17	24	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	?		11,8
	28		22,8	15,4	21,9	19	19	19	18,7	18,7	18,7	20,4	23	18	19,8	184	
			18	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	45		15,3
44	39		10,2	17	17,5	17,4	17,4	17,4	18,7	18,7	18,7	4,7	17,3	13	18		
			18	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	48		14,9

52 st 14,45 ± 4,6

mdlv = 173,4 m³/år exkl bevattning
men i vissa fall inkl biltvätt etc.

INDATA
RADHUSEN 790515- 800515
system

3 4 6 7 8 9 10 11 12 13 14
12 12 14 22 32 32 42 42 22 24 14

Avläst total energi-förbrukning 18.954 16.628 20.822 16.647 16.422 12.386 15.184 13.922 11.048 17.505 12.870

därrav hush exkl vent 4.875 4.065 5.904 3.100 2.822 4.025 4.978 3.612 1.915 5.433 3.234
vent 250 204 300 2.500 264 250 2.462 1.806 1.347 1.500 214
"sommar" 0618-0914 2.294 3.647 1.881 1.961 1.523 1.100 1.959 1.407 1.145 2.436 1.463
därrav varmv 599 1.339 715 696 495 332 365 403 313 544 ?
" värme 769 136 ? 322 439 52 660 314 144 756 ?

Innetemp, °C
sept t o m april 22,34 19,08 22,23 20,39 20,57 19,24 22,28 22,2 19,53 22,0* 23,43

Vent.flöde V_F m³/h
($200 - V_F$), m³/h 200 198 204 196 187 189 167 189 155 202 203
0 2 -4 4 13 11 33 11 45 -2 -3

Vatten exkl
bevattn, V_{VA} m³/år
($175 - V_{VA}$), m³/h 145 185 224** 277** 101 175 270 266 95 241*** 117***
30 -10 -49 -102 74 0 -95 -91 80 -66 58

Energi gavlar och mellan hus -460 +710 +250 -1.850 -1.790 +410 -290 -260 +510 -100 -2.010
Personer - korrektion -700 0 -100 -300 -800 -800 +500 -300 -1.000 0 -1.100
Sommar - korrektion -300 -1.650 +100 -200 0 +250 +150 0 +1.000 -300 +500

* stickprov
** 8 % varmv
*** endast 5 resp 6 % varmv

INDATA
RADHUSEN 800514- 810515
system

3 4 6 7 8 9 10 11 12 13 14
12 12 14 22 32 32 42 42 22 24 14

Avläst total energi-förbrukning 19.422 14.530 15.259 15.944 13.634 11.765 15.772 12.033 11.085 15.619 9.699

därav hush exkl vent 4.956 3.856 5.571 5.047 2.613 3.863 2.516 1.508 2.582 4.485 2.653
vent 250 250 340 1.661 250 250 2.462 1.680 681 1.089 193
"sommar" 0514-0815 2.375 2.078 2.506 2.157 1.321 1.106 1.937 1.500 1.524 2.543 1.513
därav varmv 769 1.023 608 382 250 300 500 372 *
" värme * 284 * 350 141 * 372 * *

Innetemp, °C
sept t o m april 22,00 19,22 21,95 21,63 20,35 20,31 19,99 19,76 19,02 22,13 22,58

Vent.-flöde V_F , m³/h
(200 - V_F), m³/h 174 159 201 205 172 167 163 186 174 200 203
26 41 -1 -5 28 33 37 14 26 -3

Vatten exkl bevattn, V_{VA} , m³/år
(175- V_{VA}), m³/h 150 182 205** 259** 83 182 228 253 85 194** 109**
25 -7 -30 -84 +92 -7 -53 -78 +90 +66

Energi gavlar och mellan hus -380 +660 +70 -1.660 -1.520 -30 +10 -50 +390 -270 -1.750

Personer - korrektion -700 0 -100 -300 -800 -800 +500 -300 -1.000 0 -1.100

Sommar - korrektion -380 -80 -360 -10 +60 +140 +410 +220 +630 -360 +490

* Saknas

** Antas 17° i st f 21°

INDATA
GRÄNDHUSEN 790515-800515
system

18 27 28 29 32 33 35 36 37 38 40 41
14 42 42 24 24 24 22 12 22 14 32 32

Avläst total energi-förbrukning 15.088 19.065 21.326 21.495 17.065 22.738 26.696 15.691 16.734 20.500 21.447

därav hush exkl vent 3.633 4.530 5.056 2.735 3.072 4.206 5.878 3.711 5.084 3.635 4.461
" vent 229 3.129 1.974 5.847 1.500 264 260 1.064 318 227 288
" "sommar 0618-0914 1.264 2.071 2.123 2.034 1.276 2.166 2.607 985 1.507 1.731 1.895
därav värmv ? 481 476 601 539 748 779 367 ? 361 357
" värme ? 768 623 409 0 567 682 88 ? 579 590

Innetemp, °C
sept t o m april 21,20 22,59 23,76 21,95 19,41 20,49 22,50 19,58 20,9* 20,78 21,68

Vent.flöde V_F , m³/h 203 178 180 184 169 202 193 167 155 181 177
(200 - V_F), m³/h -3 22 20 16 31 -2 7 33 45 19 23

Vatten exkl bevattn, V_{VA} , m³/år 155 189 228 220 144 191 251 165 197 124 190
(175 - V_{VA}), m³/h 20 -14 -53 -45 31 -16 -76 10 -22 51 -15

Personer - korrektion -150 -250 -650 +100 -1.100 0 -500 +550 0 -1.400 -400
Sommar - korrektion +750 +100 -100 +150 +900 -150 -600 +1.150 +500 -350 -550

* stickprov

INDATA
GRÄNDHUSEN 800514-810515
system

18	27	28	29	32	33	35	36	37	38	40	41
14	42	42	24	24	22	12	12	22	14	32	32

11.688	17.178	18.187	17.010	21.900	16.492	21.702	24.363	14.458	15.295	17.124	20.388
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Avläst total energi-förbrukning

3.015	5.180	4.570	3.350	3.000	2.937	4.276	6.456	3.311	4.348	3.460	4.644
204	1.800	1.670	1.606	2.000	911	250	250	974	287	250	296

"sommar" 0514-0815

1.638	2.726	2.500	2.004	2.100	1.681	2.709	2.715	1.366	1.326	1.705	2.909
?	280	250	?	?	771	1.062	927	800	?	360	402
?	768	623	?	?	100	663	560	0	?	460	699

Innetemp, °C
sept t o m april

22,07	22,43	23,08	22,89	21,93	19,80	20,98	22,80	19,56	21,38	21,00*	22,12
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

Vent.flöde V_F , m³/h
($200 - V_F$), m³/h

203	187	187	178	176	154	161	167	148	140	172	168
-3	13	13	22	24	46	39	33	52	60	28	32

Vatten exkl bevätn, V_{VA} , m³/år
($175 - V_{VA}$), m³/h

136	142	184	106	208	133	161	222**	160	193	106	188
39	33	-9	69	-33	42	14	-47	15	-18	69	-13

Personer - korrektion
Sommar - korrektion

-150	-250	-1.100	-1.000	+100	-1.100	0	-500	+550	0	-1.100	-400
+360	-700	-450	+150	-550	+470	-710	-720	+780	+700	-350	-1.510

* Temperaturregistreringen felaktig, bedömning m h t föregående år
** Vattenreg fel fr o m 800815, bedömning m h t föregående år

BILAGA 5

DRIFTSTÖRNINGAR FRÅN INFLYTTNINGEN 77-78
T O M FÖRSOMMAREN 1980

1 INLEDNING

En lång rad driftstörningar har vållat väsentliga problem. Ett par faktorer kan benämnas "dominanta", då de berört alla eller många hus, exempelvis

- driftstörningar av flödesmätare
- injustering av varmluftssystem

De förstnämnda gav oväntade problem i samtliga vattenkretsar och många problem av annan art "doldes" av flödesmätarproblemen. Exempelvis hittade man inte ett antal komponentfel och kopplingsfel förrän flödesmätarproblematiken var undanröjd. Att flera fel av olika slag på detta sätt överlappat och delvis skytt varandra har medfört att justeringar och intrimning dragit ut på tiden alldeles för länge. Husägarnas tålmod har i vissa fall prövats hårt. De driftansvariga har prövats minst lika hårt, men deras veklagan har man kanske i viss mån tagit för lätt på, så att erforderliga krafttag kommit en aning sent.

2 PROBLEM MED FLÖDESMÄTARE

Ett grundläggande fel ligger på projekteringen av mätutrustningen, som inte i erforderlig grad uppmärksammade de höga tryckfall som introducerades i kretsarna med flödesmätarna. Den första konsekvensen härav var att cirkulationspumparna i värmepumpsystem och i de stora solfångarkretsarna fick bytas till större.

Nästa felkälla låg i de i Brunata-mätarna inbyggda filtren. Filtren har mycket liten kapacitet. Kopparspån (rörkopplingar) och flagor från lödställen medförde snabb igensättning av filtren, med kraftig minskning av flödet som följd. Upprepade filterrengöringar och spolningar av systemen gav ingen märkbar förbättring. - Föroreningar av detta slag är normala och förorsakar i regel inga driftstörningar.

På rekommendation av leverantören demonterades filtren (okt -nov 78), vilket medförde att mätarna snabbt slutade fungera.

Under dec 78 och jan 79 installerades separata filter av fabrikat Modus med stor kapacitet och litet tryckfall före varje flödesmätare. Även dessa filter drabbades av igensättningar, problemet kvarstod fortfarande.

I samråd med AB Modus provades olika filterinsatser. En väl fungerande insats kunde levereras i begränsat antal (ca 20 st) under mars 79. De resterande levererades i juni 79.

Under december 79 byttes samtliga flödesmätarinsatser. De demonterade insatserna (som varit i drift ca 6-9 mån) kontrollerades i en testrigg på KTH, med tillfredsställande resultat.

I hus 14 och 18 måste annan typ av mätare installeras i förångarkretsarna (markslangarna), eftersom flödet visat sig vara för stort för Brunata-mätarna. Mätare av fabrikat Modus monterades under juni månad 79. Under hösten insamlade mätvärden visade sig tivelaktiga, varför mätarna åter byttes i januari 80.

