



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

R83:1979

Täbyprojektet

Delredogörelse februari 1979

Nils-Eric Lindskoug

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R83:1979

TÄBYPROJEKTET

DELREDOGÖRELSE FEBRUARI 1979

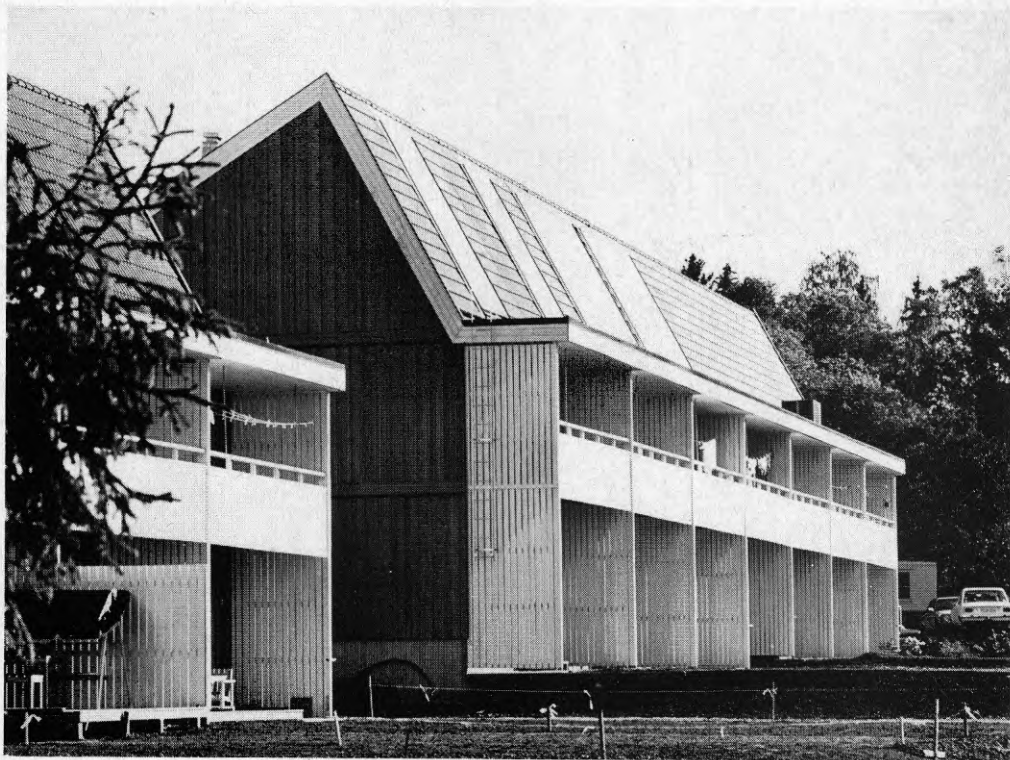


FOTO NEL.

NILS-ERIC LINDSKOUG

Denna delredogörelse hänför sig till forskningsanslag 760756-3 från Statens råd för byggnadsforskning till Styrgruppen för projekt Täby, c/o Tyréns Företagsgrupp AB, Stockholm.

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

R83:1979

ISBN 91-540-3060-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 955195

INNEHÅLL:

	SAMMANFATTNING	5
1	BAKGRUND	9
1.1	Allmän inriktning	9
1.2	Historik	9
1.3	Energibesparande eller -producerande system	11
1.4	Kombinationer	12
1.5	Motiv för valet av antal	13
1.6	Mätning och utvärdering	14
1.7	Målsättningen för Täby-projektet	14
2	BYGGANDET OCH INSTALLATIONERNA	21
2.1	Tidsprogrammet och dess beroende av lån, bidrag och forskning	21
2.2	Stadsplanen och den slutliga husutformningen	22
2.3	Arbetets organisation och genomförande	26
2.4	Täthetsproblematiken	28
2.5	Installationssystemens funktion, praktiska utformning	33
2.6	Speciella problem	53
2.7	Projektering av mätinstallationer	56
2.8	Mätsystemets idrifttagning	56
3	MÄTPROGRAM, MÄTINSTALLATIONER OCH MÄTTEKNIK	59
3.1	Mätgruppens sammansättning och direktiven	59
3.2	Formulering av uppgiften	60
3.3	Energibalanser	61
3.4	Mätbehov	64
3.5	Sammanfattning av mätprogram	66
3.6	Mätning av olika "system"	68
3.7	Detaljfrågor angående husens energibalans	71
3.8	Specialstudier genom korttidsmätning	72
3.9	Sammanställning av mätbehov och kostnader	73
3.10	Givare	78
4	UTVÄRDERING AV MÄTRESULTAT	81
4.1	Bakgrund	81
4.2	Organisation	82
4.3	Energibalans för hus som helhet	82
4.4	Ventilation och värmeåtervinning samt täthet	83
4.5	Solvärme	85
4.6	Värmepumpsystem (14, 24 och 44)	86

4.7	Underlag för energigaranti	90
4.8	Kontroll av mätmetodik	90
4.9	Simuleringar och simuleringsmetodik	91
4.10	Strategier för kopplingen mätning - utvärdering	97
4.11	Förberedelse för slutrapport	98
5	KOSTNADER OCH FINANSIERING	101
5.1	Kort historik	101
5.2	Kostnader för experimentbyggandet	105
5.3	Investeringar i mätsystem	105
5.4	Löner	106
5.5	Utställningslokaler etc	106
5.6	Slutsatser och sammanfattning	106
6	PRELIMINÄRA DRIFTRISULTAT	107
6.1	Inledning	107
6.2	Mätperiod 4 sept - 4 dec 1978	107
6.3	Mätperiod 4 dec 1978 - 4 jan 1979	109
6.4	Osäkerheter	116

SAMMANFATTNING

I Täby, norr om Stockholm, byggdes under hösten 77 och vintern 78 14 radhuslameller och 27 s k grändhus. Av dessa 41 hus ingår 26 i det s k Täby-projektet. Av de 26 husen är 14 grändhus.

Bakgrunden till projektet är diskussioner under våren 1974, vilka sedermera ledde fram till fastare former för experimenthusbyggande i Sverige och ett statligt experimentbyggnadsstöd. Parallellt påbörjades också av konsultföretaget TYRENS ett forskningsprojekt om byggnaders lufttätethet med avsikt att tillämpa tidiga praktiska resultat i provhusbyggelsen. Tätheten förutsattes vara speciellt viktig för energisnåla hus.

Provhusen består av 1 kontrollgrupp och 5 försöksgrupper om vardera 4 hus, 2 grändhus och 2 radhuslameller. Dessutom finns 2 enstaka "udda" hus av typ grändhus. I de 5 försöksgrupperna samt i de båda udda husen provas kombinationer av 4 energibesparande system: ventilationsvärmeåtervinning, solvärme, styrsystem för behovsturt inneklimat samt värmepump. I kontrollgruppen finns ett styrsystem som skall vara urkopplat under andra mätårets mätperiod.

Målsättningen för projektet är

- att se vad man idag kan åstadkomma med tillgängliga resurser i form av ingenjörskunnande, kapacitet inom industri och byggföretag etc.
- att klarlägga energibehovets systematik dvs exakt hur en byggnads energibalans fungerar.
- att få reda på om s k avancerade system av typ solvärme, värmepump etc kan ge väsentliga och positiva bidrag till byggnaders energiekonomi.
- att om möjligt extrapolera från friliggande hus och radhus till större bostadshus
- att ge beslutsfattare på olika nivåer vetenskapligt verifierat underlag för olika dispositioner i energisammanhang när det gäller byggande.

Utvärderingen avsågs ursprungligen göras relativt enkel med mätning av temperaturer inne och ute, solinstrålning samt förbrukad elektrisk energi till värme, varmvatten och hus-hållsel. Härvid skulle utvärderingen av de "avancerade systemens" bidrag till energibalansen bli indirekt. På BFRs initiativ anknöts emellertid högskoleinstitutioner jämte en under uppbyggnad varande mätcentral vid KTHs Institution för Byggnadsteknik till arbetet. Detta för att få opartiska och användningsfria resultat samtidigt som man då skulle få fördelen av en snabb igångkörning av en mätcentral i Tekniska Högskolan.

Det program som utformades av en mätgrupp underställd projektets styrgrupp, blev omfattande och ambitiöst. Sammanlagt ca 1200 mätkanaler avsågs och registreras kontinuerligt.

Samtliga system mäts både direkt och indirekt, vilket ger en från vetenskaplig synpunkt värdefull dubbelbestämning av systemens energispareffekt.

Strategierna för utvärdering ligger till grund för mätprogrammet, men har också genomarbetats av en särskild grupp med direkt ansvar för de olika delarna av utvärderingen. En central del av utvärderingen är simulering i dator. I första hand skall det internationellt välkända programmet TRNSYS användas. Ett av projektets viktigaste mål är att noga fastställa en byggnads energibalans och få den generalitet som gör det möjligt att översätta resultat från Täbyprojektet och andra klimat.

Täbyprojektet är det första stora provhusprojektet för energiforskning med statligt experimentbyggnadsstöd i Sverige. Den ursprungligen beräknade kostnaden låg på nivån ca 2,1 Mkr - då med en relativt blygsam ambition vad beträffar utvärdering. BFR beslöt att i första hand stödja 13 av de 26 husen. I finansieringsplanen ingick ekonomiskt stöd från CDL (Centrala driftledningen), vilket möjliggjorde beslutet att utsträcka projektet till ursprungligen avsedda 26 hus. Anslaget kom att lyda på 2,2 Mkr plus erforderliga medel för mätcentralens uppbyggnad vid Tekniska Högskolan. Avsevärda förseningar inträffade i projektet på grund av problem med stadsplan, med lån och med forskningsanslag. Mätstarten försenades dessutom främst på grund av komplicerade mätinstallationer och driftstörningar orsakade bl a av flödesmätare i vattenkretsar. Bl a levererades pulsräknare först i mitten av december 78. En hård forcing med i stort sett i fördubbling av arbetsstyrkan möjliggjorde mätstarten den 20 januari 79. Ett fel i en minidator störde sedan mätningarna till den 1 mars.

De preliminära driftresultaten hänför sig från manuella mätningar under perioden den 4 september till den 4 december 78 samt från den 4 december 78 till den 4 januari 1979.

Resultaten från hösten visar någorlunda goda överensstämmelser med beräknade värden, även om osäkerheten är stor. Klart avvikande är system med många apparater, där felfunktion, oftast på grund av felaktiga flödesmätare och filter, konstaterats. Referenshus och hus med ventilationsvärmeåtervinning verkar att ha fungerat väl.

Mätningarna under december månad visade framförallt en anmärkningsvärd jämnhet när det gäller resultaten från referenshus. Till referenshusgruppen räknades då system 32, dvs hus med elradiatorer och med solvärmsystem för varmvatten som var ur funktion på grund av snötäcket. Om man räknar om resultatet från 7 av de 8 hus det i så fall är fråga om - ett hus stod obebott och utesluts - blir standardavvikelsen från medelvärde så låg som ca $\pm 6\%$.

Energiförbrukningsnivån syns ligga vid ursprungligen för hand beräknad nivå. De med hjälp av dator beräknade nivåerna ligger ej oväsentligt högre. Med reservation för den avsevärda osäkerheten som ännu råder må ändå nämnas en avvikelse, som återkommer i 8 hus och som inte utan vidare låter sig förklaras. Varmluftsystemen syns ha krävt ca 15 % mer energi än motsvarande likadana hus, trots att varmluftsystemen har ventilationsvärmeåtervinning. Å andra sidan syns i en annan jämförelse återvinningen ha fungerat någorlunda normalt om man jämför de 7 referenshusen med de 4 hus som är försedda med enbart ventilationsvärmeväxlare.

Framförallt den låga spridningen inger en förhoppning om att vi har en stabil bas för studiet av de olika systemen liksom för den övergripande studien av byggnadernas energibalans.

1 BAKGRUND, ÖVERGRIPANDE MÅL

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 stenyx 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. Verktøygen 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 har vi valt att införa fyra ytterligare "system" för energibesparing! Solvärme, styrsystem för behovsstyrt inneklimat, värmepump och ventilation med värmeåtervinning.

1.2 Historik

Idén till projektet föddes på våren 1974 vid ett sammanträde med Energiprogramkommittén. Nils-Eric Lindskog 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).

* ABV = Armerad Betong Vägförbättringar AB
 ** SBEF = Svenska Byggnadsentreprenörföreningen
 *** CDL = Centrala driftledningen, samarbetsorgan för elkraftproducenter

Styrgruppens ledamöter:

Ordförande:

Direktör Lennart Östman ABV

Projektledare:

Civ ing Nils-Eric Lindskoug TYRENS

Bitr projektledare (från 781002):

Lars-Ove Eriksson BALKENKONSULT

Övriga ledamöter:

Direktör Sven Andersson	Sv Fläktfabriken
Civ ing Gunnar Berkowicz	AGA Innovation AB (f d Platzter Bygg)
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 Erik Granryd	Inst f Mekanisk Värme o Kyla, KTH, AGA Innovation AB
Professor Ingemar Höglund	Inst f Byggnads- teknik, KTH

Som suppleanter har följande personer fungerat:

för Sven Andersson - Christer Risberg
" Ingemar Höglund - Per Isakson

Anslag erhöles 761201 (beslutsdatum), varvid BFR dock i första hand besöt 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.

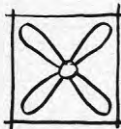
Våren 1977 invaldes dessutom i styrgruppen representanter för Tekniska Högskolan och Chalmers, som har till uppgift att delta i och ansvara för vetenskaplig utvärdering av projektet. Mätcentralen vid KTHs Institution för Byggnadsteknik har varit under uppbyggnad parallellt med Täby-projektet. Detta har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

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

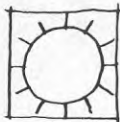
Under våren 1978 började konturerna av arbetet med mätning och utvärdering att klarna. Under sommaren och hösten gjordes viss omorganisation i projektet och en omfattande kostnadsrevision igångsattes. Omfattningen av särskilt mätinstallationer hade trots sakkunnig projektering felbedömts. Detta har medfört förseningar och fördyringar, som närmare redovisas i kapitel 5.

1.3 Energibesparande eller -producerande system

1.3.1 Värmeåtervinning 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.



1.3.2 Solvärme

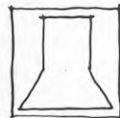
Stora förväntningar knyts till solvärmens roll i framtiden. I och med detta har vi varken velat eller kunnat undvika att ta med solvärme bland projektets system. Mycket talar för att den typ av individuella solvärmesystem som av praktiska skäl provas i detta projekt inte är de mest konkurrenskraftiga.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



1.3.3 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 termostatreglering 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 har ännu stor utvecklingspotential.



1.3.4 Värmepumpar

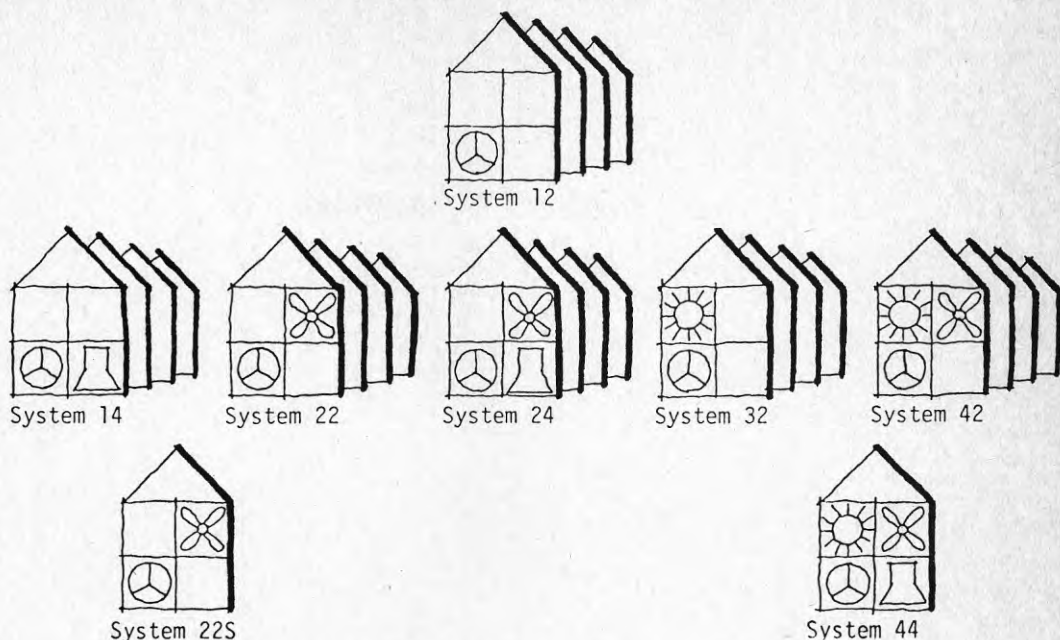
Stora förhoppningar knyts till värmepumpen på många håll. Därför hade det också varit felaktigt att inte ta med värmepumptillämpningar i projektet. Liksom för solvärmens är det inte alls säkert att de tillämpningar som valts är de bästa. De är dock de bästa som vid starten kunde erbjudas av svensk industri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

1.4 Kombinationer

De fyra valda systemen kan kombineras på 16 olika sätt, FIGUR 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 1. FÖRSÖKSUPPLÄGGNING. EN JÄMFÖRELSE SKER MELLAN SEX GRUPPER AV HUS. VARJE GRUPP HAR FYRA HUS. EN AV GRUPPERNA ÄR S K KONTROLLGRUPP. HÄRMED 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 vare, FIGUR 1. Det blir 24. Sedan har vi valt att göra "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.

1.5 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.

1.6 Mätning och utvärdering

Ambitionerna för mätning och utvärdering är stora. Mer än 1000 mätkanaler används. Den datateknik som används 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 vi bedömer att projektet inrymmer unika chanser till en verkligt noggrann kartläggning av byggnaders energibalans. Detta kanske främst därför att husen är relativt många, så att egendomligheter som uppträder inte gärna kan uppträda samtidigt i alla hus och därmed undgå upptäckt.

När det gäller byggnaders energibalans rör vi oss fortfarande med alltför många förmodanden och gissningar. Därför är också en noggrann uppmätning såväl av själva husets alla väsentliga egenskaper i energihänseende som av delsystemens funktion rimligtvis av stort värde, allrahelst som jämförelser med ett stort antal likadana hus utan "system" eller med andra "system" samtidigt kan göras.

1.7 Målsättningen för Täby-projektet

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

- Att utröna vad vi kan åstadkomma i energibesparingshänseende med nuvarande resurser (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 den nyligen publicerade teorin *) med mätningar?
- 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)?

Förutom dessa gemensamma mål har från Fläkts sida dessutom framförts vikten av att få

- jämföra verklig energibesparing med databeräknad,
- i praktisk drift prova fuktion, driftsäkerhet och verklig effekt hos laboratoriefärdig utrustning i olika kombinationer,
- ge erfarenhet av installationsarbete och samordningsproblem vid installation av nya system i seriebyggda hus,
- ge erfarenhet av samarbete inom kvalificerad forskargrupp.

*) P O Nylund "Tjyvdrag och ventilation"
BFR-skrift T4:1979.

Bland anledningarna till att Fläkt ansåg just Täbyprojektet vara lämpligt för sådana jämförelser nämns.

- Relativt stort antal hus.
- Husen bebos av normala familjer.
- Alla hus är av samma kvalitet och uppfyller mer än väl SBN 1975 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.

När mätresultat från Täby föreligger bör det bli möjligt att räkna om de på marknaden vanligaste kvalificerade systemlösningarna (värmeväxlare, värmepumpar och solfångare)

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

Registrering av mätvärden har också 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 viktiga resultat, som inte hade kunnat uppnås 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 värmeväxlare) som det utökade mätprogrammet innebär.

Från ABVs synvinkel framhålls särskilt följande syfte:

- 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 framhåller ABV att det relativt stora antalet hus med samma byggnadstekniska kvalitet är en stor fördel, liksom att husen bebos av helt normala familjer.

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. I en framtid kan förnyade mätningar eventuellt göras, varvid de noggranna mätningarna från projektets början och under dess löptid är av största 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.

Även erfarenheten av garantiutfästelser beträffande energibesparingar anses vara viktig.

För Institutionen för Byggnadsteknik vid KTH innebär Täby-projektet engagemang på två viktiga delområden.

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

Prestanda och funktion av solvärmesystemen undersöks noggrant i och med att ett stort antal parametrar bestäms. Av särskilt intresse är solvärmesystemens samverkan med andra system. I och med att husen bebos av ett normalt urval av familjer kommer också boendets inverkan på solvärmesystemens funktion att belysas.

De data som erhålls jämförs med beräkningsmodeller (simulering med TRNSYS samt beräkning med F-chart och program enligt Valdis Girdo). Utvärderingarna presenteras enligt den sk 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 mätappatur, mätinstrument och datainsamlingssystem. Under projektets gång kommer också deras ansvar att vara mätvärdesinsamling och presentation av mätdata för utvärdering.

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

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

Byggnadsteknik delar i högsta 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, dess funktion och ekonomi är av centralt intresse.

Institutionen för Kylteknik vid KTH ansvarar genom Erik Granryd 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 finns goda utsikter att väsentligt berika vetandet på området.

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 Täbyprojektet.
- 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 BYGGANDET OCH INSTALLATIONERNA

2.1 Tidsprogrammet och dess beroende av lån, bidrag och forskning

Under våren 1976 bearbetades myndigheter beträffande principer för lån och bidrag. Diskussionerna fördes såväl med Bostadsstyrelsen som med Länsbostadsnämnden. Täby kommun hade rätt omgående efter kontakt ställt sig positiv till projektet, vilket starkt underlättade det fortsatta arbetet.

Forskningsansökan inlämnades till Byggforskningsrådet den 15 september 1976 under hård tidspress. Behandlingen av ansökan i kansliet och diskussioner med Rådets personal igångsattes omedelbart.

En stor stöttesten var de s k experimentbyggnadskostnaderna. Vissa kontakter fanns mellan medlemmar i CDL-gruppen och riksdagsman Anders Wijkman. Vid ett samtal mellan Hugo Larsson, Nils-Eric Lindskoug och Anders Wijkman nämnde Wijkman att statssekreterare Tony Hagström på en flygresa undrat varför Lindskoug inte kontaktat honom. Detta bäddade för en diskussion med Industridepartementet, vilken tyvärr resulterade i konstaterandet att anslag av denna karaktär måste behandlas av Riksdagen.

Riksdagsman Bengt Sjönell, som på ett tidigt stadium haft samtal med Lindskoug för att diskutera jordvärmepumpar, hörde av sig strax efter regeringsskiftet. Han frågade om han inte kunde framföra problemet om Täby-projektets finansiering till industriminister Nils G. Åsling. Ett brev, som sedan på Sjönelles inrådan skrevs till Åsling, remitterades emellertid till energiminister Olof Johansson, som efter telefonkontakt med Lindskoug skickade ärendet till bostadsminister Elvy Olsson.

Mats Wolgast - deltagare i CDL-gruppen - kände Elvy Olsson sedan en tid tillbaka. Han föreslog ett besök hos Elvy Olsson. Detta kom till stånd i december 1976 och experimentbyggande diskuterades. Regeringens försats att försöka uträtta något konkret på detta område framgick klart av resonemangen. Kanske bidrog diskussionen till att experimentbyggnadsfonden snabbt blev verklighet, med Täby-projektet först i kön av sökande.

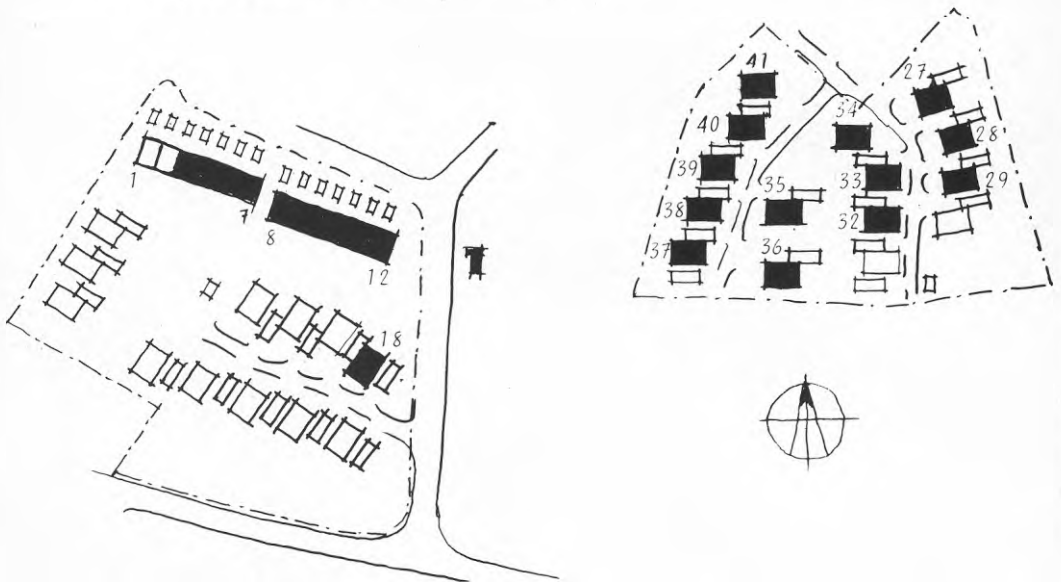
I januari 1977 klarnade situationen och forskningsanslag ställdes i utsikt. Ett villkor var att en mätcentral skulle överta mätningarna (se kapitel 1). Ett annat villkor var att BFR i första hand skulle finansiera hälften av husen. CDLs bidrag liksom STUs ansågs "specialinriktade". Bl a kan här noteras att CDLs stöd möjliggjorde byggandet av 8 st solvärmehus,

vilka annars kanske svårligen hade kunnat realiseras. Styrgruppens enhälliga beslut var som nämnts att fullfölja forskningsprogrammet i sin helhet (26 hus i stället för 13).

2.2 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 1/2-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.

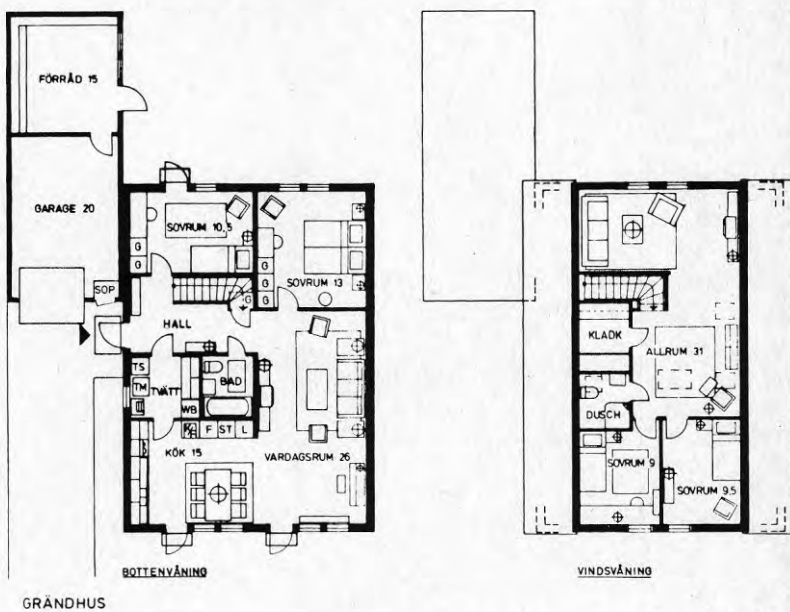


FIGUR 2. PLAN AV OMRÅDET MED HUSENS PRODUKTIONSNUMMER

Radhusens planlösning vållade inga större besvärligheter. Lösningen är enkel och funktionell trots de



FIGUR 3.



FIGUR 4.



FIGUR 5. RADHUSLÅNGAN MED HUS PROD NR 7-14



FIGUR 6. GRÄNDHUS. SOLHUSEN PROD NR 27 OCH 28
LÄNGST NER I BILDEN.

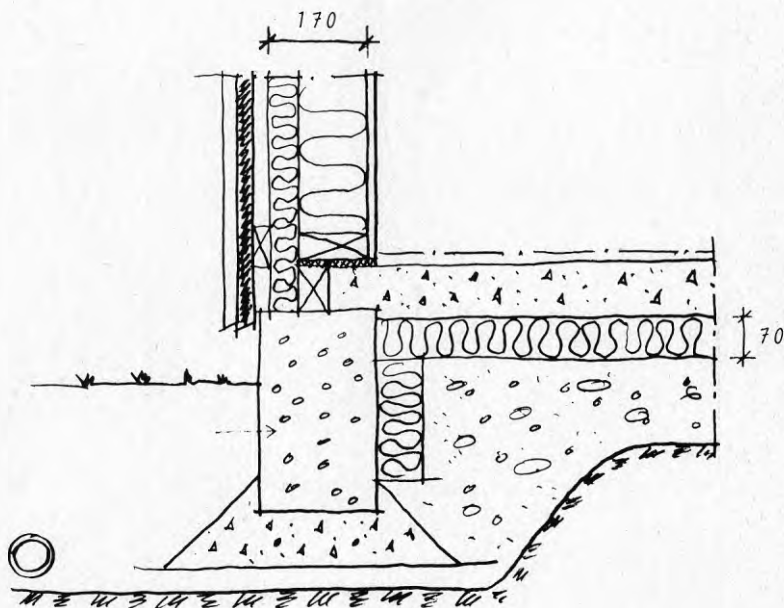
rätt begränsade måtten, FIGUR 3. På grund av solfångarna utformades radhusens tak som ett mellanting mellan pulpettak och sadeltak, vilket gav en relativt hög taknockslinje, FIGUR 5.

För detta arbete hade man både begränsad tid och ekonomiska resurser, varför man lämpligen kan karaktärisera resultatet som en typisk standardprodukt från svensk småhusproduktion av år 1977. Detta är också helt i linje med målsättningen för projektet.

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

Grundisoleringen, FIGUR 7, följer inga särdeles originella nya tankegångar, utan kan betecknas som en påbyggnad av gamla konstruktioner så att de fyller den nya byggnormens krav.

Fönstren utfördes med fasta trippelrutor i vardagsrum samt en tvåglas isolerruta + ett enkelglas med persienn mellan för öppningsbara fönster. I övrigt anpassades byggandet huvudsakligen till de synnerligen höga täthetskrav som ställdes och vilka närmare berörs i avsnitt 2.4.



