



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

R61:1988

**Småhus med tung stomme och
varmlufts-system**

**Sune Häggbom
Arne Lindh
Veikko Wallin**

IR/TL

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Ser

Byggeforskningsrådet

R61:1988

SMAHUS MED TUNG STOMME OCH VARMLUFTSYSTEM

Sune Häggbom
Arne Lindh
Veikko Wallin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810437-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Tyréns Före-
tagsgrupp AB, Sundbyberg. .

REFERAT

En riktig kombination av byggnadsteknik och installationsteknik kan ge mycket god boendekomfort till en kostnad som ligger inom gränserna för de statliga lånereglerna och med en god energiekonomi.

För att visa detta uppfördes fyra experimenthus av betong i Storrreta norr om Uppsala. Villorna som började byggas i oktober 1982 försågs med luftburen värme som levereras av en frånluftvärmepump.

Vi har noterat totalt köpt energi och vi har funnit att det rör sig om i genomsnitt 12,3 MWh/år vid en medeltemperatur på 21°C all hushållsel och varmvattenproduktion inkluderad.

Sommaren 1983 bjöd på en extrem värmebölja. Under en period av elva dagar i följd i juli var dygnens maxtemperatur över 25°C och under sju på varandra följande av dessa var högsta dagstemperaturen över 32°C. Det kan noteras att rumstemperaturen endast en dag en kort tid steg över 26°C.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R61:1988

ISBN 91-540-4912-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

	3
STORVRETAPROJEKTET	
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	
<u>SAMMANFATTNING</u>	4
<u>INLEDNING</u>	6
SYFTE	
ENERGIPROGNOS	9
<u>HUSET, TEKNIK OCH KOSTNADER</u>	10
BYGGNADEN	
VARMLUFTSSYSTEM	11
BYGGNADSKOSTNADER	13
<u>UPPFÖLJNING. MÄTNINGAR</u>	14
MÄTBEHOV	
MÄTSYSTEM OCH MÄTPROGRAM	
MÄTRESULTAT	16
Energiförbrukning	
Klimatpåverkan	19
Effektförbrukning	21
Värmepump	23
Värmedistributionssystem	25
Varmvattenförbrukning	26
Komfort	27
Ventilation	30
KOMMENTARER TILL MÄTNINGAR OCH RESULTAT	31
Avvikelser från prognos	
Slutord	32
Bilaga 1: Byggnaden	33
Bilaga 2: Värmeaggregatet	
Bilaga 3: Beräkningar av energiprognos	
Bilaga 4: Mätprogram	
Bilaga 5: Täthetsprovningar	
Bilaga 6: Beräknat energiflöde från kanaler under golv	

SAMMANFATTNING

En riktig kombination av byggnadsteknik och installationsteknik kan ge mycket god boendekomfort till en kostnad som ligger inom gränserna för de statliga lånereglerna och med en god energiekonomi.

För att visa detta uppfördes fyra experimenthus av betong i Storvreta norr om Uppsala. Villorna som började byggas i oktober 1982 försågs med luftburen värme som levereras av en frånluftvärmepump. En företagsgrupp bestående av A-Betong, Byggpaul, Husqvarna, Vattenfall och Tyréns har sedan studerat villorna för:

- att klarlägga huruvida behovet av köpt energi var rätt beräknat;
- att klarlägga möjligheten att begränsa effektuttag under höglasttid;
- att klarlägga de boendes uppfattning om klimatkomfort.

Under uppvärmningssäsongen 83-84 var avsikten att nå målen ett och två. Det första målet uppnåddes enklast. Vi har noterat totalt köpt energi och vi har funnit att det rör sig om i genomsnitt 12,3 MWh/år vid en medeltemperatur på 21 °C all hushållsel och varmvattenproduktion inkluderad.

Ett hus har under en vecka haft all tillsatsel avslagen. Under ett dygn, när utetemperaturen i genomsnitt var -15 °C sjönk inomhustemperaturen från +19 °C till +18 °C. Den tillförda, köpta effekten gick till fläkt, kompressor, kyl och frys, och var på sammanlagt 1100 W. Tillsammans med försöken att i ett hus endast använda tillsatsel nattetid visar detta klart att dessa hus tål tillfälliga mycket kraftiga begränsningar av levererad effekt.

Sommaren 1983 bjöd på en extrem värmebölja, det blev möjligt att bedöma boendekomfort sommartid. Under en period av elva dagar i följd i juli var dygnens maxtemperatur över 25 °C och under sju på varandra följande av dessa var högsta dagstemperaturen över 32 °C. Det kan noteras att rumstemperaturen endast en dag en kort tid steg över 26 °C.

Omdömet från husägarna var att det var svalt och skönt inomhus. Detta är i hög grad en följd av den stora värmekapacitet som finns tillgänglig i dessa betonghus.

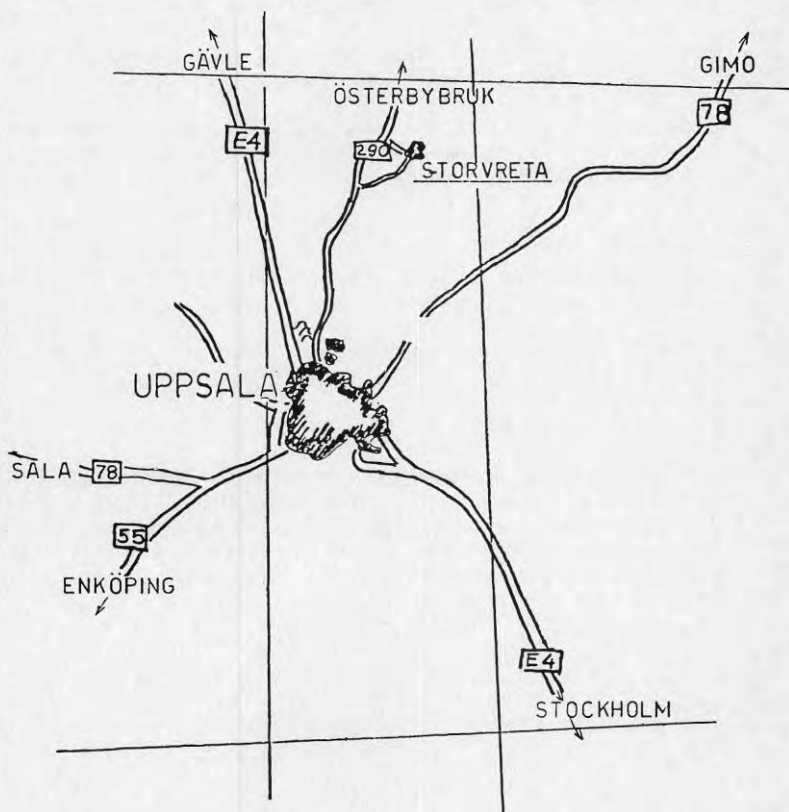
Detta resultat innebar att det tredje målet till delar uppnåddes sommaren -83.

För övrigt visar mätningarna en mycket stabil inomhustemperatur under tider med uppvärmningsbehov. Enda antydning till anmärkning rör svårigheterna att åstadkomma nattsänkning i sovrum.

Den köpta energin till dessa hus levereras genom den kabel som byggnaden under alla omständigheter förses med oavsett värmesystem.

Många är motståndare till sådan energiförsörjning och anser att den ökar utbyggnadskravet på elproduktion. Vi anger här en väg där tillgänglig elproduktion kan utnyttjas under tid då konkurrens om effekt är låg, då producentens problem är minsta möjliga, då köparens kostnad kan hållas nere.

Villorna vi studerat har byggts med en stomme av betong, de har ett uppvärmningssystem anpassat till den byggnadstekniska utformningen. Behovet av köpt energi hör till de lägsta som dokumenterats för bebodda enfamiljshus.



INLEDNING

SYFTE

Den splittrade ansvarsfördelningen mellan byggandets olika tekniska områden är orsaken till många av produktionens allvarliga brister. Varje inblandad konsult och entreprenör svarar för sitt ansvarsområde men ingen ser till att olika ansvarsområden gränsar mot varandra. Det uppstår ingemansland där ingen tar sig an problemen med att koppla samman byggteknik, ventilationsteknik, energiteknik, miljökrav m.m.

Storvretaprojektet är en satsning just på dessa ingenmansland. En konsult har haft ansvaret för den totaltekniska lösningen.

Projektet kom till för att handgripligen visa att en genomtänkt kombination komponenter ger ett bättre resultat än suboptimeringar av enstaka komponenter. Målet var att bygga bättre småhus än vad som tidigare åstadkommits. Ett hus med lägre byggkostnad lägre, underhållskostnad, lägre enenergikostnad, ren luft med lagom temperatur såväl vinter som sommar.

Storvretaprojektet har föregåtts av många projekt där man studerat energisnålt byggande.

I dessa projekt har man undersökt betydelsen av extra tjock isolering och av luftläckning genom höljet. Även värmepumpars effektivitet har mätts såväl i laboratorium som i experimenthus.

Föga har dock hittills gjorts för att praktiskt utvärdera betydelsen av ett hus värmekapacitet ur energisynpunkt.

Innebär betonghuset ett energimagasin som ger brukaren frihet att tillföra energi vid tidpunkter då energin är tillgänglig till en låg kostnad oberoende av energibehovet?

Vattentankar, stenmagasin och andra extra åtgärder har prövats, men kan endast användas till lagring vid temperaturer som ligger avsevärt över rumstemperatur. Det blir för dyrt att ge magasin så stor värmekapacitet att solenergi som nått ett rum kan lagras utan energiförbrukande hjälpmedel som en värmepump.

Brukarnas åsikter om huset glöms ofta bort. Det händer att man studerar energi och komfort i obebodda hus för att därigenom skaffa sig beslutsunderlag för planering av energisnåla hus.

Hus byggs dock inte för att man ska spara energi utan för att ge ett bra klimat att bo i. Naturligtvis utan onödiga kostnader. Många lider sommartid av höga rumstemperaturer. Det är en följd av att energiflödet ut ur huset minskats samtidigt som man placerat fönster med avsikt att fånga in solstrålning utan möjlighet att omhänderta och lagra den stora solvärmeeffekten.

En kombination av stor värmekapacitet och luftburen värme är gynnsam för inneklimatet. Luftvärmesystemet fördelar energin i huset till hela stommen som kan användas till värmelagring. Med andra uppvärmningssystem utnyttjas inte stommen i de rum som vetter mot norr vid tillskott av solenergi från andra vädersträck.

Ett argument mot luftvärmesystem har tidigare varit svårigheten att täcka maxeffektbehovet. Detta har oftast orsakats av bristfällig täthet som varit förödande för såväl energi som effektbehov.

En tung stomme borde genom sin värmekapacitet ge möjlighet att sänka det maximala effektbehovet.