I hus 39 monterades under juni 79 flödesmätare av fabrikat Svensk Värmemätning i stället för Brunata.

Problemen var med undantag för Modus-mätarna i jordvärmehusen avklarade under sommaren 1979. Pålitliga driftvärden kunde erhållas fr o m juli månad 1979.

3 INJUSTERING AV VARMLUFTSYSTEMEN

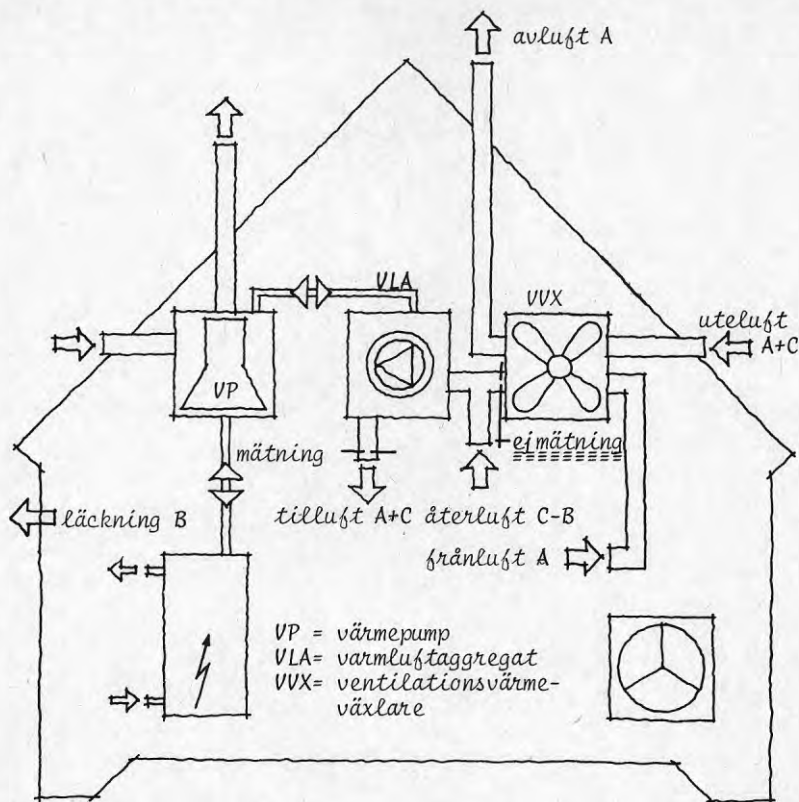
Det väsentliga problemet med samtliga varmluftssystem (systemen 24 och 42) var att man "på grund av den mänskliga faktorn" underlåtit att mäta uteluftflödet mellan ventilationsvärmeväxlaren och varmluftaggregatet. Detta hade till följd att trots korrekt injustering av såväl tilluft som frånluft, ett alldeles för litet återluftflöde förekommit i husen. Samtidigt pumpades för mycket uteluft in i systemet - annars hade balans inte kunnat uppstå, FIGUR 1.

Drivet på detta sätt står huset under påtagligt överttryck och ett kraftigt ökat läckage ut genom alla otätheter förekommer. I verkligheten rörde det sig om kanske 30 - 50 % större luftflöde än vad som projekterats.

Resultatet av en sådan injustering är emellertid fördömande för driftekonomin, vilket också avspeglar sig i de första energibalansmätningarna för samtliga varmlufthus. Räkнемässigt borde felet ha gett ca 10 eller möjligen 20 % sämre driftresultat än förväntat. I delrapporten från 1979* redovisas mer än 40 %.

Justering till rätt värden skedde mellan den 24 juli och den 4 sept 1979. Inverkan på energiförbrukningen under mätåret maj 79 - maj 80 är därför obetydlig.

* R83:1979



FIGUR 1 FELAKTIG INJUSTERING AV SAMTLIGA VARMLUFT-SYSTEM. B m³/h MÅSTE VÄRMAS "EXTRA" OCH UTGÖR SEDAN EXTRA LÄCKLUFT FRÅN SYSTEMET.

4 GENOMGÅNG AV DE OLIKA SYSTEMEN I PRAKTISK DRIFT

4.1 Referenshusen 12 R 3, 4 samt 12 G 35, 36 (frånluftssystem och elradiatorer)

Dessa hus har inte vållat några bekymmer. Tvärtom, energiförbrukningen har legat mycket nära den förväntade under alla perioder.

4.2 System 14, värmepump + vattenradiatorer

Hus R 6

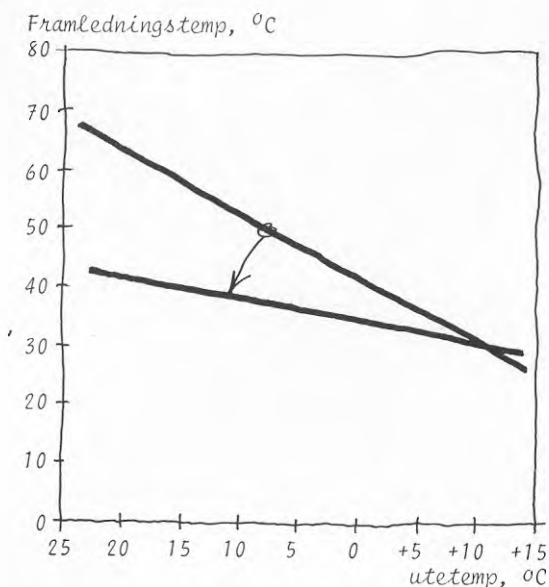
Under perioden från inflyttningen i maj 1978 till januari 1979 finns enbart manuella avläsningar. Vissa driftproblem i samband med igensatta filter i flödes-

mätare i radiatorkretsarna förekom. Den första incidenten inträffade i december 1978 för detta hus del, då överhettningsskyddet för genomströmningvärmaren löste ut på grund av stopp i radiatorkretsen. Samma sak upprepades i januari 1979. Överhettningsskyddet byttes av Parka Norrahammar i februari 1979. I december 1979 skedde ånyo samma sak. Utredningen ledde till upptäckten att man reglerat in systemet efter en felaktig reglerkurva. Ändring av reglerkurvan skedde 800226.

Utredningen gav vid handen att returtemperaturen från radiatorkretsen var för hög på grund av den felaktiga reglerkurvan. Detta måste haft sin grund i en överdimensionering av vattenradiatorerna. Rutinmässiga dimensioneringsregler för (extremt) energisnåla hus syns ge kraftig överdimensionering av radiatoren, FIGUR 2. Samverkan av radiatortermostater och variator innebär ofta problem och i detta fall dolde kombinationen felet.

På grund av reglerfelet gick värmepumpen igång alltför sällan och energiförbrukningen blev därför alldeles för hög. Efter justering av reglerkurvan 800226 avsåg man att under en provdrifttid komma underfund med huruvida funktionen var helt tillfredsställande eller inte.

Under denna period skedde emellertid vid okänd tidpunkt ett köldmedieläckage, vilket upptäcktes 800425. Orsaken är inte känd. Detta hade självfallet som konsekvens att värmepumpen inte fungerade trots den korrigerade reglerkurvan.



FIGUR 2 ÄNDRING AV REGLERKURVAN I HUS 6, VÅREN 1980

Den 22 maj 1980 kunde köldmedieläckaget klaras av. Från denna tidpunkt har värmepumpen fungerat.

Någon uppföljning av systemets funktion som helhet har inte kunnat göras, i varje fall inte med någon större precision, eftersom värmebehovet sedan maj 1980 till dess att detta skrivs inskränkt sig till varmvattenförbrukning.

Övriga störningar i system 14

<u>Hus 6</u>	Dec 78	Överhettningsskydd för genomströmningensvärmare löst (stopp i radiatorkrets p g a igensatt filter).
	Jan 79	Överhettningsskydd löst
	Febr 79	Överhettningsskydd bytt av Parca-Norrahammar
	Dec 79	Överhettningsskydd löst. Utredning. Åtgärd 800226
	Apr 80	Köldmedieläckage vp. Åtgärdat 800522
<u>Hus 14</u>	781227	+8°C inne. Filter igensatt
	790316	Vp går 10-15 sek/gång. SF Service
	800131	Flödesm., brine-krets bytt
	800818	Byte vp
<u>Hus 18</u>	781102	Thermia kontrollerar vp och provtrycker jordslang ("stor åtgång glykol/vatten"). Thermia: Mycket luft i systemet, i övrigt OK
	781130	Läckage i jordslang. Åtgärdat 781201
	791218	Flödesmätare och filter i brine-krets demonterade (igensättning, högt tryckfall)
	800131	Montering av ny flödesmätare i brine-krets
	800818	Byte vp
<u>Hus 38</u>		Inga nämnvärda störningar utöver ljud- och flödesmätare

- 4.3 System 24, värmepump, ventilations-
värmväxlare, varmluftuppvärmning.
- Hus 5 780705 Vp stoppat. Felkoppling el; åtgär-
dat 780801.
- 781026 Vp stannar när avfrostning skall
påbörjas. Kan återstartas manuellt,
men stannar vid nästa avfrostning.
Fel på exp ventil.
Åtgärdat 781208.
- 781215 Varmluftsystemets elbatteri ger en-
dast halv effekt. Undersökning vi-
sar felaktig elektrisk inkoppling
(ca 2 veckor tidigare installerades
separat elmätare, varvid felet san-
nolikt uppstått). Den falaktiga in-
kopplingen medförde att endast hal-
va batterieffekten kunde kopplas in.
- 781219 Sönderfrysning kondensor i vp och
rör till varmluftsapparat. Frys-
skyddsautomatik satt ur funktion
genom avstängning av vp:s manöver-
strömbrytare (sannolikt hade någon
i samband med annat arbete i appa-
ratrummet av misstag "kommit åt"
strömbrytaren). Ny kondensor monter-
ad 790104, rörledningar reparerade
790108.
- Våren 79 Husägaren kör vp endast dagtid.
- 791108 Driftstörn vp, inget vatten i rör
mellan tank och vp. Litet läckage
vid tankens röranslutning trolig
orsak.
- 791204 Driftstörning vp, köldmediebrist.
Läckage vid röranslutning, åtgärdat
791205.
- 791214 Köldmedieläckage p g a brusten löd-
ning. Läckage endast vid avfrost-
ning. Åtgärdat 791217.
- 800109 Driftstörning vp: fel på magnetven-
til i köldmediekrets, vp åtrstartar
för snabbt. Åtgärdat 800117.
- Hus 13 781218 Avfrostningsur bytt
- 790205 Störningar av fel i reglerutrust-
ningen. Åtgärd 790207

Grändhusen (prod nr 29 och 32)

Nedanstående uppräknig redovisar sådana driftstörningar som gav anledning till uttryckning.