FIGUR 7. GRUNDISOLERING AV KÄLLARLÖSA HUS

2.3 Arbetets organisation och genomförande

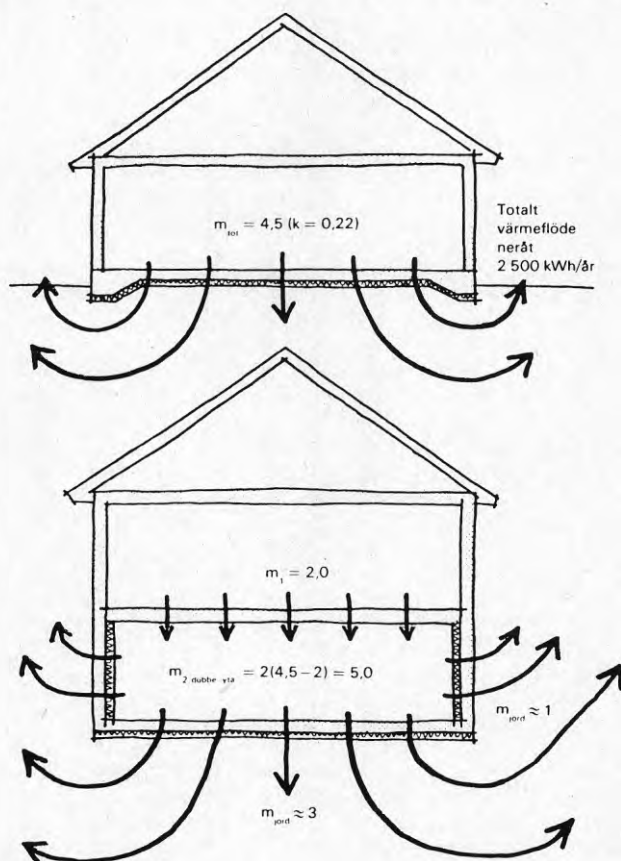
När lån-, bidrags- och anslagsfrågorna gick mot sin lösning blev all projektering hårt tidspressad. Särskilt gällde detta Fläkt, som åtagit sig den svåra uppgiften att ansvara för samtliga energibesparande system i husen. Dessa system innefattade inte enbart Fläkts egna produkter utan i avsevärd omfattning från annat håll inköpta system. Exempelvis var huvuddelen av värmepumparna av andra företags produktion. Dessutom var exempelvis solfångarna nykonstruerade enbart för Täby-projektet och kringutrustningen exklusive ackumulatorerna projekterades av en fristående konsult på uppdrag av Fläkt. Ackumulatorerna avsågs först göras av betong, varför ABV åtog sig anskaffningen. När detta visade sig svårgenomförbart, diskuterades glasfibertankar. Även detta misstänktes innebära onödiga risker på grund av de höga temperaturer som sporadiskt förekommer, varför traditionella ståltankar valdes.

Av det sagda framgår säkert att ett komplicerat planeringsarbete med delvis ofullständiga handlingar har måst genomföras under stor tidsnöd. En lång rad otillräckligt grundade antaganden beträffande storlekar, vikter, transportöppningar etc fick göras. Tider fick bestämmas med viss tolerans och entreprenadgränserna visade sig som väntat innebära ovanligt stora krav på arbetsledning och tidsplanering med åtföljande kostnader både direkt och indirekt. Till bilden hör också att man på kommunens initiativ beslutat uppföra 8 s k allergikerhus samt en barnstuga inom ramen för de 41 hus som planen inrymmer. Inräknas alla varianter blir det totala antalet olika hus typer minst 20, vilket knappast bäddade för en rationell serieproduktion inom snäva tids- och kostnadsramar.

Akkumulatorer och annan utrustning (multrum, mätcentral etc) kräver stora utrymmen under respektive hus (8 solhus och 2 specialhus). Ursprungligen avsågs att utföra samtliga hus med krypgrund, för att därmed underlätta installationer av alla slag. Platta på mark ansågs emellertid ge betydligt bättre ekonomi, varför denna lösning föredrogs. Bestämmelser om minsta höjd i utrymmen som hyser apparater som skall ha service gör i realiteten kryputrymmen till källare från byggteknisk synvinkel. Riktiga källare blev därför ett mer attraktivt alternativ. Detta gjorde husen ifråga dyrare men gav en bättre belåning. För att undvika onödig sprängning måste de placeras där berget låg som lägst. Även denna placering krävde naturligtvis sin tid. Den djupare grundläggning som en källare måste ha, inverkade dessutom på avlopps- och dräneringssystemen, vilket även det bidrog till svårigheterna, om ock i marginell grad.

Ett ytterligare problem, som fick lösas praktiskt

taget vid sittande bord, var källarnas inverkan på försöksresultaten. Enligt projektledarens synpunkt skulle källarna inte uppvärmas. De skulle fungera precis som platta på mark ur värmeströmningssynpunkt. Detta är relativt lätt att åstadkomma genom att avpassa värmemotstånden i källarbjälklag och i källarväggar så att värmemotståndet totalt sett blir detsamma som vid grundläggning med platta på mark, FIGUR 8. Beräkningsresultaten ledde till ovanligt välisolerade källare. Källarbjälklaget gjordes av lättbetong och källarväggarna av betongsandwich med 12 cm styrencellplast mellan betongskivorna. Vid dessa diskussioner förutsattes att nödig värme för att torka ut källaren genom vanliga källarventiler skulle komma från solvärmeackumulatorerna. När solvärmesystemen sedermera inte kom igång på grund av igensatta



FIGUR 8. MOTSTÅNDSTAL, VALDA SÅ ATT DE GER SAMMA VÄRMEFÖRLUST SOM PLATTA PÅ MARK:

$m_{\text{källarbjälklag}}$	$= 2,0$; $k = 1/2 = 0,5$
$m_{\text{källarvägg}}$	$= 5 - 1 = 4$; $k = 1/4 = 0,25$
$m_{\text{källargolv}}$	$= 5 - 3 = 2$; $k = 1/2 = 0,5$

filter i flödesmätarna, hindrades uttorkningen. Exempelvis angreps kläder och andra ting i källarna av mögel. Detta nämns här endast för att redovisa att många oväntade kombinationer av händelser kan uppstå om man på minsta vis gör avsteg från den rena rutinen.

Sist men inte minst ställdes utomordentligt höga krav på husens täthet. Detta redovisas i ett särskilt avsnitt (2.4) nedan.

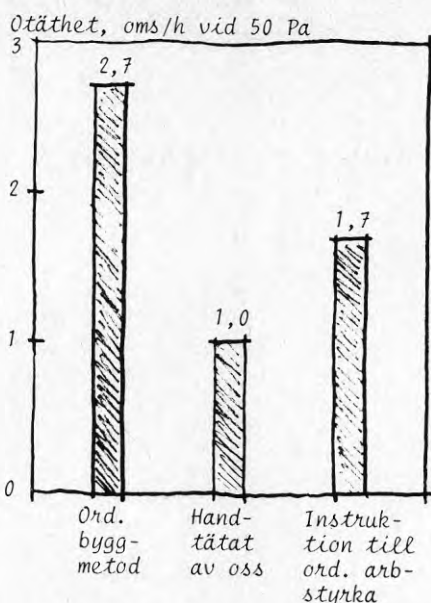
2.4 Täthetsproblematiken

Ett viktigt led i strävandena att skapa energisnåla hus var att undersöka möjligheterna att bygga täta hus. Ett första steg togs 1975, när en ansökan till BFR ingavs med namnet "Byggnaders lufttäthet". Denna ansökan, som var en av tre parallella ansökningar om täthetsproblematiken, blev en av grundstenarna för en senare samordning av forskningsarbetet på området.

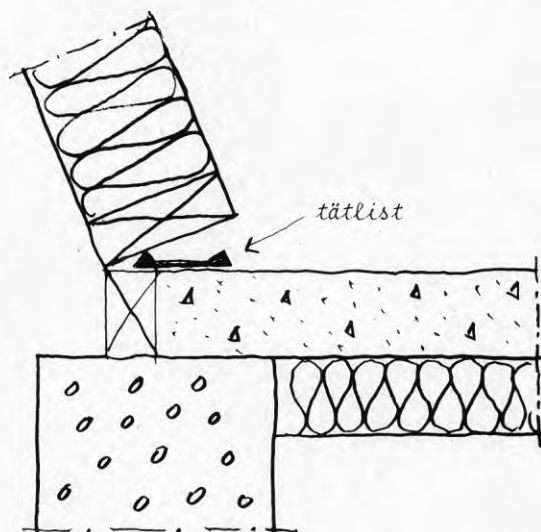
Den första etappen avsåg emellertid direkt att bli ett underlag för byggandet av täta hus i Täby och inom ramen för denna målinriktning undersöktes först ett småhus i Kungsängen och därefter tre hus i Skutskär, samtliga från ABVs produktion. I Skutskär undersöktes hus dels utan speciella tätningar, dels med en av P.O.Nylund (TYRENS) egenhändigt utförd tätning, dels med en av arbetarna utförd tätning med samma teknik som den Nylund använde, FIGUR 9.

En särskild byggforskningsrapport om "Byggnaders lufttäthet" inlämnades sommaren 1977 till BFR. Där redovisades kortfattat tätningstekniken som följer: "Konstruktionen av husen i Täby byggde på erfarenheter från Skutskär. Samtliga genomföringar av el, vatten, avlopp och ventilation försågs med tejpade gummikragar. Plastfolien var 0,2 mm tjock, UV-stabiliserad polyetenfolie, som tejpades med industritejp. Tätningen mellan väggens bottensyll och betongplattan framgår av FIGUR 10." (Figuren omnumrerad och redovisas här.)

I försöken i Skutskär användes en speciell av fabrikanter rekommenderad tätningstejp för fogning av polyetenfolien. Vid den praktiska hanteringen på byggnadsplatsen visade det sig att tejpens inte klarade det damm som fanns på arbetsplatsen. Därför byttes omgående till en betydligt dyrare och kraftigare tejp med ett starkare och tjockare limlager. Först befarades att kostnaderna för tätningen skulle rusa iväg till stora belopp, men efterkalkyler gav vid handen att man trots den bättre tejpens fått goda resultat till rimligt pris.



FIGUR 9. RESULTAT AV MÄTNINGAR I SKUTSKÄR. STICKPROV UR DEN "OPÅVERKADE" PRODUKTIONEN GAV OTÄTHETSTALET 2,7. VÅR HANDBYGGDA TÄTNING GAV 1,0 OCH ETT FÖLJANDE HUS BYGGT AV DEN ORDINARIE ARBETSSTYRKAN MED INSTRUKTION OM NYA METODER GAV 1,7.



FIGUR 10. TÄTNING BOTTENSYLL-GOLV, JFR FIGUR 7

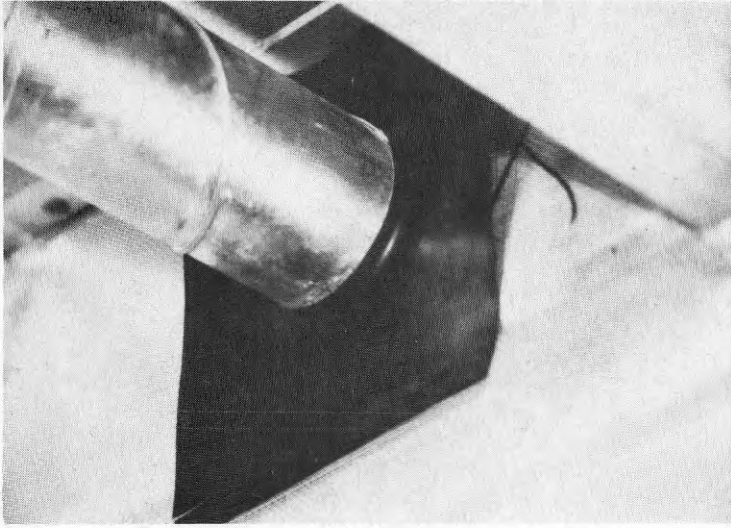
Den kostnadsuppskattning som gjordes vid Täby-projektets byggstart var ca 5.000 kr/hus inklusive den extra arbetsledning som krävdes. Efterkalkyler gav vid handen att man bör kunna klara tätningen för storleksordningen 2.000 kr. I en löpande produktion inräknas naturligtvis inte då den högst betydande satsning på förstärkt arbetsledning, som gjordes i Täby. Enbart merkostnaden för arbetsledning låg vid ca 2 à 3.000 kr/hus.

Fogar mellan dörr och fönsterkarmar och vägg sprutades på numera vedertaget sätt med polyuretancellplast. Detta ger en högst tillförlitlig täthet. Rör genomföringar försågs med stos av gummiduk som tejpad mot tätfolien, FIGUR 11. Det diskuterades att även sätta gummikragar på takstolarnas dragband (= golvbalkarna i övervåningen) men detta ansågs inte arbetstekniskt acceptabelt. Därför valdes att göra en omsorgsfull tejpnings kring dessa balkar, FIGUR 12. Dragning av elrör i ytterväggarna förbjöds i princip. Sådana dragningar kunde tyvärr inte undvikas överallt i det inledande skedet. Det finns elektriska kontakter mellan karm och båge, som registrerar öppning av fönstren och som stänger av strömmen till elradiatorer, vilka krävde dragning i yttervägg. I den första hälften av bebyggelsen användes konventionell teknik härför med elrör och dosor. Utförandet var av ordinär kvalitet, vilket innebär att värmeisoleringen var påtagligt skadad och, om tätning med tejp inte förekommit, skulle också tätheten i dessa partier varit mycket dålig.

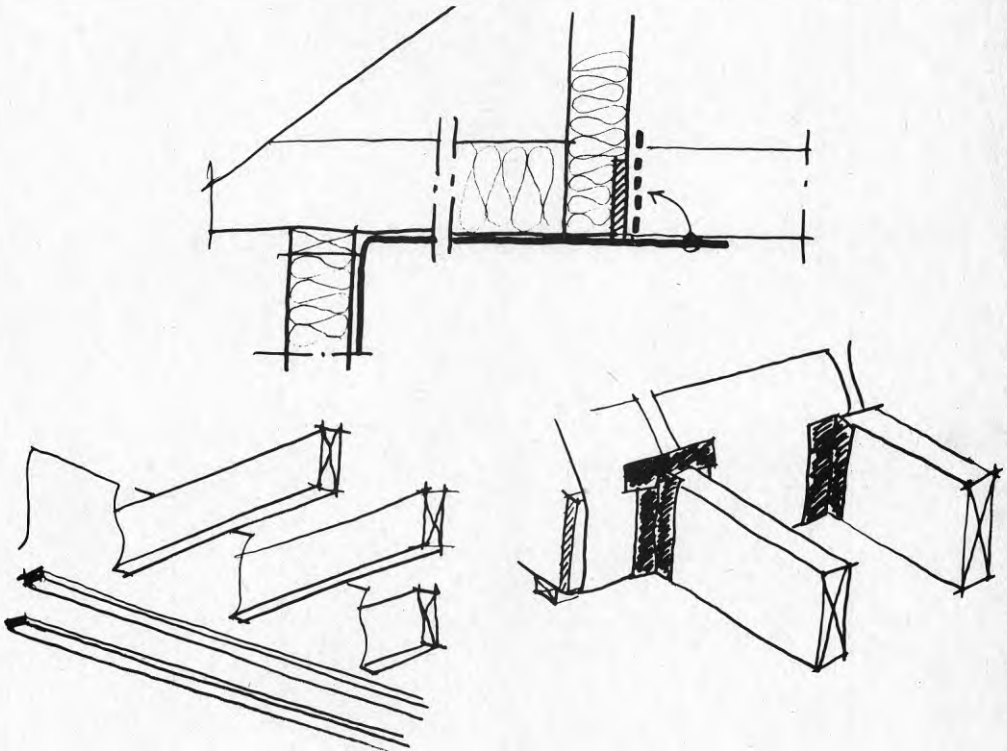
Ordinarie dragning av elledningar till vägguttag och elradiatorer gjordes med Thorsman-list. Samma list användes i den senare hälften av bebyggelsen, även för fönsterkontakterna.

Resultatet vad beträffar täthet redovisas i FIGUR 13. Den genomsnittliga otäthetsfaktorn är ca 1,0, vilket måste anses vara ett gott resultat. Det förtjänar att noteras att tätningen skadades vid de upprepade över- och undertrycksmätningar som gjordes. Man kan anta att vissa tejpfogar lossnade vid undertrycksmätning eftersom man i vissa partier saknade stödjande skivor för plastfolien (exempelvis mellan golvbjälkar i övre bjälklaget). I den senare etappen monterades skivor både kring rör och kring balkar, vilka stöder folien mot sugkrafter. Detta gav en viss förbättring.

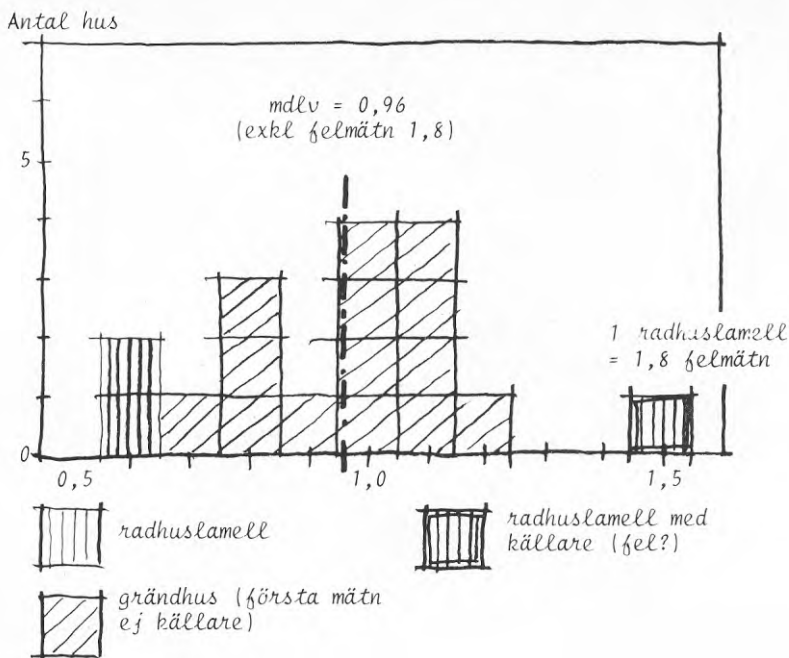
Otätheten för ett F-ventilationshus mäts normalt med förtejpade tilluftventiler (springventiler eller motsvarande). Det som är intressant är emellertid husets otäthet vid drift, dvs med tilluftventiler antingen stängda och läckande eller öppna. För att klarlägga hur ventilerna påverkar husets otäthetsfaktor provades ventilerna i laboratorium. Därvid visade det sig att otäthetsfaktorn (= luftomsättningstal vid tryck-



FIGUR 11. RÖRKRAGE AV GUMMI



FIGUR 12. BALKAR - DRAGBAND MED TEJPNING AV FOLIE



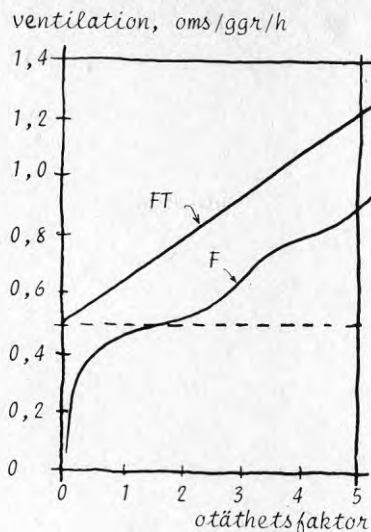
FIGUR 13. RESULTAT FRÅN MÄTNINGAR I TÄBY-PROJEKTET. TOTALT 15 GRÄNDHUS (=FRILIGGANDE) OCH TRE RADHUS-LAMELLER INGÅR.

provning vid +/- 50 Pa) förvånansvärt nog inte påverkades i avgörande grad av dessa ventiler. Ökningen blev endast från ca 1,0 till ca 1,3. Denna lilla ökning har en rätt försumbar inverkan på ventilationens stabilitet, varför man enligt framförda teorier och beräkningar borde kunna förvänta en mätbar skillnad mellan önskad luftläckning i F-ventilerade och FT-ventilerade hus, FIGUR 14. Detta är en av de kanske viktigaste detaljerna i hela utvärderingsarbetet för Täby-projektet.

Sommaren 1977 publicerades av Lindsoug*) hypoteser om samband mellan otäthet och läckning. Enligt P.O. Nylunds systemanalys**) är detta samband beräkningsbart. Sambandet illustreras i FIGUR 14 och är ett slags arbetshypotes för den i och för sig förutsättningslösa mätningen och utvärderingen av husens prestanda. Se vidare härom i kap 3 och 4.

Lindsoug, N-E: Byggnaders täthet; ett energiproblem i skymundan. Tekn Tidskrift 1977:15.

Nylund, P.O.: Tjyvdrag och ventilation. BFR T 4:79.



FIGUR 14. SAMBAND OTÄTHETSAKTOR-VENTILATION VID F- RESPEKTIVE FT-VENTILATION ENLIGT NYLUND

2.5 Installationssystemens funktion, praktiska utformning

2.5.1 Komponenterna

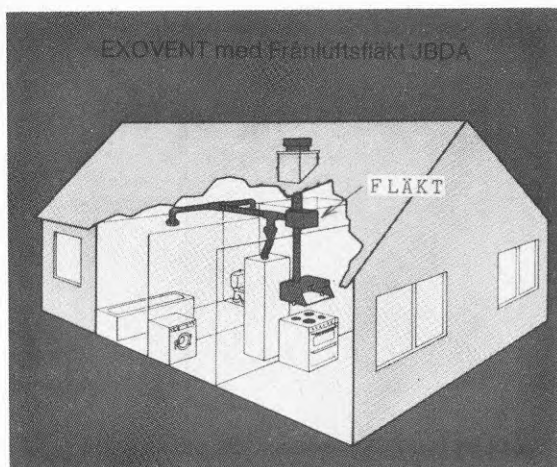
Mekanisk frånluft (F-system):

I täta hus måste man ha en extra drivkraft utöver de naturliga för att få ventilationen att fungera. Frånluftssystemen i Täby-projektet är av helt konventionell natur, dvs en plåtlåda med en centrifugalfläkt och frånluftledningar av spiralfalsade plåtrör från kök, bad, tvättrum och toalett. Forcering av flödet från kök sker med reglerbart spjäll i spiskåpan. Fläktmotorn kan ge hel- och halvfart, FIGUR 15.

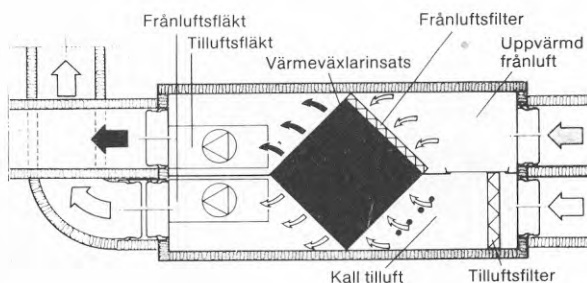
Värmeåtervinning från ventilationsluft:

Aggregaten består med ett fåtal undantag av Fläktfabrikens korsströmsväxlare Rexovent, FIGUR 16. Detta innebär att frånluften går i ett lamellpaket i diagonal riktning genom lådan och tilluften motströms längs den andra diagonalen i lamellpaketet. Separata från- och tilluftfläktar samkörs på hel- eller halvfart samt forcering.

I aggregatet finns också en elvärmeslinga, som förvärmer uteluften vid låga temperaturer. Slingan kopplas in automatiskt och hindrar uteluften till aggregatet att bli så kall att frånluftens fukt kondenserar och fryser till is. Både frånluftssida och tilluftssida är försedda med enkla luftfilter.



FIGUR 15. FRÄNLUFTSYSTEM MED FLÄKT



FIGUR 16. (REKUPERATIV) KORSSTRÖMSVÄXLARE FÖR VENTILATION

Solvärmesystem:

Solfångarna är en nykonstruktion, som gjorts av Fläkt. Den består av en kopparplåt med påsvetsade rörslingor. Kopparplåten är försedd med selektiv beläggning. (Selektiviteten innebär att absorptionstalet är högt och emissionstalet lågt.) Värmeisoleringen "bakåt" består av polyuretancellplast, 7 cm tjock. "Glaset" är akrylplast med glasfiberarmering. Genomsläppligheten för solljus är enligt uppgift densamma som för planglas. Det värmda kollektorvattnet går till en värmeväxlare i en ackumulatortank. Cirkulationspumpen styrs enligt principen "reglercentral", FIGUR 17.

I vattentankarna finns ytterligare en värmeväxlare. Den förvärmer varmvatten för varmvattenberedaren - en helt ordinär elvarmvattenberedare. I husen med solvärme även för klimatisering (24) finns i akkumulatortanken ytterligare en växlare som värmer vatten till ett varmluftaggregat. I ett av husen (system 44) finns en rad ytterligare detaljer, vilka redovisas i beskrivningen av husets funktion.

Varmluftaggregat:

Samtliga varmluftaggregat är av Fläktfabrikens typ Termovent. Aggregatet är helt "konventionellt" med återluft som värms till lämplig temperatur via aggregatet, varefter distribution till samtliga boningsrum + kök sker. Aggregatets funktion i byggnaden framgår av FIGUR 18.

Styrssystem för behovsstyrt inneklimat:

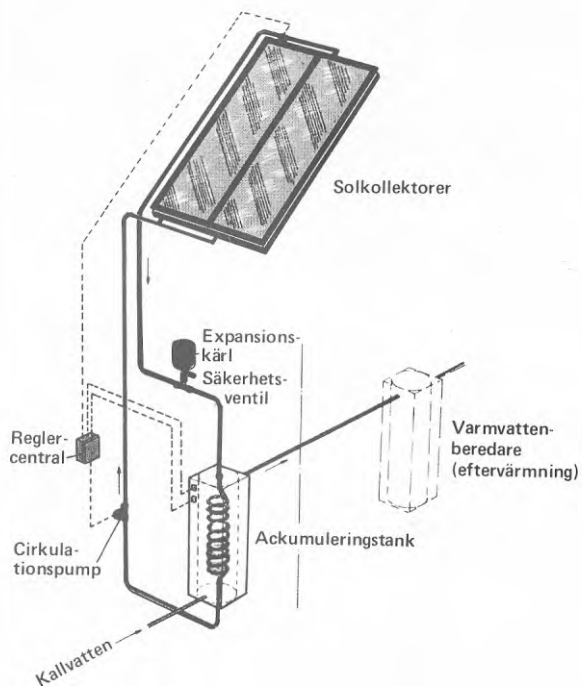
Titeln avser enligt vad som tidigare nämnts styrning och reglering av värme och ventilation. Systemet är något olika uppbyggt i olika hus. Grundvarianten är två kopplingsur, som styr två zoner i huset. Dessa zoner kan exempelvis kallas "dagzon" och "nattzon". Vardera enheten har fyra reglerutgångar. FIGUR 19.

Uren är veckour, vilket betyder att man för varje dag i veckan kan bestämma när uret skall ge signal "till" eller "från". Signalerna går till relä i elradiatorer och med en tangent på kopplingsuret kan man bestämma om man vid läge "till" vill ha 3°, 6° eller ingen temperatursänkning alls. En bredvidliggande tangent med två lägen: "AUT" och "MAN" bestämmer om man för radiatorn ifråga vill låta uret sänka temperaturen vid de bestämda tidsperioderna, eller om man vill göra det manuellt.

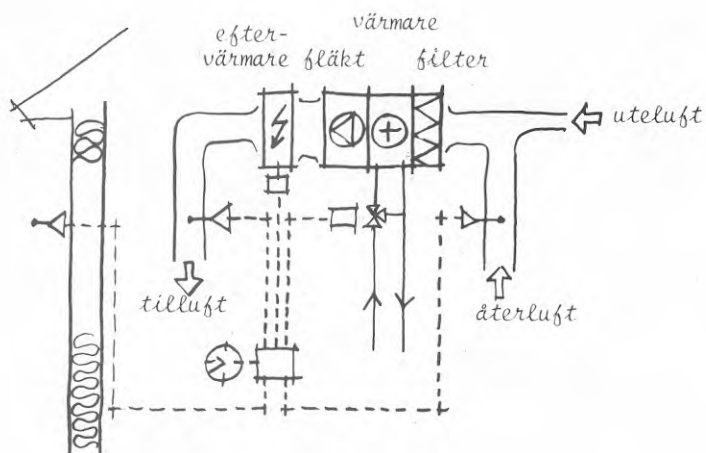
Det ena av de båda uren - fortfarande i grundutförandet - styr dessutom frånluftfläkten respektive till- och frånluftfläktarna vid värmväxling till hel- eller halvfart. Forcering sker, som nämnts, med spjäll i spiskåpan.

I hus med varmluftuppvärmning och med vattenradiatorer finns bara en zon. Man kan alltså ordna med nattsänkning av temperaturen och samtidig halvfart på fläkten. Samma läge kan givetvis väljas över helger eller vid längre bortvaro.

I styrsystemen för elradiatorer ingår mikrobrytare mellan fönsterbåge och fönsterkarm respektive ytterdörrar och deras karmar. När fönster och dörrar öppnas bryts strömmen till elradiatorerna i rummet. Detta ger enligt mätningarna bl a i Halmstad en viss energibesparing.



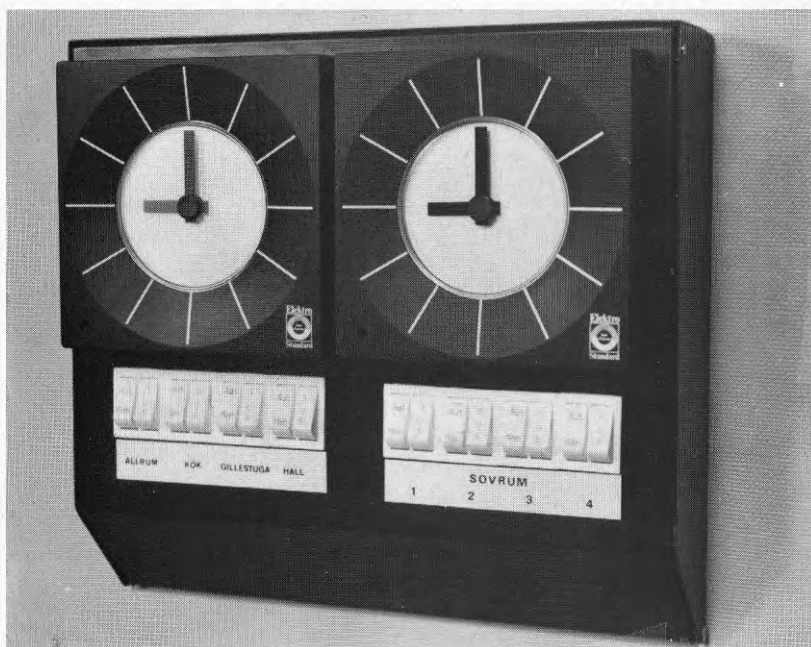
FIGUR 17. PRINCIP FÖR SOLVÄRME



FIGUR 18. VARMLUFTSYSTEM OCH DESS REGLERING, PRINCIPER

Systemet kan av diverse skäl inte lämpligen användas för varmluftssystem. Det diskuterades mycket huruvida systemet skulle införas i hus med vattenradiatorer - detta är ju möjligt -, men beslutet blev att avstå från detta.