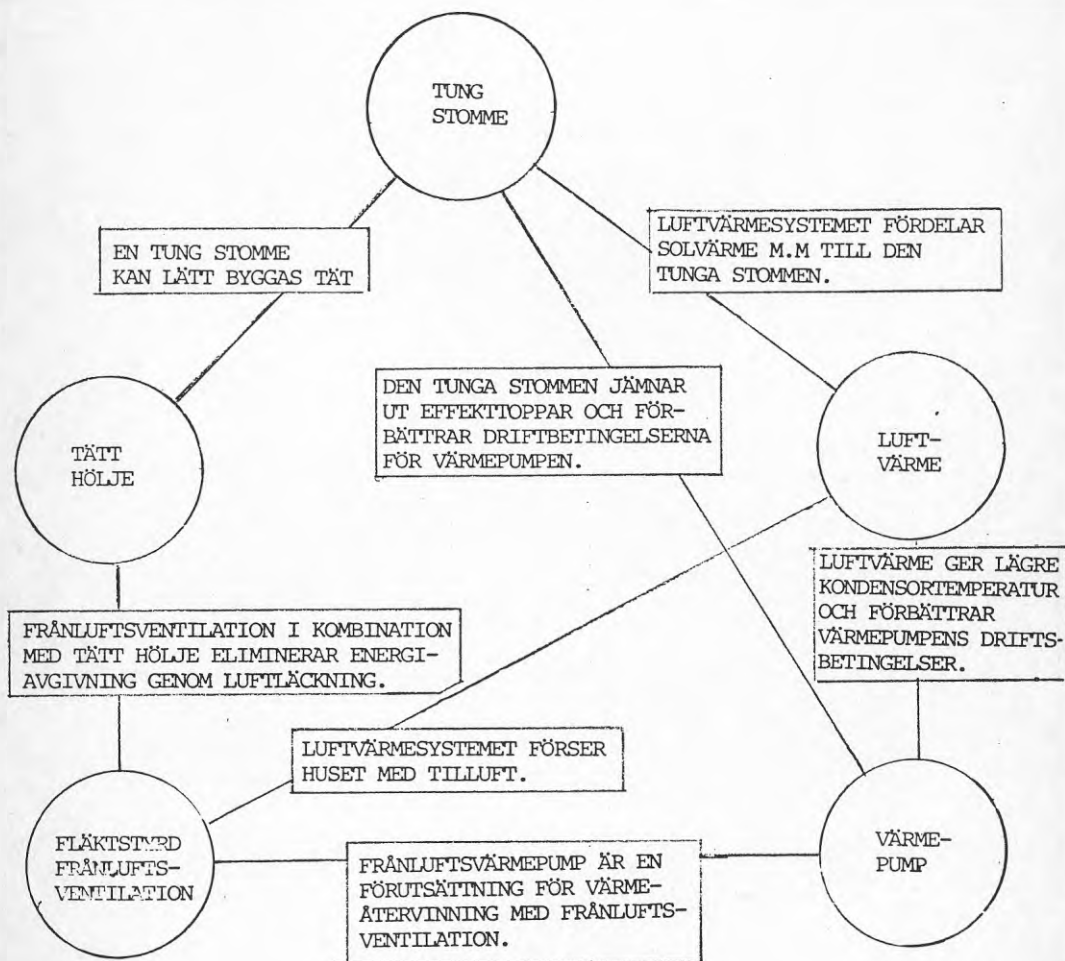
Endast frånluften är fläktstyrd. Drivkraften för tilluften är ett svagt undertryck i byggnaden. Luft läcker då alltid in genom ofrånkomliga otätheter. På så vis går all luft som lämnar huset genom värmepumpen och ingen energi går till spillo p.g.a. luftläckning annat än då dörrar eller fönster öppnas. I det ventilationssystemet kan endast en frånluftvärmepump fungera som värmeåtervinnare.

En tung stomme borde även vara en fördel för driften av värmepumpen. En värmepump ska ges maximal drifttid för att få bästa verkningsgrad. Med en tung stomme kan värmepumpen lämna energi till byggnaden även under timmar på dygnet då egentligen inget uppvärmningsbehov föreligger.

En tung och tät stomme ger alltså goda förutsättningar att kapa toppar i effektförbrukningen och att minska kostnaderna för uppvärmning.

Syftet med projektet är att visa att byggnad, värmedistributionssystem, värmekälla, valda på ett sätt så att de samverkar, ger en bra boendekomfort och inomhusklimat, och detta till en låg kostnad utan att den boende behöver vara engagerad energiparare.

Samfunktionen mellan husets huvudkomponenter beskrivs i FIGUR 1.



FIGUR1

ENERGIPROGNOS

Hur prognosen framtagits visas i bilaga 3. I detta avsnitt redovisas och diskuteras förutsättningar och resultat.

Byggnadens värmekapacitet utnyttjas för att kapa effekttoppar vid enstaka kalla dagar. Under en längre köldperiod måste tilläggsvärme användas. I värmebalansberäkningen finns ca 500 kWh reserverade för denna osäkerhet. Detta motsvarar ungefär tolv dagars köldperiod med utetemperatur -20°C .

Förlusterna från varmvattenberedaren tillgodoräknas uppvärmningen vintertid. Förlusterna sommartid antas vara ca 200 kWh. Solvärmen beräknas på "säkra sidan" för att kompensera inverkan av eventuella persienner eller gardiner. För att ta hänsyn till horisontalavskärmningen är strålningen mot NO och NW inte medtagen i beräkningarna.

Värmebalansberäkning har även gjorts för ett referenshus utfört på traditionellt sätt med utnyttjande av graddagar. I övrigt har man samma grundvärden för hushållsel och varmvatten. Ventilationen antas vara frånluft med 0,5 oms samt luftläckning med 0,2 oms.

Förbrukning för provhuset blir 10.250 kWh och för referenshuset 23.450. Skillnaden, 13.200 kWh, är sannolikt för stor på grund av att beräkningsmodell med graddagar är olämplig vid moderna välisolerade hus.

Vid beräkning av energiförbrukning för ventilation har använts skillnad i entalpi mellan rumsluft och uteluft i stället för skillnaden i entalpi mellan avluft och uteluft.

Energi som hämtas ur frånluften med hjälp av värmepumpen beräknas separat.

HUSET, TEKNIK OCH KOSTNADER

BYGGNADEN

En målsättning med byggnaderna liksom med projektet i övrigt har varit att undvika extrema, osäkra lösningar som kan äventyra driftsäkerheten.

En betongstomme erbjuder goda möjligheter att effektivt lagra energi. En betongstomme blir också tät med normal noggrannhet vid utförandet.

Ytterväggarna som är sandwichelement går 4 dm under marknivån och ger på så sätt en obruten värmeisolering förbi innergolvet.

På så sätt får man en enkel stomme med god beständighet och med ett minimum av köldbryggor. Underhållskostnaderna kommer att bli låga. Värmeisoleringen är något bättre än kraven i byggnormen och luftläckningen är mindre än en tredjedel av den tillåtna.

Byggtekniken har valts för att få täta hus, vilket återspeglar sig i provningsresultaten. Provat enligt normen visar husen luftläckningen 0,8-1,0 oms/h vid 50 Pa tryckskillnad.

Våra beräkningar har visat att denna goda täthet är ett villkor för att kunna åstadkomma energiekonomi i hus med varmluftsuppvärmning.

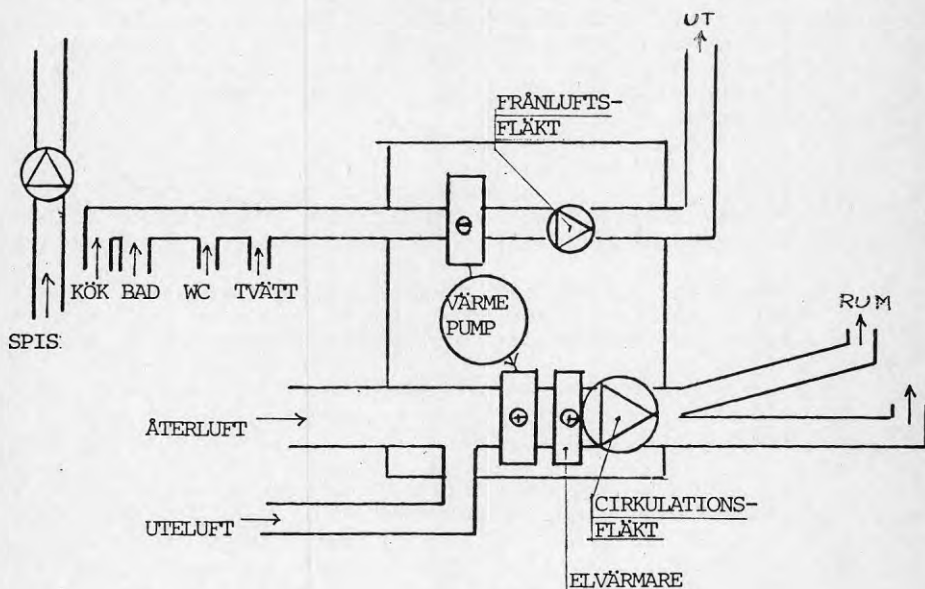
Detaljutförningen framgår av ritning i bilaga 1.

Redan till julen 1982 kunde de första ägarna flytta in i sina hus. Det snabba resultatet möjliggjordes av en okonventionell byggnadsteknik. A-betong levererades ytterväggar, hjärtvägg och bjälklag. Det nya innebar att väggarna fungerade som höga balkar och monterades fribärande mellan upplag i ändpunkterna.

VARMLUFTSYSTEM

Ett effektivt utnyttjande av den tunga stommens värmelagringsförmåga förutsätter att uppvärmningssystemet anpassas för detta. Nackdelen med vattenburen värme är att det är trögt och dessutom inte kan fördela värmen från syd- till norr-fasader. Direktverkande el har en liten tröghet men problem med fördelning av värme kvarstår.

Med luftburen värme kan regleringen ske snabbt och systemet fördelar effektivt tillgänglig energi inom byggnaden. Genom att ventilationssystem och värmedistributionssystem kombineras elimineras kostnaden för värmerör och radiatorer.



Från kök, badrum, WC och tvättstuga tas frånluft som levererar energi till värmepumpen.

I hallen tas återluft som används för värmedistribution. Före uppvärmning blandas återluften med en viss mängd uteluft, som styrs av undertrycket i huset dvs av frånluftsfläkten.

Från spiskåpan evakueras luften med en separat fläkt som inte anslutits till övriga ventilationssystemet.

Fördelningen av varmluften från aggregatet till de olika rummen sker via en fördelningslåda till vilken kanalerna till de olika rummen är anslutna. I varje rum finns utblåsningslådor som är försedda med spjäll för reglering av luftmängderna.

Den cirkulerande luftmängden motsvarar 2 omsättningar, varav 1,5 är återluft. Detta innebär att luften, som blåses in under fönster genom galler i golvnivå, aldrig behöver ha högre temperatur än 40 °C. Tillluftsdonens utformning gör att ljudnivån på ca 2 m avstånd har mätts till 28 dB(A). Inga klagomål på ljud har förekommit.

Alla tilluftkanaler utom från hall till aggregat är tillverkade av PVC. Tätning mellan olika delar sker med gummiringar. Kanalerna placerades i golv mellan isolering och betong och isolerades med cellplast-skålar. Kanalmontaget i golv inkl. isolering utfördes av två man på en halv dag.

Frånluftssystemet utfördes av spirokanaler. Installationen blev mer utrymmeskrävande än normalt på grund av mätutrustningen.

Återluftkanalen, mellan hall och aggregat, gavs ett rektangulärt tvärsnitt för att klara takhöjden i WC. Utförandet blev kostsamt och skall ändras till kommande objekt.

Energitillförseln styrs med hjälp av en givare i återluften. När temperaturen är lägre än termostattens inställning levererar värmepumpen energi till cirkulationsluften. Vid 1,5 °C lägre temperatur går det direktverkande elbatteriets första effektsteg in. Den inställda temperaturen kan varieras över dygnet med en timer.

Värmepumpen lämnar i första hand energi till varmvattenberedaren i andra hand till cirkulationsluften.

Värmeaggregatet beskrivs i bilaga 2.

BYGGNADSKOSTNADER

Husen i Storvreta är experimenthus och kostaden är avsevärt högre än för motsvarande trähus ur en typhuskatalog.

För tillfället är beläggningen hos elementtillverkarna hög vilket medför ett förhöjt kostnadsläge för betongelement. Vid lägre konjunkturer bör dock kostnaden för betonghus enligt Storvretamodellen och traditionella trähus vara lika.

Till detta kommer en högre underhållskostnad för trähuset.

Värdet av den bättre komforten i betonghuset är en individuell bedömningsfråga.

Uppvärmning och ventilationssystemet med värmepump och luftvärme är den näst billigaste lösningen efter direktverkande el och ett ventilationssystem med från- och tilluft och värmväxlare.

UPPFÖLJNING. MÄTNINGAR

MÄTBEHOV

Projektets huvudmål är att klarlägga husens energi och effektbehov samt klimatkomforten. Detta har styrt utformningen av mätprogrammet.

Förutom energiförbrukningar och rumstemperaturer är det av värde att känna till yttre klimatpåverkan på huset.