<u>Hus 29</u> -----	781231	Driftstörning vp, köldmediebrist. Åtgärdat 781231.
	791106	Inomhustemp ca +10°C, ingen cirkulation vp-varmluftsapparat. Ingen luft i systemet. Efter tvångsspolning (baklänges) genom motorventil i vp steg innetemp på 3 timmar till +20°C.
	791123	Inomhustemp ca +10°C. Ingen cirk vp-tank p g a luft i systemet.
	791211	Inomhustemp +2°C. Luft i systemet.
	791219	Inomhustemp +8°C. Luft i systemet.
	800110	Luft i systemet.
	800121	Luft i systemet.
	800206	Vp avfrostar för ofta, trasig avfrostningstermostat.
	800605	Exp.kärl och manometer kontrollerade: Exp.kärlet var helt "stunt", dvs all förtryckning utsläppt (föreg ägare). Åtgärdat 800605. Manometern visade ca 1 bar för mycket.
<u>Hus 32</u> -----	780522	Driftstörning vp. Dålig cirk vp-tank p g a igensättning av flödesmätarfilter.
	790822	Lika ovan.
	781031	Driftstörning vp, går 15-60 sek per gång. Dålig cirk vp-tank p g a luft i kondensorn och igensättning av flödesmätarfilter. Åtgärdat 781101.
	781201	Driftstopp vp p g a felinställning av reglerutrustning. Åtgärdat 781208.
	790116	Felfunktion reglersystem, har medfört att endast halv effekt har kopplats in.

- 790302 Driftstörning vp, dåligt vattenflöde p g a för stort tryckfall över nymonterade flexibla slanganslutningar på vp.
- 790313 Fel i varmluftsystemets reglerutrustning (el-batteriets andra steg kopplas ständigt till och från, ofta med endast 1-30 sek inkopplings-tid). Åtgärdat 790316.
- 790425 Driftstörning vp, går endast ca 2 min/gång. Dåligt flöde vp-tank, p g a igensättning av filter. Åtgärdat 790503.
- 791108 Driftstörning vp, går mycket korta perioder, stannar i avfrostningsläge. Köldmedieläckage åtgärdat 791128.
- 791130 Driftstörning vp, exp.ventil bytt 791205.
- 800103 Driftstopp vp. Kompressor lossnat från ett motorfäste, köldmedieläckage vid koppling på kompressor. Åtgärdat 800109.
- 800111-
17 Vp avstånd av rörenter p g a missförstånd.
- 800408 Driftstörning vp. Läcka i rörkoppling mellan vp och tank.

4.4 System 32. Solvärt varmvatten

Hus 8, 9

Inga driftstörningar (förutom flödesmätare och filter).

- 800421 Temperaturgivare i tank flyttad till rör.

Hus 40, 41

- 800417 Temperaturgivare i tank flyttad till rör.

4.5 System 42, stora solvärmesystem

- Hus 10
- 790102 Exp.kärl på vind nertappat (frys-
risk).
- 790323 Inget vatten till RCAB.
Läckage RCAB-batteri. Åtgärdat
790410. Uppfyllt.
- 791106 Reglerfel, temp.givare i tank bloc-
kerar cirk till varmluftsystemet.
Ny givare levererad och monterad
791128.
- 800409 Samma reglerfel. Åtgärdat 800418
- 800421 Temperaturgivare för solfångarsys-
temet flyttad, tank till rör
- Hus 11
- 780926 Fel på säkerhetsventil för solfång-
arsystemet. Har öppnat men ej
stängt, vatten från spilledning
runnit ut på källargolvet.
Åtgärdat 781004.
- 781101 RCAB stoppat, löst på motorskydd.
Fläkten går baklänges, felkopplad
vid installation av elmätare
- 790102 Exp.kärl för ack.tank nedtappat
(frysrisk).
- 790323 Batteri i RCAB läck.
Åtgärdat 790401
- 790626 Cirk.pump solfångarsystemet bytt.
För lågt flöde berodde på pumpfel.
Magnetventilens spole brändes vid
arbetet, ny monterad 790927
- 790823 Rexovent-fläkt frånluft stoppad.
Bygg 790824
- 790928 Exp.kärl och tank flyttat, syste-
met uppstartat
- 791106 Reglerfel, temp.givare i tank bloc-
kerar cirk.pump för varmluftsystem,
trots att tanktemp ca 30°C. Ny
givare monterad och levererad
791128.
- Sönderfrysning kollektorer.
- Nya kollektorer monterade och
igångkörda 800306.
Ny begr givare i tank (RCAB)

	800421	Temperaturgivare för solfångarsystem flyttad, tank till rör.
Hus 27 -----	790808	Termostatfel i Rexovent, el-batteri inkopplat.
	781010	Läckage kollektorer, sönderfrysning. Nya monterade.
	781229	Exp.kärl för ack.tank sönderfruset. Nya kärl monterade 790427.
	790808	Driftstopp solf, åtgärdat 790809.
	791025	Ingen cirk RCAB. Fel på temp.givare i tank. Ny givare monterad 791101.
	791108	Ingen cirk RCAB. Samma fel! Annan typ av givare monterad 791128.
	800124	Flödesmätare för RCAB visar 0. Kabelbrott, åtgärdat 800131.
	800416	Temp.givare i tank flyttad till rör.
	800730	Fel i inkoppling av reglercentral åtgärdat. Felet har inneburit att reglerventil aldrig släppt fram vatten tank-RCAB.
Hus 28 -----	780805	Cirk.pump solf system stoppat, löst på motorskydd. Orsak: glappkontakt vid kabelanslutning i apparatskåp.
	790102	Exp.kärl för ack.tank nedtappet (för att undvika frysning).
	790216	Exp.kärl sönderfruset. Undersökning visade att kärlet var helt fullt och vatten stod upp i hela luftningsröret?? Påfyllningsventil kontrollerad - OK (??)
	790808	Cirk.pump för solf system stoppat. Pumpen bytt.
	791106	Ingen cirk genom RCAB, fel på temp.givare i tank. Bytt 791107.
	800417	Temp.givare för solf.system flyttad från tank - rör.
	800730	Fel i inkoppling av reglercentral, åtgärdat. Felet har medfört att shuntventiler aldrig släppt fram vatten från ack.tanken till varmluftsaggregatet.

- 4.6 Specialhuset system 44, varmluft, värmeväxling, solvärme, värmepump
- 780419 Sönderfruset expansionskärl.
- 790227 Vattenläckage från solkollektorernas luftkanal.
- 790301 För lågt flöde genom solfångare. Vp stannar. Problem med flödesmätare.
- 790328 Reglerfel kollektorfläkt (värmepumpens evaporator).
- 790330 Flödesmätare och filterinsatser demonterade.
- 790405 Issörja i förångaren. Cirkulationspumpen går inte.
- 790426 Vp bryter på lågtryckspressostat.
- 790502 Vp går ej. Cirkulationspumpen i kollektorkretsen utlöst på motorskydd. Flödet genom kollektorerna oftast för lågt.
- 790503 Vp går inte.
- 790510 Vp går inte.
- 790722 Vp stannar efter 2 sek gångtid. Återstart efter ca 3 min.
- 791001 Samma problem.
- 791006 Samma problem.
- 791010 Samma problem. Lab i Jönköping undersöker om annan vätska kan användas; besked så småningom negativt.
- 791112 Samma fel.
- 791214 Pumpen till varmluftaggregatet stannat. (Samma fel rapporterat från fläkt 800909; fel på kontaktor.)
- 800117 Pumpbyte + ändrad rördragning. Större cirkulationspump.
- 800324 Avfrostningstiden för lång. Kollektorfläkten går även när vp är avstängd.
- 800505 Reglerutrustning för solfångarsystem och temperaturgivare flyttat från tank till utgående rör från värmeväxlare i tank.

- 800602 Funktionsfel cirkulationspump.
 800705 Funktionsfel cirkulationspump.
 800730 Fel i reglerutrustning. Hölje för ledning från givare vattenfylld, lödställe under vatten.

5 VÄRMEPUMPAR, LJUDPROBLEM

Vid projekteringen av värmepumpinstallationerna i Täby var erfarenheterna från tidigare installationer mycket begränsade. Ingen av värmepumpsleverantörerna kunde exempelvis ge några uppgifter om värmepumparnas ljudalstring. För att ändå ta tillvara de erfarenheter som fanns diskuterades värmepumparnas uppställning, vibrationsdämpning m m med respektive leverantör. Installationen av värmepumparna utfördes sedan enligt deras rekommendationer.

Efter igångkörningen visade sig dock samtliga värmepumpar ge oacceptabla ljudnivåer.

Hus	Värmepump	Ljudnivå vid igångkörning dB(A)
5	Fläkt	46 (sovrum)
6	Fläkt	47 (-"-)
13	Westinghouse	34 (-"-)
14	AGA/Thermia	51 (kök)
18	AGA/Thermia	37 (-"-)
29	Tour & Andersson	42 (allrum)
32	Fläkt	42 (-"-)
38	Tour & Andersson	48 (-"-)
39	Fläkt	38 (-"-)

Kraven i SBN är 30 dB(A) i boningsrum och 35 i kök.

I samråd med värmepumpleverantörerna påbörjades omgående ett omfattande arbete för att lösa ljudproblemen.