I samtliga 26 provhus finns emellertid dessa fönsterkontakter monterade. Vid dubbelfönster är endast det ena fönstret försett med kontakt - det andra saknar monterat handtag. Detta av sparsamhetsskäl. I samtliga fall registreras fönsteröppningen av mätsystemet. Kontakternas roll är alltså dubbel när det gäller elradiatorhus. De både registrerar vädring (och passage) samt sparar energi. I övriga hus registreras endast öppningstiderna för utvärderingens skull.



FIGUR 19. ELEKTROSTANDARDERS 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. PÅ AUT/MAN-OMKOPPLAREN KAN MAN FÅ TEMPERATURÄNDRINGARNA ATT SKE PÅ KOPPLINGSURETS TIDER ELLER STYRAS MANUELLT. MED 0-3-6°C OMKOPPLAREN VÄLJS TEMPERATURSÄNKNINGEN I °C. 3°C ÄR LÄMPLIGT ATT ANVÄNDAS SOM NATTSÄNKNING OCH 6°C VID LÄNGRE FRÅNVARO, T EX UNDER VECKOSLUT. KLOCKAN STYR OCKSÅ HUSETS VENTILATIONSANLÄGGNING PÅ LIKNANDE SÄTT.

Värmepumpar:

Som bekant brukar värmepumpar beskrivas som omvända kylskåp. Energin tas från ett kallare medium och levereras i en varmare omgivning. Som minnesregel kan man som lekman komma ihåg att högt tryck och hög temperatur hör ihop. Likaså lågt tryck och låg temperatur.

Den del av värmepumpen som har lågt tryck och låg temperatur kallas för evaporator eller förångare. Den del som har högt tryck och hög temperatur kallas för kondensor. Kondensorn har en värmeväxlare från vilken värmen tas.

När man talar om värmepumpar brukar man nämna från vilket medium och till vilket medium som värmen tas respektive levereras. Luft-luft betyder alltså att energi från uteluften uppfångas och levereras direkt till inneluften. På samma sätt innebär beteckningen luft-vatten att energi levereras i ett vattensystem.

I Täby-projektet förekommer fyra olika fabrikat av värmepumpar:

- Fläkt; luft-vatten (3 st), vatten-vatten (1 st)
- Tour-Andersson; luft-vatten (2 st)
- Thermia; vatten-vatten, jordvärmepumpar (2 st)
- Westinghouse; luft-luft, kombinerad med en Metromodul luft-vatten värmepump för varmvattenberedning (1 st).

Det skulle föra för långt i denna skrift att i någorlunda detalj beskriva dessa värmepumpar och deras detaljer och funktion av olika driftfall. Samtliga har helt konventionella komponenter, exempelvis är kompressorerna vanliga slutna enheter, som massproducerats, med motor och kolvkompressor i en enhet.

Kanske kan inte jordvärmepumparna kallas för konventionella i och med att förångaren tar sin energi från en värmeväxlare, som i sin tur förses med vatten från en polyetenslang, nedgrävd i trädgården utanför huset. Arrangemanget har emellertid den fördelen att man slipper problem med avfrostning av förångningsbatterierna. På grund av markens värmetröghet och på grund av den isbildning som sker kring polyetenslangarna i jorden ligger också temperaturen under köldknäppar betydligt högre i jordvärmesystemen. Detta minskar behov av tillskottsvärme och det ger också värmepumpen en bättre värmefaktor.

Akkumulatortankar:

Diskussionerna började med att enklast tänkbara tekniska lösningar borde tillämpas. Betongtankar eller "kar" fanns enligt uppgift på marknaden, men visade sig slutligen vara för dyra i den kvalitet vi önskade.

Betongtankar var alltså för dyrt, men plasttankar kunde vara ett billigare och kanske bättre alternativ, som det bedömdes när man gjorde låneansökan. Plasttankarna kunde dock inte garanteras klara de höga temperaturer som kan bli aktuella om inget värmeuttag sker under en längre period (t ex semester) med stark solinstrålning. Av denna anledning föll slutligen valet på ståltankar. I sammanhanget förbisågs att tankarna under lång tid skulle stå med låg temperatur och således kunna utsättas för rostangrepp. Rostskyddsmedel fick därför tillsättas av Fläkt.

Tankarnas rostning har (med några få undantag) ingen betydelse för att (värmevatten-)flödesmätare sätter igen sig (här till återkoms), eftersom det finns värmväxlare mellan tankvatten och de olika kretsarna med flödesmätare.

Övrigt:

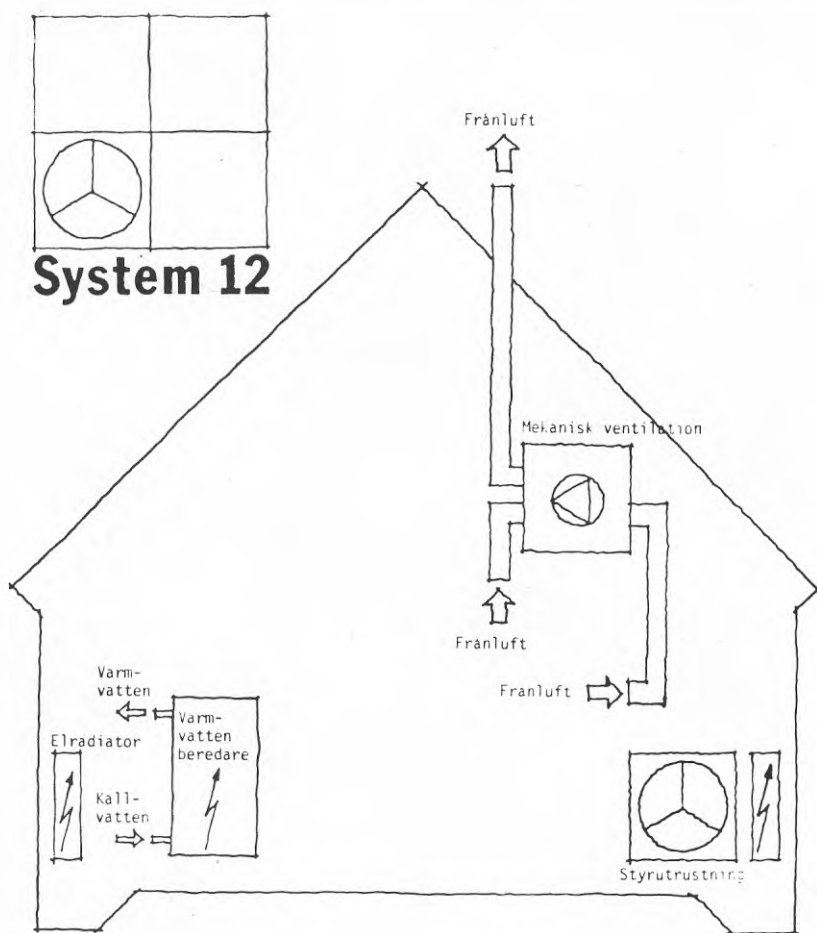
De speciella komponenter som ingår i de båda udda husen redovisas under de punkter nedan där husen närmare beskrivs.

Vattenradiatorerna är av vanlig konventionell konstruktion. Likaså elradiatorerna. Undantag är hus 22S, där elradiatorerna har formen av golvlister (Elpan-systemet). Även detta kommenteras nedan.

2.5.2 System 12

Dessa hus är referenshus eller kontrollgrupp och fyller därför en mycket viktig funktion i projektet. Driftresultatet från dessa hus är vägledande för alla bedömningar om energibesparing av övriga system och systemkombinationer. Husen har vanliga elradiatorer, styrsystem och F-ventilation, FIGUR 20.

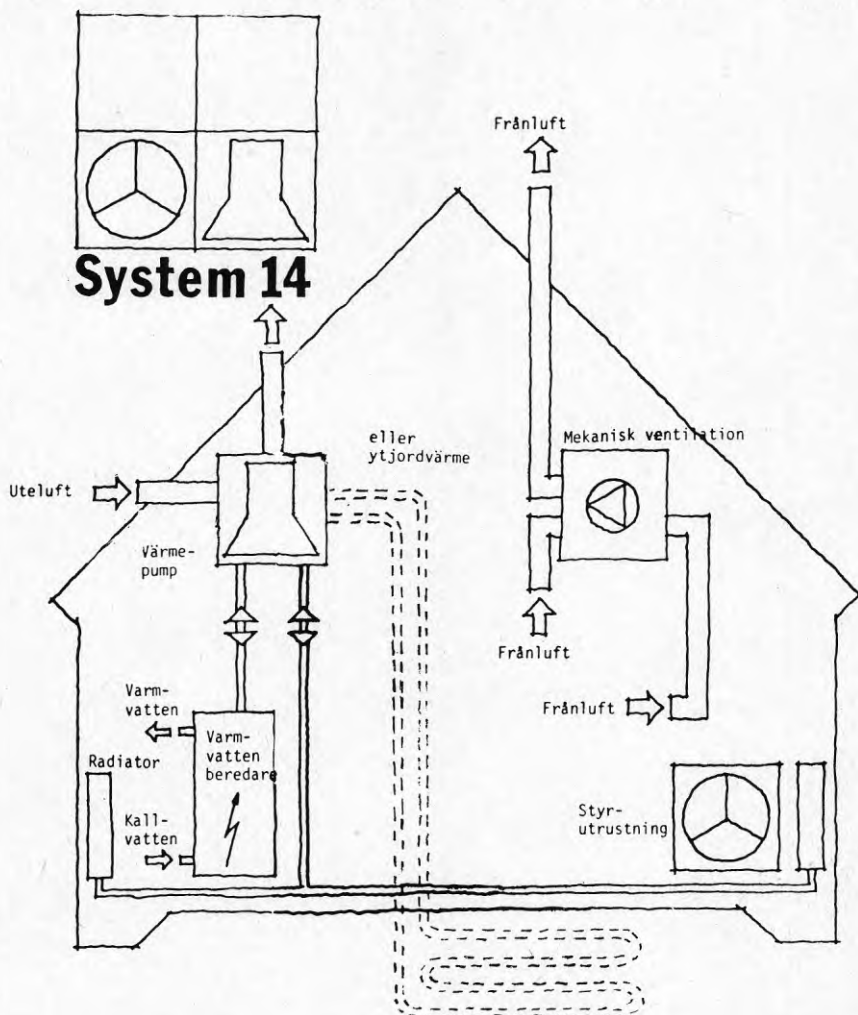
Under byggandet förekom inga större problem av installationsteknisk natur i något av dessa hus. Grändhusen har produktionsnummer 35 och 36, radhusen har nr 3 och 4 (se kartskiss).



FIGUR 20.

2.5.3 System 14

Husen är försedda med värmepump och vattenradiatorer. Ett styrsystem för nattsänkning och för reglering av ventilationen finns. F-ventilationen är av helt konventionell typ enligt 2.5.1, FIGUR 21.

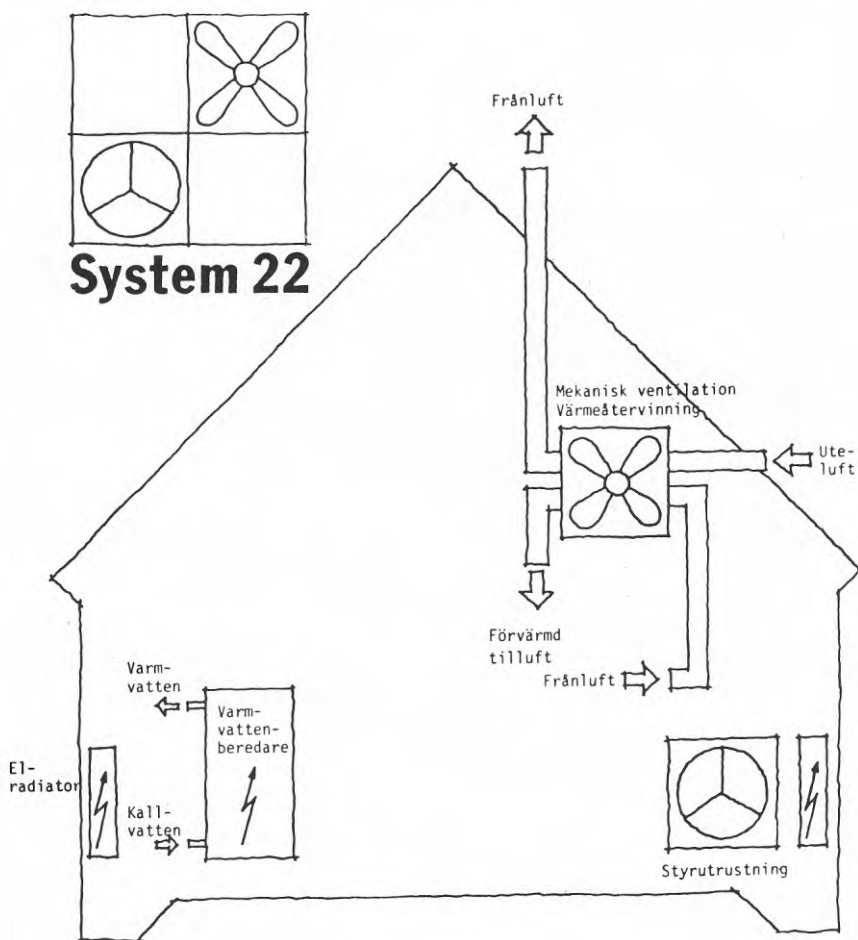


FIGUR 21.

Grändhusens produktionsnummer är 18 och 38.
Radhusen har nr 14 och 6.

I hus nr 18 finns en Thermia jordvärmepump och evaporatorslangarna är nedgrävda i mark över en yta av 00 m². Förläggingsdjupet är 00 m.

I hus 38 finns en TA luftvattenvärmepump. Pumpen har en mindre bufferttank i Fläkts system och den är av en speciell konstruktion. Pumpen består av en sk energitransformator och en energiackumulator. Dessa båda enheter är placerade i olika utrymmen. Energitransformatorn står i apparatrummet på övre planet och energiackumulatorn är placerad i tvättrummet. Den senare ersätter varmvattenberedaren. Denna energiackumulator är just den speciella "mindre" bufferttank som nämndes ovan. Se vidare BILAGA 1.



FIGUR 22.

Radhus nr 14 har samma system som grändhus nr 18, dvs Thermia jordvärmepump. "Evaporatorytan" är 00 m².

Radhus nr 6 har en Fläkts värmepump luft-vatten. Värmepumpen är placerad på vinden.

Vissa problem uppstod i samband med idrifttagningen och injustering, vartill återkoms i ett särskilt avsnitt.

2.5.4 System 22

Systemet har ventilationsvärmeåtervinning och elradiorer samt styrsystem för behovsstyrt inneklimat. En vanlig elektrisk varmvattenberedare kompletterar installationerna - som i alla övriga hus, FIGUR 22.

Grändhusens produktionsnummer är 37 och 33. Radhusen har produktionsnummer 7 och 12.

I dessa förekom inga nämnvärda problem med inplacementen av värmeväxlarenheterna. Bägge är av typ Rexovent. Värmeväxlarna är placerade i ett apparatrum på övre planet / vinden.

I radhuset nr 7 finns Rexovent och denna sitter i ett apparatrum på vinden.

I det andra radhuset finns ett annat fabrikat av rekuperativ växlare. Ursprungligen skulle den levereras av Teknoterm, men de förhalade ärendet under byggtiden, så att leverans inte kunde ske. Slutligen inköptes en växlare av firman Ekonomisk Luftbehandling AB. Värmeväxlaren är i stort sett av samma konstruktion som Rexovent. Även denna enhet är placerad på vinden.

2.5.5 System 24

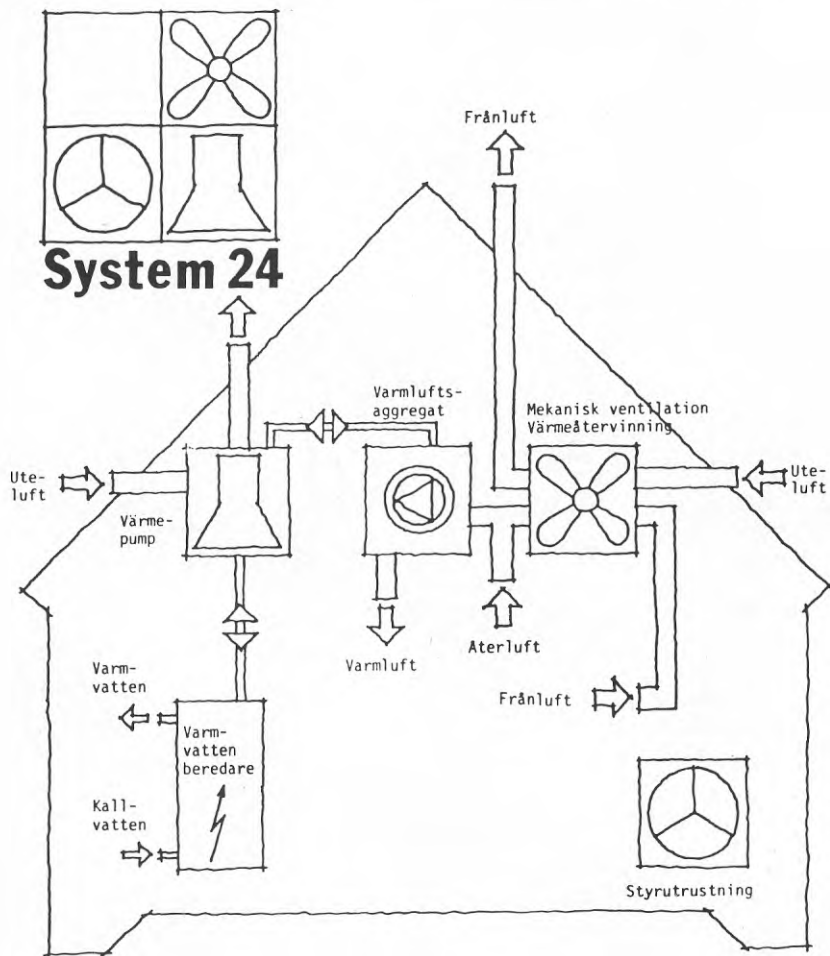
I dessa system finns värmepumpar, som matar varmluftaggregat och varmvattenberedare. Varmluftaggregaten får sin luft dels som återluft, dels som tilluft från en värmeväxlare (Rexovent).

Grändhusen har produktionsnummer 29 och 32. Radhusen har produktionsnummer 5 och 13.

Problemet under produktionstiden var att hus nr 29 skulle haft en Teknoterm värmepump. Teknoterm backade emellertid ur, varefter Siemens tillfrågades. De ställde också under lång tid leverans i utsikt. I sista ögonblicket sade Siemens nej och en TA värmepump skaffades fram under stark tidspress. TAs värmepump matar ett varmluftaggregat av Fläkts fabrikat med värmevatten från sin ordinarie "ackumulatordel".

BILAGA 00 består ackumulatordelen av en dubbeltank, varvid den yttre delen är ackumulator eller bufferttank och den inre delen varmvattenberedare.

Grändhus nr 32 har värmepump av Fläkts konstruktion. Liksom för TAS värmepump förekommer ett konventionellt evaporatorbatteri (en konventionell förångare) och kondensorn matar en bufferttank med ca 300 l volym. Från denna bufferttank tas varmvatten till varmluftsaggregatet. I tanken finns också en värmväxlare för förvärmning av förbrukningsvarmvatten. I FIGUR 23 redovisas inte bufferttanken separat, utan får tänkas inrymmas i symbolen för värmepump.



FIGUR 23.

I nr 5 finns Fläkts värmepump med exakt samma konstruktion som för grändhuset nr 32. Utrustningen är placerad i ett apparatrum på vinden (varmvattenberedaren och bufferttanken står dock i tvättrummet).

Hus nr 13 har en Westinghouse värmepump kompletterad med en Metro-Modul för varmvattenberedning. Westinghouseapparaten består av två delar. Utomhusdelen, dvs förångare, fläkt och kompressor, är placerad på övre balkongens yttertak. Inomhusdelen står i apparatrummet på vinden. Denna inomhusdel består av kondensorn jämte ett varmluftaggregat. Dessa delar är sammanbyggda till en enhet. Luftflödena i detta system är något högre än i Fläkts Termoventsystem. I siffror innebär detta att återluftflödet i Fläkts system rör sig om ca 500 m³/h, medan Westinghousefläktsystemet har ungefär det dubbla.

Metro-Modul-enheten är en varmvattenberedare med en liten värmepump monterad på toppen. Värmepumpen är en normal Danfoss kompressor och kondensator etc för frysskåp. Evaporatorn tar normalt sin värme från husets frånluft. Här har detta inte varit möjligt, eftersom huset är försett med ett varmluftssystem jämte värmeåtervinning från ventilationsluften. Metro-Modul-pumpen arbetar här istället med uteluft, som tas från vindsutrymmet. Den ersätter i detta fall varmvattenberedaren och är placerad i tvättrummet, där varmvattenberedaren är placerad i alla övriga hus.

2.5.6 System 32

Grändhusens produktionsnummer är 40 och 41. Produktionsnumren för radhusen är 8 och 9.

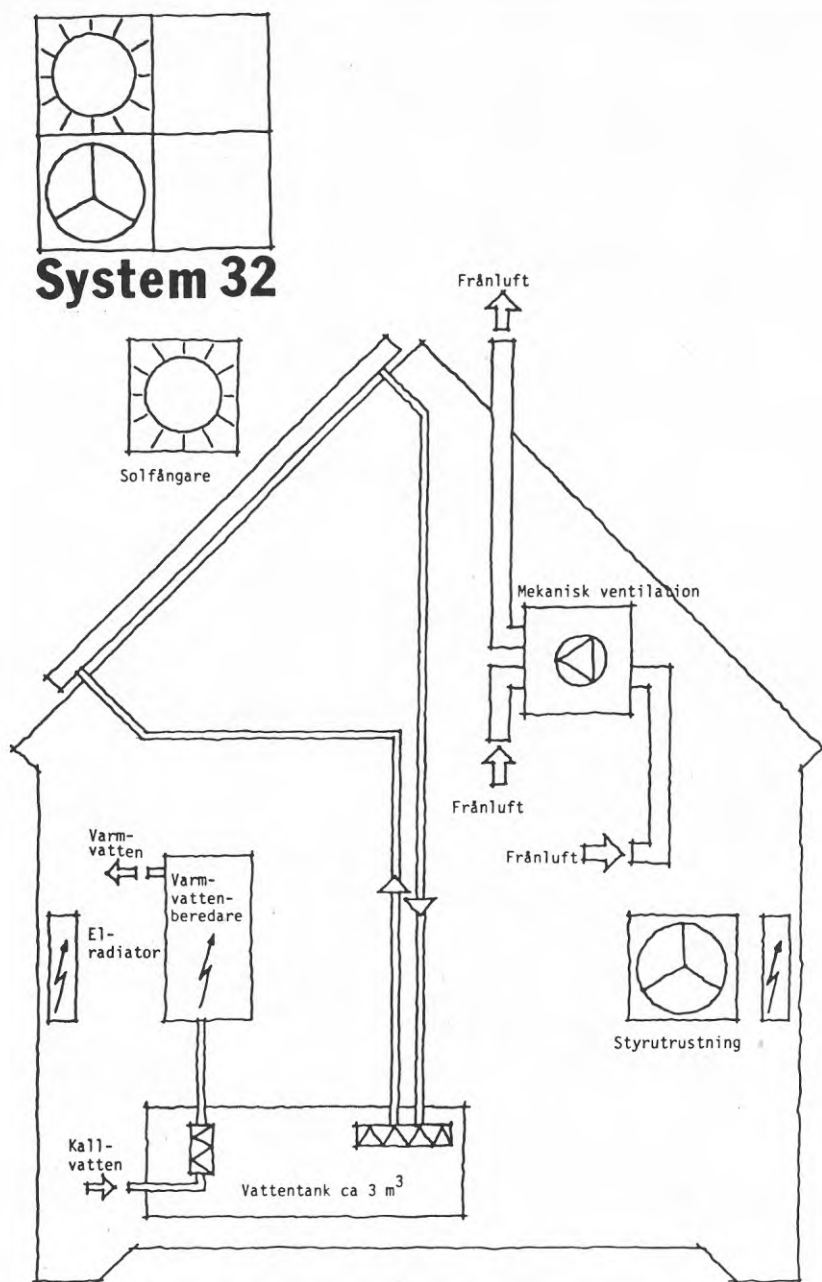
Systemen är synnerligen enkla, FIGUR 24 och inga nämnvärda besvär med montering av utrustningen kunde noteras. Besvärligheterna med ackumulatorer - anskaffning och anpassning till systemen - har ju ovan skildrats i ett särskilt avsnitt.

Här gäller samma sak som för grändhusen, dvs inga särskilda besvärligheter i sambandet montage och installation kunde noteras.

2.5.7 System 42

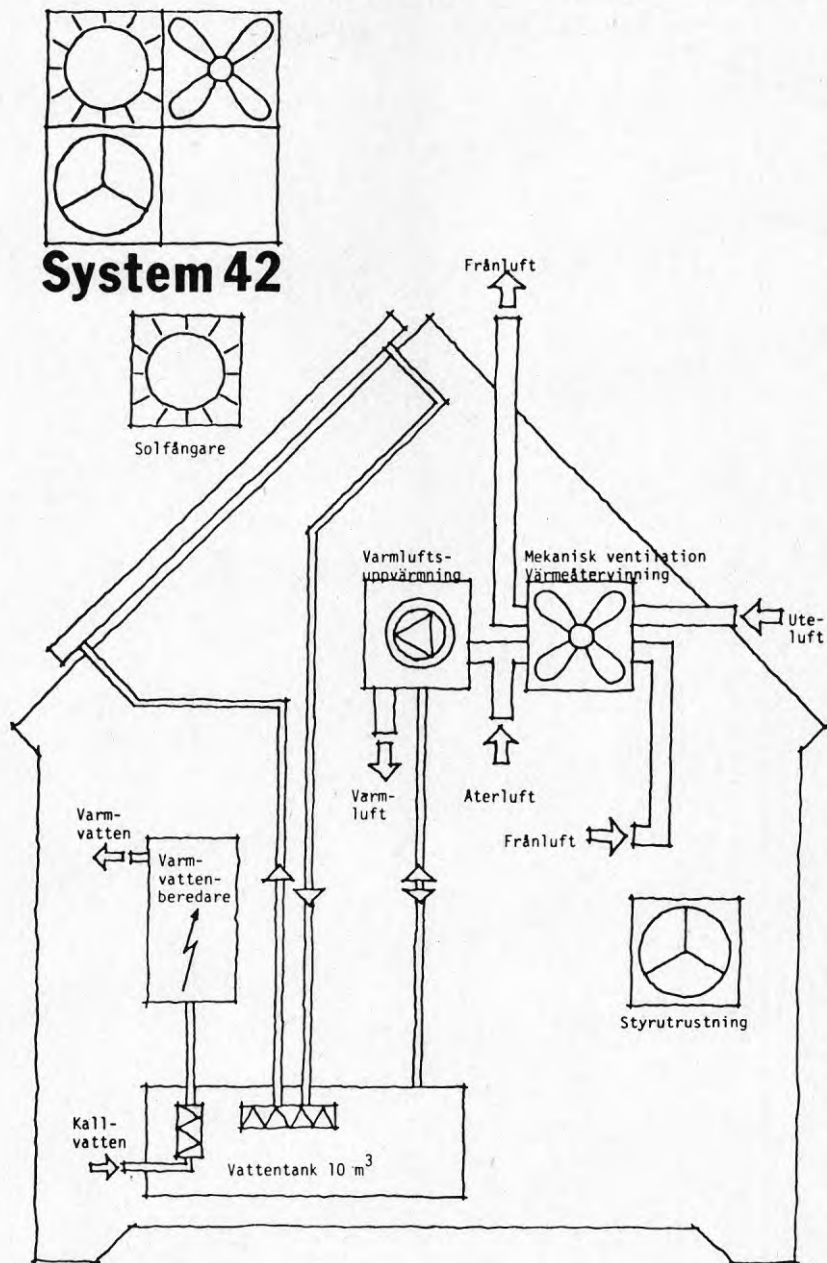
Grändhusens produktionsnummer är 27 och 28 och radhusens produktionsnummer 10 och 11.

Rent principiellt är funktionen inte särdeles märkvärdig. Solfångaren matar en ackumulatortank, som i sin tur ger värmevatten till varmluftaggregatet och via värmväxlare ger förvärmning av tappvarmvatten.



FIGUR 24.

Uteluften förvärms i en värmeväxlare (Rexovent).
Styrsystemet ger nattsänkning av rumstemperaturen och reducerat till- och frånluftflöde. Det cirkulerande flödet i varmluftaggregatet påverkas dock inte, FIGUR 25.



FIGUR 25.

2.5.8 System 44

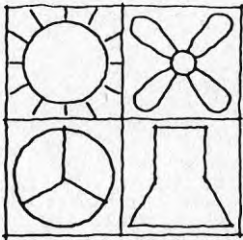
Detta system förekommer som nämnts endast i ett hus med produktionsnummer 39. Som framgår av FIGUR 26 är systemet utomordentligt komplicerat. Detaljer om reglersystem och driftfall redovisas i en senare redovisad BILAGA (ej med i deena delrapport).