Mätprogrammet innehåller dessutom en rad detaljmätningar av värmepumpprestanda, varmvattenförbrukning m.m. som gör det möjligt att kartlägga olika delenergiflöden. Den informationen har gett idéer till förbättringar av systemet byggnad-installationer.

En detaljerad mätning av fördelning av energi till luft och vatten i aggregatet är mycket komplicerad och onödig i denna forskningsuppgift. För att kunna bestämma topeffekten är det viktigt att veta varmvattenförbrukningens fördelning under dygnet. Sannolikt är den störst på kvällarna. Sådan kunskap kan användas vid planering av varmvattenproduktion.

Den ur frånluften utvunna energin är skillnaden mellan energiinnehåll i frånluften och i avluften.

Före en beräkning av den energimängd värmepumpen hämtat ur frånluften måste dess temperatur och relativa fuktighet före värmepumpen och avluftens temperatur efter värmepumpen mätas. Dessutom behövs kompressorns drifttid och frånluftsfloödet.

Avluftens fuktighet kan beräknas ur uppmätta värden och behöver därför inte mätas.

I byggnader med golv på mark är värmeförlusterna via golv mer beroende av marktemperaturen än utetemperaturens variationer. I prognosen har marktemperaturen antagits till +7 °C.

Syftet med denna del av forskningsuppgiften är inte att göra en fullständig utredning om rådande marktemperatur utan endast att få fram resultat i några enstaka punkter för att veta om antagandet har varit riktigt, och att få ett bättre beräkningsunderlag.

MÄTSYSTEM OCH MÄTPROGRAM

Mätsystemet är utformat i samråd med statens vattenfallsverk, som har ställt vissa villkor på kvaliteten av mätning och utvärdering för sin samverkan.

Samarbetet med Vattenfall har varit mycket värdefullt, därför att mätningarna fått hög standard till rimlig kostnad inte minst genom att mätning och överföring av mätresultat är rutin i Vattenfalls normala verksamhet.

Mätsystemet fungerar ungefär på följande sätt. Från varje mätpunkt går information till en lokal mätcentral som registrerar data varje timme. En gång per dygn kopplas denna central automatiskt per telefon till Vattenfalls huvuddator i Vällingby där materialet lagrats på magnetband. Resultatet har kunnat skrivas ut för valfri period. Utvärdering som skett under tiden mätningarna utförts har skett från sådana datalistor. Den slutliga bearbetningen har dock skett genom att banden förts över till och där behandlats i TYRENS dator.

Man har även möjlighet till manuell avläsning i den lokala mätcentralen. Funktionskontroll kan göras från Vällingby.

Vi fann att registrering av timmedelvärden är en lämplig detaljeringsgrad. En kortare period skulle visserligen ibland vara en fördel men den skulle göra utvärderingen mer svårhanterlig och tidskrävande. En längre period skulle inte ge önskad noggrannhet åt möjligheten att värdera värmekapacitetens betydelse.

Mätprogrammets utformning beskrivs i detalj i bilaga 4. Noggrannhet vid mätningar betecknas med d och kan vara endera absolut eller procentuell. I vissa fall kan noggrannheten vara onödigt hög, men detta beror på Vattenfalls datautrustning.

För att i möjligaste grad minska antalet mätpunkter utförs en enklare mätning, här kallad grundmätning, i samtliga fyra hus. Denna mätning ger besked om energiförbrukning och klimat i huset. För att i detalj kunna studera hur systemet fungerar utförs i två av husen utförligare mätning, här kallad detaljmätning. Mätpunkternas placering visas i figur 1 i bilaga 4.

MÄTRESULTAT

Den tidsperiod för vilken BFR-anslag utgick till mätningar sträcker sig från aug -83 - juli -84.

Det som redovisas i detta avsnitt är verkliga värden som ej korrigerats eller justerats på något sätt.

I energiförbrukningen ingår således all den energi som respektive familj förbrukat och betalt för, även sådana externa förbrukningar som motorvärmare och utebelysning.

Husen har ej utrustats med braskamin eller liknande värmekälla. Detta med tanke på att tillförd energi ska kunna redovisas så exakt som möjligt. En braskamin ger ju inte heller någon energibesparing.

Redovisningen har utformats med avsikt att göra en jämförelse med andra hus möjlig. Klimatdata, rumstemperaturer m.m. har redovisats så att läsaren själv ska kunna korrigera mätvärden till normalår eller liknande på önskat sätt.

I kommentarer till mätningarna har däremot mätvärdena använts som utgångsmaterial i beräkningar.

Energiförbrukning

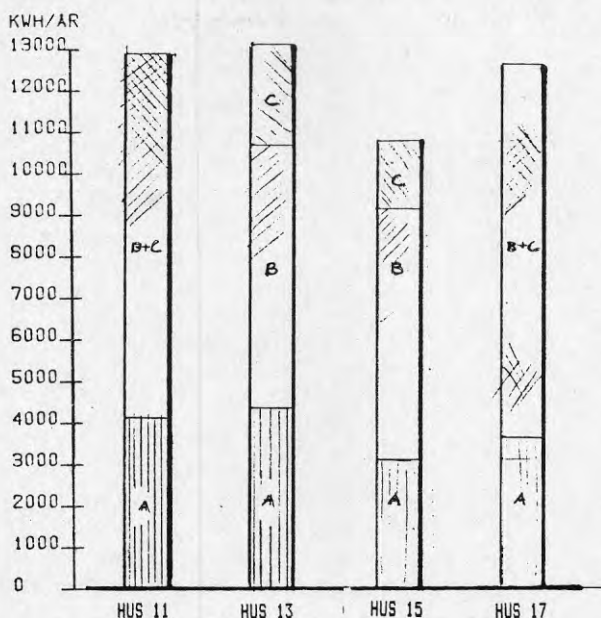
Den köpta energin tillförs husen i form av el-energi. Energin mäts i delposter:

- Hushållsel
- El till aggregat; el till värmebatteri för luft
el till v.pump och fläktar

Energiförbrukningen ligger mellan 10.700 kWh för hus 15 och 13.000 kWh för hus 13. I hushållselförbrukningen ingår förbrukning till tvätt- och diskmaskin.

Dessutom ingår i förbrukningen av hushållsel även energi som förbrukats utanför huskroppen. T ex kan nämnas att hus 11 och 15 har motorvärmare inkopplade under vintertid. Hus 17 har infravärmare på uteplatsen och 140 W utebelysning som tänds nattetid med styrning från ljuskännare. Övriga har utebelysning som tänds oregelbundna tider.

FIGUR 2 visar köpt energi under året aug-83 - juli-84.



- A. Hushållsel
 B: El till värmepump och fläktar
 C: Tillsatsel luft värmebatteri

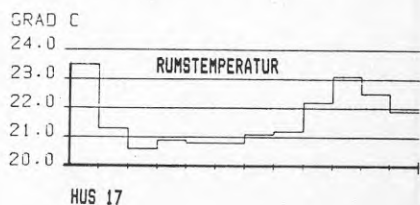
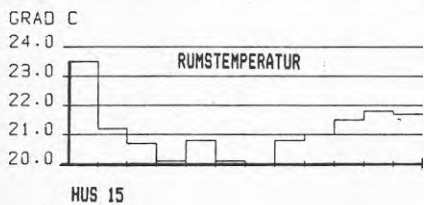
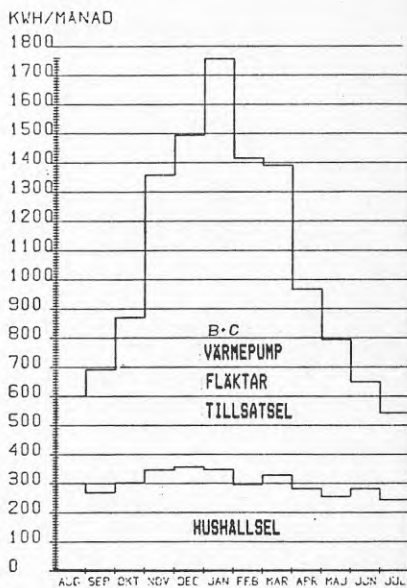
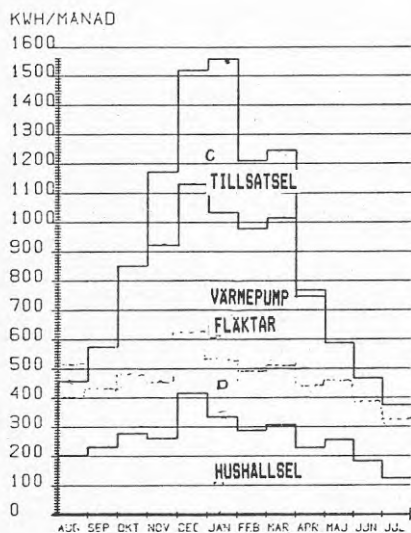
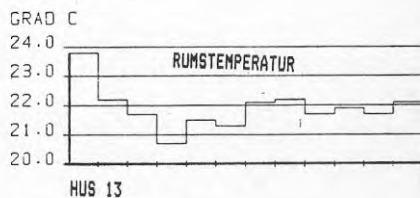
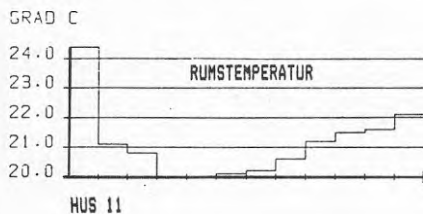
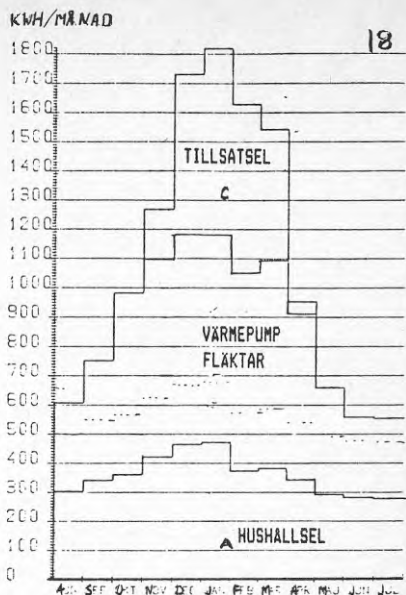
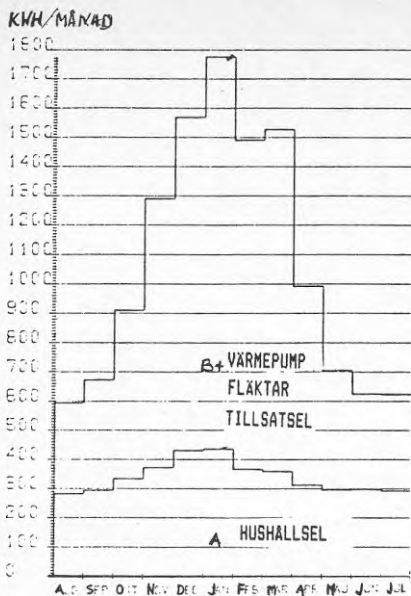
FIGUR 2

FIGUR 3 visar energiförbrukningens månadssummor under augusti 1983 till juli 1984.

Under januari förbrukade hus 11 1.775 kWh och hus 15 1.560 kWh såväl energi till hushållsel som till uppvärmning är större för hus 11. Rumstemperaturen är 20,1 °C för båda husen. Skillnaden i energiförbrukningen beror sannolikt på att familjen i hus 11 är hemma i större utsträckning än i hus 15. Det större uppvärmningsbehovet kan förklaras med att dörren ut öppnas oftare.

Under sommartid, då ingen uppvärmning behövs, förbrukar uppvärmningsenheten 250 kWh/mån i hus 15. I övriga 300 kWh/månad. Av den energimängden förbrukar fläktar 200 kWh, resten är elenergi till kompressor för varmvattenproduktion.

Under vintermånaderna förbrukar fläktar mer energi, men energin behövs då till uppvärmning.