AGA-Thermia kunde genom uppställning av kompressorn på en tung stålplatta och med hjälp av bättre isolering av höljet sänka ljudnivån i R 14 från 51 till 45 dB(A). Detta var ej tillfredsställande, men ytterligare reducering av ljudnivån skulle inte kunna åstadkommas utan mycket omfattande ombyggnader av värmepumparna. Man beslöt då att byta ut dem mot en ny modell med lägre ljudnivå. Bytet utfördes under sommaren 1980. Ljudnivån är nu 36 dB(A) i kök i hus R 14 och 32 dB(A) i hus G 18:s vardagsrum.



FIGUR 3

Westinghouse's värmepump består av två enheter. Utomhusdelen med förångare, fläkt och kompressor, FIGUR 3, är placerad på balkongtaket. Inomhusdelen - i princip ett varmluftsaggregat - bestående av värmebatteri (kondensor), fläkt och ett el-batteri - är placerad i apparatrummet på vinden. Bägge enheterna medverkade till den höga ljudnivån. Byte av utomhusdelens vibrationsdämpare, bättre avisolering av rör- och kanalgenomföringar och förbättring av flexibla kanalanslutningar till inomhusdelen sänkte ljudnivån till 31 dB(A). Ljudet är dock på grund av sin lågfrekventa karaktär fortfarande påfrestande för familjen som bor i huset. En flyttning av utomhusdelen från balkongtaket till taket på intilliggande förråd skulle sannolikt ge ett tillfredsställande resultat. Detta har diskuterats, men något beslut har ännu inte fattats.

För TA:s värmepumpar har ljudreducerande åtgärder hittills vidtagits i begränsad omfattning, t ex bättre vibrationsisolering av anslutande luftkanal och montering av ljudfälla i denna. TA har dock erbjudit sig att vidta ytterligare och mer omfattande åtgärder för att sänka ljudnivån.

Fläkt har efter successivt vidtagna åtgärder sänkt ljudnivåerna enligt nedan:

Hus	Ljudnivå, dB(A)	
	vid igångkörning	efter åtgärder
5	46 (sovrum)	30 (formellt godtagbart)
6	47 (-"-)	28 (-"-)
32	42 (allrum)	37 (-"-)
39	38 (-"-)	34 (-"-)

Som exempel på vidtagna åtgärder för Fläkts värmepumpar kan hus R 5 redovisas:

	Ljudnivå i "sämsta" sovrum
Vid inflyttning	46 dB(A)
Ombyggnad av kanalanslutningar och montering av flexibla rör- anslutningar	40 -"-
Ljudfälla på vp:s luftintag	40 -"-
Modifiering av kompressorns vibrationsdämpare	31 -"-
Byte av d:o	30 -"-
Byte av vibrationsdämpare under värmepumpen	29-30 dB(A)

Under arbetet med ljudreduceringen uppstod andra problem. Den "förbättrade" vibrationsdämpningen av kompressorn gav visserligen en lägre ljudnivå, men samtidigt en större påfrestning av de till kompressorn anslutna rörledningarna. En följd av detta blev också flera rörbrott med åtföljande läckage. Ytterligare modifiering av värmepumparna (flexibla anslutningar av köldmedierör t ex) vidtogs för att minska risken för dylika framtida problem.

6 FÖRSÖK ATT KLASSIFICERA DRIFTSTÖRNINGARNA I DE 22 EXPERIMENTHUSEN

Enligt TABELL 1 kan man härleda inträffade fel till helt olika orsaker. Enligt den bedömning som gjorts har noterats

- 45 komponentfel - de flesta i värmepumpar
- 17 fel orsakade av mätutrustningen
- 12 projekteringsfel
- att man i 13 fall modifierat installationen med hänsyn till drifterfarenheterna

TABELL 1 FÖRSÖK TILL KLASSIFICERING AV DE DRIFT-STÖRNINGAR SOM INTRÄFFAT I EXPERIMENTHUSEN

Syst	Hus nr	Komponentfel	Störn av mätutrustn	Projekteringsfel	Nya erfarenheter
14	6	2	1	3	-
	14	-	3	-	-
	18	1	2	-	-
	38	-	-	-	-
22	Samtl	Inga nämnvärda problem			
24	5	7!	1	-	-
	13	2			
	29	8!			
	32	8!	4	-	1
32	8	-	-	-	1
	9	-	-	-	1
	40	-	-	-	1
	41	-	-	-	1
42	10	3	-	-	1
	11	6	1	1	2
	27	3	2	2	1
	28	3	-	2	1
22S	34	Stort antal - prototyper av biosystem			
44	39	2	3	4	3
Summa		45	17	12	13

Komponentfel i installationer behöver inte förekomma om en tillräckligt god produktutveckling föregått introduktionen av systemen på marknaden. Täby-projektets huvudsyfte var att göra en positionsbestämning av kunskapsläget bl a beträffande avancerade installationssystem och därvid råkade projektet ut för dilemmat att ett tillräckligt antal väl utprovade system inte kunde erbjudas av svensk industri. De komponentfel som uppstått - mest i värmepumpar - beror sannolikt på val av fel utrustning eller utrustningsdetalj och på att just produktutvecklingen i vissa fall helt enkelt inte hade kunnat genomföras. På sätt och vis är alltså alla komponentfelen ointressanta för resultatet i stort. De bör helt enkelt inte få förekomma i en så stor utsträckning att de i nämnvärd grad stör driften. Det finns heller ingen anledning att förmoda att man inte för attraktiva system som blir föremål för massproduktion skulle kunna i tillräckligt hög grad undvika komponentfel.

Detta är en rätt central frågeställning i Täby-projektet. Vår fråga var bl a: Kan vi i stor skala bygga komplicerade energisparsystem? Svaret är att produktutveckling av rätt monumental mått torde krävas bl a för att

- plocka ihop rätt mix av komponenter
- konstruera larm- och andra indikationssystem som visar hur systemen fungerar
- optimera utrustningen så att den möter ekonomiska krav.

Detta tar tid och kostar pengar. Sannolikt krävs 5 à 10 år för att denna problematik skall kunna klaras ut för några få system. Ännu mer tid krävs för en fungerande konkurrens mellan flera väl fungerande system.

För att undvika missförstånd må nämnas att AGA-Thermias yttjordvärmsystem och TA:s värmepumpar avverkat en hel del av nämnda tid.

Det är självklart att fel orsakat av mätutrustningen inte heller har något intresse för en eventuellt kommande exploatering av ett antal installationstyper.

Projekteringsfelen kan man emellertid aldrig helt komma ifrån. Sådana projekteringsfel faller emellertid i allmänhet under de garantier som avges från säljare till köpare och borde därför inte heller vara särdeles besvärande i massproduktion. Samma sak gäller de fall där man här i Täby-projektet modifierat utrustningen med hänsyn till de drifterfarenheter man har fått. Detta är väl närmast att klassificera som ett slags resultat av en produktutveckling som skett under projektets gång.

En väl fungerande garantibesiktning utförd av sakkunnig personal är ett grundläggande krav för att komplicerad teknik av detta slag skall kunna säljas.

Trots allt finns tillräckligt med anledningar för att oväntade fel skall kunna uppstå. Det är en mycket viktig erfarenhet från Täby-projektet att man inte på allvar började komma tillrätta med felen förrän mätutrustningen var ordentligt intrimmad och den relativt sofistikerade information som denna mätutrustning kunde ge utnyttjades av de för installationerna ansvariga. Slutsatsen är att alla tänkbara felfunktioner måste utlösa någon form av larm. Med mikrodator teknik finns en oändlig massa möjligheter att indikera vilka typer av fel som uppstår i exempelvis värmepumputrustningar. Eftersom mikrodator teknik är relativt billig idag, ligger det nära till hands att använda sådan teknik. Naturligtvis finns det också mer konventionell äldre teknik, som på ett mycket enkelt sätt kan användas exempelvis med indikatorlampor för olika feltyper.

Det viktigaste av allt är emellertid enkelhet. Det måste vara entydiga indikationer för att vanligt folk skall kunna vidta någon som helst åtgärd i de situationer då någonting strejkar i huset. Instruktionen får knappast vara mer svårförståelig än "tryck på knappen när lampan lyser" eller "ring till servicemannen när siffran 9 blinkar". Naturligtvis finns människor som kan lufta en vätskekrets, byta en drivrem eller justera ett varvtal med en justerskruv, men för flertalet människor bör nog sådana uppgifter undvikas.

Slumpmässiga komponentfel kan inte accepteras i en sådan utsträckning som motsvarar alla komponentfel i Täby-projektet. Komponenter som lämpar sig för sin uppgift måste väljas ut så att haverier på grund av en slump praktiskt taget elimineras. Detta är en viktig del av varje produktutveckling.

7 SAMMANFATTNING

Under 1978, 79 och en stor del av 1980 har driftstörningar varit vanliga. Störningarna har drabbat systemen i stort sett proportionellt mot antalet samverkande delsystem för energibesparing. Exempelvis har av de ca 100 driftstörningar av mer allvarlig art fördelningen varit som följer:

System 24	(varmluft, värmeväxlare, värmpump samt styrsystem)	31 st
System 42	(varmluft, värmeväxlare, solvärme, styrsystem)	28 st
System 14	(vattenradiatorer, värmpump, styrsystem)	12 st
System 32	(solvärt varmvatten, styrsystem)	4 st
System 22	(ventilationsvärmväxlare, styrsystem)	0 st

Dessutom har de båda specialhusen med rätt mycket otestad teknik varit hårt belastade.

I ett tidigt skede förekom avsevärda problem med flödesmätare, vilket dock är att betrakta som en direkt följd av att det rör sig om ett experimentprojekt med omfattande mätning.