I korthet finns föllande driftfall:

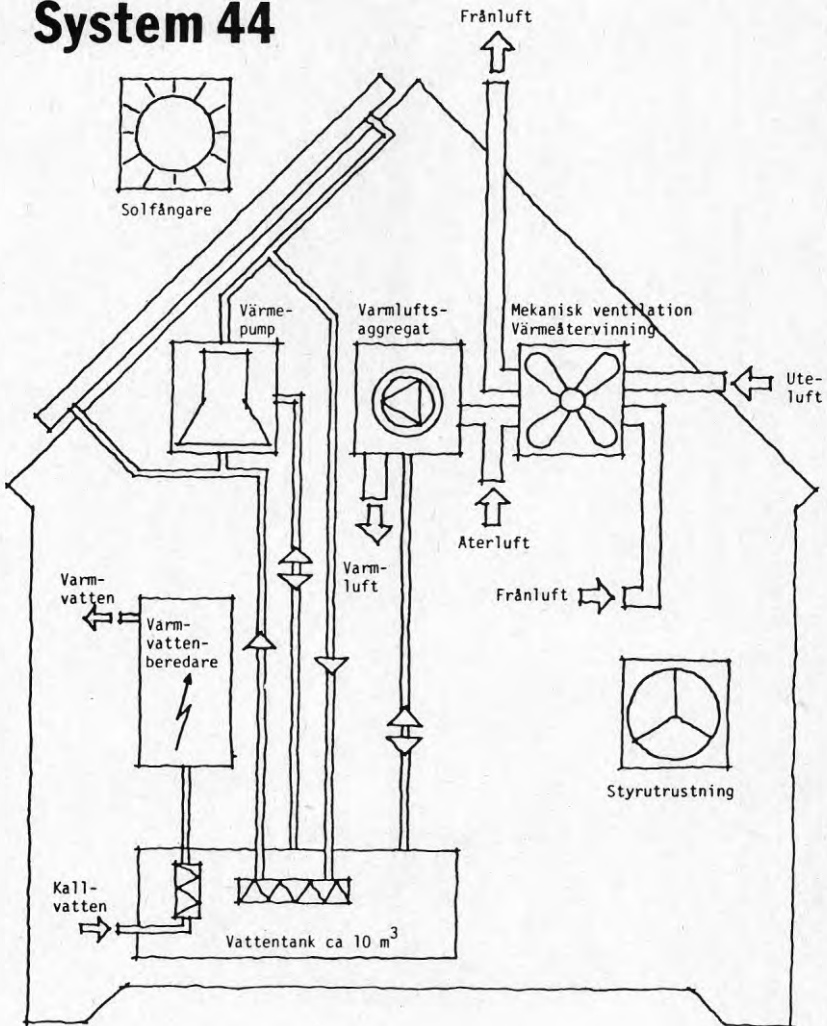
- Enbart solvärme. Temperaturen i kollektorn (solfångaren) blir så hög att cirkulation och värmeavgivning till ackumulatortanken sätts igång.
- Kombinerad värmepump och solfångardrift. Värmepumpen kyler solfångarvattnet respektive värmer det, så att ackumulatorn kan laddas.
- Värmepumpdrift. Då sol saknas och värmebehov föreligger startar en fläkt som suger luft förbi kollektorytan. Kollektorn fungerar här direkt som evaporator i en vanlig luft-vatten-värmepump.

Då varken solen eller värmepumpen förmår tillgodose husets värmebehov, värms förbrukningsvarmvattnet på vanligt sätt i varmvattenberedaren. Samtidigt går ett elektriskt varmluftbatteri igång och sörjer för att varmluften har erforderlig temperatur.

Styrssystem för hel- och halvfart av till- och frånluft genom värmväxlaren samt för nattsänkning av rumstemperaturen kompletterar systemet.



System 44

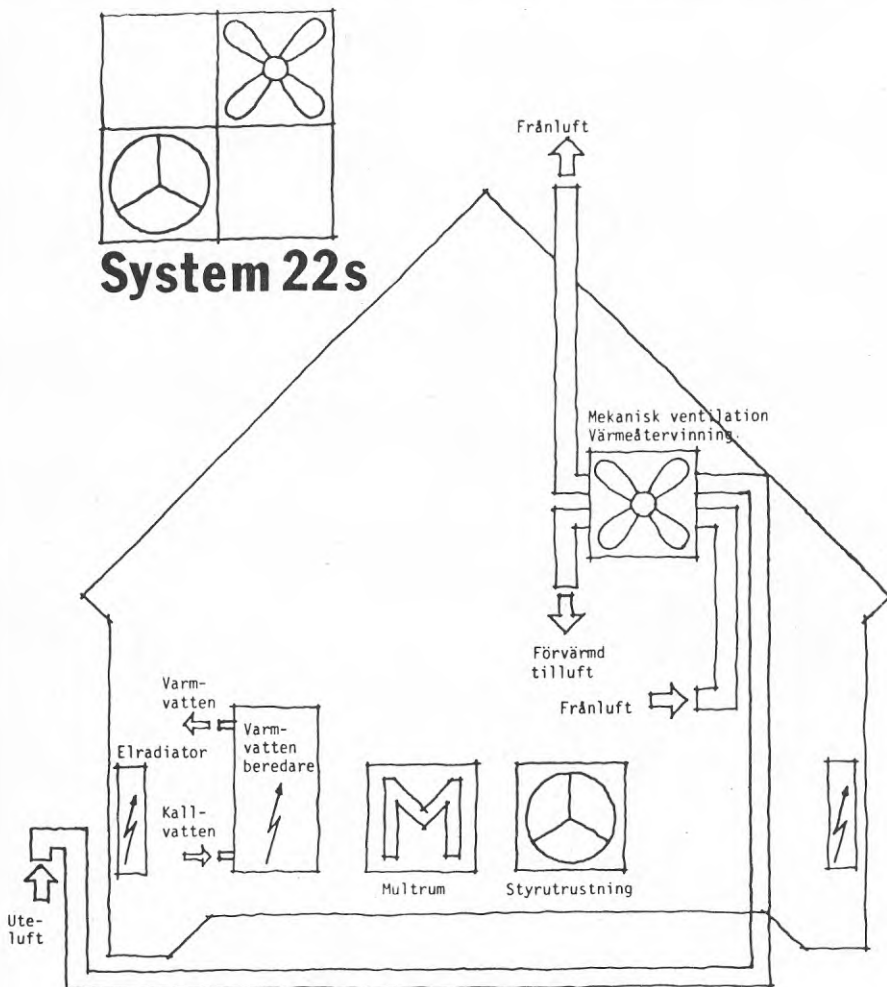


FIGUR 26.

2.5.9 System 22 S

Huset är ett källarförsett grändhus med produktionsnummer 34, FIGUR 27.

Värmen tillförs rummen med ett speciellt elradiator-system av fabrikat Elpann. Det består av en 150 mm hög plåtlist med inbyggda elvärmeelement. Små slitsar upptill och nertill gör att listen är en slags genomströmningsradiator. Listen ersätter golvlister. I varje rum är ellisten kopplad till ett kopplingsur (dygnsur med till- och frånslag valfria tider), FIGUR 28.



FIGUR 27.

"TILL" innebär att börvärdet för temperaturen sänkt med 5° . En ograderad termostat uppges ha ca 21° börvärde i läge "FRÅN". Uppgift saknas om hur stort regleromfång termostaten har, men man kan förutsätta att det ligger inom normala gränser, dvs $\pm 5^{\circ}$.

"Termostaturet" har ännu ett manöverorgan, FIGUR 28. En liten spak kan flyttas mellan fyra symboler. Den första symbolen, en klocka, innebär att det inställda värdet hålls under den tid som anges mellan rytterna på kopplingsuret. Under övriga tider sänks temperaturen med 5°C . Nästa läge har en sol som symbol och innebär att den inställda temperaturen aldrig sänks. Nästa symbol, en halvmåne, innebär att temperaturen alltid blir 5°C lägre än det inställda värdet. Den fjärde och sista symbolen, en stjärna eller snöflinga, sänker det inställda värdet med 16°C .

Endast i det första läget reglerar alltså kopplingsuret börvärdet för temperaturen.

Elpan-systemet är inte tillåtet för våtutrymmen. Därför finns vanliga elradiatorer i tvättrum, badrum samt duschrum. Dessa radiatorer styrs med Elektrostandards styrutrustning, FIGUR 19, vilken också reglerar ventilationen mellan "dag- och nattdrift".

Huset har mekanisk ventilation och värmeåtervinning, men aggregatet är fabrikat Climax med ett regenerativt roterande värmeväxlarhjul (Munters Econovent). Detta värmeväxlarhjul återför såväl värme som fukt med mycket hög verkningsgrad. Det anses på grund av den höga verkningsgraden vara känsligt för igenfrysning vid sträng kyla. Delvis därför har uteluften dragits i ett ca 12 m långt jordrör under källargolvet till aggregatet i källaren. Därifrån går tilluften till don i golvet i boningsrum.

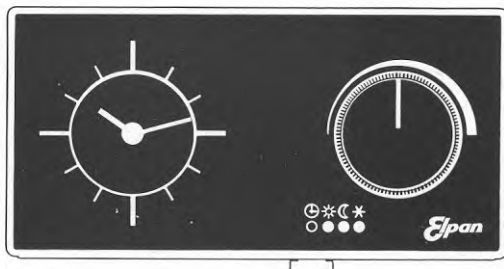
Fläktarna är försedda med tyristorstyrning, så att luftflödena kan väljas fritt för de båda driftfallen.

Huset är dessutom försett med multrum och biologisk gråvattenrening. Multrummet av fabrikat Toa-Throne, vilket i sin tur är en utveckling av Clivus Multrum, står i källaren och är anslutet via raka, grova rör till toaletter i duschrummet på nedre botten och till badrummet på det övre planet. Från hallen finns en soppedkastlucka till det ena grova röret.

Bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten) går till ett grovfilter placerat i multrummet. Därifrån går det till en bufferttank och pumpas från denna över ett biologiskt filter (biologiskt torn fyllt med små plastcylindrar på vilka bakterierna kan växa). Ett finfilter, där det sedimenterade slammet samlas är också placerat inuti multrummet. Det renade gråvatten pumpas stötvis ned i en stembädd under källargolvet.

Reningsanläggningen för gråvatten jämte de filter som finns i multrummet är en ren prototypanläggning, som kommer att bytas ut mot en senare version vid ett ännu ej bestämt senare tillfälle. Anläggningen medger vissa mätningar av avloppsvattnets energiinnehåll, men stör å andra sidan husets ventilation huvudsakligen genom det läckluftflöde som förekommer genom toalettstolarna ner via multrummet och ut genom vattenreningsanläggningen och dess separata ventilation ut i det fria. Varm och befuktad luft går alltså för närvarande förbi det ordinarie ventilationssystemet och stjälar värme från huset.

Med en helt stabil mikrobiell process kan emellertid frånluften från de biologiska systemen blandas med frånluften från huset, värmeväxlas och energi tas till vara. Så långt har man dock ännu i skrivande stund ej kommit.



FIGUR 28. ELPAN's KOPPLINGSUR

2.6 Speciella problem

2.6.1 Vattensystem, flödesmätare, luftning

Redan vid igångkörningen visade det sig att vattenkretsarna med få undantag inte erhöll rätt flöde. Orsaken var dels att hänsyn inte tagits till de av mätgruppen valda flödesmätarna och deras höga tryckfall, dels att mätarna hade för små filter för de rådande förhållandena. Mängden föroreningar i cirkulerande vatten var i samtliga fall med ackumulatorer onormalt hög. Analys av smutsen i filtren gav till resultat att den huvudsakligen bestod av kopparoxid och kopparspån.

Leverantören rekommenderade provning av mätarna utan filter under en period. En sådan provning genomfördes, men mätarna visade sig då vara helt otillförlitliga och många upphörde helt att fungera.

Tryckfallen över vissa flödesmätare nödvändiggjorde pumpbyte till pumpar med högre kapacitet. Inte heller detta visade sig vara problemfritt, eftersom pumparnas starteffekt i några fall blev för hög och säkringarna utlöstes.

Vid flera tillfällen genomfördes omfattande arbeten med flödeskontroller och eftersom dessa måste göras manuellt var arbetet mycket tidskrävande.

En för arbetets bedrivande nödvändig provrigg för kalibrering av mätare blev inte konstruerad i tid närmast på grund av tidsbrist på Institutionen för Byggnadsteknik. Problemen började inte att närma sig en lösning förrän hela projektet förstärktes personellt och en forcering av alla arbeten inletts.

Ett av de beslut som fattades var att filtren i flödesmätarna skulle bytas ut mot stora separata filter med hög kapacitet. Inte heller detta var helt problemfritt. De filter som inköptes består av anslutningar, hölje etc samt en plastinsats som utgör själva filtret. Insatsens maskvidd råkade på grund av missförstånd bli fel och rätt storlek fanns inte på tillverkningsprogrammet. Nya insatser har specialbeställts. Vid tidpunkten för denna rapport har ännu inte leveransen av de nya insatserna skett. Vissa system har därför fortfarande vissa driftproblem på grund av igensättningar och för små flöden.

Även problemen med luftning var synnerligen besvärliga. Konstruktionen var gjord på "konventionellt" sätt med luftningsnipplar i varje högpunkt på rörsystemen.

I samtliga solfångarsystem visade sig nipplarna vara helt otillräckliga för en god funktion. Därför kompilerades systemen med luftklockor i systemets högsta punkt, vilket gav en klar förbättring. Eftersom cirkulationspumparna i kretsarna var snålt dimensionerade för att därmed hålla nere pumpenergin, medför även detta svårigheter för effektiv avluftning. En väsentligt högre trycknivå ansågs vara nödvändig och för att klara detta anslöts systemen temporärt till vattenledningsnätet, när luftningen skedde.

Luftningen av systemen skedde upprepade gånger för att resultatet skulle bli någorlunda tillfredsställande.

2.6.2 Ljudproblem med värmepumpinstallationerna

Vid igångkörningen gav samtliga värmepumpinstallationer oacceptabel ljudnivå i bostäderna. Ljudmätningarna visade på nivåer mellan 42 och 47 dB(A).

Vid tidpunkten för projekteringen kunde ingen av värmepumpleverantörerna lämna data beträffande ljudnivån för sina pumpar. Självfallet installerades samtliga enligt de installationsanvisningar leverantören gav, vilket enligt deras utsago skulle ge tillfredsställande resultat enligt tidigare erfarenheter.

Arbetet med att komma tillrätta med problemen har pågått kontinuerligt under hela hösten och vintern 1978/79 och i skrivande stund återstår ca tre pumpar, vars ljudnivå inte accepteras av husägarna. Det är

- Westinghousepumpen i radhuslängan, vars evaporatordel ger stomljud,*)
- de båda jordvärmepumparna, vilka enligt uppgift ger för hög ljudnivå i tvättrummet, där de står.

I dessa båda fall pågår arbeten med att göra en ny upphängning av evaporatordelen av Westinghousepumpen. Eventuellt kommer ett tungt fundament att placeras under vibrationsupphängningarna, vilka redan beslutats utföras av mjukare material.

AGA Innovation och AGA Heating har tagit fram nya komponenter till sina ytjordvärmepumpar, provkört dem i en anläggning i Värnskog med 10 dB(A) förbättring som resultat. Nya komponenter har monterats i minst en av pumparna i Täby (när detta skrivs). Förbättringen är påtaglig, men det är diskutabelt om den kan godkännas. Nya serier av AGA Heatings pumpar lär ge helt godtagbara resultat från ljudsynpunkt.

*)PS:avklarat april-maj 79

Som exempel på arbetena med att i övrigt klara ljudproblemen kan nämnas följande:

- Ljudfälla i luftkanalen från TA-pumparna.
- Utbyte av vibrationsdämpare och komplettering med vibrationsdämpande röranslutningar (Fläkt)
- Kontroll av alla kontaktpunkter med stommen.

Det kan noteras att befarade problem med ljudstörningar utomhus inte har förmärkts i området.

Tyvärr har också arbetet med förbättring av ljudisoleringen haft andra och negativa resultat. I ett fall har slanganslutningar (för att förbättra ljudutstrålningen från rörsystem) hoppat av med läckage och vattenskador som följde. I ett annat fall med läckage blev husägaren så förgrymmad av detta och en rad smärre missöden i övrigt att han fordrade att få systemet utbytt.

2.6.3 Uttorkning av källare

Vi gjorde en tankelapsus beträffande källarnas uttorkning. Det togs visserligen upp en frånluftöppning till fläktsystemet, men skälet var inte att vi skulle torka ut källarna med hjälp av den frånluften, utan skälet var att man under ett senare skede, när försöket avbrutits skulle kunna använda källarna på valfritt sätt och då också ha tillgång till ordentlig ventilation. De fyra uteluftventiler som finns i hörnen på källarna räcker i vanligt byggeri inte till för att torka ut en källare på kort tid. Uttorkningstiden är under alla omständigheter mer än ett år, även om ventilerna står helt öppna. I Täby-projektet gick uttorkningen fortare än i konventionellt byggeri, men vi gjorde det misstaget att vi hade för liten springa i ventilerna och luftomsättningen blev för låg.

Sommaren 1978 blev det uttalade besvär med kondens och fukt i vissa källare och då öppnades ventilerna ordentligt och samtidigt öppnade man frånluftventilationen - den som skulle vara i reserv - till källarna. Senare på hösten satte man in 500 W element i alla källare utom den i hus 22 S, där man valde en 1,5 W radiator för att hålla luften torr och mätcentralens utrustning under den tillåtliga relativa fuktigheten, 70 %.

2.7 Projektering av mätinstallationer

WO-Konsult AB erhöll uppdraget att projektera mätledningar och mätinstallation. Förutsättning vad beträffar ledningstyper, brytare, kopplingsspetsplintar etc erhöills från mätgruppen. Förslaget till installation och uppkoppling av ledningar baserade sig på SEN 5512. Det av WO-Konsult projekterade mätsystemet innehållande inre och yttre ledningar antogs av mätgruppen.

I WO-Konsults uppdrag ingick också en kostnadsberäkning av ledningssystem, plintar, brytare etc. En övergripande projektering genomfördes först av Mätcentralen innan WO-Konsults mera detaljerade arbete genomfördes. Därefter skedde ytterligare detaljprojektering av Mätcentralen, då förstärkt av särskilt anställd personal för egen-regi-arbeten. I detta arbete deltog också avdelningen för Byggnadsteknik vid KTH.

Gränsdragningen mellan starkströms- och svagströmsinstallationen var utomordentligt svår att definiera. Om en bredare erfarenhet funnits bland de i projektet engagerade, hade problemen kanske inte varit så stora, men som situationen var hamnade en lång rad problem på mellanhand. Sådana problem var exempelvis

- avskiljning av garage och källare från den huvudsakliga energimätningen togs inte upp,
- inkoppling av reläer för manövrering av elvärme vid öppning av fönster och dörrar kostnadsberäknades inte,
- vissa matningsledningar och förbindelseledningar för apparatur i undercentraler och huvudcentraler glömdes bort.

2.8 Mätsystemets idrifttagning

2.8.1 Planering

Revisionen av projektet som startade strax efter semestern 1978 uppvisade brister i såväl finansiering som planering. Ansträngningarna intensifierades därför för att få grepp om projektläget och en precisering för sannolik tidpunkt för mätstart.

Tidigare tidplaner pekade på idrifttagning i mitten av oktober och dessa tidplaner, som senare reviderades något försköt tidpunkten till medio november 1978.

En biträdande projektledare anställdes då revisionen avslöjade att projektläget såväl vad beträffar plane-

ring som finansiering var mer prekärt än vad vi befarat vid revisionens igångsättning.

Detaljerade tidplaner upprättades nu avseende samtliga arbetsmoment. Dessa detaljerade tidplaner resulterade i mätstart april 1979 med den arbetsstyrka som vid tillfället ifråga var engagerad i arbetet. Detta var självfallet katastrofalt för projektet, eftersom i så fall ett helt mätår skulle ha gått förlorat. Kostnaden för ett sådant förlorat mätår uppskattades till ett minimum av 500 kkr.

För att rädda mätåret upprättades alternativa tidplaner, vilka visade nödvändigheten av en utökning av arbetsstyrkan samt en målmedveten forcering.

2.8.2 Genomförande

För att åstadkomma önskat resultat genomfördes i grova drag följande åtgärder:

- Arbetsstyrkan fördubblades
- Mätcentralens eget folk koncentrerade sig på arbetet med grändhusområdet.
- Ny personal från LF-Consult samt Reijlers Ingenjörbyrå gjorde motsvarande arbeten inom radhusområdet.
- Egen regi-arbetsstyrkan (2 man) utökades med personal från elinstallationsfirman Vanadis (totalt 3 man).

Installatörerna genomförde successivt såväl starkströmsinstallation (se ovan) som sådan svagströmsinstallation som har med den direkta mätinstallationen att göra. Någon exakt fördelning av tidsinsatsen är inte motiverad att redovisa här.

MCE ledde hela tiden mätinstallationsarbetet. Insatsen från projektledningens sida får mera ses som en nödvändig administrativ förstärkning, vilket inte rimligtvis kunde ha åstadkommits med personal som till 100 % var sysselsatt med rent tekniska problem.

2.8.3 Räkande ingångar (pulsräknare)

De pulsräknare som används i projektet är av speciell konstruktion. Det speciella består av att instrumenten kan fungera självständigt till skillnad från standardinstrument, vilka är beroende av annan styrande och registrerande utrustning.

Kretskort till dessa räkande ingångar beställdes redan vid årsskiftet 1977/78 och leverans var utlovad

till våren 1978. Mätcentralen hade stora svårigheter att få leverantören att leva upp till sina utfästelser, varför projektet kom i tidsnöd även vad beträffar de räknande ingångarna.

I mitten på december skedde leverans och pulsräknare kunde tas i drift samtidigt som övrig utrustning.

3 MÄTPROGRAM, MÄTINSTALLATIONER OCH MÄTTEKNIK

3.1 Mätgruppens sammansättning och direktiven

Vid sammanträde 770321 konstituerades en mätgrupp.

Pontus Sandborgh (sammankallande)	TYRENS
Bertil Nyman	Byggn.teknik, KTH
Per Isakson	-"-
Tommy Kjellander	-"-
Björn Källberg	-"-
Gösta Jansson	Sv Fläktfabr, Jönköping

Till mätgruppen adjungeras dessutom:

Gunnar Berkowicz	AGA Innovation AB (f d Platzer Bygg)
Leif Sjögren	Sydkraft (CDL)
samt representant för Vattenfall (CDL)	

Mätgruppen har inför styrgruppen det samlade ansvaret för mätprogrammets genomförande.

Under projekterings- och produktionsskedena har mätgruppen främst haft följande uppgifter.

- Utformning av mätprogram skall omfatta målsättning för varje hus, antal mätstorheter, givares placering, signalers variationsområde samt krav på noggrannhet och samplingstäthet.
- Inköp, installation och intrimning av datasamlingsutrustning.
- Inköp, installation och intrimning av givare.

Styrgruppen fastställer mätprogrammet.

Mätgruppen svarar för val av givare samt installationer av kabel och givare.

Mätcentralen vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, svarar för inköp och installation av datainsamlingssystem samt inköp av givare. Mätcentralen svarar dessutom för intrimning av hela systemet.

Mätgruppen ansvarar för mätprogrammets genomförande. Mätcentralen vid KTH är representerad i mätgruppen enligt ovan.

Mätcentralen vid KTH ansvarar för projektering och drift av datainsamlingssystem. Mätcentralen är vad beträffar Täby därutöver att betrakta som den entreprenör styrgruppen anlitar för datainsamling.

I uppgiften ingår

- mätvärdesinsamling och utleverering av mätdata,
- övervakning av mätprocessen
- preliminär bearbetning

Mätgruppen ansvarar också för genomförandet av vissa utvecklingsarbeten av mätsystem för vilket anslag från STU erhållits.

3.2 Formulering av uppgiften

Styrgruppen uppdrog 770607 (@ 123) åt mätgruppen att mer i detalj klargöra sambanden mellan målsättning, mätprogram och kostnader.

Pontus Sandborgh, Per Isakson och Bertil Nyman inledde arbetet och en PM 770811 sammanfattade mätgruppens inledande arbetsomgång.

Beräkningen av mätkostnader mötte stora svårigheter. Särskilt kostnader för installation av mätledningar och givare vållade problem och ledde slutligen också till grovt felaktigt resultat.

Projektets målsättning ansågs vara alltför allmänt formulerad för att det skulle vara möjligt att föreslå ETT mätprogram. I mätgruppens redovisning har därför projektet delats upp i ett antal delar, som var och en omfattar en någorlunda avgränsad fråga.

Tidigare förslag till mätprogram (770526) omfattar i huvudsak frågor som diskuteras i avsnitt 3.3 och 3.4. Detta tidigare mätprogram tillfredsställer ett GRUNDLÄGGANDE mätbehov. En nedskärning av detta påverkar avsevärt möjligheterna att vetenskapligt utvärdera och jämföra de olika husgrupperna.

Mätgruppen rekommenderar att vissa energiposter bör undersökas med större noggrannhet än vad som ryms i det GRUNDLÄGGANDE mätprogrammet. Dessa detaljfrågor diskuteras i avsnitt 3.5

Kostnader för vissa mätningar enligt avsnitt 3.5 (mätning i obebodda hus) påverkar knappast ekonomin. Det gäller helt enkelt att passa på när något av husen står tomt, t ex under en vintersemester.

I avsnitt 3.6 berörs också de mätningar som avses möjliggöra noggrann driftövervakning och injustering av värmepumpar.

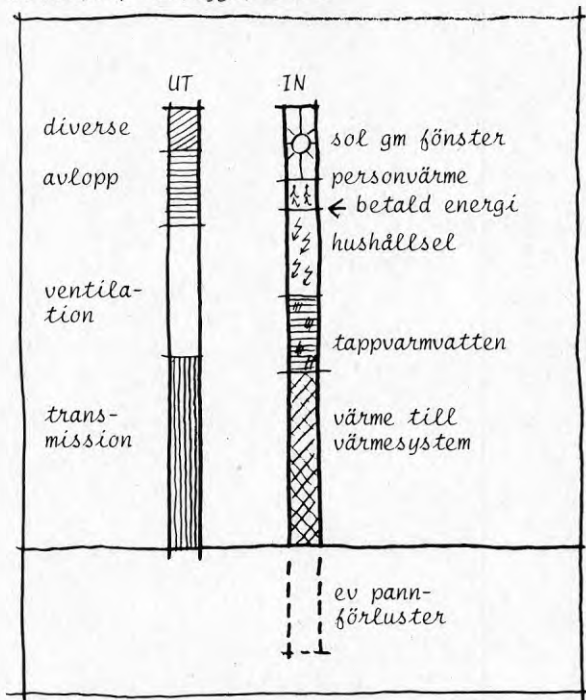
3.3 Energibalanser

3.3.1 Målsättning

De i en energibalans ingående kvantiteterna av "nettoenergi" kan delas i två grupper. Tillförd energi (IN) skall balansera energiförlusterna (UT). Enkla stapeldiagram kan användas för att illustrera dessa UT- och IN-kvantiteter, FIGUR 29.

Målsättningen är att mäta och/eller beräkna provhusens energibalans med en noggrannhet av $\pm 5\%$. Härvid kan både IN- och UT-flödena vara vägledande. Bevisningens logiska gång kan emellertid inte klart överblickas förrän under pågående utvärdering.

t ex MWh/år, kWh/dygn, W e d



FIGUR 29. ENERGI- ELLER EFFEKTBALANS FÖR VISS PERIOD ILLUSTRERAD MED STAPLAR. STAPLARN AVSER NYTTIG NETTOENERGI. OM TILLFÖRD ENERGI T EX I FORM AV OLJA SKALL VISAS KAN PANNFÖRLUSTER ETC REDOVISAS UNDER NOLLINJEN.

3.3.2 Delmängder av årligen tillförd energi (IN)

Värmesystemets energi kommer beroende på typ av installation från olika källor

- från elnätet
- från utomhusluften via värmepump
- från marken via värmepump
- solenergi via solfångare

Energien distribueras i byggnaden på olika sätt:

- "direkt" el genom kablar till radiatorer
- energi från värmepumpar och solfångare via flöden av vatten och/eller luft.

Det totala årsbehovet av energi till värmesystemet kan uppgå till ca 10 MWh för ett grändhus och ca 5 MWh för ett radhus.

Till tappvarmvatten:

Samma energikällor och energitransporter (utom luft) förekommer. Ett årligt energibehov, ca 5 MWh, är enligt statistiken vanligt.

Hushållsenergi:

Elförbrukningen för belysning, matlagning, tvätt m m är enligt förbrukningsstatistiken ca 4 MWh per hushåll. Spridningen är stor och nya hushåll har en tendens att snabbt öka sin hushållsförbrukning. Nivån antas ligga vid 4 - 6 MWh/år.

Värmeavgivning från personer:

Energiavgivningen från en person kan uppskattas till ca 100 W, vilket betyder att en familj på 4 personer med normalt hemmavarande kan avge mellan 1 och 1,5 MWh, varav en stor del kan anses vara "nyttig".

Solenergi genom fönster:

Solvärmen är starkt beroende av fönsterorientering, skuggande yttre objekt samt boendevanor, dvs hur de boende hanterar persienner och andra solavskärmningar. Ett avsevärt energiflöde sker också från sol och himmel genom väggar och tak, vilket inte kan försummas. Uppskattad total årlig energimängd 2 - 5 MWh.

3.3.3 Delmängder av årligen förlorad energi (UT)

Transmissionsförluster:

Dessa förluster påverkas av temperaturdifferensen inne-ute, av solinstrålningen mot ytterväggar (se "solvärme") och yttertak samt av vindens hastighet och riktning.

Under ett år uppgår transmissionsförlusterna till ca 13 MWh för ett grändhus och 8 MWh för ett radhus och de ovan nämnda på storleken inverkan de faktorerna har i Stockholmsklimat ungefär följande betydelse:

- Temp-diff inne-ute: 6 - 7 % per °C
- Solinstrålning på ytterytor: ca 5 %
- Vind på ytterytor exkl fönster: < 1 %
- Vind på fönster: ca 1 %

Ventilationsförluster:

Dessa kan uppskattas till ca 7 MWh men storleken är beroende av husets täthet, ventilationssystemets utformning (F- eller FT-ventilation), vindens hastighet och riktning samt boendevanor i form av vädring. Dessa faktorerers betydelse är ungefär:

- Temp-diff inne-ute: 6 - 7 % per °C
- Husets täthet:

Vid väl injusterad FT-ventilation +/- 0,6 MWh/år beroende på osäkerhet i täthetsmätning och därmed läckflöden (eg olikheter i läckflöden beroende på system).

Vid F-ventilation är stabiliteten god och luftläckningen teoretiskt sett obetydlig vid den täthet som uppmätts i alla hus.

- Ventilationsflöde:

På grund av flödesvariationer avviker medelvärdet från det värde som beräknas ur momentana mätningar och registrerade driftfall. Denna avvikelse är svår att uppskatta, men har direkt samband med husets täthet och ventilationssystemets utformning. Mätfelet vid momentanmätning antas vara +/- 5 %, vartill kommer denna i föregående punkt nämnda osäkerhet.

"Avloppsförluster":

Genom en byggnads avlopp försvinner inte enbart energi från varmvattenberedningen. Hushållsenergin används ju delvis till att värma vatten (matlagning, tvätt m m), som sedan går ut via avloppet. I denna post finns också isoleringsförluster från varmvattenberedare till huset och motsvarande vämetillförsel till kallvatten. Vintertid nyttiggörs vv-beredares och vv-rörs värmeavgivning. När värmebehovet är lågt blir värmeavgivningen ifråga en förlustpost. Posten är alltså komplicerad, inte helt konsekvent definierad och således värd en hel del forskningsinsatser.

Avloppsförlusterna kan uppskattas till 3 à 4 MWh och är naturligtvis beroende av familjestorlek och boendevanor.