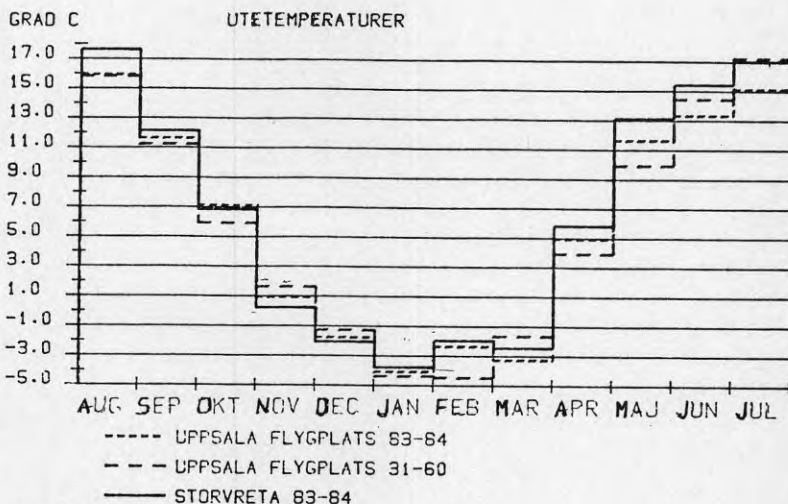


FIGUR 3

Klimatpåverkan

Energiförbrukningen påverkas av rumstemperatur och klimat. Av klimatfaktorerna har utetemperatur och strålning störst inverkan. Täta hus och frånluftsventilation medför att inverkan av vind blir relativt liten.

FIGUR 4 visar utelufttemperaturens variation för ett normalår och för det aktuella året på Uppsala flygplats samt för Storvreta under mätningarna.



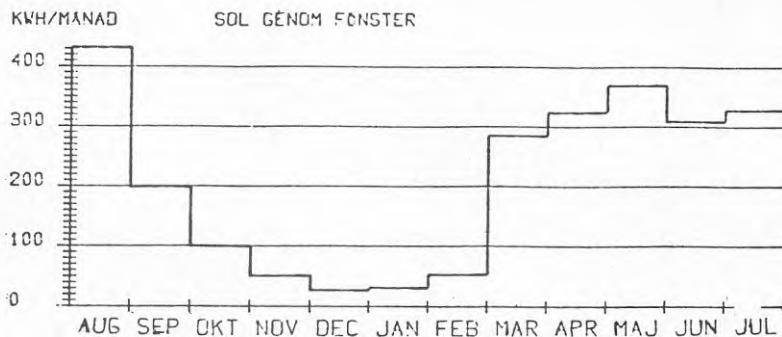
FIGUR 4

Temperaturen följer i stort under oktober - april normalåret 31-60. Endast under februari var det onormalt mildt med -2° mot $-4,2$ för normalåret. Skillnaden i energiförbrukning mellan januari och februari är i medeltal 130 kwh/30 dagar. Temperaturdifferensen mellan dessa månadser var ca 2°C . I medeltal var det ca $0,2^{\circ}\text{C}$ varmare än normalt under uppvärmningssäsongen.

Byggnadens energiförbrukning påverkas av solstrålningen på ett flertal sätt. Strålning når byggnaden genom fönster men påverkar också värmeflödet genom ytterväggar. En indirekt påverkan sker genom att belysningen är beroende av utifrån infallande ljus.

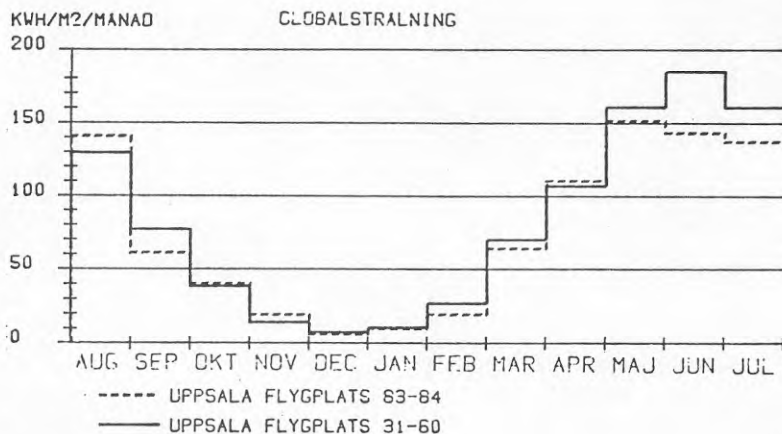
I Storvreta-projektet mäts den solstrålning som når ett av husen genom fönster mot sydväst och sydost.

FIGUR 5 visar solinstrålningen genom fönstren mot sydväst och sydost under 1983-84 summerade månadsvis



FIGUR 5

FIGUR 6 visar solstrålningen, globalstrålningen, under 83-84 och ett normalår. Mätningarna är gjorda på Uppsala flygplats och ger en indikation på att solförhållandena var normala.



FIGUR 6

Solstrålningen är mest märkbar under vårmånaderna. Det relativt stora steget mellan februari och mars beror på solens läge i förhållande till horisonten.

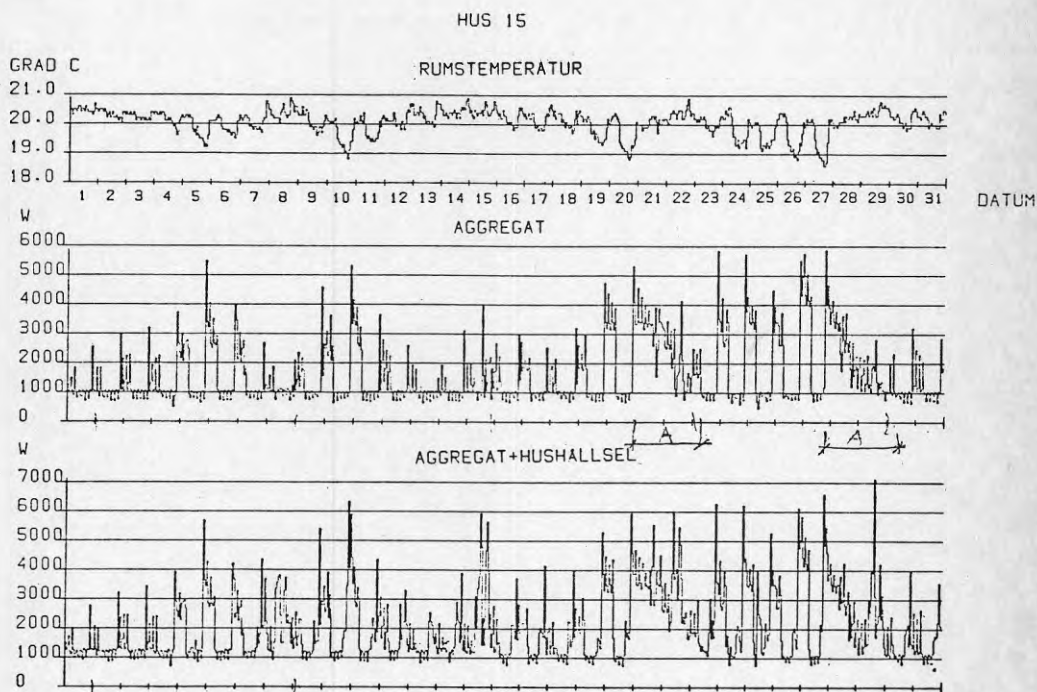
Effektförbrukning

Den tunga byggnadens värmelagringsförmåga ger möjligheter att styra energiförbrukningen i syfte att minimera energikostnaden.

Tillgängligt effektuttag samt energikostnaden och dess variation i tiden påverkar totala kostnaden.

I Storvreta tillämpas ej differentierade energitaxor, men hus 15 har ändå styrts så att tillskottsel endast varit inkopplad under tid då lågtaxa normalt tillämpas. Under dagtid svarar värmepumpen för uppvärmningen.

FIGUR 7 visar rumstemperatur och effektuttag i hus 15 under januari 1984.



A: Vid temperaturer under 19°C sätts tillsatsvärmen på dagtid under några dygn.

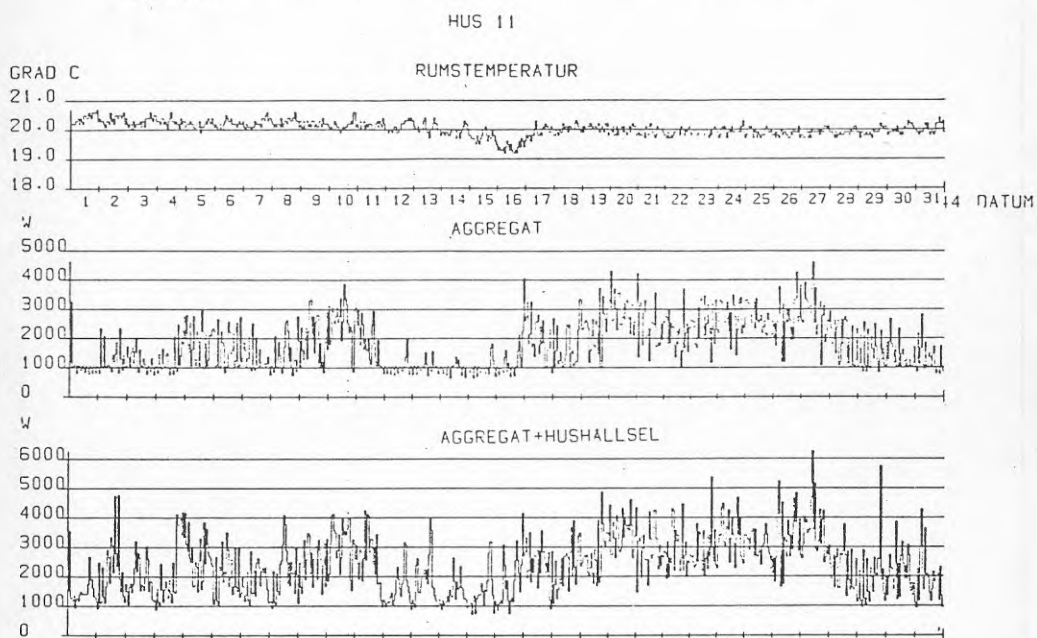
FIGUR 7

Kraven på en lägsta rumstemperatur begränsar omfördelningen av energiförbrukningen. Under den kallaste perioden har familjen kopplat in tillskottsvärme även under dagtid på helger.

Under första timmen efter inkoppling av tillskottsel är energiförbrukningen hög. En begränsning av effektuttaget under den timmen skulle sänka största effektuttag till 5 kW med undantag för en timme natten mellan 26-27/1.

Diagrammet längst ner visar total elförbrukning. Med en effektvakt skulle det totala största effektuttaget kunna reduceras.

FIGUR 8 visar motsvarande värden för ett hus där möjlighet till tillskottsel varit inkopplad hela dygnet.



FIGUR 8

Uppvärmningsaggregatet har då ett maximalt effektuttag på 4 kW med undantag för några enstaka timmar.

Driften med tillskottsel avstängd under dagtid har alltså ej medfört någon stor ökning av effektbehovet. Hushållsel och dess effektbehov påverkas av boendevanor men detta gäller även uppvärmningsaggregatets effektbehov som t ex påverkas av öppna entrédörrar.

Uppvärmningsaggregatet i hus 11 varierar något mer i effekt mellan på varandra följande timmar. Instabiliteten ökar sannolikt effektbehovet, men orsaken till svängningarna är obekant.