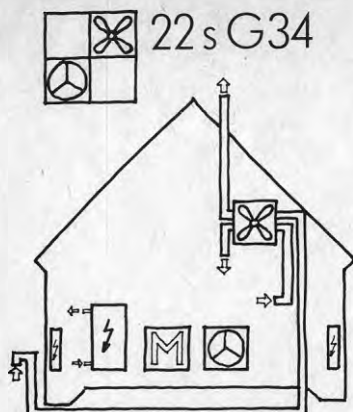
De flesta störningarna har berott på komponentfel (hälften av de ca 100). Detta är inte acceptabelt. I BEPRÖVAD teknik skall produktutvecklingen ha sett till att en sådan mix av komponenter ingår att haverier blir en sällsynthet. För att en teknik skall

vara beprövad krävs först att den är känd sedan avsevärd tid. Därefter måste den genomgå en utvecklingsperiod under strikt kontroll av tillverkaren för att så småningom föras ut mer i frihet på marknaden. Konkurrens mellan fabrikat krävs troligen innan ekonomiskt optimala lösningar kan etablera sig fast på marknaden. Tiden från prototyp till fast etablering är troligen 10 år eller mer. Två fabrikat av värmepumpar syns ha haft ett par tre år av de 10 på nacken vid Täby-projektets upphandling.

Driftresultaten från energisparsynpunkt syns väl överensstämma med mönstret för driftstörningar. Ju fler störningar desto mindre del av den beräknade energibesparingen har uppnåtts. Denna generalisering är dock mycket grov.

Ett allvarligt driftproblem är värmepumparnas höga ljudnivå. Delvis är detta en projekteringsmiss. Det måste vara fel att installera värmepumpar på ett träbjälklag, vilket skett i flera fall. Projektledningen och Fläkt var överens om att i princip försöka förlägga all utrustning utanför bostadsutrymmet. Enkla larmfunktioner för samtliga driftfall bör finnas. Vetterligen har inte ens de bäst utvecklade delsystemen i projektet sådana larm.

Som en sammanfattande slutsats kan sägas att mer komplicerade system för energibesparing inte är färdiga för användning i enskilda - nya och därmed också energisnåla - småhus. Detta också med tanke på kostnaden som här med få undantag är oacceptabelt hög.



VÄRMEVÄXLING, MULTRUM
SPECIALHUSET

Multrum och gråvattenrening

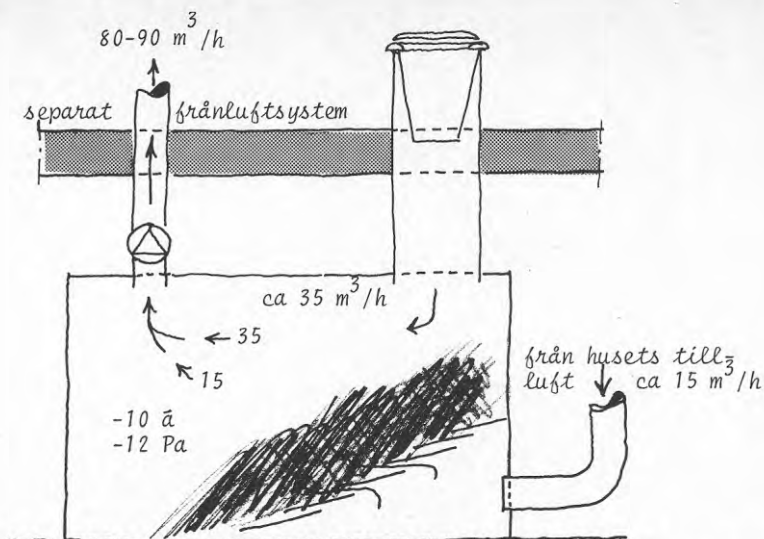
En lång rad besvärligheter uppstod under år 1978 och 1979 med själva multrummet. Först lyckades man inte ordna ventilationen så att trycken låg rätt, utan il-laluktande gaser med stickande lukt. Efter en ordentlig tryckmätning av systemet och efter inmontering av en extra fläkt kunde dessa problem bemästras. Den komplicerade sammankopplingen med gråvattenreningsanläggningen gjorde dock att några läckagevägar aldrig kunde helt kartläggas. Under denna tid blåstes mer än 100 m³/h varm och fuktig luft upp genom frånluftssystemet upp över tak.

Denna ordinarie luftväg för frånluften kunde inte användas på grund av att den felaktigt inte kondensisolerats. Om den hade använts för den i värmeväxlaren kylda frånluften, hade stor risk funnits för att husets luft läckt in och kondenserat på röret samtidigt som frånluften åter värmts såväl av kondensationen som av värmeövergången av sensibel värme.

Den nya frånluftkanalen drogs ut rakt genom källarvägg under entrén och upp i ett plaströr vid garagegaveln.

Multrummet klarade inte den fuktbelastning det var utsatt för. Förutom den ordinarie belastningen överfördes ca 2 l slam från gråvattenreningsanläggningen per dygn och detta gav ett vätskeöverskott av storleksordningen 10 l/vecka, vilket måste pumpas bort. Efter ett antal översvämningar av källargolvet med latrivatten, blev länspumpningarna rutin och var kanske mest besvärande för Toa-Thrones personal, som varje vecka fick komma ut och göra pumpningen.

Efter drygt ett halvt års drift bedömdes multrumsbädden vara alltför sur för att en återgång till "normal" drift skulle kunna lyckas, varför multrummet tömdes och en ny bädd lades. Förhållandena blev inte mycket bättre på grund av att ett grundläggande fel finns hos alla nu existerande multrum på marknaden: Genomluftningen fungerar inte tillräckligt bra, FIGUR 1.

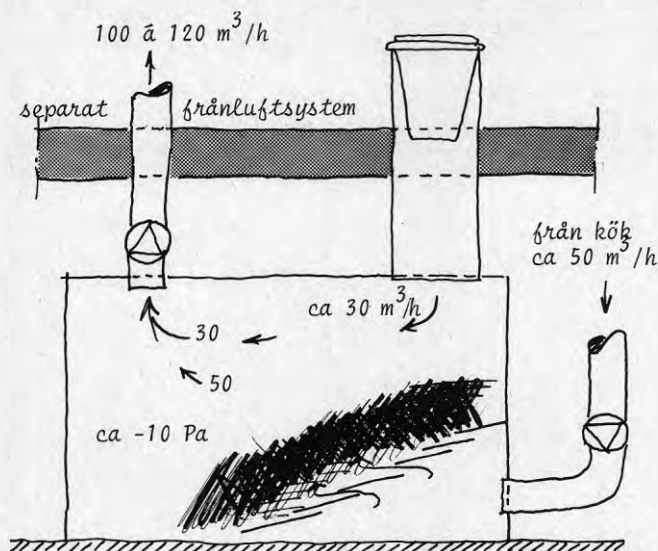


FIGUR 1 REDOVISNING AV LUFTENS VÄG GENOM MULTRUMMET

I den lilla grupp intresserade personer som under det första driftåret följde anläggningen fanns docenterna Wolgast och Åberg, Uppsala, med. Båda dessa hade Clivus multrumanläggningar i sina hus och de kunde vitsorda att samma problem fanns med dessa anläggningar. Massan genomluftas inte och några 100 l vatten står ständigt på botten av multrummet, medan de översta delarna torkar ut och "mumifieras" enligt Åberg. En god aerob process kan endast uppkomma i begränsade zoner i ett sådant multrum.

Under hösten 1979 började AGA avveckla en del av sin värmedivision och sålde därvid även Svenska Toa-Throne AB. Samarbetsavtalet med UPO sades också upp och man beslöt att avveckla försöken med gråvattenrening, närmast därför att ingen huvudman för fortsatt arbete fanns. I januari 1980 togs den alldeles för stora gråvattenreningsanläggningen bort under stort besvär. Samtidigt byggdes ventilationen av multrummet om, så att den mindre av de båda fläktar som fanns i systemet fick trycka in luft under multrummet, samtidigt som den större fläkten tyristorreglerades och transporterade bort den luft som gick igenom massan samtidigt som den höll ett lagom avpassat undertryck ovanför bädden. Luftflödenas storleksordningar och fördelning framgår av FIGUR 2.

Med detta arrangemang förbättrades förhållandena i multrummet påtagligt, men fortfarande uppnåddes inte en gynnsam temperaturnivå för aerob nedbrytning. Mätningar gav vid flera tillfällen vid handen att temperaturen i själva massan låg 3 å 4° under tilluften, som i sin tur togs direkt från värmeväxlaren och redan då alltså var några grader undertempererad. Den genomsnittliga temperaturen under den driftperiod som följde var ca 15°C i massan, vilket inte är särskilt bra för en aerob bakterieflora (bör vara +28°C).



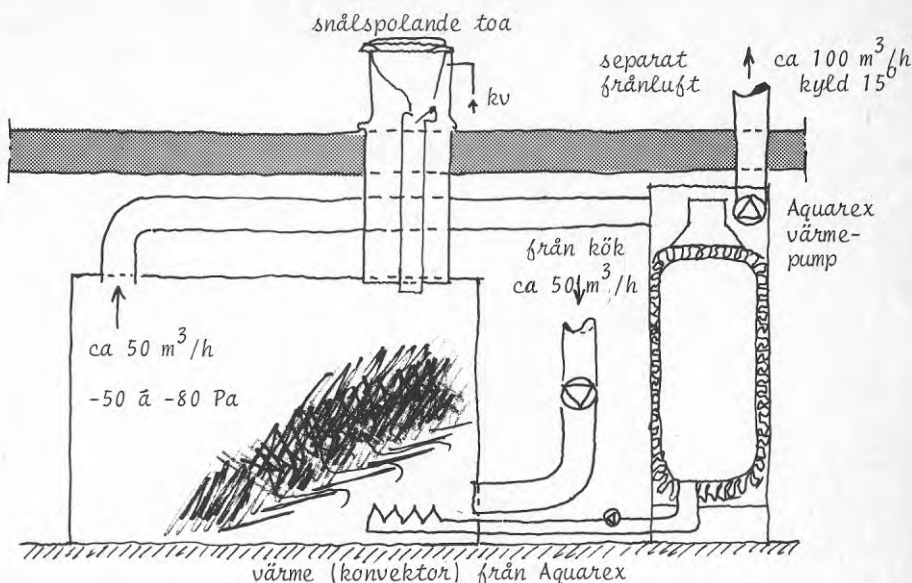
FIGUR 2 MULTRUM MED NY LUFTFÖRING

Det visade sig också att den låga temperaturen inte räckte för att avdunsta det vatten som tillfördes multrummet trots att de 2 l/dag slam från gråvattenreningen inte längre tillfördes multrummet. Gråvattnet gick, efter det att gråvattenreningsanläggningen var utriven, direkt till det kommunala avloppet.