Elförluster och diverse:

Tillförd elektrisk hushållsenergi kan delvis komma till nytta för husets uppvärmning (belysning inomhus, TV m m) under förutsättning att rumstemperaturer regleras av termostater som styr värmesystemet. Andra delar av hushållsenergin kan dock inte användas på detta sätt utan går förlorade t ex genom oönskad övertemperatur i något utrymme eller ökat energiinnehåll i ventilationsluften från ett torkskåp (högre fukthalt). Även elförbrukning utomhus räknas in i dessa elförluster.

Även denna post är osäker och oklar. En bättre definition och bättre grepp om problematiken är ett delmål i forskningsarbetet. Posten kan tills vidare antas vara ca 1 MWh/år i normala hus. I extremt energisnåla hus är den troligen större på grund av att "eldningssäsongen" är kortare än i normala hus. Överskott = förlust uppkommer alltså under större del av året.

3.4 Mätbehov

3.4.1 Mätning av tillförd energi

Elenergi mäts för värmesystem, varmvattenberedning och hushåll separat. Mätnoggrannheten är bättre än $\pm 2\%$.

Vattenburen energi (flöde och temp-diff) från värmepumpars och/eller solfångares mätning sker separat för värme och varmvatten. Mätnoggrannhet $\pm 5\%$. Noggrann övervakning och fortlöpande kalibrering av flödesmätare krävs för detta resultat.

Luftburen energi (flöde och temp) mäts vid värmepumpen av typ Westinghouse. Mätnoggrannhet $\pm 10\%$.

Bestämning av personers värmeavgivning:

Det avses att basera utvärderingen på schablonberäkningar. Dessa får grunda sig på intervjuundersökningar för att kartlägga boendevanor avseende vistelsen i huset.

Bestämning av instrålad solenergi:

En mätning av denna energimängd med acceptabel noggrannhet förutsätter även mätning av den verkliga solavskärmningen i varje rum. Detta torde vara svårt att genomföra praktiskt även om man kan tänka sig någon fotocell som mäter ljusstyrkan i rummet.

Bestämning av denna energimängd får i stället beräknas ur mätta värden på solstrålningens intensitet, fönsterorientering och observationer av hur de boende hanterar sina persienner.

3.4.2 Mätning av förbrukad energi.

Bestämning av transmissionsförluster:

Det är inte praktiskt möjligt att direkt mäta transmissionsförlusterna. Dessa måste istället beräknas av mätta värden på temp-differens inne-ute och beräknade värden på ytterkonstruktionernas värmegenomgångstal (k-värden). Beräkningen skall baseras på laboratorievärden och inte på SBN.

Emellertid är det inte alltid tillräckligt att mäta lufttemperaturen utomhus, eftersom sol och vind kan påverka mikroklimat och temperatur hos husets ytterytor i avsevärd grad. Dessa svårigheter kan övervinnas genom mätning av yttemperaturer på husets ytterväggar och yttertak. Mängden av dessa mätningar begränsas. Ett grändhus mäts.

Representativa inomhustemperaturer är svåra att bestämma på enkelt sätt. Separata mätvärden för enskilda rum avser normalt lufttemperatur vid innervägg ca 2,1 m över golv. En "manuell" kartering av olika rumsgradienter görs för att säkerställa representativiteten för de automatiska registreringarna.

Temperaturen mäts med $\pm 0,2$ °C noggrannhet. Acceptabel noggrannhet för bestämning av transmissionsförluster erhålls då $(\pm 0,2 \times 6 \% = \pm 1,2 \%)$. Den totala osäkerheten är större på grund av osäkerheten i materialegenskaper, utförande etc (säg $\pm 5 \%$).

Bestämning av ventilationsförluster:

En noggrann mätning är i och för sig önskvärd bl a därför att dessa förluster och deras beroende av klimatvariationer, ventilationssystem och husets täthet är bristfälligt kända.

En kontinuerlig noggrann mätning blir för kostsam, framförallt på grund av högt pris på givare för luftflöden. En väsentlig kostnadsbesparing har uppnåtts genom att acceptera registrering av drifttid för systemets olika driftfall (avstängt system, basventilation, förhöjd ventilation och forcerad utsugning vid spis). De aktuella flödena mäts med tillämpliga tidsmellanrum med handburen mätutrustning.

Undersökningen kompletteras med spårgasmätning vid olika klimatförhållanden. Mätning skall ske i system med F- och med FT-system för att bl a utröna huruvida beräknade systematiska skillnader i luftläckning mellan systemen kan konstateras. Sedermera skall också tryckmätning och spårgasmätning ske parallellt.

Den planerade registreringen av öppetid för fönster och dörrar har annars till huvudsaklig uppgift att underlätta återförandet av energibalansen till det normalfall som skall användas vid jämförelse mellan olika hus och olika installationssystem.

Bestämning av avlopps- och elförluster:

Mätning av dessa förluster låter sig endast delvis göras inom rimliga ramar.

Avloppsförlusten som detaljfråga och dess mätproblem behandlas separat.

En uppskattning med hjälp av intervjuer med de boende och genom enkla betraktelser över boendevanor och användning av hushållsmaskiner.

3.5 Sammanfattning av mätprogram

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

- utomhus lufttemperatur
- yttemperatur ytterväggar och yttertak på ett grändhus
- vindhastighet
- solintensitet mot horisontell yta
- solintensitet mot vertikal yta åt söder
- kallvattentemperatur

- medeltemperatur inomhus i över- och undervåning
- frånlufttemperatur efter ev värmeväxlare
- tillufttemperatur före ev värmeväxlare
- registrering av ventilationssystemets driftfall
- tillförd elektrisk energi, hushåll
 - -"- varmvatten
 - -"- värmesystem
 - -"- värmepump totalt
 - -"- värmepump kompressor
- vattenburen energi från värmepump eller solsystem till varmvattenberedning
- vattenburen energi från värmepump eller solsystem till värmesystem
- luftburen energi från värmepump Westinghouse
- registrering av öppettider för fönster och dörrar
- husens otäthetsfaktor (läckflöde i oms/h vid tryckmätning och 50 Pa)

Osäkerheten på IN-sidan är med uppskattningarna i TABELL 1 = +/- 4,4 %. UT-kvantiteternas totala osäkerhet är betydligt större eller +/- 8,5 %.

TABELL 1. EXEMPEL PÅ UPPSKATTADE ENERGIMÄNGDER OCH "FEL" VID BESTÄMNING AV ENERGIBALANS ENLIGT DET GRUNDLÄGGANDE MÄTPROGRAMMET;

Delmängd	Uppsk energi-mängd MWh/år	Max "fel" F MWh/år	F^2 (F) (MWh) ² (MWh)
IN			
Energi till värmesystem	10	0,40	0,16
Energi till varmvatten	5	0,20	0,04
Hushållsenergi	5	0,10	0,01
Värmeavgivn fr personer	1	0,20	0,04
Instrålad solenergi	4	1,00	1,0
Summa IN	25	Summa $F_{IN}^2 = 1,25$;	$F_{IN} = 1,12$
UT			
Transmissionsförluster	13	1,30	1,69
Ventilationsförluster	7	1,30	1,69
Avloppsförluster	3	1,00	1,0
Elförluster etc	2	0,40	0,16
Summa UT	25	Summa $F_{UT}^2 = 4,54$;	$F_{UT} = 2,13$

F = fel har här ingen fixerad statistisk betydelse. Överallt till statistikspråk torde F ligga någonstans vid 3 - 4.

3.6 Mätning av olika "system"

3.6.1 Styrssystem

Styrningen med ur, termostat och reläer är vald med hänsyn till respektive system i husen.

Hus med elradiatorer (system 12, 22 och 32) har styr-systemet fullt utbyggt enligt avsnitt 2.5.1.

Vid varmluftsuppvärmning (system 24, 42 och 44) består huset av en enda "temperaturzon". Med en central klocka kan temperaturen i hela huset sänkas med visst i förväg bestämt gradtal (3°C) samtidigt som fläk-tarnas varvtal reduceras.

Vid vattenradiatoruppvärmning (system 14) är huset en enda temperaturzon som styrs av en central klocka. Frånluftfläktens varvtal reduceras samtidigt i likhet med föregående tre systemkombinationer. Radiatorerna är försedda med termostat.

Det är inte självklart att besparingar av betydelse görs med styrssystem. Husens värmekapacitet gör att ändringarna kan gå långsamt. Syftet är att kartlägga hur temperaturen fördelar sig i huset samt hur snabba ändringar som kan åstadkommas. Styrsystemets inverkan på husets energibalans kan vara av stor betydelse om det används förnuftigt. Användningen (populariteten) av systemen är ju också viktig att observera. Människan bör enligt biologer och läkare trivas med för-änderligt inneklimat och sättet att bruka systemen är av största intresse för forskningsresultatet.

Mätprogrammet omfattar mätning av enskilda rumstemperaturer, registrering av driftfallen samt växelvis körning av husen i kontrollgrupper (system 12) med och utan styrsystemet inkopplat.

Observera att särskild automatik för veckosluts- och semesterdrift med lägsta möjliga temperatur och ventilation saknas. I den ursprungliga målsättningen fanns sådan automatik med, vilket motiverade den höga uppskattade besparingen 20 %.

3.6.2 Värmeåtervinning från ventilationsluft

Korsströms-värmeväxlare av samma typ som "Rexovent" används utom i hus 22S. Det har en "Munters-växlare" (Climax) med ett regenerativt hjul. Korsströms-växlarna antas återvinna drygt hälften av värmets i från-luften. Den regenerativa växlaren i hus 22 har ca 80 % temperaturverkningsgrad vid nominella ventila-tionsflöden.

Värmeväxlarnas inverkan på husets energibalans är inte enbart en fråga om balans i flöden och temperaturverkningsgrad. FT-system har enligt teoretiska övertaganden sämre stabilitet än F-systemet och bör enligt beräkningar ge något högre oönskad luftläckning. Detta kan inverka på den totala energibalansen i påtaglig grad och skall bli föremål för särskilda studier.

Värmeflödena, som produkt av intermittenta flödesmätningar och kontinuerliga temperaturmätningar, i till- och frånluft samt föövärmningen av tilluften mäts. Läckluftflöden mäts vid några tillfällen med spår-gas.

Den direkta kontinuerliga mätningen ger temperaturverkningsgrader samt underlag för utvärdering av husets totala energibalans.

3.6.3 Värmepumpar

Mätningarna avser att klarlägga

- värmefaktor (godhetstal)
- tillförlitlighet
- fördelning av tiden av olika driftfall
- ev fels orsak, frekvens och botemedel
- behov av spetsenergi (när det är kallt!)

Mätprogrammet omfattar kontinuerliga mätningar av värmeflöden och temperaturer dels under normal drift, dels under avfrostningscykeln (kyldrift). Separata medelvärden beräknas för de olika driftfallen.

Ett särskilt mätprogram, som skall vara i drift intermitterant, skall kontinuerligt följa 15 intressanta värden (temperaturer, tryck etc samt driftfall och tider för dessa). Sådan "intensivmätning" är en viktig grund för den övergripande utvärderingen av den av systemet tillförda nyttiga energin.

3.6.4 Solvärme

Den globala utvecklingen av solvärmesystem ställer stora krav på enhetliga rapporteringssystem. NBS* har publicerat en rapport som behandlat mätningar och redovisning av solsystemen (NBSIR 76-1137) och inom ramen för IEA**-samarbetet har en mall för rapportering utarbetats (D1:1977).

* NBS-rapporten

** IEA = International Energy Agency

Solvärmen används i system 32 enbart för tappvarmvatten. I system 42 och 44 används solvärmen både för såväl värme som tappvarmvatten.

Målsättningen är att bestämma solvärmesystemets inverkan på husets energibalans, bedöma funktionen hos systemet, följa NBS-rapporten, skriva rapport enligt IEA-mallen och studera betydelsen av olika valda nivåer av lägsta varmvattentemperatur.

Mätprogrammet omfattar kontinuerliga mätningar av temperaturer och energiflöden samt växelvis körning med olika minimitemperaturer på varmvattnet.

3.6.5 De "udda" systemen 22S och 44

System 22S (hus prod.nr 34) har marginellt bättre värmeisolering än övriga hus och högre verkningsgrad på ventilationsvärmväxlare. Avsikten var också att huset skulle göras extremt tätt. (Tätheten var emellertid så god även i alla övriga hus att någon skillnad härvidlag inte kunde uppmätas.)

Enligt beräkningar, som sedermera kunnat verifieras från andra (ej publicerade) källor, kräver kallvattnet 1 å 2 MWh/år vid sin passage genom ett normalt hus (hushåll). Med multrum minskas detta flöde betydligt, vilket bör kunna registreras indirekt. Gråvattenrening, som också finns i huset, innebär uppsamling av BDT-vatten, vars temperatur mäts. Avloppets energiförlust kan alltså grovt mätas. Det renade vattnet, som infiltreras under källargolv, ger dessutom ett energitillskott som (indirekt) bidrar till en förbättrad energibalans.

Mätprogrammet i hus 22S skiljer sig (utom för avloppet) inte nämnvärt från övriga hus med samma systemkombination.

System 44 (hus nr 39) har ett utomordentligt omfattande mätprogram för noggrann bestämning av husets energibalans och de olika systemens funktion. Kraven ställs här högre än för övriga hus. Exempelvis kommer solinflöde genom fönster att mätas med "extra" solarimetrar.

Målsättningen är att bestämma energibalansen för huset med större noggrannhet, bestämma systemens inverkan på husets energibalans, bedöma funktionen hos systemen, följa NBS-rapporten och rapportera enligt IEA.

Mätprogrammet omfattar kontinuerliga mätningar av temperaturer, energiflöden och drifttider.

3.7 Detaljfrågor angående husens energibalans

3.7.1 Ventilationsförluster

Mätningar av ventilation och täthet har redan behandlats i avsnitt 3.3.3.

3.7.2 Kontroll av vädringsförluster

En anordning som automatiskt stänger av radiatoren under fönster när detta öppnas medför enligt uppgifter i litteraturen ca 5 % minskning av den totala energiförbrukningen. Målsättningen är att söka påvisa denna effekt i hus med elradiatorer.

Husen kommer att köras växelvis med och utan anordningen inkopplad. För att minska vädrets inverkan på utvärderingen skall anordningen totalt vara inkopplad i hälften av husen och urkopplad i andra hälften under några begränsade mätperioder. Urvalet av hus i denna delundersökning är inte ännu bestämt. (Slutlig tidplan för mätningar kommer under våren 1979.)

3.7.3 Avloppsförluster

(se även avsnitt 3.4.2)

Energiförluster genom avloppsvatten och ej för värme nyttiggjord hushållsel är väsentliga poster i värmebalansen.

I litteraturen antas ofta att 30 % av energin i förbrukat varmvatten och 70 % av hushållselförbrukningen kommer bostaden tillgodo i form av värme. Detta ger en energiförlust av ca 5 MWh/år och hus. Eftersom dessa antaganden knappast alls är verifierade genom försök, får de ännu anses vara rena gissningar.

Målsättningen är att bestämma andelen energi från varmvatten och hushållsel som kommer huset tillgodo.

En noggrann bestämning av energiförlusterna förutsätter att energimängden i avloppsvattnet mäts. För närvarande finns inga kända mätmetoder som till rimliga kostnader kan användas till Täby-projektet. Jämfört med nuvarande beräkningsmetod, vilken har överifierade antaganden som grund, kan man få en väsentligt större noggrannhet i bedömningen av energiförlusterna genom en uppdelning av varmvatten- och hushållselförbrukningen.

Mätningarna i hus 22S (se 3.5.5) kan ge värdefulla hållpunkter i denna svåra fråga.

3.7.4 Diverse övriga förluster

(se även avsnitt 3.4.2)

Här ingår exempelvis ej utnyttjad hushållsel m m. Definitionen av posten är ännu otillräckligt preciserad.

3.7.5 Passiv solvärme

Sol genom fönster har stor inverkan på husets värmebalans. Uppskattad årlig energimängd under "eldningssäsongen" är för radhusen ca 2,5 MWh och för grändhusen 3 à 4 MWh. Med "eldningssäsong" menas här den vedertagna tidsperiod då äldre hus har värmebehov. Extremt energisnåla hus har väsentligt kortare "eldningssäsong".

Målsättningen är att bestämma värmetilskottet på grund av solinstrålning genom fönster.

Instrålningen mäts kontinuerligt med solarimetrar placerade ungefär parallellt med ytterväggarna och horisontalavskärmningen mäts med hjälp av globoskop.

Mätningarna utförs i ett urval av fönstren i kontrollgruppens hus (system 12) och i hus 39 (system 44).

3.8 Specialstudier genom korttidsmätning

Korttidsmätningar utförs för

- specifik energiförbrukning för obebodda hus
- intensivmätning på värmepumpar
- spårgas (se även 4.4)

3.8.1 Specifik energiförbrukning i obebodda hus

En noggrann bestämning av energibalansen för ett provhus kräver mätningar när huset är tomt. Svårkontrollerbara energiflöden såsom personvärme, värmeförluster genom öppna dörrar och fönster, avloppsförluster och vissa (ev) förluster via hushållsel kan då elimineras.

Målsättningen är att genom noggrann bestämning av energibalansen beräkna transmissionsförluster jämte luftläckning när från- och tilluftkanalerna är igensatta.

Någon eller helst några mätperioder (helst ca 1 vecka) under vintern uppvärms huset enbart med elvärme. Husets ordinarie elvärme används, vilket innebär att hus med vattenradiatoruppvärmning (system 14, 4 hus) ej ingår i undersökningen.

Till- och frånluftkanalerna proppas i kontrollrummet vid mätning av energibalansen. Luftläckningen mäts med hjälp av spårgasanalys.

Solvärme genom fönstren måste också mätas noga. Helst bör mätning ske under solfattiga perioder.

3.8.2 Intensivmätning på värmepumpar

(se även avsnitt 3.6.3)

Utöver kontinuerliga mätningar tillkommer mätningar för injustering och driftövervakning - se 3.5.3.

15 temperaturer samt köldmedietryck före och efter kompressor mäts under kortare perioder.

3.9 Sammanställning av mätbehov och kostnader

3.9.1 Mätsystemets uppbyggnad

Beräkning av kostnaderna för Täby-projektets mätutrustning (ett grundprogram och ett antal möjliga delprogram) genomfördes av mätgruppen och redovisades 770811.

Datainsamlingssystemet bestäms till stor del av antalet hus, avstånden mellan dem och typer av givare. Däremot är antalet kanaler i intervallet 500 - 1000 av underordnad ekonomisk och praktisk betydelse. Kablar mellan husen för täckande av alla rimliga behov (grundprogram och samtliga delprogram) har måste beslutas och installeras för att inte hindra annan projektering.

Projektering av mätstationer för Täby-projektet och för mätcentralen vid KTH har skett parallellt. För att icke äventyra Täby-projektets tidplan har sådana mätstationer valts som kan fungera oberoende av mätcentralens minidator.

Mätprogrammet i Täby omfattar ett stort antal mätpunkter av olika slag. Erfarenheter av mätvärdesinsamling i denna skala är begränsade, varför mätgruppen valt att dela upp systemet i två helt lika delar, ett för varje område. Detta förenklar felsökning och underlättar upprättande av drifrutiner. Priset är en något större total kostnad och arbetsvolym.

Det är möjligt att senare - beroende på erfarenheter - koppla in mätstationerna till minidatorn via telefonnätet. Det går också att koppla samman de två delarna till ett system.

3.9.2 En kostnadsberäkning (kostnadsläge medio 77)

I mätgruppens uppgift ingick att redovisa den totala investeringen för alla mätningar. Anslagen är nämligen enligt diskussionerna med BFR knutna till DELS investering, DELS arbetskostnad. Investeringen har uppdelats i

- grundkostnad för datainsamlingssystemet (exkl ingångskretsar i avsökare)
- marginalkostnad för tillkommande ingångar och givare
- kostnad för grundprogrammet och ev tillkommande delprogram.

Grundkostnad för datainsamlingssystemet beräknades våren 1977 till ca 400 kkr. De slutliga kostnaderna blir enligt kap 5 åtskilligt högre. Marginalkostnaderna för tillkommande ingångar och givare anges samtidigt till relativt låga kostnader, vilket syns vara logiskt och korrekt.

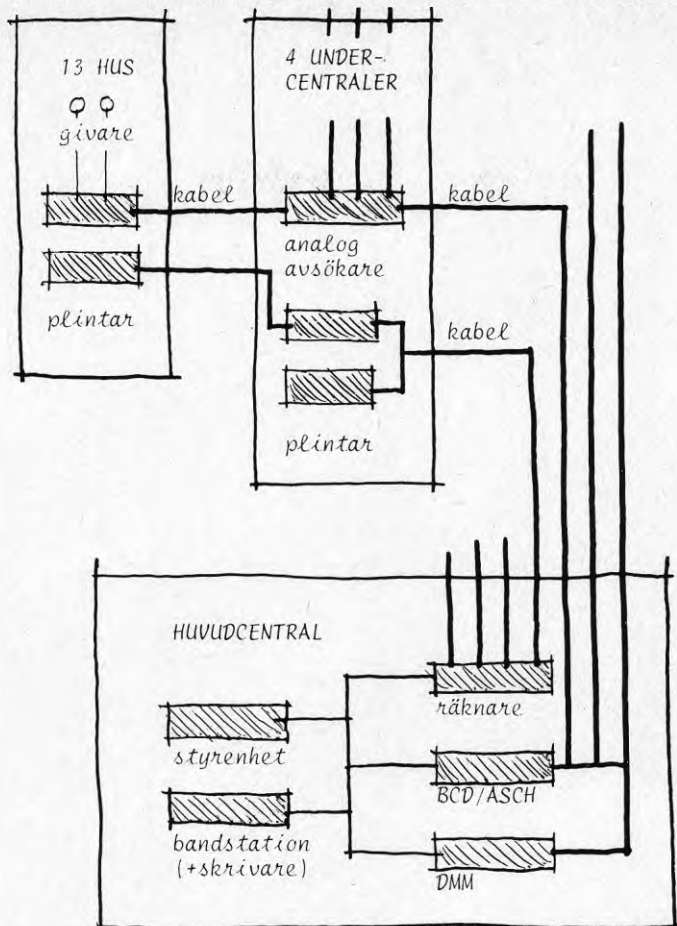
I vardera av 6 undercentraler placeras grundenheter för avsökare av analoga signaler med plats för 90 ingångar, FIGUR 30.

En grundenhet för räknande ingångar installeras i vardera av de två huvudcentralerna.

Grundprogrammet innefattar de mätningar som mätgruppen ansåg behövliga för att vetenskapligt utvärdera de frågeställningar och forskningsuppgifter som redovisats.

Delprogram från "ventilationsförluster" uppgjordes också och kostnadsberäknades. Såväl metodik som kostnader är numera inaktuella. Metodiken har utvecklats snabbt och kostnaderna anpassas naturligtvis därefter. Berörda hus är systemvarianterna 12 och 22, dvs 9 hus. Se vidare avsnitt 4.4.

Kostnaderna för delprogrammen angående passiv solvärme presenterades också av mätgruppen 770811. Bakgrunden framgår av 3. 4. Målet är att undersöka när och hur solavskärmning utnyttjas samt att mäta verklig instrålad solenergi.

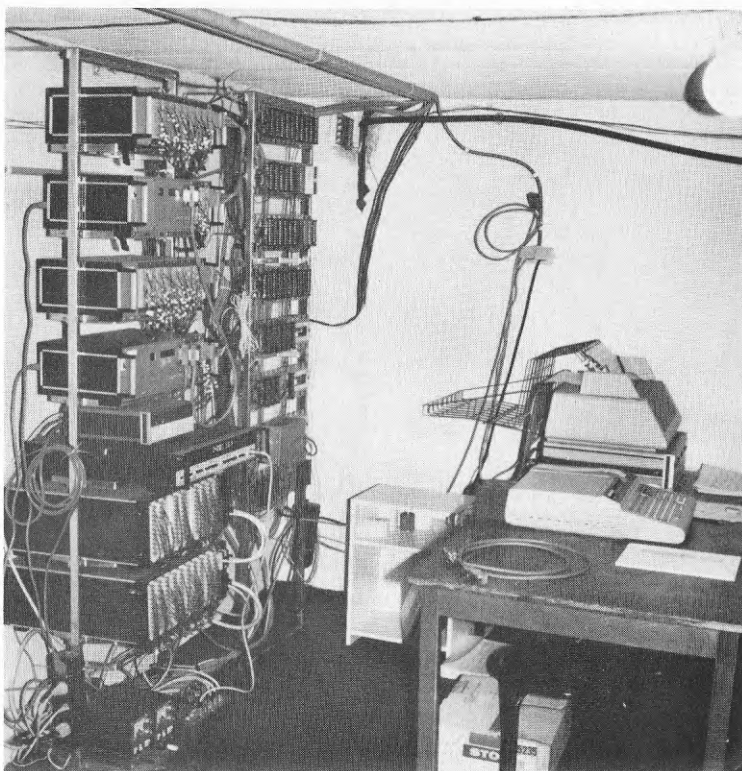


FIGUR 30. PRINCIPSCHEMA FÖR MÄTUTRUSTNING.
ARRANGEMANGET I HUVUDCENTRALEN I HUS 22S VISAS I
FIGUR 31 - 33.

Mätinstrument - solarimetrar av typ Lambda - monteras i vardagsrum, kök och sovrum. Detta sker i kontrollgruppens fyra hus (system 12).

Kostnader för varje hus är solarimeterhyra jämte anläggningskostnad för kabel och kanaler. Totala investerings- och hyreskostnader jämte mätarbete uppskattades till 25 kkr, en siffra som enligt kap 5 snarast har akademiskt intresse.

"Julgranen" (system 44) har ett omfattande mätprogram enligt 3.5.5. Investering och solarimeterhyra antogs av mätgruppen vara ca 18 kkr. Manuellt mätarbete jämte tillsyn av automatisk mätutrustning ansågs ligga vid minst samma storleksordning.



FIGUR 31. ÖVERSIKT AV HUVUDCENTRALEN I 22S.

Ekologihuset (system 22S) betalas av AGA Heating i den mån det avviker från övriga hus 22.

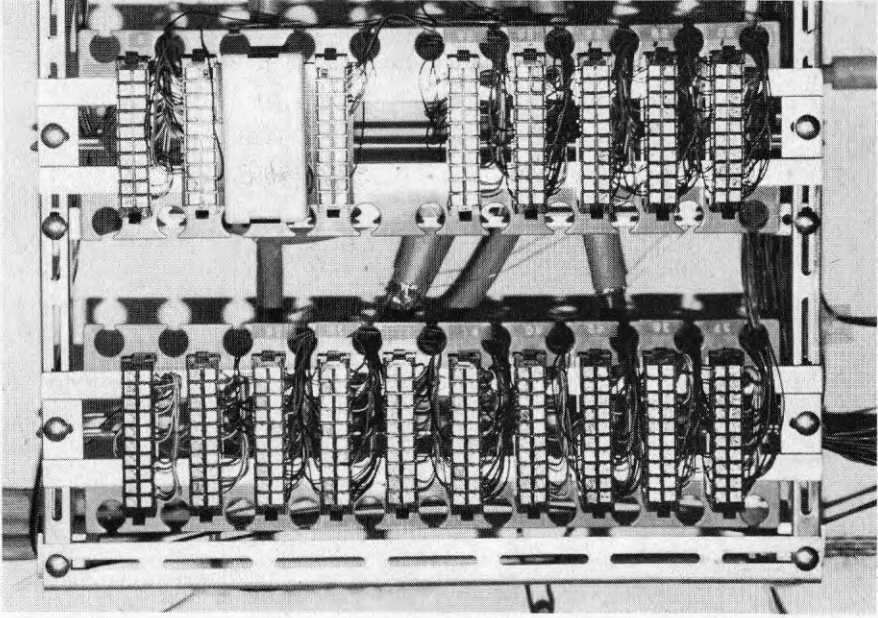
"Behovsstyrt inneklimat" finns fullt utbyggt i alla hus med elradiatorer. Det finns där anledning att

- undersöka användningen av styrsystemet
- undersöka effekten av styrningen på energiförbrukningen.

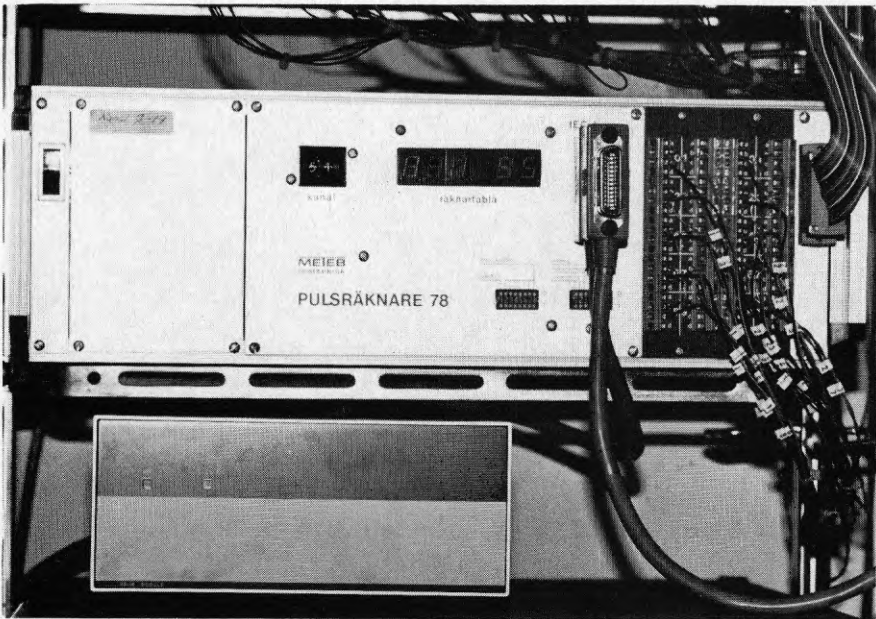
I hustyp 12 (hus nr 3, 4, 35, 36) mäts för varje rum om det av styrsystemet inställda börvärdet för varje rum är 0, 3 eller 6 grader lägre än grundinställning. Temperaturen i varje rum mäts redan i grundprogrammet. Mätningen kan ske med spänningsdelare och kostnaden för varje hus är beräknad till

- | | |
|----------------------|-------|
| • anläggningskostnad | 3 kkr |
| • mätarbete | 2 kkr |

Här är gränsdragningen mellan "mätning" och "utvärdering" flytande.