Värmepump

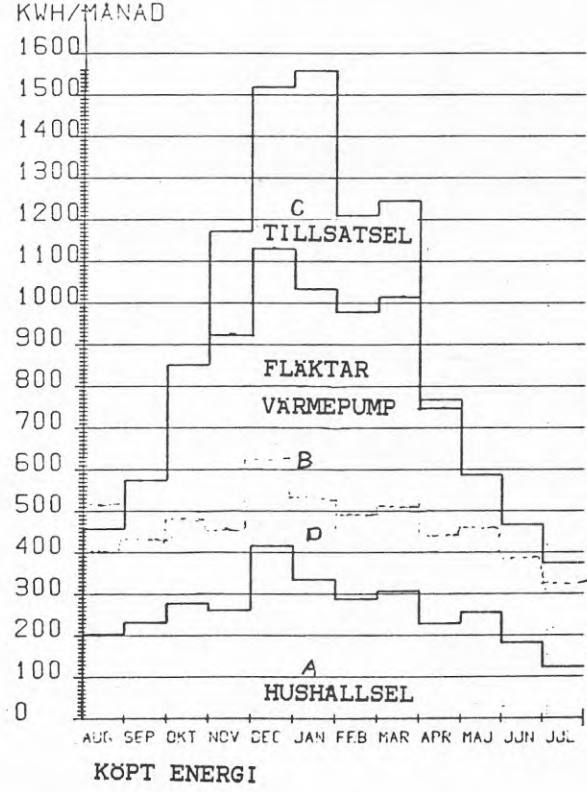
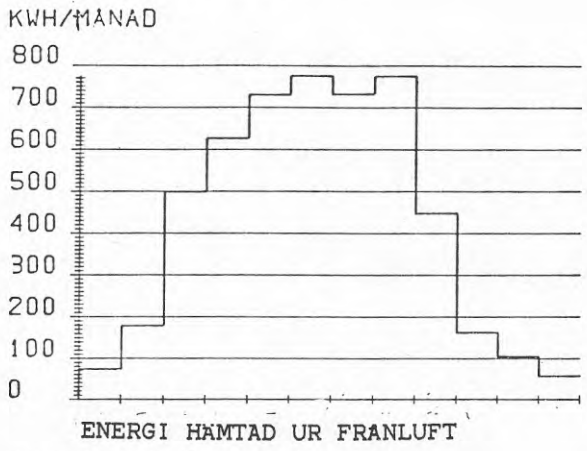
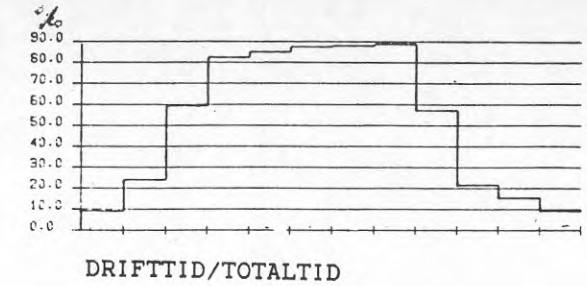
I FIGUR 2 och 3 visades hur den el som tillförs aggregatet fördelas till kompressor, fläktar och elektrisk tillskottsvärme.

Värmepumpen hämtar energi ur frånluften och sänker dess temperatur. I två av husen mäts temperatur och fuktighet före värmepumpen och temperatur efter nedkylning av luften. Dessa mätvärden tillsammans med värden från luftflödesmätning används till att beräkna den energimängd som överförs från ventilationsluftflödet. I energiberäkningen ingår förutom termisk energi även förångningsvärme och smältvärme.

FIGUR 9 visar månadssummor av ur frånluften utvunnen energi tillsammans med värmepumpens relativa drifttid under månaden.

Även under tidsperioder utan uppvärmningsbehov läcker värmeaggregatet en viss energimängd till rumsluften. Under tidsperioder utan varmvattenförbrukning eller övrig värmeförbrukning förbrukar värmepumpen 30 kWh/månad som åtgår för att hålla temperaturen uppe i vattenberedaren.

Maximal elförbrukning för värmepump och fläktar tillsammans är 700 kWh/mån.

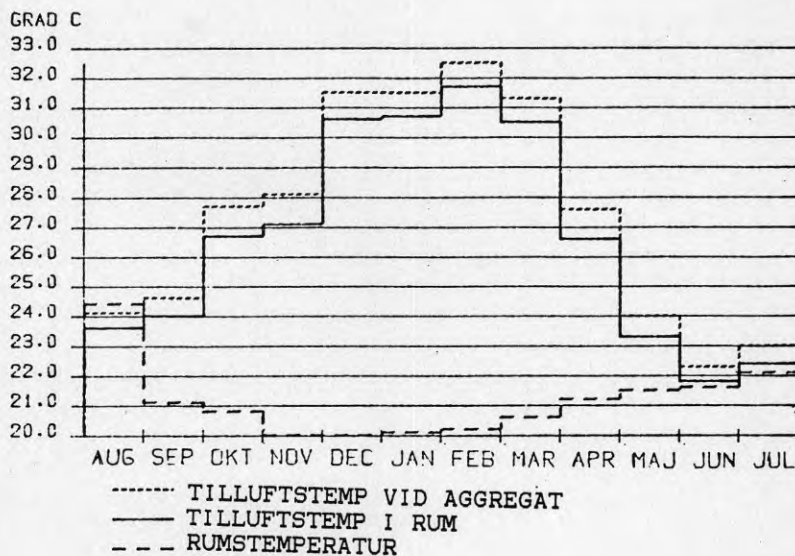


FIGUR 9

Värmedistributionssystem

Ventilationskanalerna är förlagda i mark under bottenplattan och mynnar under fönster. Tilluftstemperaturen sjunker något på vägen genom kanalerna.

FIGUR 10 visar tilluftstemperaturens månadsmedelvärde vid aggregat och vid tilluftsdon i rum. Under sommartid är temperatursänkningen ca $0,5^{\circ}\text{C}$ medan den under vintertid som mest uppgår till $1,0^{\circ}\text{C}$.

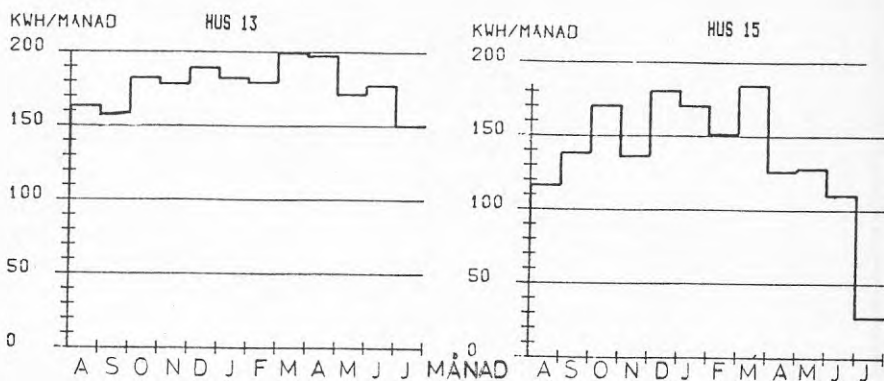


FIGUR 10

En beräkning av energiflödet från ett kanalsnitt redovisas i bilaga 6.

Varmvattenförbrukning

Varmvattenförbrukningen påverkas mindre av i vilken utsträckning familjemedlemmarna är hemma eller borta dagtid, medan förbrukningen radikalt sjunker då familjen är bortrest en längre period, vilket kan ses i hus 15 under juli.



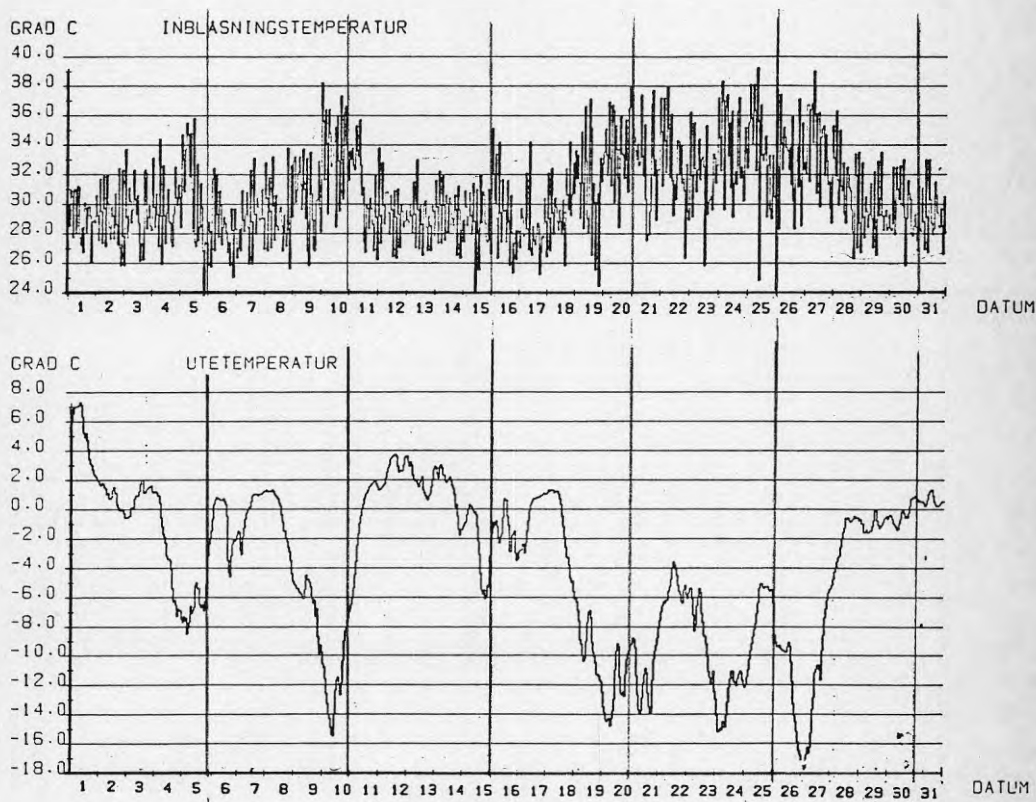
FIGUR 11 Varmvattenförbrukningen i hus 13 och 15 summerade månadsvis

Komfort

Energien från värmeaggregatet distribueras ut med varmluft.

Varmluftssystem har tidigare provats som distributionsmedium men ej fungerat tillfredsställande. Energiförbehovet har då varit för stort i förhållande till byggnadsvolymen och det har därför krävts alltför stor luftomsättning eller alternativt alltför hög tilluftstemperatur för att uppnå erforderlig värmeeffekt. Kombinationen tung stomme och luftburen värme har i Storstora visat sig fungera bra. I Storstora är tilluftsflödet två omsättningar vid uppvärmning.

FIGUR 12 visar tilluftstemperaturen uppmätt i hus 11 tillsammans med utetemperaturen under mätperiodens kallaste dagar.

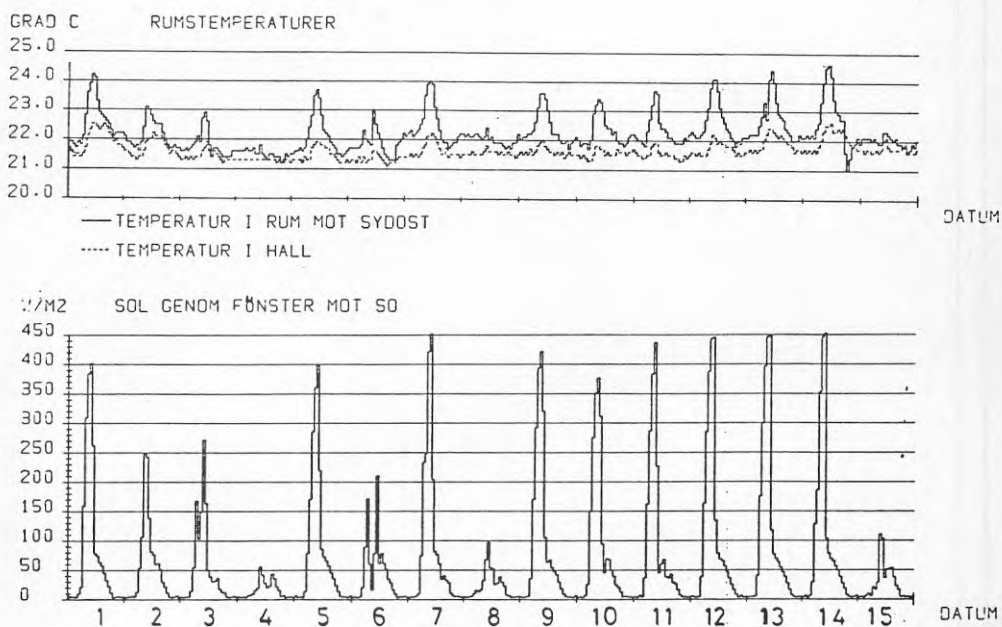


Av komfortskäl eftersträvades vid projekteringen en högsta tilluftstemperatur på 35°C . I hus 11 har tilluftstemperaturen vid speciella tillfällen överstigit 40°C med några grader. Detta har dock ej upplevts obehagligt av de boende.