Efter ytterligare en översvämning hösten 1980 kopplades värme på under luftningstrappan och temperaturen i bäddens underkant fördes upp från ca 15° till ca 25°.

En energiförbrukning av den storleksordning multrummet med denna förvärmning tog i anspråk är inte acceptabel i energisnåla hus. Nästa steg i utvecklingen var inkoppling av en Aquarex värmepump, som dels förvärmer luften som går in i multrummet, dels tar tillvara energin i frånluften innan den släpps ut i avluftkanalen, FIGUR 3.

Samtidigt med denna ombyggnad har snålspolande toaletter monterats bl a för att hindra flugor att komma upp i bostaden. Dessutom används frånluft från köket för att "mata multrummet" i stället för, som tidigare, i värmeväxlaren förvärmad tilluft. Härvid accepteras en viss obalans i värmeväxlaren, men denna obalans är inte av så väsentlig storlek att verkningsgraden nämnvärt påverkas. Det överskott av frånluft som huset får med systemet ifråga bidrar dessutom till att stabilisera ventilationen, så att ett ständigt svagt undertryck finns i huset.



FIGUR 3 AQUAREX + MULTRUM.

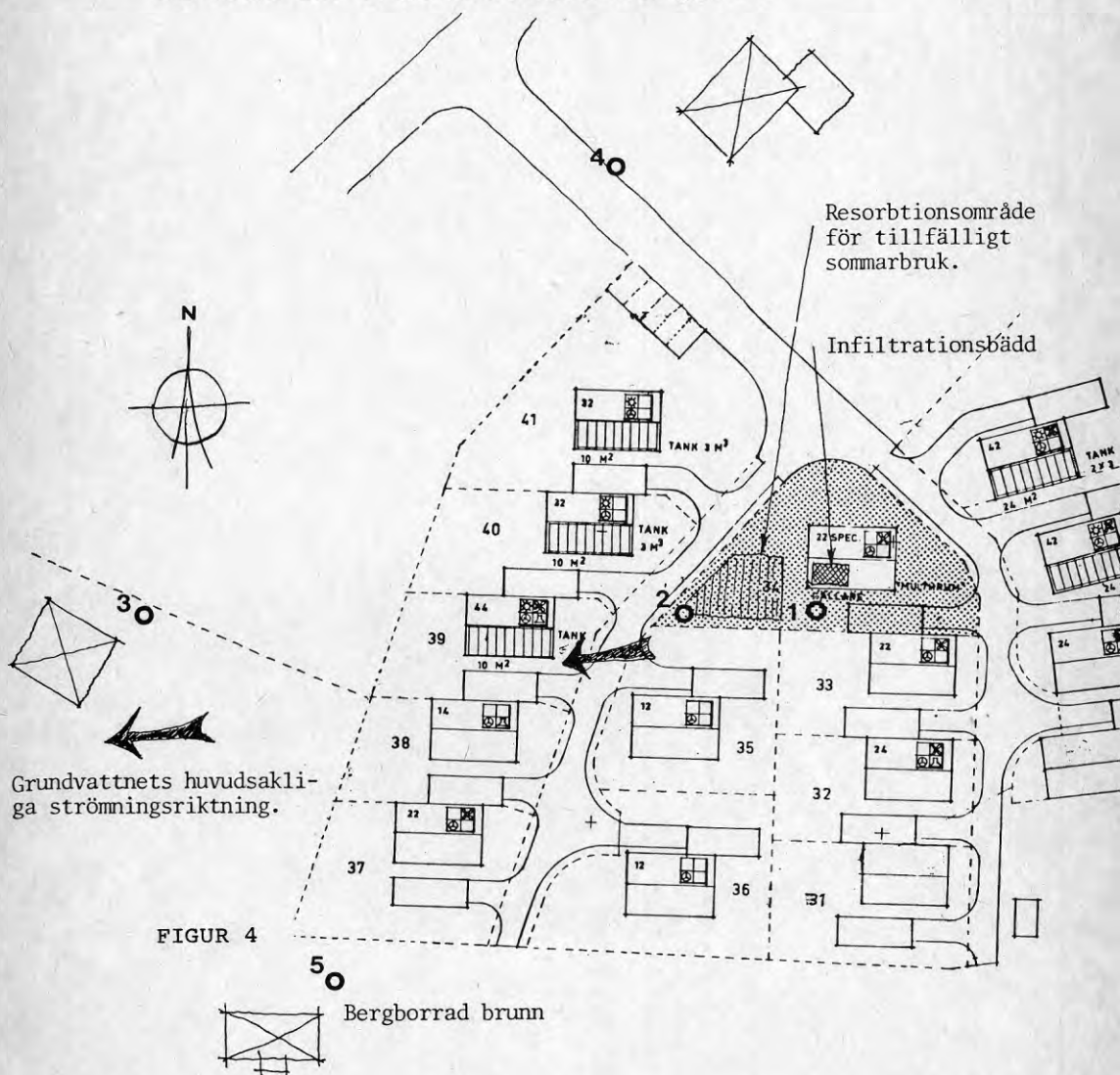
Vid inledningen av arbetena med biosystemen i hus 22S ansöktes om särskilt projektanslag från BFR, men ansökan avslogs på grund av att brist på medel inom denna sektor fanns. Huvuddelen av medlen har istället kanalisierats till bl a laboratorieförsök. Bl a har avdelningen för VA-teknik och Vattenkemi, KTH, fått en hel del anslag och arbetat med hithörande problem. Ett samarbete inleddes under hösten 1980 mellan avd för VA-teknik och Vattenkemi, Svenska Toa-Throne AB och författaren. Försöken understöds också av Elektro Standard AB i Katrineholm, som levererat värmepumpen. Institutionen för Mikrobiologi vid Statens Lantbruksuniversitet i Ultuna deltar också mer perifert i verksamheten.

Under januari månad 1981 användes inte toaletterna på grund av semester. Förvärmningen med värmepumpen var tillslagen och bädden var i slutet av januari så torr att luftgenomflödet nådde ca 60 m³/h. Efter några dagars användning slammade bädden dock igen och luftflödet sjönk till under 50 m³/h. Vattennivån började åter stiga och urpumpning av ca 30 liter gjordes efter ca 14 dagars användning. För att undanröja de praktiska problemen med dränering monterades i februari 1981 en avloppsledning från multrumets botten. Hoppet om att avfuktning skulle kunna ske med hjälp av avdunstning fick uppges.

I samband med ombyggnaden av avloppssystemet insattes också en behållare i stället för grävattenreningsanläggningen. Denna behållare kan utrustas med viss

grävattenreningsutrustning, men främst har den utnyttjats för att mäta avloppsvattnets temperatur. Vad som registreras är ett slags rullande tidsmedelvärde, vilket efter beräkningar av tämligen enkelt slag ger en rätt god bild av avloppets karakteristiska temperatur när det lämnar huset. (Se kap 4.)

I arbetet ingick från början också planer på att följa eventuella föroreningar i grundvattnet, som skulle kunna uppstå på grund av infiltrationen under källargolvet och resorptionen under gräsmattan. Därför slogs ett antal grundvattenobservationsrör och analyser gjordes i samarbete med Institutionen för Kulturteknik, KTH, FIGUR 4. På grund av brist på anslag kunde inte heller dessa arbeten fullföljas, men ett par omgångar analyser har genomförts och redovisats. En tolkning av resultaten i detta sammanhang skulle föra alltför långt och säkra indikationer saknas för övrigt ännu. Grundvattenobservationsrören finns emellertid och verksamheten kan återupptas om intresset för denna del av problematiken återuppstår.



FIGUR 4

Energibalans

Under den tid förf bött i huset har något för det mesta fungerat felaktigt. Läckluftflöden i biosystemet är det kanske största störningsmomentet.

Om nu tankeexperimentet görs att huset fungerar helt perfekt och att en "normalfamilj" med 4 personer bor i huset, blir indata som följer:

VA-förluster baseras på 150 m³ vatten/år

Fuktavgivning i bostaden ca 3 kg/d (utöver pers)

Transmissionsförluster 78,3 W/°C * (1-0,04) -
- (styrsystemets inverkan)

Ventilationsförluster 85 % temperaturverkningsgrad för den resterande växlaren med 200 m³/h samt 25 m³/h luftläckning - motsvarar 55 m³/h.

Varmvattenberedaren tillförs 3.500 kWh/år

Hushållsel är 4.000 kWh/år

Detta ger enligt beräkningsmodellen:

Förluster		Tillförsel	
Diverse	44	Sol	2.550
Ventilation	2.253	Personer	1.893
Transmission	11.057	Hushållsel	4.000
Avdunstn	736	Varmvatten	3.500
VA-förluster	3.654	Värme	5.810
Summa	17.753	Summa	17.753
		Betald energi	13.310

En planerad ombyggnad med frånluftsvärmepump och ev en ytterligare mindre sådan, som tar värme ur mätburken (FIGUR 4.2.10) och deponerar värme i en varmvattenberedare beräknas minska energibehovet till ca 10.000 kWh.

Inneklimat

Det har varit mycket nyttigt att själv bo i ett försökshus. Många vanföreställningar om moderna hus blir man handgripligt av med.

Exempelvis är ventilationen LÅNGT IFRÅN BRA med det flöde vi har (ca 225 m³/h). Inte ens i min hustrus och mitt sovrum med 80 m³/h utlufttillförsel (ca 2,5 oms) är vi nöjda med luftkvaliteten. Sannolikt måste

man upp över 3 omsättningar, varför jag personligen tror på återluftsystem.

Övertemperaturer sommartid på övervåningen är också ett problem, men här hjälper nog inte ens återluft. Så stora flöden kan man inte praktiskt hantera.