FIGUR 32. DETALJ AV PLINTAR PÅ STATIV



FIGUR 33. PULSRÄKNARE

De speciella mätningar i hustyp 22S som nämnts i 3.6.5 avser bl a att

- bestämma multrumets ev nyttiga energiavgivning
- bestämma energiinnehållet i avloppsvatten

Svårigheter med intrimning av systemet har förekommit och flera ombyggnader har gjorts. Våren 1979 ligger tonvikten på mikrobiella mätningar, t ex cellulosa-nedbrytning. Även vattenreningens olika reduktionstal mäts, liksom grundvattnets kvalitet i omgivningen. En ny prototyp av ett kombinerat multrum och gråvattenreningsverk finns framme. Nuvarande anläggning skall bytas ut mot denna nya typ hösten 1979 eller vintern 1980. Tills vidare kan inte anläggningen drivas med optimal energiekonomi. Specialmätningar av energiutbytet skall därför ske först vintern 1979-80.

3.10 Givare

3.10.1 Ventilationsflöden i kanaler

Det är relativt svårt att utföra noggranna mätningar av luftflöden i ventilationskanaler under fältmässiga förhållanden. Problemet har dock ägnats stor uppmärksamhet och det finns ett antal rapporter som beskriver olika mätmetoder, bl a

- Anders Svensson 1977, Metoder för mätning av luftflöden i ventilationskanaler, Byggforskningens informationsblad B4:1977,
- Sten Olof Hansson og Svein Tveter 1976, En undersökelse av noen målestasjoner beregnet for fast montering i ventilasjonsanlegg, (Inst for Upp o Vent, KTH) Tekniskt meddelande nr 87,
- Folke Peterson, Användning av böjar i ventilations-system som flödesmätare (Inst Upp o Vent, KTH), Tekniskt meddelande 19, 1973.

För mätning i kanal finns ett antal olika relativt likvärdiga flödesmätdon - rörböj, mätörkors, Annubar, flödesmätdon EHBA och DAMD - som alla ger en liten tryckskillnad, ungefär det dynamiska trycket på några mmvp, som utsignal. Denna tryckskillnad kan mätas manuellt med en mikromanometer och om stor försiktighet iaktas är det möjligt att nå en total onoggrannhet på drygt 5 %. För kontinuerlig mätning är inte mikromanometer användbar, eftersom givare med elektrisk utgång fordras. Sådana är dels dyra - ca 3.000 - 5.000 kr/st - dels föga fältmässiga.

Manuella mätningar på till- och frånluftsdon kan t ex göras med en speciell stos jämte en varmtrådsmanometer. Av leverantören angiven noggrannhet ca +/- 7 % (5 % på vardera: $25 + 25 = 7$).

Efter diskussioner har metoden för mätningar av luftflöden bestämts till följande.

Stickprov i alla hus av till- och frånluftsflöden vid fläktarnas olika driftsfall och under olika väderleksförhållanden samt kontinuerlig registrering av dessa driftsfall. Det är svårt att uppskatta vilken noggrannhet i bestämningen av luftflödet som kan uppnås. De största bidragen till onoggrannheten härrör från flödets variation på grund av väderlek jämte igensättning av filter.

De aktuella fläktarna arbetar med en tryckstegring av storleksordningen 1,5 kPa och flödets variation på grund av vind och temperaturskillnader bedöms därför ligga under +/- 5 %. Under förutsättning att filter hålls i god kondition bör det därför vara möjligt att - med ett tiotal stickprov av varje flöde - uppnå en total osäkerhet som är bättre än 10 %.

I ett tidigt skede diskuterades kontinuerliga mätningar. Elektrometer AB, som utarbetade det första förslaget till mätstationer för projektet provade en differenströckgivare som muntligt offererades till högst 1000 kr/st vid köp av ca 100 st. Pneumatiska avsökare för 5 kanaler, som kan styras via den analoga avsökaren, skulle kunna användas (kostar 2400 kr/st). Med tanke på kostnaden för dragnig av rör och för extra analoga ingångar ansågs emellertid kostnaden för detta system vara väsentligt högre än nyttan, varför det avskrevs från programmet.

3.10.2 Temperatur

Samtliga temperaturgivare är koppar-konstanta termoelement. Som referens används ett nykonstruerat aluminiumblock som hålls vid viss definerad och noga uppmätt temperatur.

3.10.3 Energi

Givare för energimätningarna är av olika typ. Samtliga avger pulser, som går till pulsräknarna. Exempel:

- kWh-mätare
- vattenflödesmätare

3.10.3 Övriga "pulsgivare"

Här märks främst brytarkontakter mellan karm och båg, som släpper fram ett pulståg när strömmen bryts. Pulserna räknas och tiden för fönster- eller dörröppning kan registreras.

3.10.4 Tryckgivare

I värmepumpens kylmediekretsar mäts trycket med "vanliga" manometrar med visare, vilka regelbundet kalibreras mot en precisionsbarometer.

3.10.5 Solarimetrar

Fabrikat Lambda har valts med tanke på pris och nödvändig precision.

3.10.6 Övrigt

Vindmätare av konventionell typ sätts upp i väderstationen vid rådhusen.

4 UTVÄRDERING AV MÄTRESULTAT

4.1 Bakgrund

Det finns idag ett antal metoder - mer eller mindre omfattande - att beräkna en byggnads energibalans. Riktigheten hos de olika metoderna och storleken hos de fel olika approximationer leder till har endast i begränsad omfattning kunnat kontrolleras.

Olika försök har gjorts. Institutionen för Byggnads-konstruktionslära, LTH, byggde t ex redan i slutet av 1960-talet ett provhus (eg provrum), där ett stort antal mätdata registrerades. Byggnadens värmebalans och värmeackumuleringsförmåga studerades.

I de flesta andra fall har endast ett begränsat antal mätvärdesregistreringar gjorts. I andra, där husen varit obebodda, har antalet hus där mätningar utförts varit få.

Mätningar på hus som har försetts med energibesparande installationer som t ex värmepumpar, solfångare, värmeväxlare har gjorts men inte i en sådan omfattning att resultaten kan ligga till grund för en allmängiltig beräkningsmetod av husens energibalans.

Därför gäller att:

- o Mätserier på småhus behövs där tillräckligt många uppgifter beträffande husens konstruktion, yttre klimat, boendevanor och energianvändning har registrerats. Detta för att olika beräkningsmodeller för husens energibalans skall kunna testas och bedömas.
- o Beräkningsmodeller görs tillgängliga, vilka med en acceptabel noggrannhet kan förutsäga energibehovet till hus med olika komponenter, energibesparande system, kombinationer av system och utformning.

Täby-projektet har en sådan omfattning att dessa önskemål torde kunna uppfyllas. Registreringen av mätvärden är också av sådan omfattning att de kan ligga till grund för framtida forskningsarbete kring frågeställningar som inte nu omfattas av projektet.

4.2 Organisation

Vid styrgruppens möte 781220 konstituerades följande utvärderingsgrupp:

Ordförande: Nils-Eric Lindskoug

Samordnare: Lars-Ove Eriksson

Ledamöter:

Område	Handläggare	Ansvarig
Solenergi	Per Isakson Bertil Nyman	Ingemar Höglund
Ventilation och täthet	P.O.Nylund Per Nordesjö	Enno Abel
Värmepumpar	Henrik Enström	Erik Granryd
Energibalanser för hus som helhet	Bo Ahlgren Leif Norell	N-E Lindskoug

Anm: Det förutsätts att Erik Granryd och Gunnar Berkowicz samråder inom sitt specialområde.

"Handläggare" anses vara den först nämnde för varje ämnesområde.

Till skillnad från styrgruppens s k arbetsordning (770510) har Per Olof Nylund ombetts handlägga "ventilation och täthet" eftersom problematiken inte kan uppdelas. Per Nordesjö deltar på grund av områdets särskilt stora betydelse för praktisk byggnadsteknik.

4.3 Energibalans för hus som helhet

4.3.1 Hypotes - Målsättning

Beträffande målsättningen har bl a uttalats att man bör

- nå resultat med statistiskt värde och allmängiltighet i seriebyggda hus,
- jämföra olika tekniker för energibesparing, i seriebyggda hus (BFR-ansökan, 760906)

och om "Datorberäkning av energibalans":

- Med ett energibalansprogram ges en möjlighet att göra jämförande beräkningar vid olika utformning av energisystem, t ex solvärme med ackumulator av olika kapacitet, värmepump eller kombination solvärme

- värmepump. Det är också möjligt att simulera hur olika system fungerar vid olika mer eller mindre extrema förhållanden, t ex hur inverkar en längre tid av molnighet på en ackumulator av viss storlek och utformning (BFR-ansökan 760906).

Vidare har mätgruppen uttalat följande:

- De i en energibalans ingående energimängderna kan primärt hänföras till tillförd energi (IN) eller till förlorad (förbrukad) energi (UT). Storleken av IN-mängd är av naturliga skäl lika med UT-mängd.
- Målsättningen vid rubricerade frågeställning är att med en noggrannhet av +/- 1 à 2 MWh i årlig totalmängd (IN eller UT) mäta och/eller beräkna provhusets energibalans (Ur Mätgruppens målsättning av 770811.)

Med utgångspunkt från detta kan målet för forskningsuppgiften "Energibalans för hus som helhet" formuleras:

ENERGIBALANSSTUDIER (SIMULERING) I DATOR SKALL VARA DET VIKTIGASTE UTVÄRDERINGSINSTRUMENTET. SIMULERINGEN SKALL BASERAS PÅ UPPMÄTTA EGENSKAPER HOS DE INSTALLERADE SYSTEMEN, VERKLIGA KLIMATDATA OCH AKTUELLT BOENDE.

Resultatet från detaljstudier av solfångare, ventilationssystem, värmepumpar etc skall således ligga till grund för korrigeringar av vald beräkningsmodell.

Målet är att finna en beräkningsmodell som väl beskriver energibalansen i provhusen. I det allmänna fallet kan med vissa antaganden beträffande boendevanor etc beräkningsmodellen användas för att simulera andra hus med andra egenskaper och med annat utomhusklimat.

4.4 Ventilation och värmeåtervinning samt täthet

4.4.1 Förutsättningar

Tätheten är numera oftast så långt driven att luftväxlingen på grund av läckage ligger lägre än ca 0,2 omsättningar/h att jämföras med tidigare vanliga värden 0,5 à 0,7. En sådan markant sänkning av luftväxlingen medför givetvis en sänkning av energibehovet men innebär vid självdragssystem en sänkning av den lufthygieniska standarden i huset. För lämplig luftväxling i täta hus krävs mekanisk ventilation. Det förefaller då också vara naturligt att använda värmeåtervinning mellan till- och frånluft. Man borde då kunna ge det täta huset acceptabel lufthygienisk standard med bibehållande av energibesparingsaspekten.

Täta hus med F-system ger stabil ventilation, som dessutom kan regleras. Häri ligger fördelarna jämfört med självdrag (S).

Från- och tilluftsystem (FT-system) innebär att huset kompliceras ur teknisk synpunkt. Sannolikt finns också faktorer som sänker den teoretiska besparingspotentialen för FT-system i jämförelse med F-system. - Luftläckningen ändrar karaktär och storlek.

För att klargöra detta krävs energitekniskt inriktade undersökningar av system i praktisk drift. Ett antal hus i Täby-projektet är väl lämpade härför.

4.4.2 Ventilationsalternativ i Täby-projektet

Bortser man från värmepump- och solfångarsystem, som ligger något utanför det här berörda ämnesområdet, finner man två ur luftteknisk synpunkt intressanta hustyper.

- System 12 = referenshus med F-system och behovsstyrt inneklimat (radhus 3, 4; kedjehus 35, 36).
- System 22 = FT-system med värmeåtervinning och behovsstyrt inneklimat (radhus 7, 12; kedjehus 33, 37).

Här finns alltså väl tillrättalagda förutsättningar för en jämförande objektiv undersökning av den verkliga besparingseffekten av FT-system jämfört med F-system i PRAKTISK DRIFT. Vidare finns möjligheter för en lufthygienisk jämförelse mellan systemen.

Det är främst dessa två jämförande undersökningar som syns vara av intresse från "luftteknisk synvinkel". Undersökningar av apparatteknisk karaktär, som t ex mätningar av temperaturverkningsgrader i den värmeåtervinnande växlaren kan däremot med fördel genomföras i laboratorium.

4.4.3 Mätningar

Mätningarna i husen 12 och 22 sker främst med spårgas. Ett antal olika tillstånd med varierande temperatur och vind väljs för mätningarna. Såväl luftomsättningen i hela huset som i enskilda rum mäts. Som spårgas används kväveoxidul, som registrerande instrument en Miram-analysator med en vid Avdelningen för Installationsteknik utvecklad mikrodatoriserad tillsatsenhet. Denna utrustning möjliggör snabba omsättningsmätningar även vid låga omsättningsstal. Vid ett spårgasinsläpp med en maximal koncentration av 1/1000 syns såväl totalomsättning som de enskilda rummens omsättningar kunna mätas. Mätningen i ett hus bör kunna genomföras på ca 2 timmar.

Luftomsättningen och luftfördelningen i huset mäts på detta sätt under sex olika väderlekssituationer. Samtliga hus kontrolleras väl med avseende på luftflöden i värmeväxlaren före mätningarnas påbörjande. I ett hus med värmeväxlare kan insättande av kontinuerlig luftomsättningsmätning diskuteras.

Ett viktigt led i mätningarna är också en avstämning mellan spårgasmätning och tryckmätning. De tillgår så att huset (husen) hålls under bestämt över- eller undertryck med hjälp av fläkt (t ex 50 Pa). Flödet över fläkten mäts med strypfläns. Samtidigt sker spårgasmätning. Resultaten jämförs. Sådana mätningar är starkt motiverade på grund av hittills negativa rapporter om överensstämmelser mellan mätmetoderna.

4.4.4 Utvärdering

Ur resultaten från mätningarna beräknas den verkliga energiförbrukningen på grund av ventilation och jämförs husen med enbart frånluft med husen med såväl från- som tilluft samt återvinning.

4.4.5 Arbetsåtgång

Mätningar med spårgas	200 h
Utvärdering av mätvärden, rapportskrivning	100 h
Arbetsplanering, teknisk ledning	100 h

4.4.6 Materielåtgång

Ev kompletterande mätutrustning för flödesmätning till MCE	20.000:-.
--	-----------

4.5 Solvärme

En utvärdering av energitillskottet från solvärmesystemen sker i samband med mätning och beräkning av den totala energibalansen. Dessutom kommer särskilda detaljstudier av solvärmesystemen att genomföras.

4.5.1 Energitillskott från solvärmesystem

Primärt bestäms energibalansen för respektive solvärmesystem. Under bestämda tidsintervall mäts och beräknas

- solinstrålningen

- tillförd elektrisk energi
- levererad energi till ackumuleringstank
- uttagen energi från ackumuleringstank med uppdelning på förvärmning av tappvarmvatten respektive lokaluppvärmningsändamål
- förhållanden som gäller under aktuellt tidsintervall som definierar den miljö som solvärmesystemet har att arbeta under. (Exempel på parametrar är här uteklimat, rumstemperatur, värmedistributionstemperaturer, eventuell tillsatsvärmeinkoppling.)
- verkningsgrad hos solfångare

Materialet presenteras så att medelvärden ges för tidsintervallen 1 timme, 1 dygn, 1 vecka och 1 månad.

4.5.2 Detaljstudier av solvärmesystem

För att kunna förklara olikheter mellan prestanda för olika solvärmeanläggningar skall också mätningar "inuti" solvärmesystemen göras och variabler i solvärmesystemen undersökas. Bland dessa mätningar och undersökningar märks

- mätning av drifttider, absorbatortemperaturer och vattentemperaturer vid till- och frånslagning av solvärmesystemet,
- inverkan av olika tappvarmvattentemperaturer mellan 40 - 60°C samt olika tappvarmvattenförbrukning,
- vattenflödet i solfångarkretsen, vilket påverkas av igensättning av filter samt olikheter i pumparna,
- temperaturskiktning i ackumuleringstankarna,
- inverkan av energibehovet för uppvärmning. Det är rätt stor skillnad i energibehov för rad- och grändhus,
- skuggning av solfångare.

4.6 Värmepumpsystem (14, 24 och 44)

4.6.1 Allmänt

I projektet ingår värmepumpar från olika leverantörer av olika typer. Således används som värmekälla

- uteluft (6 st anläggningar)
- jord (2 st s k ytjordsvärmesystem)
- vatten från solfångaranläggningens magasin (1 st anläggning)

och vidare används för värmedistribution

- vatten (radiatorsystem i 4 st hus och varmluft-aggregat i 4)
- luft (varmluftssystem i 1 st hus)

Värmepumpar av fyra olika fabrikat används. Man skall här hålla i minnet att det - i varje fall för de svensktillverkade värmepumparna - rör sig om värmepumpar i ett tidigt utvecklingsskede (0-serier). Av denna anledning bör målet för provningarna, vid sidan av en registrering av systemets uppförande som "svart låda", också vara att genomföra detaljstudier av själva värmepumpprocessen. På likartat sätt är det av intresse att inverkan på omgivningen, speciellt på värmekällan, studeras.

4.6.2 Utvärdering av värmepumpsystem betraktat som "svart låda"

Vid sidan av den övergripande jämförelsen av energibehoven för olika hus med olika "system" gäller här primärt att bestämma energibalanser för respektive värmepumpsystem. Under bestämda tidsintervall skall alltså uttas (se 4.10.2)

- totalt tillförd drivenergi
- totalt "levererad" värmeenergi med uppdelning på varmvatten respektive lokalvärmningsändamål
- förhållanden som gäller under aktuellt tidsintervall som definierar den "miljö" som värmepumpsystemet har att arbeta under. (Exempel på relevanta parametrar är här uteklimat, rumstemperatur, värmedistributionstemperaturer eventuell tillsatsvärmeinkoppling).

Med utgångspunkt härifrån bearbetas mätdata så att en primär presentation i tidsföljd kan göras av

- genomsnittlig driveffekt till värmepumpsystemet,
- genomsnittligt levererad värmeeffekt till varmvatten respektive lokalvärmning,
- genomsnittlig värmefaktor
- genomsnittlig utetemperatur och luftfuktighet.

Registreringsintervallen bör ha sådan längd (ca 1 timme) att tillräcklig upplösning erhålls. En primär presentation av de nämnda storheterna i tidsföljd med den upplösning som timvärdena ger torde vara av intresse i varje fall för vissa tidsperioder.

För ökad överskådlighet är det också av intresse att presentera materialet så att medelvärden även ges över olika, längre, tidsintervall t ex för dag- respektive nattdrift, veckovis och ev månadsvis.

Primärmaterialet presenteras dels i tidsföljd (som nämnts), dels som funktion av utetemperaturen (ev efter korrektion av effekter etc med hänsyn till variationer i rumstemperaturen).

4.6.3 Detaljstudier av värmepumpsystem

För att kunna förklara olikheter mellan prestanda för olika system och registrera dessas egenskaper skall också mätningar "inuti" värmepumpsystemen göras. Dessa mätningar kan uppdelas i olika typer varibland märks

- driftstatistik
- intensivmätningar
- påverkan på omgivningen

För driftstatistiken noteras antal starter och avfrostningar. Dessutom noteras genomsnittlig drifttid per gångperiod respektive avfrostningsperiod. Denna registrering sker kontinuerligt. Observera att för en korrekt och meningsfull medelvärdesbildning förutsätts att mätvärden under olika typer av driftsfall (on, off, avfrostning) samlas i separata minnen eller markeras på annat sätt. Annars kan datorbearbetningen inte göras på korrekt sätt.

Intensivmätningarna görs under relativt korta mätperioder. Vid stabila driftsförhållanden registreras uppträdande temperaturer, köldmedietryck (avläses manuellt), flöden för värme och köldbärare samt effekter till kompressor och hjälpapparater. Mätperiodernas längd kan inskränkas till storleksordningen någon timma och de upprepas vid ett antal (säg 6) tillfällen med olika klimatförhållanden under uppvärmnings-säsongen. Av speciellt intresse är här att bestämma uppträdande temperaturdifferenser i förångare och kondensator samt Carnotsk verkningsgrad för värmepumpcykeln, totalt respektive enbart för kompressorn. Dessa storheter representeras som funktion av relevanta parametrar.

Påverkan på omgivningen speciellt med hänsyn till värmekällan är av olika slag för olika pumpar.

För jordvärmepumpar krävs t ex registrering av jordtemperaturer (troligen lämpligt med veckointervall) samt tillhörande temperatur på "brine" (betyder medium i evaporatorslingan) vid tomgång (med brine-cirkulationen igång men med stillastående kompressor). Jämförelser av jordtemperaturen kring slangen sker mot temperaturer på motsvarande djup i orörd mark av likartad beskaffenhet. Av särskilt intresse är härvid att jämföra de nämnda jordtemperaturerna sommartid i samband med regenereringen.

För värmepumpar med luft som värmekälla bestäms energiförluster vid avfrostning (särskiljande posterna el till kompressor, el för ev tillsatsenergi vid avfrostning samt energi hämtad från "varma" sidan under avfrostning).

För värmepump med solkollektormagasin som värmekälla, uttas temperaturnivåer samt - tillsammans med "solenergimätningarna" - bestäms av hur solkollektorernas verkningsgrad påverkats genom att värmepumpen i vissa driftsfall sänkt kollektortemperaturen.

För att slutligen bedöma behovet av tillsatsvärmeenergi är det också av intresse att studera byggnadernas termiska tröghet, speciellt vid drift då utetemperaturer är lägre än värmepumpinstallationens balanstemperatur. En sådan mätning förutsätter att driften under vissa sådana dygn får ske utan att tillsatsvärmeutrustning tillåts bli inkopplad. En fråga är t ex vilka utetemperaturer nattetid som kan klaras utan att boendekomforten behöver påverkas nämnvärt. T ex bör studeras om man kan undvika att använda tillsatsvärmeutrustningen även om den strikt sett borde behövas vid tillfälligt uppträdande låga utetemperaturer. Intressant är här att följa dygn där dygnsmedeltemperaturen överensstämmer med anläggningens balanstemperatur, speciellt under klimatförhållanden då stor skillnad mellan dag- och natttemperatur uppträder (mars, april).

4.6.4 Program för mätningarna

Detaljplanering pågår samtidigt som vissa smärre mätsekvenser genomförs, t ex

- spårgasmätning
- mätning av styrsystemets inverkan på energibehovet.

Dessutom pågår arbetet med mätutskrifter från bandupptagningar.

4.7 Underlag för energigaranti

Säljaren av husen har gjort utfästelser åt köparna med avseende på energivinster som de olika systemkombinationerna skall ge. Om ett system inte uppfyller vissa bestämda krav, skall säljaren kompensera köparen. De beräknade värdena är i MWh/år som följer:

System	Radhus		Grändhus	
	beräkn.	garant.	beräkn.	garant.
12	1,5	-	1,8	-
14	6,9	6,5	9,3	9,3
22	5,4	-	5,9	-
24	9,1	5,5	9,5	9,5
32	3,4	3,4	3,8	3,8
42	9,1	8,0	10,2	10,2
44	-	-	13,2	12,5

Först när avvikelserna från beräknat normalårsvärde är större än 15 % inträder betalningsskyldighet. Full återbetalning gäller när besparingen är endast 15 % av den garanterade.

Om systemen inte uppfyller vissa minimikrav kan husägaren kräva att få sina utlagda pengar för systemet tillbaka och huset försett med ett vanligt elradia-torsystem.

Avgörande för spareffekten är resultaten från andra mätåret, när intrimning, uttorkning etc inte längre bör kunna påverka energiförbrukningen. En utvärderingsgrupp som utsetts av projektets styrelse (styr-grupp) svarar för bedömningen av resultaten. I praktiken betyder detta att en invändningsfri beräkning skall godkännas av styrgruppen.

4.8 Kontroll av mätmetodik

Kontroller, mätresultat och mätmetodik är en självklar och nödvändig del av varje forskningsuppdrag.

I Täby-projektets läge vid mätstart har det mest rört sig om rimlighetskontroll av mätvärden

- rimlighetskontroll av data från givare via minidator till pannstation,
- kontroller av och försök med olika varianter och kombinationer av flödesmätare och filter.

Den förstnämnda kontrollen genomfördes i samband med installation. Den andra pågår och väntas pågå avsevärd tid på grund av de betydande svårigheter som uppstått. (- Parallella problem lär finnas i flera andra stora provhusprojekt. -)

4.9 Simuleringar och simuleringsmetodik

4.9.1 Experimentets utformning

För energibalansstudier används simuleringsprogrammet TRNSYS. Programmet finns för närvarande tillgängligt på Institutionen för Byggnadsteknik, KTH.

Mätcentralen kommer att tillhandahålla erforderliga mätdata för såväl årsenergibalans (kontinuerliga mätningar) som för kalibrering av simuleringsmodellen (intensivmätningar).

För simulering krävs en matematisk modell av vart och ett av provhusen. 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 simuleringsresultatet överensstämmer med uppmätta och antagna data för såväl husen i sin helhet som för enskilda komponenter är modellen definierad.

I simuleringsprogrammet TRNSYS finns goda möjligheter att i detalj beskriva ingående komponenter och deras koppling till varandra, BILAGA 2.

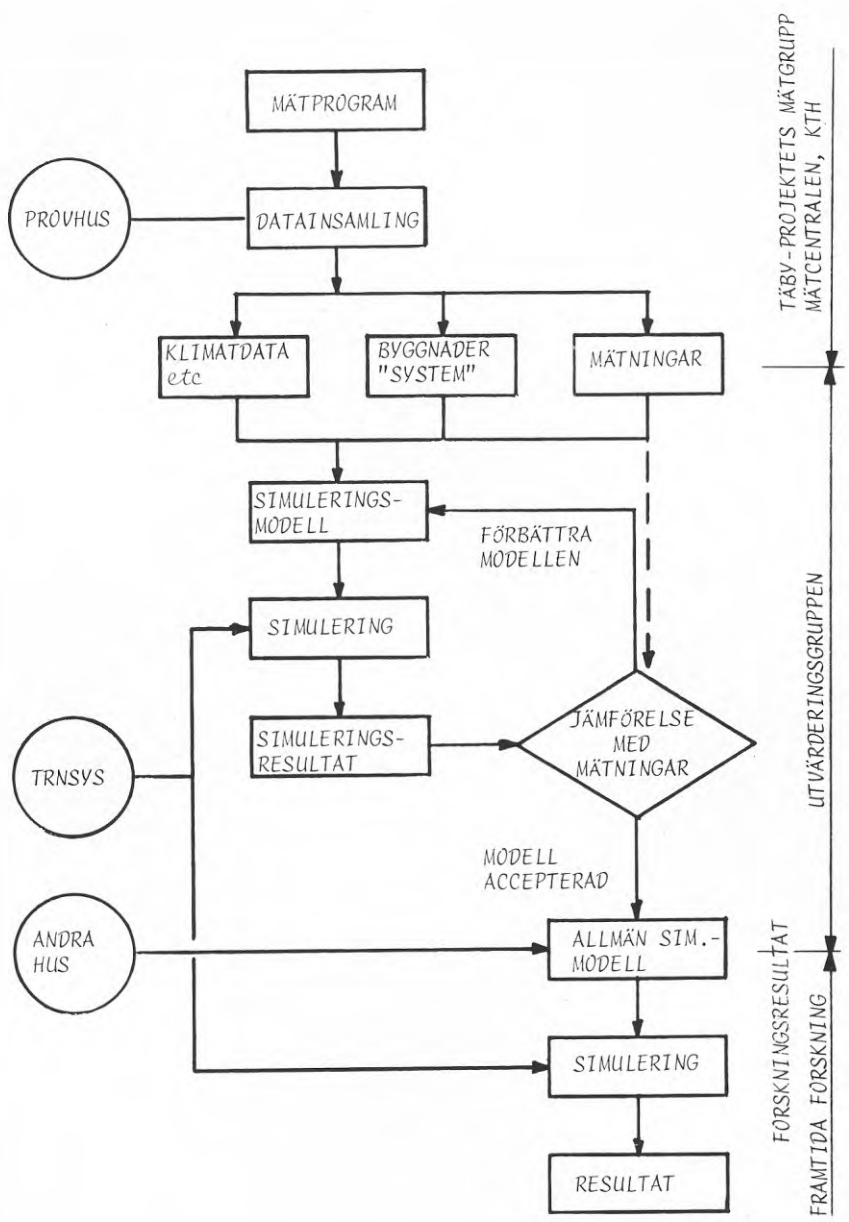
Utvärderingen kan schematiskt beskrivas enligt FIGUR 34.

4.9.2 Beskrivning av 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 de egenskaper som har inverkan på energibalansen. För detta krävs information om komponenternas egenskaper och verkningsätt. En sammanställning görs för den slutliga dokumentationen, vilken även tjänar som grund vid beskrivning av TRNSYS komponentmodeller.



FIGUR 34. BLOCKSCHEMA ÖVER SIMULERING. METODIK MED IDAG TILLGÄNGLIGA MODELLER.

4.9.3 Beskrivning av simuleringsmodellerna

En simuleringsmodell består av flera komponenter enligt ovan med kopplingar som beskriver de fysikaliska sambanden. När komponenterna beskrivits skall alltså de 26 husen beskrivas på det sätt TRNSYS kräver.

4.9.4 Indata

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

- Parametrar, vilka beskriver tidsberoende 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 simuleringen inleds. Vissa parametrar bör löpande kontrolleras (termostatinställningar, vissa luftflöden) medan andra eventuellt måste korrigeras under simuleringens 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 intervjuundersökning (t ex antal personer i huset under olika tider av dygnet).

4.9.5 Utdata

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 kondenseringsstemperatur i värmepumpar etc.

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

4.9.6 Enkla modeller, enkla system

För att snabbast bygga upp en tillförlitlig simuleringsmodell begränsas simuleringarna inledningsvis till att omfatta ett hus med få installationer. Genom att koppla bort system eller delar av system kan antalet parametrar och variabler begränsas. Om möjligt görs också mätningar/simuleringar i ett obebott hus. Påtvingade innetemperaturhöjningar/sänkningar kan ge riktvärden på husens värmekapacitet.

Parallellt med detta kan mätningar göras på enskilda system. Detta gäller speciellt intensivmätningar på värmepumpar där inte husets värmebalans i sin helhet har någon betydelse så länge värmepumpen går. Detsamma gäller solvärmesystem för tappvarmvatten, vars funktion inte påverkas av husets värmebehov.

Inledningsvis baseras simuleringen på antagna parametrar och variabler uppmätta under ett å tre dygn (vid intensivmätning/simulering under 12 å 24 timmar). Delresultaten från simuleringen jämförs med motsvarande uppmätta värden.

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

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

4.9.7 Totalsystem

När resultatet från simulering och mätning överensstämmer för ett hus utan system, för enskilda komponenter och för enskilda system kan successivt hus och system knytas ihop och värmebalansen för hus som helhet beräknas.

Innan simuleringar av ett hus med system påbörjas skall mätning och simulering av huset med systemen

frånkopplade göras för att verifiera de parametrar som antagits enligt ovan.

Omräkning och anpassning/korrigerering för överensstämmelse sker på samma sätt som ovan beskrivits.