Kombinationen luftburen värme och tung stomme är även fördelaktig på grund av temperaturutjämnning mellan olika rumsutrymmen. Stora lokala energitillskott fördelas effektivt till hela byggnadsstommen. Detta gäller såväl betald energi, i form av hus-hållsel, som solenergi. En sämre fördelning av värmeenergin inom huset medför att lokala energitillskott i högre grad ventileras bort där de uppstår.

FIGUR 13 visar temperaturen i returluftkanal och i ett rum mot sydost under 1 - 15 maj 1984, som är mätårets soligaste period. Returluftstemperaturen ligger sannolikt nära husets medeltemperatur.

Den fläkt som svarar för returluftsflödet förbrukar ca 150 kWh/mån under sommarmånaderna, men den jämna temperaturen är ett resultat av kombinationen retur-luft - tung byggnad.

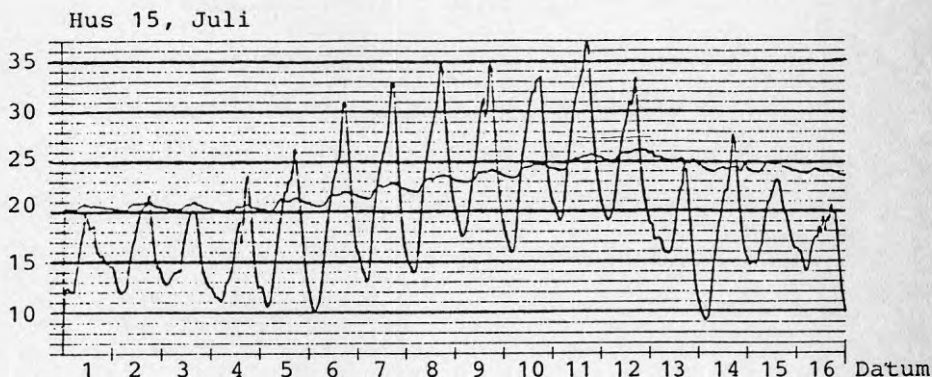


FIGUR 13

Temperaturdifferensen mellan olika rumsutrymmen uppgår som mest till 2 °C och jämnas fort ut då strålningen avtar.

Den tunga stommen jämnar ut rumstemperaturens svängningar vid ojämna energitillskott.

FIGUR 14 visar returlufttemperaturen i hus 15 tillsammans med utelufttemperaturen under mätperiodens varmaste veckor.



Temperatur inomhus jämfört med utomhustemperatur de första 16 dagarna i juli månad 1983.

FIGUR 14

Rumstemperaturen når ej upp till varmaste dygnets medeltemperatur trots att energi tillförs byggnaden i form av solstrålning och hushållsel.

Under varma somrardagar är den stora värmelagringsförmågan helt avgörande för utjämning av rumstemperaturens svängningar.

Beträffande vinterkomforten föreligger inte liknande objektiva mätningar. Man kan bara notera att när det är som kallast ute, $-20-25^{\circ}\text{C}$, känns inte varmluftströmmen 20-30 cm ovan tilluftgallret. Ej heller går det att ens de kallaste kvällar känna kallstrålning från fönster. En familj har till och med en soffa med ryggen mot vardagsrumsfönstret utan att uppleva några besvär.

Under rubriken komfort bör också noteras minskad städning på grund av den stora luftomsättningen som genom filtren gör att luftens innehåll av damm minskar. Det har inneburit att Riksförbundet mot Astma-Allergi visat stort intresse för denna form av bostad. Systemet kan lätt kompletteras med de mest effektiva filter allergiker kan behöva.

Ventilation

Enhetsaggregatets frånluftsfläkt evakuerar kontinuerligt ca 140 m³/h från badrum, kök och tvättrum. Frånluftsfläkten skapar ett undertryck i huset i förhållande till uteluften. Någon tilluftsfläkt finns ej utan uteluften sugas in genom en kanal med undertrycket i huset som drivkraft. Byggnaden är därför relativt okänslig för luftläckning. Ett fönster som öppnas till en springa medför att den luft som erfordras till frånluftsfläkten tas dels genom tilluftskanalen, dels genom fönsterspringan. Om fönstret öppnas helt försvinner undertrycket inne i huset och luft kan lämna huset även genom fönstret.

I hus 11 och 14 fönstervädras sovrummen en kort stund varje morgon. Fönstren öppnas då så mycket att det är sannolikt att den totala luftväxlingen ökar under den tiden.

KOMMENTARER TILL MÄTNINGAR OCH RESULTAT

De familjer som bor i husen har inte valts utan stått på tur i bostadskön då husen såldes. Det finns därför ingen anledning tro att förbrukningen av varmvatten avviker väsentligt från vad som gäller för befolkningen i stort. Detta kan även antas gälla för förbrukningen av hushållsel.

Det kanske också bör påpekas att några familjer tycker att uppvärmningskostnaden är så låg att det varken gör till eller från att försöka spara. Tvärtom har man råd med infravärme ute, och en elradiator i kallförrådet för att den vattenbaserade färgen ej skall förfaras.

De goda resultaten har uppnåtts trots att byggnaden innehåller mycket fukt som måste torkas bort, trots att marktemperaturen under huset under byggnadstiden hösten 1982 hade hunnit sjunka till under +10 °C och måste värmas upp och trots att värmeisoleringen till att börja med är fuktig och därmed har sämre isolerförmåga. Dessa och även andra störningar gör att det är egentligen först andra säsongen som ett riktigt resultat skulle kunna förväntas.

Projektet visar också att det inte är nödvändigt att korrigera mätresultat för att påvisa energisnålhet. I allt för många energiprojekt görs antaganden och flera tusen kWh bollas fram och tillbaka i avsikt att uppnå det förutsedda målet. I föreliggande projekt har inga mätvärden ändrats. Alla mätvärden som registrerats under tiden för BFR-projektet finns för övrigt tillgängliga för vidare bearbetning.

Avvikelser från energiprognos

		Prognos	11	13	15	17	Medel
IN	Hushållsel	4439	4078	4311	3099	3601	3772
	Aggregat	5829	8699	8740	7677	8922	8510
	Återvinning	6666	—	5014	5151	—	5083
	Summa tillförd energi	16934	—	18065	15927	—	16936
UT	Varmvatten	3285	-	2095	1640	2211	1982

Värmepumparna i hus 13 och 15 har hämtat 1583 kWh mindre energi ur frånluften än väntat. Kompressorerna har under perioden fungerat klanderfritt och kapaciteten var alltså överskattad i prognosen. Värmepumparnas värmefaktor var även den överskattad.

Förbrukningen av hushållsel var 667 kWh mindre än beräknad och förbrukningen av varmvatten hade överskattats med 1200 kWh.

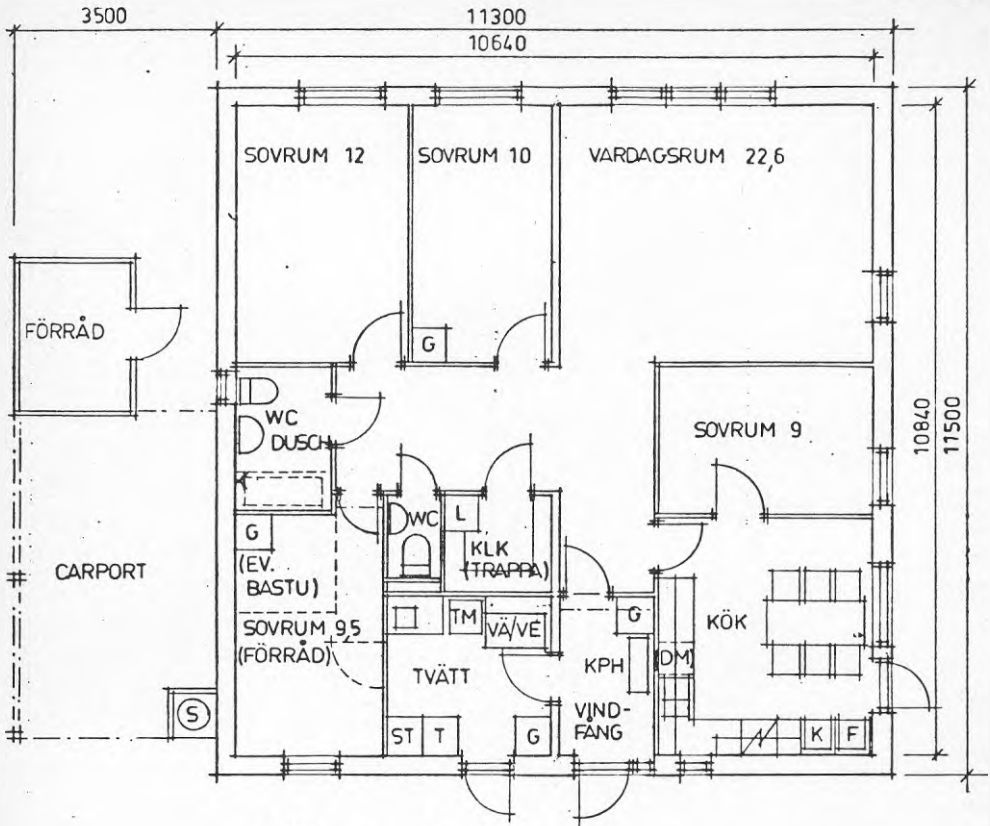
För hus 13 och 15 översteg medelvärde av inmatad energi prognosen med 62 kWh då återvunnen energi medräknas.

Slutord

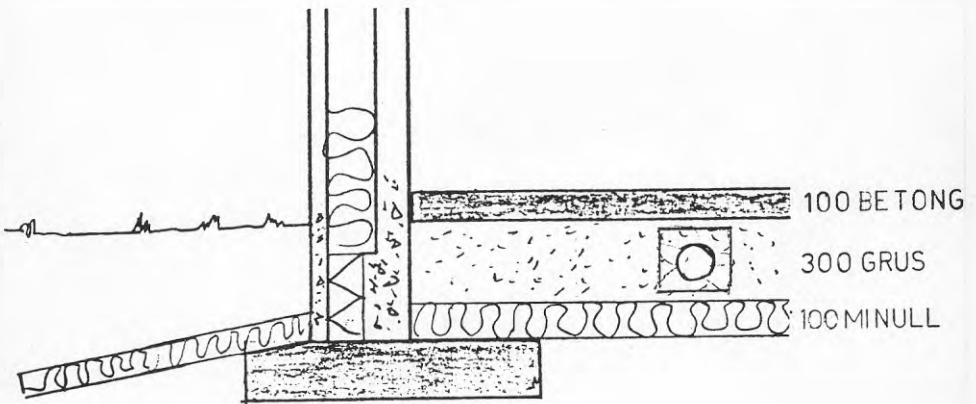
En mycket viktig erfarenhet gäller mätningarnas omfattning. Tack vare den valda detaljeringsgraden har många slutsatser kunnat dragas bland annat hur simuleringsprogram skall se ut och hur mycket av värmekapaciteten som medverkar. Det bör dock observeras att ur det senare kan inte generella slutsatser dragas, endast hur just dessa hus fungerar. För bättre generell kunskap borde även andra byggnadstyper studeras med samma förutsättningar.

Projektet har också visat att det går att åstadkomma energisnålhet i hus som bebos av normalfamiljer.