- Så nog finns det mycket än att göra. -

BILAGA 7

MÄTVÄRDESFEL FRÅN AUTOMATISKA REGISTRERINGAR
AV ENERGIFLÖDEN MÄTÅRET 1980-81

I TABELL 1 redovisas stickprov ur hela mätmaterialet. Där har i regel det "manuella" materialet inga luckor, eftersom värdena är skillnaden mellan två avläsningar. "Automatvärdena" är påfyllda med medelvärden av registreringarna före och efter ett avbrott. $(A - M)/M \cdot 100$ är den procentuella avvikelser mellan täckande värden från olika perioder.

En genomgång av denna problematik har lett till att alla automatiskt registrerade värden för mätperioden 1980-81 underkänts. Sådana värden har alltså normalt inte använts i analysen och om det i något fall hänt att dessa värden använts som stöd för uppskattningar framgår detta klart av vidhängande text.

TABELL 1 AV MCE GENOMFÖRDA JÄMFÖRELSENER MELLAN AUTOMATISKT (A) OCH MANUELLT REGISTRERADE (M) ENERGIMÄTVÄRDEN

Period/år	Hus- mätare	$\frac{A - M}{M} \cdot 100$	År:
790914 (kl 16.35)	(12 G 35) 35 hush	-0,3 (%)	Godkända värden
-800514 (kl 12.30)	35 varmv	-0,6	
databortfall ca 4,5 %	35 värme	-0,2	
sommaren 1980	(12 G 35) 35 hush	+7,6	Värdena UNDERKÄNNS
+vintern 80-81	35 varmv	+9,9	
databortfall ca 8 %	35 värme	+6,2	
-"- (kl 14.30)	(12 R 03) 03 hush	-0,1	Godkända värden
(kl 11.15)	03 varmv	-0,1	
databortfall ca 6 %	03 värme	-0,4	
-"- -"-	(12 R 04) 04 hush	-0,6	Godkända värden
	04 varmv	-0,2	
databortfall ca 6 %	04 värme	-0,2	
sommaren 1980	(12 R 04) 04 hush	+7,6	Värdena UNDERKÄNNS
+vintern 80-81	04 varmv	+10,5	
databortfall ca 18 %	04 värme	+9,0	

En systematisk genomräkning av samtliga automatiskt registrerade värden under det senaste mätåret gav mycket stora avvikelser. Mycket grundliga genomgångar av förbrukningstalen gav exempelvis

- radhus 4 uppvisade 10,2 % högre förbrukning med automatisk registrering och med komplettering genom beräkning av data under bortfallstider än med direkt avlästa värden,
- kontroll av tre mätare i hus nr 9 under en månad gav 2,2 % högre automatiska registreringar för en mätare, 9,5 % högre registrering för nästa mätare och överensstämmelse för den tredje mätaren - som stått stilla,
- för hus 10 gav en analys med ifyllning av bortfallna data 2,1 % lägre energiförbrukning enligt den automatiska registreringen i jämförelse med den manuella,
- för hus 35 och hela mätåret 80-81 gav de automatiska mätningarna 9,0 % högre värden än de direkt avlästa, varvid ifyllning skett genom att de automatiskt registrerade månadsmedelvärdena använts direkt - dvs databortfall har ersatts med månadsmedelvärdedata från resterande registreringar.

Ett grundligare studium

En fördjupad undersökning av de observerade differenserna gav vid handen att avvikande värden sannolikt uppstått genom störningar, TABELL 2. I allmänhet är skillnaderna små eller helt försumbara, men i vissa mätperioder förekommer kraftiga störningar så att avvikelser upp till flera 10-tal % tillfälligt uppstår. Tabellen redovisar exempel på en av många sådana störningar, där avvikelser mellan automatiska registreringar och manuella avläsningar redovisas mätare för mätare och avläsningsperiod för avläsningsperiod. Avläsningsperioderna bestäms här helt av de manuella avläsningarna som stansats och lagts in på databand. Tabellen jämför alltså konstaterade skillnader mellan manuella avläsningar och registrerad tid i % då data-systemet stått stilla. Man ser i tabellen att skillnaderna är små eller obefintliga fram till 800715, medan man därefter har påfallande stora olikheter mellan bortfallsperioderna i % och den registrerade skillnaden i kWh. Självfallet kan beloppet bli stort i perioder med mycket stora databortfall, vilket helt enkelt beror på att systematiska faktorer påverkat händelseförloppet. I allmänhet har dock skillnaden varit av försumbar storlek under mätåret 79-80. Tabellen styrker att de automatiska avläsningarna måste behandlas med yttersta varsamhet för att icke misstag skall göras för det andra mätårets del.

TABELL 2 UTDRAG UR TOTAL GENOMGÅNG AV SAMTLIGA REGISTRERINGAR

A = procentuell skillnad mellan mätaravläsning och automatisk registrering - Summa av tre mätare.

B = procent tid med databortfall.

A - B bör helst vara < förväntat mätfel

Datum kl	Hus 3			Hus 4			Anm
	A	B	A-B	A	B	A-B	
790621-0000	62,0	49,5	12,5	57,5	49,5	8,0	1
790713-1200	3,4	3,8	-0,4	4,8	3,8	1,0	
790815-1000	18,7	23,5	-4,8	21,4	23,4	-2,0	2
790914-1300	3,6	2,7	0,9	3,4	2,7	0,7	
791218-1200	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,1	-0,1	
800130-1200	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0	
800220-1000	22,1	21,4	0,7	23,9	21,4	2,5	
800317-1100	0,0	0,0	0	-0,1	0,0	-0,1	
800414-1000	19,3	19,9	-0,6	19,4	19,9	-0,5	
800514-1000	15,6	11,6	4,0	18,7	11,6	7,1	
800616-1000	3,7	6,3	-2,6	4,2	6,3	-2,1	
800715-1000	99,4	85,9	3,5	81,5	85,9	-4,4	
800815-1100 till 810515	100,0	0,0		-1,8	13,1	-14,9!	3

1) Inkörning, små värden. Bedömning svår m h t semester etc.

2) Hus 3 har 5 % avvikelse, vilket kan vara acceptabelt.

3) Helt oacceptabla avvikelser

Datum kl	Hus 8			Hus 9			Anm
	A	B	A-B	A	B	A-B	
790621-0000	53,4	49,4	-	55,4	49,5	5,9	4
790713-1300	2,4	3,8	-1,4	3,5	3,8	-0,3	
790815-0900	16,4	23,4	-7,0	22,4	23,4	-1,0	5
790914-1400	3,6	2,7	0,9	3,5	2,7	0,8	
791218-1300	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	
800117-1100	-0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	
800220-1100	23,0	21,5	1,5	23,5	21,5	2,0	
800317-1100	-0,0	0,0	0	-0,1	0,0	-0,1	
800414-1100	20,0	19,9	0,1	19,5	19,9	-0,4	
800514-1000	17,1	11,6	5,5	14,9	11,6	3,3	
800616-1100	6,4	6,3	0,1	6,1	6,3	-0,2	
800715-1000	80,3	85,9	-5,6	86,0	85,9	0,1	
800815-1200 till 810515	-2,5	13,1	-15,6!	-3,2	13,1	-16,3!	6

4) Inkörning, små värden acceptabelt med stora fel

5) Bedömning svår, kan möjligen förklaras genom att solvärme inverkar oregelbundet

6) Helt oacceptabla avvikelser.

Största rimliga fel vid en slump-
talsgenerering av bortfallna data

Om bortfallna data är från samma population, bör en slump-
talsgenerering av värden mellan säg -3σ och $+3\sigma$
med ca 99 % säkerhet ge värdena samma möjliga storlek
som de aktuella mätvärdena. En inverkan av olika stora
bortfall kan därför lätt räknas ut med hjälp av slump-
tal kombinerade med den temperaturberoende energiför-
brukning som kan beräknas.

I det generella fallet bör temperaturpåverkan tas med.
För ett radhus är t ex temperaturpåverkan ca $90 \text{ W}/^\circ\text{C}$
(= Q). Detta framgår sedermera av analyserna i kapitel
4. Man kan göra som följer.

- $(\theta_i - \theta_u)$ för den registrerade perioden, dvs an-
talet registrerade dagar utan bortfall av data, kal-
las A.
- $(\theta_i - \theta_u)$ för perioden med bortfall kallas B.
- $Q_v = (A - B) * q * t$, där t = tiden för bort-
fall i h ger Q_v , som är den systematiska delen av
bortfallet.
- $Q_v + Q_{\text{slump}} = Q_F$, där Q_F är de syntetiska
värden man fyller på.

Q_{slump} är slump-
talsgenererade värden, varvid alla
faktorer som påverkar Q antas bero på slumpen.

Beräkningsgången blir

- bestäm A och B
- beräkna Q_v
- generera Q_{slump}
- sammanställ Q_F

Q_F blir då en serie värden inom ett spridningsband
som bestäms av de kriterier man bestämmer sig för be-
träffande spridningen. I det generella fallet bör man
även för Q_{reg} (dvs registrerade data) separera Q_v
och Q_{slump} för att få grepp om spridningen σ_{n-1} .
Detta är trivialt, men det är rätt mödosamt om stora
datamängder skall genereras på detta vis.

En stor del av den tillförda energin är icke tempera-
turberoende. En delfråga är därför om sådana bortfall
kan fyllas på med slump-
talsgenererade värden. Denna
fråga besvaras med ett exempel, där en slumpvis utvald
elmätare behandlas och där storleksordningen av till-
kommande fel beräknas.

Den mätare som utlottades råkade bli 13 E E 74, vilket
betyder mätaren för hushållsel i radhus nr 13 under
maj månad 1981. Här finns heller ingen systematisk på-

verkan av temperatur e_d , varför den kan tjäna som ett första enkelt exempel. För detta fall visar dataregistreringen att av 31 dygnsvärden saknas 5 (i felfrekvenslistan av någon anledning endast 4). $Q_{med} = 0,428$ kW, $\sigma_{n-1} = 0,104$ kW för de övriga 26.

Det i och för sig systematiska tidsberoendet (vecko-dag, timme, årstid) beaktas här inte för att inte onödigtvis tynga framställningen.