4.9.8 Felanalys

En alltför långt driven strävan att "exakt" beskriva verkligheten torde leda till felaktiga slutsatser. Det gäller således att göra felanalys på de i energibalansen ingående delmängderna.

Mätgruppen har i PM "Forskningsuppgifter och mätbehov" av 770811 i den allmänna målsättningen angivit en förväntad mät- och beräkningsnoggrannhet i den totala årsenergibalansen. Man har vidare i mätbehovet definierat önskade noggrannheter vid mätning av olika energidelposter.

Mätcentralen kommer att inom forskningsuppgiften "Kontroll av mätteknik" göra analys av noggrannheten i temperatur- och flödesmätningar i provhusen.

Det är av stor vikt att dagbok förs, som kan utvisa tid för driftstörningar i de tekniska systemen. Dagboken skall också utvisa när systemen är avstängda av forskningsändamål. Detta är givetvis av stort värde för forskningsprojektet som helhet.

Felanalysen skall ange hur långt det kan anses vara meningsfullt att korrigera parametrar och förbättra simuleringsmodellen.

4.9.9 Analys av osäkerhetsposter

Elvärmekommittén inom FERA har bearbetat mätningarna från 10 elvärmda flerfamiljshusprojekt. Mätresultaten är av lätt insedda skäl av typ medelvärden av totalförbrukning från huskroppar eller grupper av huskroppar, alltså medelvärden av ett stort antal familjers energiförbrukning, varvid alltså de individuella temperaturvanornas inverkan mer eller mindre eliminerats. Sedan omräkning gjorts med hänsyn till skillnader i klimat, byggnaders utformning och värmeisolering samt tekniska utrustning kvarstod en standardavvikelse av +/- 16 %.

Spridningen av resultaten antas ligga i temperaturvanor, vädring, varmvattenförbrukning etc (FERA EVK 3 750319).

När alla "fel" eliminerats i simuleringsmodellen så långt som felanalysen medger, kommer en restpost att finnas kvar. Boendevanor i de 26 husen kan väsentligt påverka "avstämningen" mellan husen. Den statistiska

uppläggningsen och det ambitiösa mätprogrammet avser att om möjligt eliminera inverkan härav. Den erhållna restposten kan sannolikt delas upp i olika osäkerhetsposter för vilka hypoteser kan uppställas om sambandet boende - osäkerhetspost. Genom att boendevanor antas vara olika i provhusen kan ett överbestämt ekvationssystem uppställas med osäkerhetsposterna som variabler. Ett sådant ekvationssystem löses genom linjär regressionsanalys och resultatet blir parameterbestämning med angivande av osäkerheten i dessa parametrar.

Mer i detalj kan förfarandet tänkas vara som följer. I princip är alla ingående energiposter i energibalansberäkningen kända. De tekniska utrustningarnas tillskott av värme kommer att vara kända genom temperatur- och flödesmätningar.

Med utgångspunkt från detta kan simuleringar göras. Resultatet kommer att skilja sig från verkligheten med en "restpost". Frånsett okända fel i ovan nämnda energiposter (feluppskattning!) kan restposten delas upp i ett antal delposter, som skall kunna bestämmas genom regressionsanalys. För närvarande talar vi om följande "störningsfaktorer":

1. Varmvattenberedare - tillskott av värme genom ledningar, kranar etc. Vattenbehållares värmeavgivning antas vara känd.
2. Kallvattenuppvärmning. Ingående kallvatten värms i huset. I vilken utsträckning är okänt.
3. Vädring, specifik förlust (tidsberoende).
4. Ventilationsförluster utöver känd frivillig (mekanisk ventilation) och uppmätt ofrivillig (mätt genom täthetsprovning).
5. Värmeflöde genom grunden.

Mätperioderna delas upp i ett antal signifikanta tidsperioder, som bearbetas var för sig. Även i minifallet (om flödesmätarna inte fungerar) kan vi erhålla ett överbestämt ekvationssystem avseende restposten.

När parametrarna bestämts, om nu inte osäkerheten i dem blir alltför stor, kan de införas i simuleringsmodellen och man kan alltså anse att modellen ytterligare förbättrats.

4.10 Strategier för kopplingen mätning - utvärdering

4.10.1 Mätning - utvärdering av delsystem och hus som helhet

Första säsongen, dvs vintern och våren 1979, skall intrimning av de olika komponenterna och därmed simuleringsmodellerna ske.

Under andra säsongen, dvs vintern 1979-80 skall en energibalansstudie genomföras för en hel eldnings-säsong.

4.10.2 Intensivmätningar under kortare perioder

Intensivmätningar utförs på värmepumpar, solfångare, värmeväxlare etc. Resultatet från dessa mätningar används för kalibrering av simuleringsmodellen.

4.10.3 Övriga korttidsmätningar

Övriga korttidsmätningar har till syfte att bestämma egenskaper hos hus och system som inte mäts på annat sätt och som har inverkan på husets energibalans. Exempel på sådana mätningar är:

- Energiförluster för obebodda hus för att fastställa
 - a) transmissionsförluster
 - b) luftläckning
- Kalibrering av termostater i varmvattenberedare och löpande kontroll av inställningsvärde.
- Mätningar på ett antal hus av samma typ, med installerade system fränkopplade för att verifiera gjorda antaganden beträffande husens byggnadstekniska egenskaper.
- Mätningar som kan verifiera hur stor del av hushållsel och tappvarmvattenanvändning som kommer huset tillgodo.

Önskemål om ytterligare kompletterande mätningar kan givetvis komma upp under arbetet med utvärderingen.

Resultat från "intensivsimuleringar" av tekniska systemen skall tas fram.

Om eller då simuleringsmodellerna uppvisar god överensstämmelse med verkligheten, förhoppningsvis under sensvåren 1979, kan en första-års-energibalans presenteras på grundval av SMHI:s väderdata från 1971 för sju system.

Samtidigt planeras att göra en "efterkalkyl" baserad på insamlade mätdata.

4.11 Förberedelse för slutrapport

4.11.1 Utvärdering av mätningar

Slutrapporten skall redovisa årsenergibalansen för provhusen under mätåret 1979-80. Värmebalanserna tjäna som grund för utvärdering av olika energibesparande installationer.

Den allmänna simuleringsmodellen gör det möjligt att uppställa värmebalanser för andra hus med andra egenskaper och med annat utomhusklimat.

Till rapporten fogas en sammanställning över använda simuleringsmodeller, valda komponenter med parametrar och valda kopplingar mellan komponenterna. I rapporten redovisas arbetsgången för att komma fram till valda simuleringsmodeller, vilket kan vara av värde för framtida energiforskning, där simuleringar skall utföras.

4.11.2 Koppling mellan ekonomi och energiförbrukning

I TABELL 2 redovisas de kostnader som sedermera skall vägas mot energivinsten. Underhåll, drift, service samt återanskaffning av förslitna större komponenter kommer också att beräknas.

TABELL 2. BEDÖMNING AV MERKOSTNADEN FÖR OLIKA
ENERGISPARSYSTEM I EN TÄNKT GRUPPBEBYGGELSE 1978.
DET FÖRUTSÄTTS ATT SAMTLIGA PRODUKTER REDAN IDAG
PRODUCERADES I STÖRRE SERIER.

System nr	Beskrivning	Husköparens kostnad
System 12	Behovsstyrt inneklimat	3.000:-
System 14	Värmepump Vattenradiatorsystem Behovsstyrt inneklimat	41.000:-
System 22	Ventilation med värmeåter- vinning (rekuperativ) Behovsstyrt inneklimat	10.500:-
System 24	Värmepump Varmlufts-system + värme- återvinning (rekuperativ) Behovsstyrt inneklimat	45.000:-
System 32	Solfångare för varmvatten- beredning Behovsstyrt inneklimat	19.000:-
System 42	Solvärme för uppvärmn + vv beredning Varmlufts-system + värme- återvinning (rekuperativ) Behovsstyrt inneklimat	56.500:-
System 22S	50 mm extra värmeisolering Värmeåtervinning (regene- rativ) Behovsstyrt inneklimat (multrum, gråvattenrening)	16.000:- (exkl multrum)
System 44	Solvärme + värmepump Varmlufts-system + värmeåter- vinning (rekuperativ) Behovsstyrt inneklimat	92.000:-

5 KOSTNADER OCH FINANSIERING

5.1 Kort historik

Planering av erforderlig arbetsinsats för mätning och utvärdering påbörjades hösten 1975. Avsikten var att helt sköta arbetet med personal från TYRENS. Huvudprincipen för projektet var att ansvaret skulle delas strikt i fyra delar

- husbyggande
- installationer
- mätinstallationer och idrifttagning
- mätning, utvärdering och avrapportering

Projektet avsågs först ligga väsentligt tidigare. De första mätresultaten skulle enligt planerna föreligga redan våren 1978. Diskussionerna i detta skede ledde till kostnadsuppskattningar enligt TABELL 3. Här var 550 kkr den kostnad den tilltänkta "mätentreprenören" WALLAC OY i Finland uppgett.

TABELL 3. FÖRSLAG TILL BUDGET 760616 FÖR PROJEKT TÄBY. FORSKNINGS- OCH UTREDNINGSKOSTNADER T O M BUDGETÅR 1977-78, kkr.

	TYRENS	Övriga	Summa
Förarb t o m sept -76	25	55	80
Kommittéarb + projektering m m t o m febr -78	168	100	268
Delsumma	193	155	348
Mätning, redovisn m m	505		505
Delsumma	698	155	853
Investering i mätutrustn			550
Summa			1.403

Sedan experimentbyggnadsfonden tillkommit och förhandlingar med BFR gett till följd att KTH och CTH kommit med i projektet skrevs ansökan, vilken daterades 760906. Här uppgick beloppet till 1.826 kkr, TABELL 4. Fortfarande bedömdes mätinstallationer och instrumentering till i nivå med WALLAC:s offert, ca 600 kkr.

TABELL 4. ANSÖKAN TILL BRF 760906

	kkkr
Forskningsarbete (löner) bekostade av BFR	918
Bidrag från CDL till forskn	350
Av CDL bekostade förarbeten (150)	0
<hr/>	
Summa	1.268
Mätutrustning	600
<hr/>	
Summa	1.868
Bedömt behov av experiment- byggnadsstöd	700
<hr/>	
Summa	2.568

(Ansökt belopp 1.826 inkluderade inte mätutrustningens restvärde 392.
Således: 1826 + 392 + 350 = 2568)

Diskussioner om själva byggandet upptog därefter stor del av tiden och inte förrän i början av 1977 överarbetades styrgruppens budget mer detaljerat. Då hade också beslutats att en mätcentral för energiforskning (MCE) skulle upprättas vid Institutionen för Byggnadsteknik, KTH, och att denna skulle utföra mätningarna. Budgeten fastställdes 770520 och inrymde fortfarande arbete för ca 1250 kkr.

En överarbetning av kostnaderna gav till hösten 77 en finansieringsplan för projektet enligt TABELL 5.

Samtidigt skedde projektering av mätinstallationerna och kostnadsberäkningen slutade på ca 100 kkr för mätledningarnas förläggning i rör inomhus.

BFR och ledningen för Täby-projektet gick igenom kostnadsbilden och en fördelning gjordes med den bakgrunden att BFR förklarar sig vara intresserat av i första hand 13 av de 26 provhusen. DCLs bidrag avsågs i första hand täcka projektets utökning till "full bredd". I och med den höjda ambitionsnivån räckte dessa pengar dock inte till.

Under denna tid antogs Mätgruppens förslag (se kap 3) och upphandling av mätinstallationerna påbörjades.

De anbud som sedermera kom in visade att kostnaderna grovt felbedömts. Bl a fick en rad omkopplingar i den ordinarie elinstallationen göras för att mätningarna skulle bli meningsfulla.

TABELL 5. UTGIFTSBEHOV OCH DISKUTERAD ANSLAGSBILD I STORT 770111

	kkkr		kkkr
UTGIFTER:		INTÅKTER:	
Investeringar:		BFR-TYRENS 770 + + KTH 280 + CTH 50	1100
Mät dator + div	1002	Kontrakt BFR-KTH 1002 + 298	1300
Mätstationer etc	568	Anslag CDL	350
Givare, kabel etc	596	Anslag STU	150
Reserv f oföruts	<u>50</u>	BFR-Mätcentralen extraanslag	<u>625</u>
Summa 1	2216	Summa	3525
Överlappn av pos- terna 1002 o 568	<u>- 85</u>		
Summa 2	2131		
Drift:			
Enl budg 770510	1250		
BFR-KTHs Mäte	298		
Wallacs utredn samt diverse	<u>40</u>		
Summa 3	1588		
Överföring av kostn f datortid till invest	<u>- 100</u>		
Summa 3	1488		
Summa 4	3525		

Omedelbart efter semestern 1978 igångsattes av projektledningen en genomgripande revision. Ju mer detaljerad analysen gjordes desto klarare framstod att kostnadsbedömningarna genomgående varit alltför optimistiska. En lång rad oförutsedda problem måste lösas och tillgängliga medel var helt otillräckliga. Med de oförutsedda problemen följde också att uppgjorda tidsprogram saknade tillräcklig verklighetsförankring.

TABELL 6. ANSLAG, BUDGET SAMT KOSTNADSPROGNOS OCH
AVVIKELSER FRÅN ANSLAG TILL BUDGET, kkr

	An- slag	Bud- get	Prog- nos	Avvikelse	
				anslag	budget
Mätstationer	568	568	627	59	59
Installationer	379	498	1162	683	664
Givare	200	172	180	- 20	8
Delprogram	61	30	30	- 31	0
Löner, MCE	250	250	631	381	381
" BYTE	280	280	280	0	0
" CTH	50	50	50	0	0
" TYRENS m fl	710	710	1529	819	819
Förarbeten, reserv o div	50	24	100	50	76
Summa 1	2548	2582	4589	2041	2007
				Budgeterat underskott	94
					128
				Summa avvikelse	2135
					2135
Löner, MCE	198	198	198		
Vetensk utrustn	873	873	873		
Summa 2	1071	1071	1071		
Summa 3	3619	3658	5660		
Brist (avvikelse)	94	128	2135		
Anslag	3525	3525	3525		

Styrgruppen fattade då enhälligt beslut om att anställa en kunnig och på området erfaren biträdande projektledare för att slutföra revisionen, göra hållbara tidplaner samt se till att erforderliga resurser sattes in för att rätta upp projektet.

Arbetet med att få projektet tidsmässigt på rätt köl kulminerade under november-december 1978. TABELL 6 visar bedömningen av läget, vilken bedömning låg till grund för ansökan om tilläggsanslag 790201.

5.2 Kostnader för experimentbyggandet

Framförallt installationskostnaderna för de energibesparande systemen skenade iväg kraftigt. Den korta projekteringstiden och de många "randvillkoren" gjorde att de flesta kalkyler sprack. Ett i förväg bedömt "bidrag" eller underskott av 150 kkr för Fläkts del blev t o m vecka 840 så högt som 981 kkr.

Även ABVs kostnadskalkyler överskreds, TABELL 10 . Extra arbetsledning kostade ca 110 kkr och ackumulator-tankarna blev 107 kkr dyrare än beräknat. Först avsågs att använda betongtankar. Därefter, när detta inte visade sig vara praktiskt genomförbart, diskuterades glasfibertankar. Då nu dessa inte är tillräckligt säkra vid höga temperaturer valdes konventionella ståltankar med kupade gavlar, TABELL 7.

TABELL 7 FLÄKTS OCH ABVs ÖVERSKRIDANDEN

	kkr
Förberedelsearbeten, ingenjörsarbete och leveranser, Fläkt	52
Drift och styrgrupp, Fläkt	
Ingenjörsarbete före okt 78	223
okt 78 - juni 80	232
Förberedelsearbeten ABV	26
Anläggning ABV	313
Ingenjörsarbete efter start	190
	1 510

Garantier kan också komma att kosta pengar. Någon meningsfull uppskattning härav är dock inte möjlig idag.

Slutsatsen är att "experimentbyggandet" kostade mer än dubbelt så mycket som anslaget 700 kkr täckte. Härtill kommer belopp (se nedan under 5.4 Löner).

5.3 Investeringar i mätsystem

Mätinstallationens höga kostnad bör tillskrivas brist på erfarenhet av dylika problem inom styrgruppen. WALLAC's anbud avsåg fri och synlig förläggning av svagströmsledning till alla givare och inte ens elkonsultens arbete klarlade att kostnadsläget var ett helt annat än det styrgruppen antagit. Här har överkostnaden blivit mycket stor. Många oförutsebara smärre problem har bidragit.

Om WALLAC's bud tagits hade säkert också överkostnader uppstått. Hur de skulle sett ut kan man bara spekulera om.

5.4 Löner

Hela projektet är avsevärt försenat, vilket gör att stora överskridanden är att förvänta.

Enligt BFR:s avtal med högskolorna betalas uppdrag med nettolön plus enbart ca 40 % påslag för sociala kostnader och administration. Styrgruppens diskussion med BFR utgick från detta. Enligt MCEs offert till styrgruppen daterad 780922 är påslagen emellertid kommersiella, vilket betyder en fördyring av ca 300 kkr.

Ökning av övriga lönekonton är enligt bedömningarna ca 1 Mkr. Det utomordentligt omfattande samordningsarbetet (projektadministration) under driftsättningskedet har motiverat en halvtidstjänst som biträdande projektledare. Det finns anledning förmoda att samordningsarbetet under utvärderingsskedet har samma nytta av en kunnig projektadministratör. Kostnaden härför är beräknad till 200 kkr (av 1 Mkr).

Fläkts och ABVs sammanlagda kostnader för "styrgruppsarbete", samordning, administration och bedömda kostnader för utvärdering m m är ytteligare ca 600 kkr (nedlagt och bedömt tillkommande).

CDLs kostnader slutligen är ca 120 kkr fördelat på förberedelsearbeten samt löner åt styrgruppsmedlemmarna Hannervall och Randers. Dessa siffror redovisas inte som kostnad i projektet.

5.5 Utställningslokaler etc

En lokal för redovisning av projektet har uppförts på området. Dess kostnad för två års drift har beräknats till 140 kkr. BFR bidrar med 40 kkr och övriga intressenter med resten.

5.6 Slutsatser och sammanfattning

Sammanfattningsvis är alltså bilden som följer:

Om man undantar mätatorn, dess installation vid Mätcentralen, KTH (873.000 + 198.000), är beräknad slutkostnad för projektet 6,1 Mkr. Härav är Fläkts och ABVs kostnader ca 1 Mkr respektive 0,5 Mkr. Anslaget lydde på 2,5 Mkr, varför överskridandet ligger vid 3,6 Mkr.

I denna översikt ingår inte utställningslokalen.

6 PRELIMINÄRA DRIFTRESULTAT

6.1 Inledning

Även grova mätvärden av total energiförbrukning för likartade hus kan vara av väsentligt värde för senare mer noggranna mätningar och utvärderingar. Energisnåla hus har en kortare "eldningssäsong" än äldre typer av hus. Att den första utvärderingen påbörjades den 4 september innebär därför goda marginaler.

En mängd störningsfaktorer förekom och kom att påverka resultatet långt fram i januari. Mätstart med MCEs utrustning skedde efter hård forcering den 20 januari. Datorfel fördröjde ytterligare tillgången till datorregistrerade värden fram till den 1 mars. (Dessa uppgifter tillagda vid överarbetning innan tryckning i april 79). Efterhand som arbetena med idrifttagningen fortskred rättades felen till. Exempel på störfaktorer är:

- Garage- och källaruppvärmning gick över hushållsenergimätaren.
- Nattsänkning av fläktflöden och ofta även av temperaturer skedde dagtid i stället för nattetid.
- Vattenkretsarna fungerade inte på grund av igensatta filter (jfr avsnitt 2.6.1).

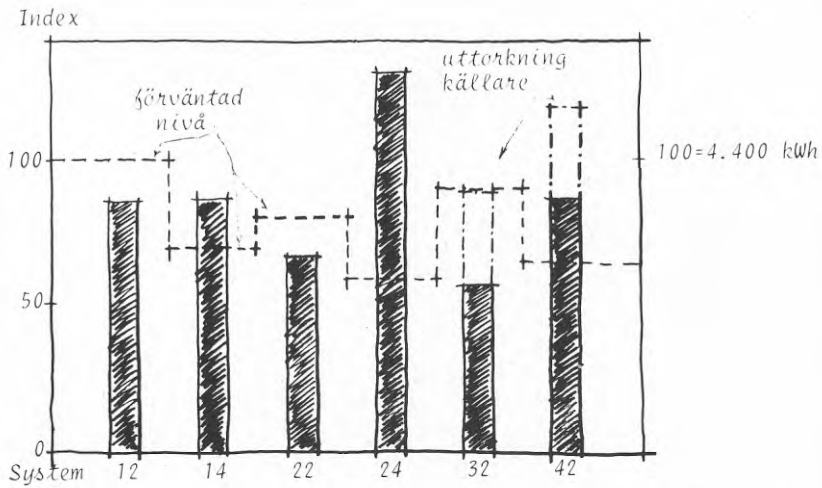
Som första avgränsad mätperiod valdes den 4 september till den 4 december. Denna period karakteriseras av så påtagliga störningar att endast grova överslagsberäkningar är meningsfulla. Eftersom endast grova överslagsmätningar finns att tillgå kan perioden dock anses vara av ett visst värde för bedömningen, om bedömningen inskränker sig till "bra" eller "dåligt".

Nästa mätperiod är från den 4 december 1978 till den 4 januari 1979. Perioden inträffar under en av de strängaste vintrar vi haft med en genomsnittlig utetemperatur av $-8,6^{\circ}$ (värden från Arlanda). Kraftigt snöfall eliminerade också funktionen av samtliga solfångare.

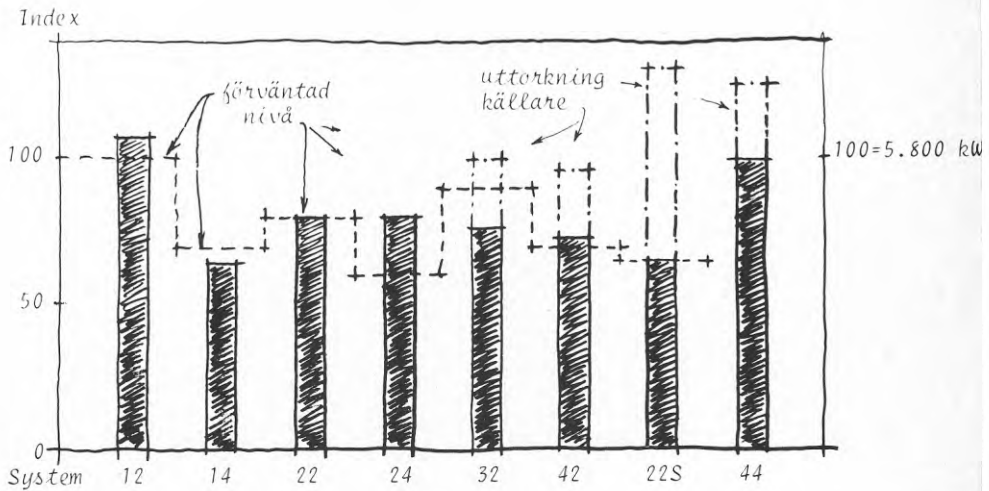
6.2 Mätperiod 4 september - 4 december 1978

Resultaten talar i stort sett för sig själva. Då osäkerheten är stor avstås från slutsatser, FIG 35,36. Några upplysande kommentarer är dock på sin plats

- felfunktion i radhusen med varmfluft och värmepump (system 24) hade konstaterats
- ett av referensradhusen (system 12) stod tomt.



FIGUR 35. 4 SEPT - 4 DEC 1978. RADHUS. TENDENSER FÖR TOTALT BEHOV AV TILLFÖRD ENERGI.



FIGUR 36. 4 SEPT - 4 DEC 1978. GRÄNDHUS. TENDENSER FÖR TOTALT BEHOV AV TILLFÖRD ENERGI.

6.3 Mätperiod 4 december 1978 - 4 januari 1979

Som inledningsvis nämndes är perioden utomordentligt intressant. Eftersom inget tillskott av energi har förekommit från solen, kan såväl de ordinarie referenshusen som husen med solvärt varmvatten och el-radiatorer anses vara en utökad grupp av referenshus.

Eftersom hus 3 (radhus system 12) stod tomt måste det strykas ur referenshusgruppen, varför vi får nöja oss med 7 hus att bedöma förbrukningen ifrån.

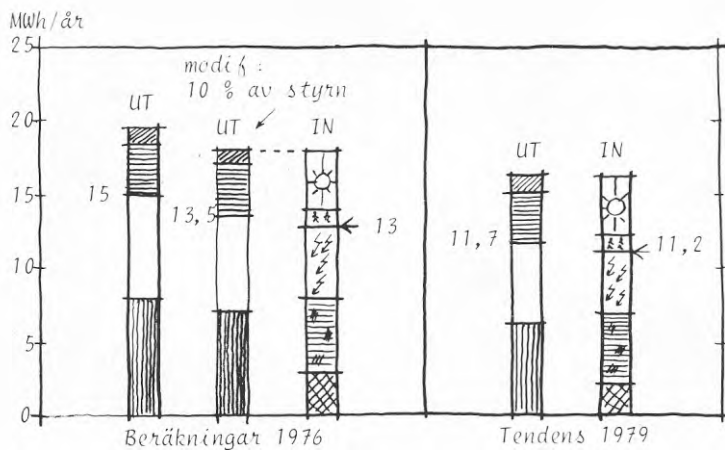
Mest anmärkningsvärt är det låga spridningstalet. Detta gäller för båda husgrupperna. För radhusens del är det 5,3 % och för grändhusen 6,4 %. Om man för jämförelsens skull tänker sig en innetemperaturserie som till 100 % förklarar den uppmätta (och delvis korrigerade) spridningen, skulle serien se ut ungefär som följer: 22°, 21,5°, 21°, 20,5°, 20°, 19,5°, 19°. Denna serie har spridningen 5,3 %. Naturligtvis är det utomordentligt förvånande resultatet med denna låga spridning inget definitivt.

Någon uppmätning av innetemperaturen har ju inte skett. Det KAN naturligtvis tänkas att en temperatur-korrigerad med hänsyn till innetemperaturen ger en ÖKAD spridning i materialet. Motsatsen förefaller emellertid vara mer sannolik och om så är fallet, är man frestad att använda ordet sensationell om just spridningssiffrornas storlek.

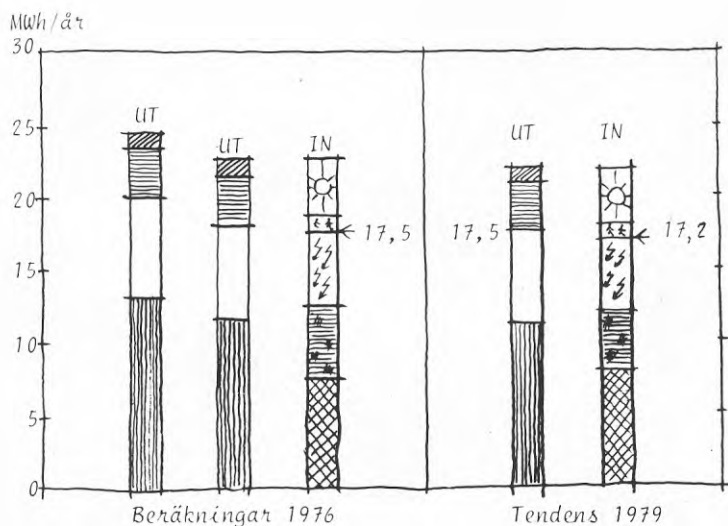
Vad nivå beträffar syns den ligga vid förväntat värde, FIG 37, 38 eller t o m något under. Slutsatser får emellertid anstå, eftersom hela energibalansens systematik ännu blott är en hypotes - låt vara att den stämt väl för andra provhus.

Kommentar:

- reduktion på grund av "styrsystem är i figurerna antagen till 10 % i stället för 20 %. Utförandet av husen motiverar denna ändring i förhållande till tidigare publicerade hypoteser.
- solvärme är för högt räknad, åtminstone för radhusen. Ändring får anstå till dess mätvärden föreligger.



FIGUR 37. REFERENSHUS (RAD). MÄTRESULTAT (11,7 MWh) FRÅN PERIODEN 4 DEC 1978 TILL 4 JAN 1979. MEDELVÄRDE AV TRE HUS, SYSTEM 12 OCH 32 (PROD NR 4, 8 OCH 9).



FIGUR 38. REFERENSHUS (GRÄND). MÄTRESULTAT (17,5) FRÅN PERIODEN 4 DEC 1978 TILL 4 JAN 1979. MEDELVÄRDE AV FYRA HUS, SYSTEM 12 OCH 32 (PROD NR 35, 36, 40 OCH 41)

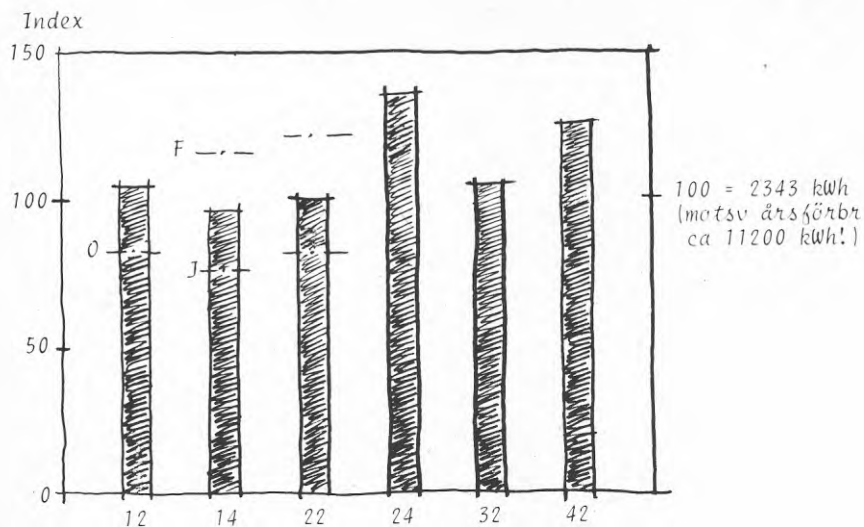
En överblick av samtliga system under perioden är också rätt givande. Om man tills vidare bortser från beräknade börvärden och utgår från ett indextal som väl närmast skulle svara mot referenshusens idag troliga årsförbrukning (normalår) får man en bild av hur systemen fungerat under den kalla decembermånaden 1978. FIGURERNA 39 och 40, sid 109, redovisar till indextal omräknade värden för samtliga hus, grupperade efter systemkombinationer. Figurerna föranleder som tidigare inga slutsatser - men väl några förklarande kommentarer.