ENTRÉVÅNING 115 M²

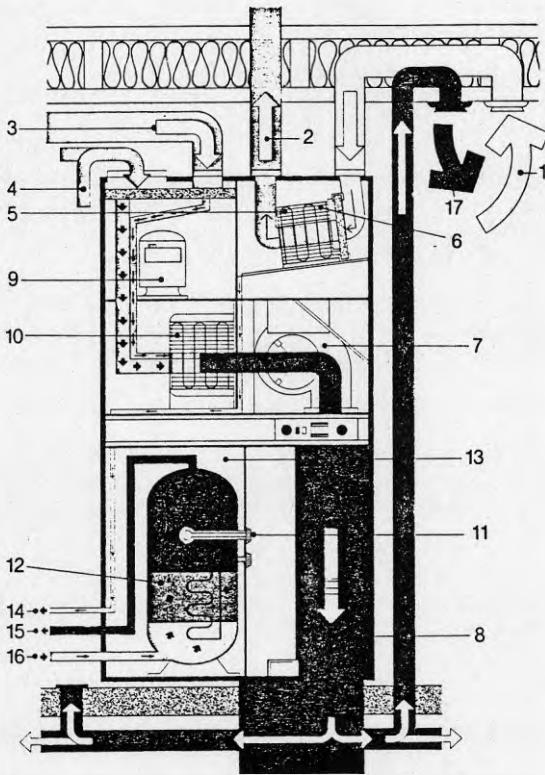


Bilaga 2

Värmeaggregatet

Värmeaggregatet - Husqvarna Upovarm - är ett kombinationsaggregat som innehåller fläktar till ventilation, frånluftsvärmepump, varmvattenberedare, elektrisk tillskottsvärme samt all erforderlig automatik. Data för aggregatet redovisas i energiprognozen bilaga 3.

Systemet är konstruerat så att man kan utnyttja all i byggnaden producerad värme utom avloppsförluster och frånluft från spiskåpan.



FUNKTIONSDIAGRAM

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Varm luft från kök, bad etc. | 9. Kompressor |
| 2. Kylt avluft till det fria | 10. Luftkyld kondensator |
| 3. Uteluft | 11. Tilläggsvärme för varmvatten |
| 4. Återluft | 12. Vattenkyld kondensator |
| 5. Frånluftsfläkt | 13. Varmvattenberedare |
| 6. Förångare | 14. Dränering |
| 7. Tilluftsfläkt | 15. Tappvarmvatten |
| 8. Tilläggsvärme för tilluft | 16. Kallvattenintag |
| | 17. Varm tilluft |

I aggregatet sänks frånluftstemperaturen till lägst -10°C . Avfrostningen sker efter tre timmars kontinuerlig gång genom att kompressorn stannar i ca 20 min. Totala gångtiden är således ca 22,5 timmar per dygn om det föreligger värmebehov. Under den tiden återvinner man även kondenserings- och isbildningsvärmerna ur fukten i frånluften.

Värmeutvinning i aggregatet

Enligt laboratoriemätningar är förångarkapaciteten ca 43 kWh/d. Med tanke på den höga relativa fuktigheten i huset, som till stor del måste bero på uttorkningen av betongstommen, ställdes köldmediets temperatur vid förångaren något högre än normalt för att minska isbildningen.

Montage av aggregat

Aggregatet är placerat på en fördelningslåda för tilluften. Fördelningslådan gjöts fast något snett, vilket medförde att aggregatet lutade. Felet åtgärdades med en ytterligare pågjutning.

Fortsättningsvis bör fördelningslådan gjutas efter golvgjutningen samt även förses med ett vinkeljärn i överkant för att klara toleransproblemen.

För att underlätta montaget bör det förses med hjul.

Aggregatet bör installeras så att det är åtkomligt från tre sidor. Skåp etc kan placeras löst intill aggregatet.

Alla anslutningar till aggregatet av kanaler och rör bör vara flexibla för att underlätta montage och hindra eventuella ljudproblem.

Ändringar av aggregatet

Värmeaggregatet var ursprungligen anpassat till vanliga hus med lätt stomme och normal otäthet. Värmesystemet styrs så att man mycket snabbt kan ändra effekten och hålla temperaturen inom snäva gränser.

I vårt fall är den tillgängliga värmekapaciteten mycket hög och tätheten betydligt bättre än normkraven. Detta gör att man kan utjämna effektbehovet inom ganska långa perioder genom att med större temperaturvariationer använda värmekapaciteten. Det är framför allt viktigt att utnyttja värmepumpen så effektivt som möjligt och försöka minska användandet av tillsatsel. Styrsystemet ändrades därför så att tillsatselen har ca $1,5^{\circ}\text{C}$ lägre styrgräns än värmepumpen.

Under intrimningsperioden upptäcktes störningar vid driften av värmepumparna. Efter noggrann undersökning konstaterades ett litet läckage vid styrfunktionen till tre strypventiler. Detta hade som följd att temperaturen vid förångare inte höll sig konstant. Efter byte av dessa strypventiler har värmepumparna fungerat klanderfritt.

BERÄKNINGAR AV ENERGIPROGNOS

Energibalansberäkning

Provhus 115 m² - 276 m³

Bruttoväggyta $2,5 \times (11,0 + 11,2) \times 2 = 111 \text{ m}^2$

	brutto	netto
Fönster SO	7,75	6,15
SW	4,85	<u>3,85</u>
		10,00 m ²
NW+NO	<u>2,30</u>	(2,00)
	14,90 m ²	

Brutto - för transmissionsberäkningar

Netto - för solinstrålningsberäkningar

Dörr	5,1 m ²
Tak och golv	120 m ²
Nettovägg	111 - 18 = 93 m ²

Transmissionsförluster:

	Yta m ²	k W/m ² , °C	k x A W/°C
Vägg	93	0,25	23,3
Tak	120	0,12	14,4
Fönster	14,9	1,8	26,8
Dörr	5,1	1,0	<u>5,1</u>
			$q_{tr} = 69,6 \text{ W/}^\circ\text{C} =$
			$= 1,67 \text{ kWh/d } ^\circ\text{C}$

Golv	120	0,2
------	-----	-----

Transmission genom golv beräknas med konstant
marktemperatur

Marktemperatur + 7 °C

Golvtemperatur + 22 °C

$T = 22 - 7 = + 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Transmission genom golv

$q_g = 120 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \times 15 \text{ }^\circ\text{C} = 360 \text{ W}$

Ventilation ut 138 m³/h
 Läckage ut 12 m³/h (vädring, öppna
 dörrar)

Systemutformning med undertryck i byggnaden och
 värmepump i frånluften gör att läckage in inte ger
 några förluster.

$$q_v = 0,33 \text{ W/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C} \times 150 \text{ m}^3/\text{h} = 49,5$$

Effektförbrukning sammanfattning

$$g_g = 360 \text{ W}$$

$$q_{tr} = 69,6 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$q_v = 49,5 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Processenergi och personvärme

	tillförd	utnyttjad
Varmvatten	9 kWh/d	3 kWh/d
Hushållsel		
Vinter (213 d)	13 --	11 --
Sommar (152 d)		
Personvärme	<hr/>	<hr/> 4 --
Summa	22 kWh/d	18 kWh/d

Totalt tillförd hushållsel:

$$152 \times 11 + 213 \times 13 = 4.441 \text{ kWh/år}$$

Varmvatten:

Tillförd energi i aggregatet	12,3 kWh/d
Förlust i aggregatet	1,3 --
Ut ur aggregatet	9,0 --

Under vintern används förlust i aggregatet till
 uppvärmning.

Totalt tillförd energi till varmvattenberedare

$$365 \times 10,3 = 3.760 \text{ kWh/år.}$$

Utetemperaturer och temperaturskillnader under året

Rumstemperatur + 20 °C

	T_u	T	$T \times 2,86$ + 8,6	- gratis 18 + vv 9
Jan	-4,4	24,4	73,4	64,4
Febr	-4,5	24,5	78,7	69,7
Mars	-1,7	21,7	70,7	61,7
April	+3,9	16,1	54,6	45,6
Maj	+9,9	10,1	37,5	28,5
Juni	+14,4	5,6		
Juli	+17,2	2,8		
Aug	+15,8	4,2		
Sept	+11,2	8,8	33,8	24,8
Okt	+5,9	14,1	48,9	39,9
Nov	+1,6	18,4	61,2	52,2
Dec	-1,3	21,3	69,5	60,5

Uppvärmningsaggregat

Kompressoreffekt 750 W

Värmefaktor 2,7

Effekter hos fläktar

Cirkulationsfläkt

Med uppvärmning 200 W

Utan uppvärmning 160 W

Cirkulationsfläkten arbetar med reducerat varvtal då uppvärmningsbehov ej föreligger.

Frånluftsfläkt 110 W

Effektförbrukning

Vinter

Kompressor 750 W

Fläktar 360 W

Sommar

Kompressor 900 W

Fläktar 270 W

Gångtid kompressorn 4 h för uppvärmning av varmvatten

$$\text{uttagen energi} = 4 \times (0,9 + 1,68) = 10,3 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{förbrukn sommartid} &= 24 \times 0,27 + 4 \times 0,9 = \\ &= 10,1 \text{ kWh/d} \end{aligned}$$

Energiinnehåll i frånluften:

$$\begin{array}{ll} \text{Temp} & + 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{RF} & 30 \% \end{array} \quad 30,5 \text{ kJ/kg}$$

Energiinnehåll i avluften:

$$\begin{array}{ll} \text{Temp} & - 10 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ \text{RF} & 100 \% \end{array} \quad - 6 \text{ kJ/kg}$$

Ventilationsflöde:

$$q_{\text{vent}} 138 \text{ m}^3/\text{h} = 0,03833 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 1,205 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{\text{vent}} = 0,03833 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,205 \text{ kg/m}^3 = 0,0462 \text{ kg/s}$$

Återvunnen effekt ur frånluft

$$0,0462 \text{ kg/s} \times 36,5 \text{ kWs/kg} = 1,69 \text{ kW}$$

Värmefaktor:

$$\frac{1,69 + 0,75}{0,75} = 3,2$$

Total energi från värmepumpen:

$$\text{Vinter } 25,5 + 37,9 = 63,4 \text{ kWh/d} = 2,64 \text{ kW (medel-effekt)}$$

$$\text{Sommar } 1,17 + 1,68 = 2,9 \text{ kW}$$

Solinstrålning/m² fönster enligt Höglund & Stephansson

	Enkel ruta		Treglasruta			Treglasruta		
	SO	NO	mot SW och SO			mot NW och NO		
			klar dag 0,75	halv- klart 0,5	mulet 0,1	klar dag 0,75	halv- klart 0,5	mulet 0,1*
Jan	1.759	146	1.319	880	176	110	73	15
Febr	3.417	402	2.562	1.709	342	302	201	40
Mars	4.483	1.014	3.362	2.242	448	761	507	101
Apr	4.905	1.951	3.679	2.453	491	1.463	876	195
Maj	4.870	2.974	3.653	2.435	487	2.231	1.487	297
Juni	4.683	3.299	3.512	2.342	468	2.474	1.650	330
Juli	4.764	2.455	3.573	2.382	470	1.479	986	197
Sept	4.208	928	3.156	2.104	421	696	464	93
Okt	3.166	372	2.375	1.583	317	279	186	37
Nov	1.675	142	1.256	838	168	107	71	14
Dec	1.045	68	784	523	105	51	34	7

* Anger koefficienter med vilka strålning genom enkelruta har multiplicerats.

Fönsteryta i exempel: 10 m² mot SW och SO
+ 2 m² mot NW och NO.

För att kompensera den eventuella horisontalvinkeln tas inte NW- och NO-fönster med i beräkningarna.

Molnighet

	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Jan	3,8	8,7	18,5
Febr	4,0	9	15,0
Mars	7,3	11,5	12,2
Apr	5,8	13,7	10,5
Maj	7,8	14,5	8,7
Juni	5,7	16,5	7,8
Juli	6,0	15,7	8,3
Aug	5,6	15,5	9,9
Sept	5,5	14,6	9,9
Okt	4,6	10,7	14,7
Nov	2,7	7,6	19,7
Dec	2,9	8,2	19,9

Värden är hämtade från mätningar i Västerås.