Det intervall som nämndes, $Q \pm 3\sigma$ är således 0,116 kW till 0,740 kW. Slumptalsgenereringen betecknas $Q_{slump} = 0,116 + RAN * 0,312$. (RAN = kod för slumpstal mellan 0 och 1.) Den första serien som genererades bestod av följande värden:

$$\begin{aligned} Q'_1 &= 0,1516 \\ Q'_2 &= 0,4520 \\ Q'_3 &= 0,6309 \\ Q'_4 &= 0,3017 \\ Q'_5 &= 0,6799 \end{aligned}$$

$$Q'_{med} = 0,4432$$

$$\sigma_{n-1} = 0,2216$$

Kvadratsumman av de enskilda värdenas avvikelser från medelvärdet är $0,1964$ (kW)². Genom att σ_{n-1} för den ursprungliga populationen är känd, kan kvadratsumman av avvikelserna för de 26 kända värdena lätt beräknas till $0,2704$ (kW)². Den nya standardavvikelsen blir

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{0,2704 + 0,0020 + 0,1972}{31 - 1}} = 0,125$$

Spridningen ökar alltså från 0,104 till 0,125. Medelvärdet ändras också en aning, nämligen från 0,428 till 0,430, dvs med 0,5 %.

Denna procedur har genomförts ett antal gånger utan att Q_{med} ändrats mer än 1 %. Detta är också ett förväntat resultat när man rent slumpmässigt genererar bortfallna värden, som inte kan förväntas systematiskt avvika från de observerade. Skillnaden mellan de "sanna" värdena och de uppskattade värdena blir alltså synnerligen liten. Proceduren att fylla i data på vedertaget sätt kan alltså inte generera tillnärmelsevis de fel som observerats i materialet.

Slutsatsen är att om avvikelser mellan automatiskt (A) och manuellt (M) registrerade värden finns, är slumpmässigt valda talserier inom spridningsintervallet för registrerade data inte orsaken till de fel som observerats.

För att fortsätta resonemanget med ett mer avancerat exempel tas november månad 1980 och Hus R4, TABELL 3.

TABELL 3 EXEMPEL PÅ MISSTÄNKTA FEL I DET AUTOMATISKA REGISTRERINGSSYSTEMET UNDER MÅTÅRET 1980-81. PERIODEN 800815 TILL 810515 HUS R4.

Period	Bortfall h	Valt värde kWh	Rimligt fel, kWh	Anm
800815-800914	614	695*	+ 14	= man. avl (2 % fel antas)
800915-800930	0	405,2		
okt	0	1.181,5		
nov	109	1.730,2	+118,7+20	26-30 nov
dec	18	1.945,5	+ 10	16 h dag 1
jan	1	2.124,9	+ 1	
feb	1	1.745,8	+ 1	
mars	0	1.897,9		
apr		1.424,9		
810515 kl 1505	72	530,2	+46,3+15	1-4 maj
Summa	815 h (ca 12%)	13.681,1 + 165	164,7+30	max avl = = 12.452 kWh
		13.846,1	+30 kWh	

* Med "fel" avses av slumpen orsakad avvikelse. Den automatiska registreringen antas här hypotetiskt vara "rätt".

I TABELL 3 med medelvärden påfyllda, automatiskt registrerade värden anges resultat som skiljer sig 1.229 kWh från de manuellt registrerade värdena för perioden (man = 12.452 kWh).

Bortfallet av mätdata är enligt utskrifter av data samt av felfrekvens sammanlagt 815 h. Nu kan emellertid 614 h med bortfall under aug - sept ersättas med manuella data (M), vilka från de automatiska datas (A) måttstock kan innehålla ett mindre fel. Detta är dock ointressant.

Under resterande 815 - 614 = 201 h med bortfall skall alltså tillförd effekt ha legat 6,11 kW lägre (dvs 1.229 kWh/201 h = 6.11 kW) än vad som registrerats i de automatiska mätningarna för att överensstämmelse mellan A och M skall uppnås.

Detta är orimligt, eftersom den högsta registrerade dygnsmedeleffekten är ca 4,1 kWh.

En genomgång av data ger vid handen att de båda större bortfallen skett under kalla perioder, en mellan den 28 och 30 nov och en 1 - 4 maj. Därför har tilllagts 118,7 + 20 kWh (osäkerhet) resp 46,3 + 15 kWh för att kompensera detta (motsvarar Q_v).

Skillnaden mellan A och M ökar ytterligare med detta tillägg från 1.229 till 1.394 kWh.

Det relativa felet uppgår därför till 11,20 % med en skattad osäkerhet när det gäller storleken av +0,24 %.

I tabellen har gjorts en mycket enkel påfyllning av data med en bedömning av hur kylan under perioden, relativt sett, ökat behovet av energi i jämförelse med månadens medeltal (beloppen 118,7 resp 46,3 kWh).

Följande metod är betydligt noggrannare. Energibehovet för tredagersperioder beräknas för att begränsa datamängden.

1 - 3 nov	172,3 kWh	$\theta_i - \theta_u = 22,39$
4 - 6 "	161,5 "	18,26
7 - 9 "	186,4 "	20,04
10 - 12 "	194,0 "	21,84
13 - 15 "	166,2 "	19,92
16 - 18 "	149,0 "	14,32
19 - 21 "	180,5	16,50
(4d) 22 - 25 "	$x = 231,6$ (3/4*x=173,7)	17,45

Spridningen beräknas genom att förutsätta temperaturberoendet till 3 kWh/d, °C eller 9 kWh/3 d, °C (enl senare analys). Värdena standardiseras till temperaturdifferensen 20°, varvid serien blir

1 - 3 nov	150,79	
4 - 6 "	177,16	
7 - 9 "	185,04	mdlv = 61,13 kWh/d
10 - 12 "	177,44	spridn $\sigma_{n-1} = 6,53$
13 - 15 "	166,92	för tredygnsperioder.
16 - 18 "	200,12	Endygnsper $\sigma'_{n-1} =$
19 - 21	212,00	= 11,32*)
22 - 25	196,65	

De felande dagarnas utetemperatur samt motsvarande temperaturskillnad är

	θ_u	$\theta_i - \theta_u$
26 nov	- 9,6	28,6
27 "	- 8,9	27,9
28 "	- 1,8	20,8
29 "	- 7,4	26,4
30 "	-11,0	30,0

$$\begin{aligned}
 *)\sigma_{n-1:1d} &= \sqrt{n * \frac{N-1}{N-n}} * \sigma_{n-1:3d} = \sqrt{3 * \frac{30-1}{30-3}} * 6,53 = \\
 &= 11,32 = \sigma'_{n-1}.
 \end{aligned}$$

De felande värdena består av tre delar:

1: mdlv - 3 σ ;	2: slumpstal inom + 3 σ ;	3 temp.korr	
dat	del 1:	del 2:	del 3:
26 nov	61,13-33,95=27,18	7,08	(28,6-20)*3 = 25,8
27 "	27,18	30,54	23,7
28 "	27,18	9,98	2,4
29 "	27,18	2,61	19,2
30	<u>27,18</u>	<u>22,24</u>	<u>30</u>
Summa	135,9 +	72,45 +	101,1 = 309,45

På detta sätt har genererats slumpstal i kombination med temperaturkorrigering ett flertal gånger. Det första som ovan

1:	135,9	+	72,5	+	101,1	=	309,5
nästa 2:	135,9	+	240,1	+	101,1	=	477,1
etc 3:	135,9	+	178,3	+	101,1	=	415,3
.
.
n:	135,9	+	119,4	+	101,1	=	<u>356,4</u>
			mdlv				399,8

Detta skiljer sig obetydligt från det enklare värde för november månad som användes i TABELL 3, nämligen

$$1.730,2 / 30 * 5 + 118,7 = 407,1.$$

Värdet i TABELL 3 tillades en osäkerhet av + 20 kWh. Spridningen i de slumpgenererade värdena är + 53 kWh.

Fler exempel på stora skillnader mellan A och M ges i TABELLERNÄ 4 och 5.

TABELL 3.3.4 EXEMPEL PÅ AVVIKELSER MANUELL - AUTOMATISK REGISTRERING. KONTROLL AV TRE MÄTARE I HUS 9.

	EE0987	EE0988	EE0989
800715 kl 11.10	14.348	4.607	A
800616 kl 11.15	13.847	4.563	A
Manuella data (M)	501	44	0
Autom data (A) beräknade ur dygns- medelvärden. Bort- fall 49 h av 720.	512	48	0
Avvikelse	2,2 %	9,1 %	0

TABELL 5 MEDELVÄRDESBILDADE DATA (MÅNADSMEDELVÄRDEN AV TIMMEDELVÄRDEN) OAVSETT BORTFALL FÖR DE AUTOMATISKA REGISTRERINGARNA, HUS 35

	35EE8	35EE89	35EE90	Summa
810515 k1 13.10	13.705	11.514	40.461	65.680
800815 k1 14.20	9.237	8.050	29.400	46.687
	4.468	3.464	11.061	18.993
autom reg månadsmdlv	4.395	3.947	11.770	20.112
avvikelse	-1,6 %	+13,9 %	+6,4 %	+5,9 %
antal dagar med reg bortfall				50
antal reg dagar				223

Sammanfattningsvis har samtliga hus utom ett, där jämförelse mellan A beräknade ur månadsmedelvärden och M kunnat göras visat avvikelser mellan +5 och +20 % ($\frac{A-M}{M}$). Detta gäller för tiden efter maj 1980.

Slutsats

Även sofistikerade metoder för ifyllning kan inte rimligtvis ändra avvikelserna mellan M och A mer än allra högst 1 %. Kvar står alltså minst 10 % fel.

De automatiskt registrerade energidata från och med juni 1980 bör användas endast undantagsvis och då endast med största försiktighet. Oregelbundet uppträdande fel förekommer, varför manuellt registrerade data från mätare alltid måste kontrolleras innan slutsatser av mätresultaten dras.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
760756-3 från Statens råd för byggnadsforskning till
Tyréns Företagsgrupp AB, Stockholm.**

R13:1984

ISBN 91-540-4076-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704013

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris 60 kr exkl moms.