- Hus med klara felfunktioner är det ena radhuset med vattenradiatorer och värmepump (system 14, Fläkt).
- Som indirekt framgår fungerade också det ena radhuset med värmeväxlare (22) på ett avvikande sätt (Se även nedan).

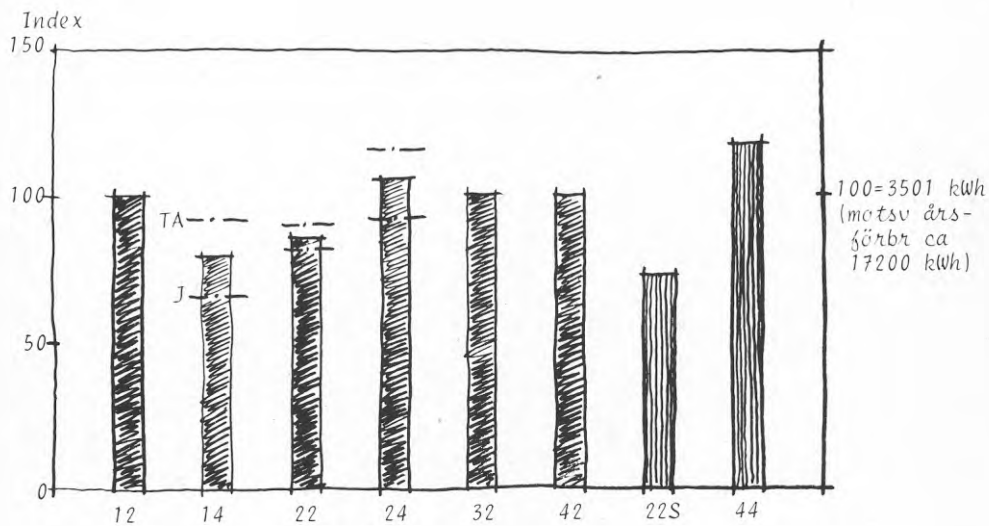
Materialet tillåter en del speciella jämförelser, som på grund av referenshusens homogenitet (obs! här både system 12 och 32), dvs obetydliga spridning i resultat, inte utan vidare kan avfärdas. Exempelvis kan man göra en jämförelse mellan samtliga åtta solhus (44 undantaget). Härvid framgår enligt FIGUR 41 att system 32 med direkt elvärme har en klart lägre förbrukning än likadana hus med varmluftuppvärmning och värmeväxling av ventilationsluften (system 42). Om man lägger till ett tänkt börvärde för vad ventilationsvärmeväxlingen rimligen borde kunnat prestera, blir skillnaden påtaglig.

Vid motsvarande jämförelse mellan de åtta husen som har värmepump får man skilja av jordvärmehuset, som ju även under denna kalla period kunnat ge positivt bidrag. Jämförelsen blir naturligtvis inte fullt så stringent som för solvärmehuset. Det är ändå intressant att konstatera den påtagliga likheten mellan FIGUR 41 och FIGUR 42 sid 110.

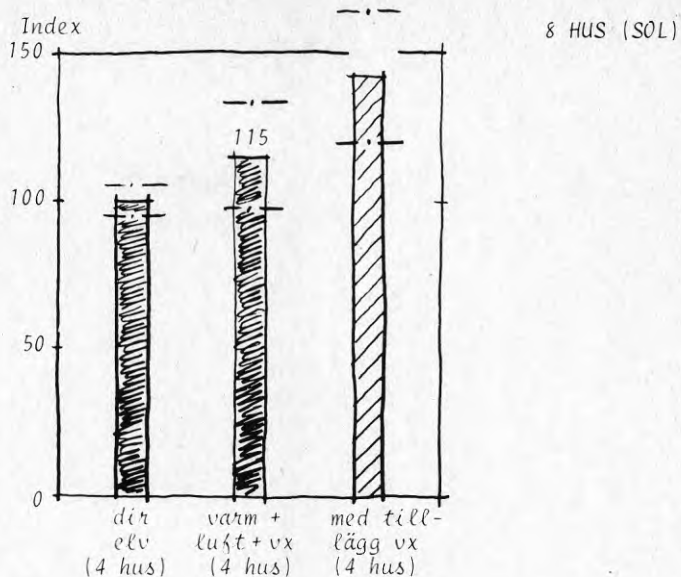
Utan att riskera att nyttja mätmaterialen mer än dess skärpa tillåter man motsvarande jämförelser göras mellan hus utan och med ventilationsvärmeväxlare. Eftersom varmluften hittills visat sig vara oförklarligt avvikande väljs endast sådana hus med värmeväxlare som har elvärme, dvs system 22. Enligt FIGUR 43 ligger indextalet för referenshusen på 100 +/- spridningen 5,5 %. Detta avser samtliga referenshus utom det obebodda. Samtliga fyra värmeväxlarhus ligger på indextalet 91 - då med stor spridning (+/- 13). Om man stryker ett av radhusen, vars system av någon anledning måste ha fungerat felaktigt, blir enligt stapel 3 i figuren indextalet 85 med en mycket måttlig spridning (+/-4).



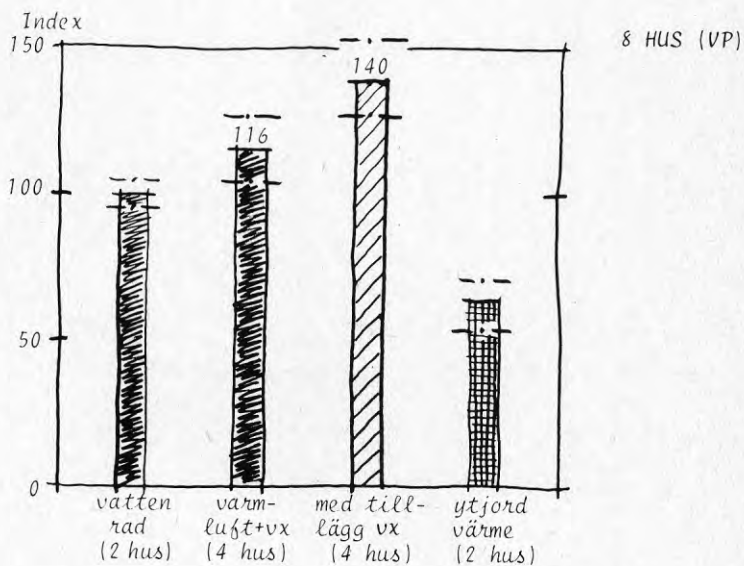
FIGUR 39. 4 DEC 1978 - 4 JAN 1979, RADHUS
(O = OBEBOTT HUS, F = FLÄKTS VÄRMEPUMP,
J = YTJORDVÄRMEPUMP)



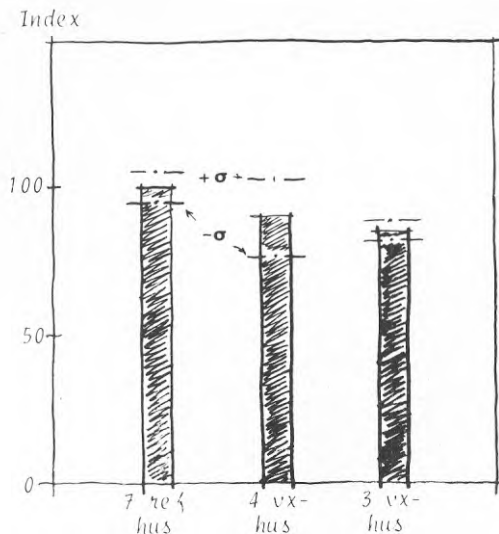
FIGUR 40. 4 DEC - 4 JAN 1979, GRÄNDHUS.
(F = FLÄKTS VÄRMEPUMP, TA = TOUR ANDERSSON)



FIGUR 41. VARMLUFT + VX CONTRA ELRAD + F-VENT
RESULTAT FRÅN PERIODEN 4 DEC - 4 JAN - 8 ST "SOLHUS"



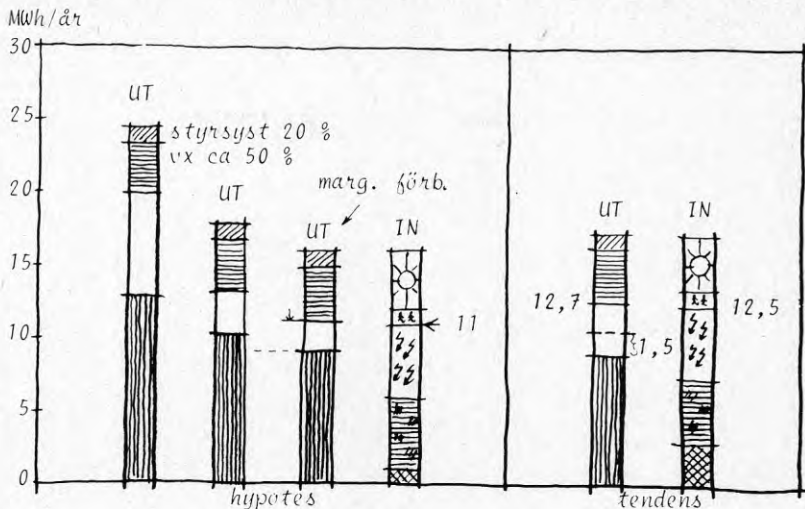
FIGUR 42. VATTENRADIATORER CONTRA VARMLUFT VID VX.
RESULTAT FRÅN PERIODEN 4 DEC - 4 JAN - 8 ST
VÄRMEPUMPHUS.



FIGUR 43. VENTILATIONSVÄRMEVÄXLARE AV KORSSTRÖMSTYP UNDER PERIODEN 4 DEC 1978 - 4 JAN 1979. ETT AV RESULTATEN LIGGER MISSTÄNKT HÖGT (MITTSTAPELN). TAS DET BORT BLIR RESULTATET "BÄTTRE".

Hus 22 S, slutligen, där författaren själv bor, har av förståeliga skäl kunnat bli föremål för mer ingående observationer. Driftsättet har emellertid inte varit det som i några sammanhang redovisats som slutmål. Det har talats om värmeåtervinning från avloppet. Detta har inte kunnat tas i drift på grund av diverse initiella svårigheter med de biologiska systemen. Vad som redovisats är emellertid först och främst en 20 %-ig reduktion av energibehovet på grund av styrsystemen och därtill en 50 %-ig reduktion av ventilationen, FIGUR 44. Som ett andra steg har redovisats en marginell förbättring av värmeisoleringen och samtidigt också en marginell förbättring av ventilationsvärmeväxlarens verkningsgrad.

I dagens läge drivs emellertid multrumssystemet med ett rätt kraftigt undertryck, vilket gör att varm ventilationsluft går ner genom de båda toalettstolarna, genom multrummet och vattenreningsanläggningen och direkt ut i det fria. Skälet härtill är att man i ett skede hade besvär med att få processen i multrummet rent aerob och därmed inte illaluktande. Vissa ännu oförklarade interna läckor i luftsytetmet för multrum-vattenreningskomplexet gör också att vi ännu



FIGUR 44. HUS 22S (FÖRFATTARENS) ENERGIBALANS FÖR NORMALÅR MED LEDNING AV MÄTVÄRDENA FRÅN PERIODEN 4 DEC 1978 - 4 JAN 1979.

TABELL 13. ÖVERSIKT AV RELATIONSTAL FÖR ENERGI-FÖRBRUKNING (MWh per normalår).

	(1) Stapel- diagram	(2) Data- beräkn	(3) 4 dec - 4 jan ber enl (1)
Radhus	12	17,3 *	11,5
	14	11,9	11,3
	22	13,5	11,2
	24	(9)	15,9
	32	10,5	9,0
	42	8	10,2
Grändhus	12	21,9 *	17,1
	14	(9)	13,5
	22	15	14,5
	24	(10)	17,8
	32	13	14,9
	42	11	13,0
	22S	11	12,2
	44	(7)	15 ?

*) Reducerat med avseende på styrsystemets inverkan på resultatet.

inte anser tiden vara mogen för en återinkoppling av multtrumsventilationen över den regenerativa värmeväxlaren. Därför har ett uppmätt ventilationsflöde av ca 40 m³/h onödigtvis (?) tills vidare lämnas huset.

Slutsatser får även här anstå till senare, men resultaten är i varje fall inte negativa.

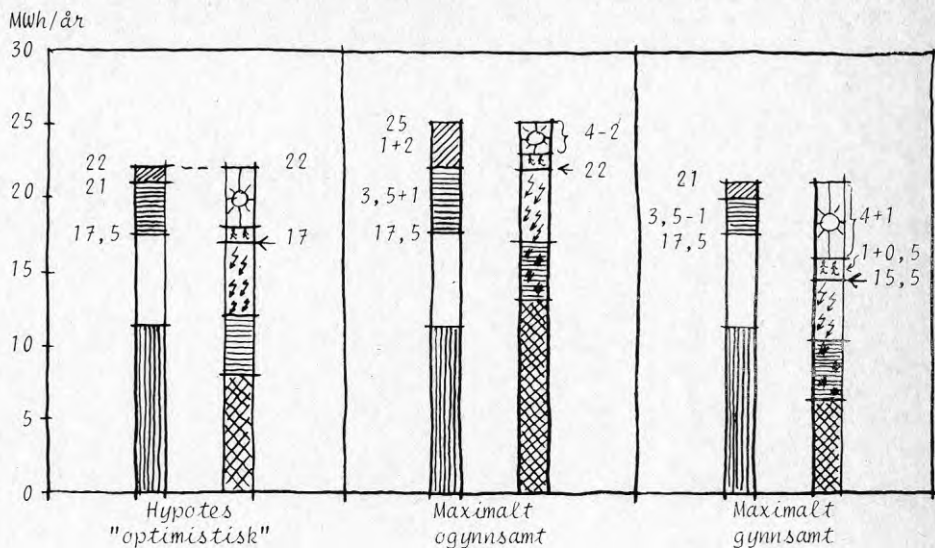
En tabellarisk översikt av ursprungliga stapeldiagram - reducerade med hänsyn till styrsystemets aktuella funktion - databeräkning och prognos, baserade på perioden 4 december - 4 januari ges i TABELL 13.

6.4 Osäkerheter

Om man ser på stapeldiagrammen i FIGUR 45, finns osäkerheten koncentrerad ovanför transmission - ventilation i UT-stapeln samt ovanför tillförd uppmätt energi i IN-stapeln. Konsekvenserna av denna truism förtjänar en kommentar. Sannolikt ligger här hela förklaringen till skillnader mellan datorberäkning och handberäkning. I figuren har antytts vad som händer i ett maximalt ogynnsamt respektive gynnsamt fall under förutsättning att man - som här - vill bedöma årlig förbrukning från registrerad förbrukning en kall period. "Mätvärdet" är i figuren 17,5 MWh. Detta är helt enkelt den konstaterade specifika förbrukningen uttryckt i W/°C x normalårets gradtimtal. I figurens mellersta fält har tillagts 1 MWh på avloppsförluster och 2 MWh på "övriga förluster". På IN-stapeln har på motsvarande sätt 2 MWh tagits bort från inkommande sol. I figurens tredje fält har på motsvarande sätt 1 MWh dragits bort från avloppsförluster, 1 MWh tillagts sol och personvärmen ökats med 0,5 MWh.

Som syns av figuren är schablonens sannolika årsresultat 17 MWh, medan det ogynnsamma alternativet ger 22 MWh och det gynnsamma 15,5 MWh. Osäkerheten kan därför förefalla vara betydande, även om det redan nu kan sägas att de båda extrema exemplen är något osannolika.

En liten speciell kommentar. Vi vet att solvärmen genom fönster är för hög i den ursprungliga beräknings-schablonen. En minskning är därför motiverad. Hur då förklara den ökning som antagits i det "maximalt gynnsamma" fallet. Förklaringen är helt enkelt att en avsevärd energimängd kommer från solen genom väggar och tak. Det är inte osannolikt att energimängden ifråga kan uppgå till mellan 1 och 2 MWh/år. - Kanske trots allt den enkla beräkningsschablonen ligger någorlunda rätt.



FIGUR 45. MÄTRESULTAT (GRÄNDHUS TYP 12 OCH 32) FRÅN EN MÖRK OCH KALL PERIOD GER INGEN SÄKER INDIKATION PÅ SLUTLIG NORMAL ÅRSFÖRBRUKNING. EXEMPLET I FIGUREN INNEHÅLLER NÅGRA TROLIGA AVVIKELSER FRÅN HYPOTESENS BERÄKNINGSSCHABLON: SOL GENOM FÖNSTER LÄGRE, "ÖVRIGT SPILL" HÖGRE, PERSONVÄRME HÖGRE SAMT SOL GENOM VÄGGAR OCH TAK HÖGRE.

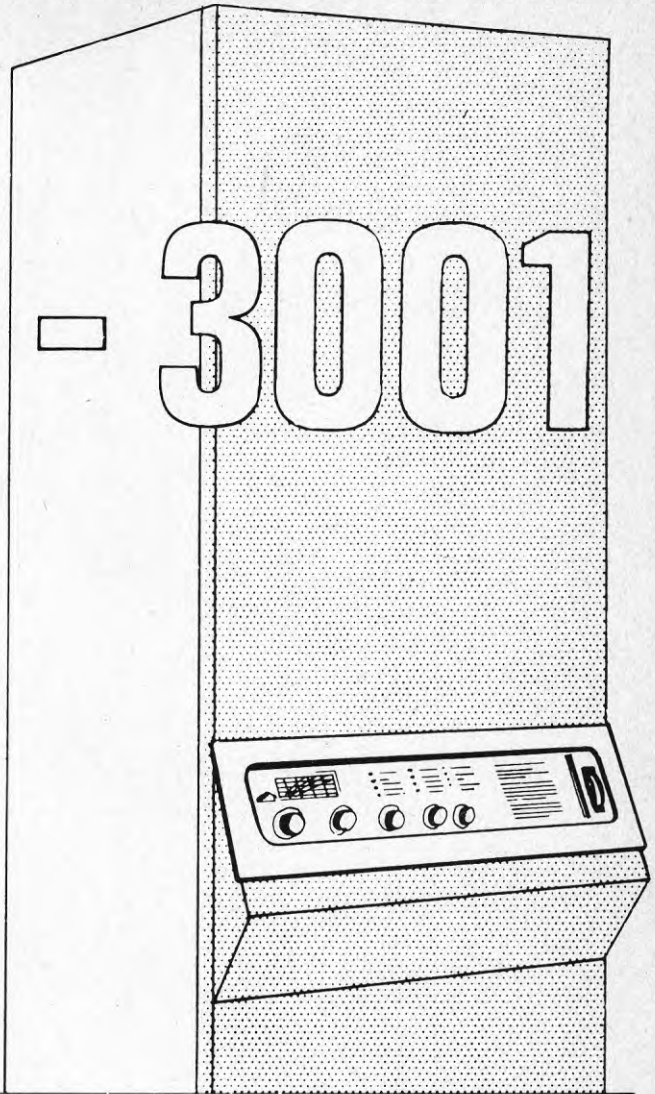
De orienterande mätperioderna har haft det goda med sig att man under sträng kyla kunnat konstatera att samtliga enklare system inklusive själva husen fungerat på beräknat sätt, t o m med någon liten minustolerans. Det mest uppmuntrande av allt är emellertid att spridningen i resultaten är så liten.

Den plattform vi fått för pågående och kommande mätningar av alla intrikata och endast delvis kända samband för byggnaders värmebalans syns alltså vara god.

En av de väsentliga forskningsuppgifterna i detta projekt är att bringa datorberäkningar till överensstämmelse med uppmätta förbrukningstal. Därmed bör resultaten kunna bli generellt användbara, dvs för andra hus och för andra klimat än de aktuella. Att en datorberäkning stämmer mindre väl än en handberäkning har ingen som helst betydelse för arbetet. I båda beräkningsfallen gäller ju att valet av beräkningsförutsättningar bestämmer resultatet.

De orienterande mätperioderna fram till början av januari 1979 är en första etapp i arbetet att noga utvärdera samtliga hus och system.

TA - 3001



ENERGIGIVARE: UTELUFT
ENERGIMOTTAGARE: VATTEN
**ENERGIDISTRIBUTION: KONVENTIONELLA VARM-
VATTEN OCH VÄRMESYSTEM**

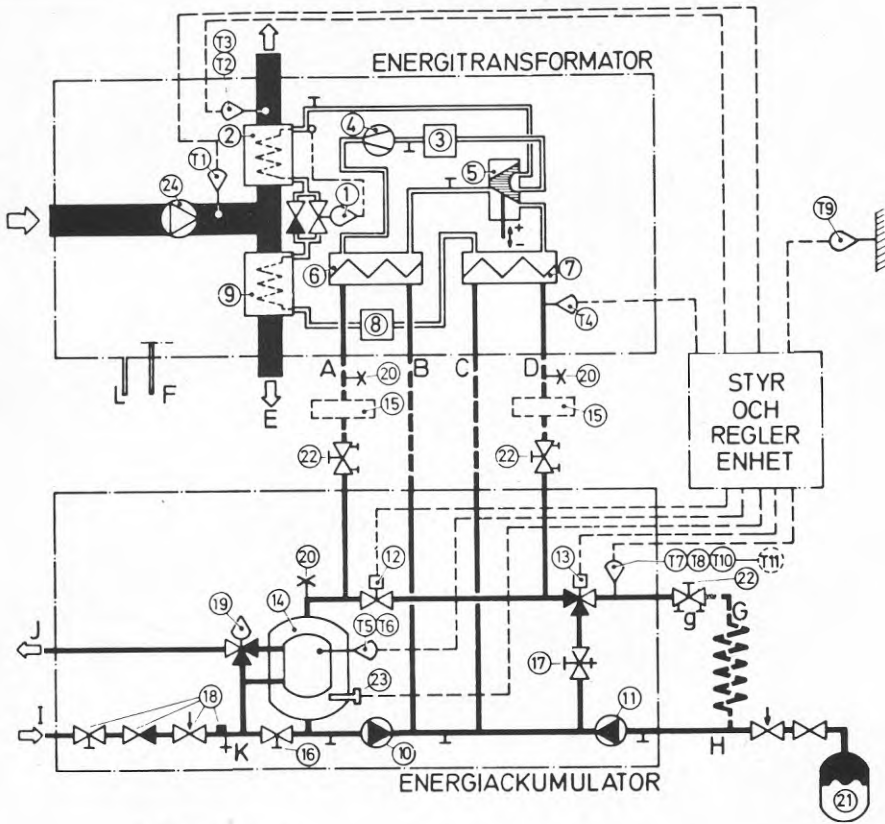


Fig 5 Fiodesschema TA 3001

1. STRYPVENTIL
2. FORÅNGARE
3. VATSKA VSKILJARE
4. KOMPRESSOR
5. 4 VAGSVENTIL
6. VARMEVAXLARE (tappvarmvatten)
7. VARMEVAXLARE (radiatorer)
8. KOLDMEDIETANK
9. UNDERKYLARE
10. CIRKULATIONS PUMP
11. CIRKULATIONS PUMP
12. REGLERVENTIL
13. REGLERVENTIL
14. TAPPVATTENBEREDARE
15. TILLSKOTTVARME (vid stora värmebehov med ex. el eller gas.
16. PÅFYLLNING RADIATORSYSTEM
17. STRYPVENTIL KOMB. AVTAPNING
18. KALLVATTENKOPPEL (avstängnings-back, säkerhets-vacuum och avtappningsventil.
19. TERMOSTATISK BLANDNINGSVENTIL inställbar 45-65°C.
20. AVLÜFTNING
21. EXPANSIONSKARL (inkl. säkerhetsutrustning)
22. STRYPVENTIL MED MATUTTAG
23. ELVARME med termostater
24. FLAKT
- ↓ MATUTTAG

- T1 Temp. givare uteluft.
 T2 » förångare
 T3 » frånluft
 T4 » frysrisk
 T5 » VVB
 T6 » VVB termometer
 T7 » framl. termometer
 T8 » framl. för regulator
 T9 » utomhus för regulator
 T10 » framl. kyl drift
 T11 » framl. begränsning

- A VVX framledn. ansl. 15
 B VVX returledn. ansl. 15
 C VVX returledn. ansl. 22
 D VVX framledn. ansl. 22
 E. VARMLUFT UT Ø 110 mm.
 F KONDENS VATTEN UT TILL AVLOPP Ø 28 mm
 G RAD framledn. ansl. 22
 H RAD returledn. ansl. 22
 I KALLVATTEN ansl. 22
 J TAPPVARMVATTEN ansl. 22
 K DRÄNERING säkerhetsv. ansl. 15
 L DRÄNERING ansl. 22

SAMMANFATTNING AV TRNSYS KOMPONENTMODELLER
 Jfr TRNSYS-manualen CHAPTER IV eller
 APPENDIX III

Type nr	Namn och beskrivning
1	<p>FLATE-PLATE SOLAR COLLECTOR</p> <p>Solfångare med 5 alternativa verknings sätt. Ett stort antal parametrar medger stora möjligheter att korrekt simulera aktuell solfångare.</p>
2	<p>ON/OFF DIFFENTIAL CONTROLLER WITH HYSTERESIS</p> <p>Till- och frånslagsfunktion.</p>
3	<p>PUMP AND FAN</p> <p>Pump eller fläkt med strypfunktion</p> $\dot{m}_o = \gamma \times \dot{m}_{\max} ; 0 \leq \gamma \leq 1$
4	<p>STRATIFIED FLUID-STORAGE TANK (WITH OPTIONAL INTERNAL HEATER)</p> <p>Varmvatten-(el vätske-)tank med vätskan lagrad i flera skikt, som kan väljas = 1. Hänsyn tas till värmetransport mellan skikten och förluster till omgivningen.</p>
5	<p>HEAT EXCHANGER</p> <p>Värmeväxlare med 4 alternativa arbetssätt. Förluster beskrivs genom verkningsgrad eller (i tre fall) som en konstant värmeöverföringskoefficient.</p>
6	<p>ON/OFF AUXILIARY HEATER</p> <p>Varmvattenberedare (genomströmning). Kan kombineras med dubbelverkande termostat (TYPE 2) och värm tank (TYPE 4) till "vanlig" varmvattenberedare.</p>
7	<p>SPACE COOLING LOAD AND AIR CONDITIONER</p> <p>Ett starkt förenklat lyftkonditioneringsaggregat.</p>
8	<p>THREE STAGE ROOM THERMOSTAT</p> <p>Till- och frånslagsfunktion med: kyla frånslagen, värme och mycket värme.</p>

- 9 DATA READER
- Läser från upp till 5 olika enheter (läsare, disc) tidsberoende data. Tidsintervall mellan läsningarna anges och vid mellanliggande tidpunkter interpolerar TYPE 9 rätlinjigt.
- 10 ROCK BED THERMAL STORAGE
- Värme-magasin av sten, uppvärmt av luft. Magasinet är skiktat (rekommenderat:) i N (5) skikt.
- 11 TEE-PIECE (= T-grenrör), FLOW DIVERTER AND FLOW MIXER
- Blandare (villkorlig och ovillkorlig) samt förgreningsrör för (varm-)vatten.
- 12 ENERGY/(DEGREE-HOUR) SPACE HEATING
- Rumsuppvärmning (alt kylning) med fyra alternativa arbetsätt. Hänsyn tas till bl a tillförd energi från folk, apparater och förluster till och från rummet genom varmvattenberedare och fönster etc.
- 13 PRESSURE RELIEF VALVE
- Säkerhetsventil mot övertryck i energibärande mediet (vattnet) på grund av kokning. "Pyset" medför temperatursänkning och energiförlust av solenergin.
- 14 TIME DEPENDENT FORCING-FUNCTION
- Funktion av typen $ENH=f(TID)$. Beskrivs i diskreta punkter.
- 15 ALGEBRAIC OPERATIONS
- En beräkningsmodul som beräknar önskade värden av andra delresultat.
- 16 SOLAR RADIATION PROCESSOR
- Beräkning av solinstrålning på lutande ytor. Tre olika funktioner. Input är total strålning på horisontell yta eller i mode 3 solstrålning och diffus strålning. I mode 1 och 2 delar strålningen upp i solstrålning respektive diffus strålning.
- 17 WALL, WALLS OR FLAT ROOF
- "Fullständig" energiförlustberäkning genom en vägg, ett platt tak eller fyra väggar med eller utan platt tak. Beräkning enligt ASHRAE

Handbook of Fundamentals. Hänsyn tas till bl a stostrålning (TYPE 16), fönster, vindhastighet m m.

18 PITCHED ROOF AND ATTIC

Sadeltak. Kompletterar TYPE 17.

19 ROOM AND BASEMENT

Rum med värmekapacitet etc att komplettera TYPE 17 och TYPE 18. Två arbetssätt beroende av kontrollsystem (termostat etc).

20 HEAT PUMP

Värmepump (uppvärmning och kylning). Kan simulera ett stort antal alternativa arbetssätt.

21 LIQUID COLLECTOR-STORAGE SUBSYSTEM

Simuleringsrutin som kombinerar TYP 1 (sol-fångare), TYPE 5 (värmväxlare), TYPE 4 (varmvattentank), TYPE 24 (säkerhetsventil), TYPE 2 (till-och-från) och TYPE 3 (pumpar).

22 AIR COLLECTOR-STORAGE SUBSYSTEM

Simuleringsrutin som kombinerar TYPE 1 (sol-fångare), TYPE 5 (värmväxlare), TYPE 10 (stenmagasin), TYPE 2 (till-och-från), TYPE 3 (fläkt), TYPE 11 (blandare).

23 DOMESTIC WATER HEATING SUBSYSTEM

Varmvattensystem baserat på solvärme. Det inkluderar (valfri) värmväxlare, varmvattentank, vattenvärmare och (valfri) blandarventil. Systemet har en inbyggd vattenförbruknings-fördelningsfunktion, som dock kan ersättas med en egen med hjälp av TYPE 14.

24 QUANTITY INTEGRATOR

Kan beräkna upp till 10 tidsintegraler.

25 PRINTER

Trycker 1-10 olika värden var Δt_p tidsenhet.

26 PLOTTER

En enkel radskrivarplotter med 1-5 olika variabler var Δt_p tidsenhet.

27 HISTOGRAM PLOTTER

Två MODE'S: Ett enkelt histogram plottas en-

ligt beställning eller ett fördelningsdiagram
(-histogram) för beställd tidsperiod.

28 SIMULATION SUMMARY

Rutinen integrerar resultat (TYPE 24), manipulerar (TYPE 15) och trycker (TYPE 25).

29-30 saknas

31 PIPE AND DUCT

Energibalans (enkel) i rör med strömmande media.

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

**Denna delredogörelse hänför sig till forskningsanslag 760756-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Styrgruppen för
projekt Täby, c/o Tyréns Företagsgrupp AB, Stockholm.**

R83:1979

ISBN 91-540-3060-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600983

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris 35 kr exkl moms