Temperatursjunkning utan tillsatsvärme

Kall januaridag, medelmolnighet:

$$T = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 40 \times 2,86 + 8,6 + 9 - 18 = 118 \text{ kWh/d}$$

Solinstrålning	5,1	
Värmepump in	63,4	68,5 -"-
Underskott		49,5 kWh/d

Lagringskapacitet i stomme

Betong yttervägg	93	x 0,1	= 9,3 m ³
" tak	120	x 0,1	= 12,0 "
" mellanvägg	19,5	x 0,16	= 3,1 "
			24,4 m ³

Värmekap	24,4	x 0,6	= 14,6 kWh/ ^o C
Lätta väggar + inredn			= 1,4 -"-
Summa			16,0 kWh/ ^o C

På grund av värmekapaciteten sjunker temperaturen bara $49,5/16 = 3,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ per dygn om tillsatsvärmerna inte påkopplas.

Max kapacitet utan tillsatsvärme:

Februari - medelmolnighet 11,1 kWh/d

$$63,4 = T \times 2,86 + 8,6 + 9 - 18 - 11,1$$

$$T = 26,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

Aggregatet klarar utan tillsatsvärme en medelmolnig februaridag vid $-6,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Januari:	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-64,4 kWh/d	-64,4 kWh/d	-64,4 kWh/d
Fönster in	13,1 "	8,8 "	1,8 "
Värmeaggr	63,4 "	63,4 "	63,4 "
	12,1 "	7,8 "	0,8 "
Antal dagar	3,8	8,7	18,5
	45,0 kWh	67,9 kWh	14,8 kWh

Totalt överskott 128,7 kWh.

På grund av att man inte vet de kalla periodernas längd görs ingen reduktion av energiförbrukningen.

Köpt energi = 31 (25,5 + 13 = 1.194 kWh.)

25,5 kWh/d = energi till aggregatet

13,0 kWh/d = hushållsel

Februari:	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-69,7 kWh/d	-69,7 kWh/d	-69,7 kWh/d
Fönster in	25,6 "	17,1 "	3,4 "
Värmeaggr	63,4 "	63,4 "	63,4 "
	19,3 "	10,8 "	-2,9 "
Antal dagar	4,0	9,0	15,9
	77,2 kWh	97,2 kWh	-46,1 kWh

Totalt överskott 128,3 kWh.

På grund av att man inte vet de kalla periodernas längd görs ingen reduktion av energiförbrukningen.

Köpt energi = 28 x 38,5 = 1.078 kWh.

Mars:	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-61,7 kWh/d	-61,7 kWh/d	-61,7 kWh/d
Fönster in	33,6 "	22,4 "	4,5 "
Ventilation	8,6 "	8,6 "	
Värmeaggr			63,4 "
	-19,5 "	-30,7 "	+6,2 "
Värmepump:			
(7 h)	17,0 "		
(12 h)		29,1 "	
	-2,5 "	-1,5 "	+6,2 "
Antal dagar	7,3	11,5	12,2
	-18,2 kWh	-17,3 kWh	+75,6 kWh

Värmepump vid intermittent drift:

Ventilation, förbrukad och uttagen energi 8,6 kWh/d

Värmepump, förbrukad effekt 0,75 kW

uttagen effekt

$$0,75 + 10^{-3} \times 138 \times 12,2 = 2,43 \text{ kW}$$

Totalt överskott 40,1 kWh.

Total förbrukning:

$$31 \times 38,5 - (22,5 - 7) \times 7,3 \times 0,75 - (22,5 - 12) \times 11,5 \times 0,75 = 1.194 - 85 - 91 = 1.018 \text{ kWh}$$

April:	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-45,6 kWh/d	-45,6 kWh/d	-45,6 kWh/d
Fönster in (3/4x36,8)=	27,6 "	24,5 "	5,9 "
Ventilation	8,6 "	8,6 "	8,6 "
	9,2 "	-12,5 "	-32,1 "
Varmvatten 4 (0,9+1,68)	10,3 "	10,3 "	10,3 "
Värme (0,7+1,68)			21,4 "
	1,1 "	0 "	-0,4 "
Antal dagar	5,8	13,7	10,5
	6,4 kWh	- kWh	-4,2 kWh

Totalt överskott 2,2 kWh.

Total förbrukning:

$$30 (13 + 8,6 + 4 \times 0,9) + 10,5 \times 0,7 =$$

$$= 756 + 66 = 822 \text{ kWh.}$$

Sommarfallet: Maj - september = 152 dagar.

Varmvatten 4 h

$$\text{förbrukad energi } 4 \times 0,9 = 3,6 \text{ kWh/d}$$

$$\text{utnyttjad energi } 4 \times (0,9 + 1,68) = 10,3 \text{ kWh/d}$$

Reducerad ventilation

$$\text{förbrukad energi } 24 \times 0,27 = 6,5 \text{ kWh/d}$$

Hushållsel

10 kWh

$$\text{Totalt: } 152 (3,6 + 6,5 + 10) = 3.055 \text{ kWh}$$

Redovisad förlust

$$\text{i aggregatet: } 152 (10,3 - 9) = 198 \text{ kWh}$$

Oktober:	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-39,9 kWh/d	-39,9 kWh/d	-39,9 kWh/d
Fönster in	23,8 "	15,8 "	3,2 "
Ventilation	8,6 "	8,6 "	8,6 "
	-7,5 "	-15,5 "	-28,1 "
Varmvatten			
4 (0,9+1,68)	10,3 "	10,3 "	10,3 "
Värme			
9 (0,7+1,68)			21,4 "
	2,8 "	-5,2 "	3,6 "
Antal dagar	4,6	10,7	14,7
	12,9 kWh	-55,6 kWh	52,9 kWh

Totalt överskott 10,2 kWh.

Total förbrukning:

$$31 (13 + 8,6 + 4 \times 0,9) + 14,7 \times 9 \times 0,7 = \\ = 761 + 82 = 863 \text{ kWh.}$$

November	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-52,2 kWh/d	-52,2 kWh/d	-52,2 kWh/d
Fönster in	12,6 "	8,3 "	1,7 "
Ventilation	8,6 "	8,6 "	8,6 "
Varmvatten			
4 (h)	10,3 "	10,3 "	10,3 "
	-20,7 "	-25,0 "	-31,6 "
Värme:			
9 h	21,4 "		
11 h		26,2 "	
14 h			33,3 "
	0,7 "	1,2 "	1,7 "
Antal dagar	2,7	7,6	19,7
	1,9 kWh	9,1 kWh	33,5 kWh

Totalt överskott 44,5 kWh.

Total förbrukning:

$$30 (13 + 8,6 + 4 \times 0,9) + (9 \times 2,7 + 11 \times 7,6 + \\ + 14 \times 19,7) \times 0,7 = 756 = 1.025 \text{ kWh.}$$

December:	klara dagar	halvklara dagar	mulna dagar
Behov	-60,5 kWh/d	-60,5 kWh/d	-60,5 kWh/d
Fönster in	7,8 "	5,2 "	1,0 "
Värmeaggr	63,4 "	63,4 "	63,4 "
	10,7 "	8,1 "	3,9 "
Antal dagar	2,9	8,2	19,9
	31,0 kWh	66,4 kWh	77,6 kWh

Totalt överskott 175 kWh.

På grund av att man inte vet de kalla periodernas längd görs ingen reduktion av energiförbrukningen.

Total förbrukning = 31 (25,5 + 13) = 1.194 kWh.

Total förbrukning under helt år	<u>10.248 kWh</u>
Redovisat överskott	529 kWh
Varmvattenförlust under sommaren i aggregatet	198 kWh
Förbrukning för ventilation under sommaren = 20 x 152 x 0,27 =	821 kWh

Sammanställning av energiomsättning

Månad	ENERGIFÖRBRUKNING			ENERGITILLFÖRSEL				
	Trans- mission	Venti- lation	Varm- vatten	Solin- instrål- ning	Åter- vin- ning	Hush.- el	Agg- regat	Köpt energi
Jan 31	1530	900	279	160	1175	403	790	1194
Feb 28	1387	816	252	310	1061	364	714	1078
Mar 31	1390	801	279	578	782	403	615	1018
Apr 30	1065	575	270	558	363	390	432	822
Maj 31	790	373	279	-	210	341	282	623
Jun 30	539	200	270	-	203	330	273	603
Jul 31	412	103	279	-	210	341	282	623
Aug 31	484	155	279	-	210	341	282	623
Sep 30	699	314	270	?	203	330	273	603
Okt 31	997	531	279	326	426	403	460	863
Nov 30	1180	657	270	131	648	390	635	1025
Dec 31	<u>1370</u>	<u>786</u>	<u>279</u>	<u>85</u>	<u>1175</u>	<u>403</u>	<u>791</u>	<u>1194</u>
	11843	6211	3285		6666	4439	5829	10269

"Referenshus"

Jämförelse med "vanligt" hus utan värmeåtervinning.
Golvet tas med i övrig redovisning av transmissions-
förluster.

q_{tr}	93,6 Wh/°C
$q_v = 0,33 \times 138$	45,5 -"-
läckage 0,2 oms ($n_{50} = \text{ca } 3$)	
$q_l = 0,33 \times 55,1$	<u>18,2 -"-</u>
$q = 157,3 \text{ Wh/}^\circ\text{C}$	
$= 3,78 \text{ kWh/d }^\circ\text{C}$	

Uppsala - 3.849 graddagar för uppvärmning

$$T_i = + 17 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{värme}} = 3.849 \times 3,78 = 14.549 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{hushåll}} = 4.441 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{varmvatten}} = 9 \times 365 + 198* = 3.483 \text{ kWh}$$

* förlust under sommaren

$$Q = 22.473 \text{ kWh}$$

Tillägg för ventilation 0,11 kW (F-vent)

$$Q_{\text{vent}} = 8.760 \times 0,11 = 964 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{tot}} = 22.473 + 964 = 23.437 \text{ kWh}$$

Bilaga 4

Grundmätning

1. E_H - hushållsel
 $d^H = 0,04$ kWh
2. E_A - energi till aggregatet
 $d^A = 0,04$ kWh

Anger den totala energi som tillförs aggregatet. En mera detaljerad kunskap om fördelningen av energi är onödigt komplicerad för husen med enbart grundmätning. Noggrannare registrering av energin utförs i husen med detaljmätning.

3. T_i - återluftstemperatur (innetemperatur)
 $d^i = 0,2$ °C

Denna temperatur motsvarar medeltemperatur i byggnaden. Givaren placeras i närheten av aggregattermostaten.

Registreringen i datorn är för alla temperaturmätningar $0,1$ °C.

4. T_t - tilluftstemperatur
 $d^t = 0,2$ °C

Temperaturen på luften omedelbart efter aggregatet.

5. Q_{VV} - energi till varmvatten
 $d^{VV} = 0,04$ kWh

Q_{VV} anger den energimängd som tillsätts varmvatten i aggregatet. Mäts vid aggregatet som skillnad i energimängderna mellan inkommande kallvatten och utgående varmvatten.

Utöver dessa kontinuerliga mätningar mäts luftflöden manuellt två gånger om året vid punkterna där kontinuerlig flödesmätning utförs enligt detaljmätningsprogrammet. Dessutom utförs täthetsprovning av husen och kontroll av undertryck vid normal drift.

Detaljmätning

11. Q_{SO} - solstrålning sydost
 $d = 0,01 \text{ kW/m}^2$
12. Q_{SW} - solstrålning sydväst

Total strålning mot respektive väderstreck. Mätning utomhus kräver mycket avancerad utrustning och komplicerade beräkningar för att resultaten skall få tillräcklig noggrannhet. För forskningsprojektet vore det lämpligare att mäta strålning innanför fönster. Diskussioner med SMHI har antytt att detta vore en både enklare och säkrare metod. Dessvärre finns inte tillräckliga tester av inomhusmätning. SMHI har dock för avsikt att i mån av resurser försöka utvärdera en sådan metod i Norrköping under sommaren 198

11 och 12 mäts vid ett hus

13. T_u - utetemperatur
 $d^u = 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$

14. T_{in} - tilluftens temperatur vid inblåsning till rummet
 $d = 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_t - T_{in}$ anger kanalförluster och trögheten i systemet.

Man får grunddata till framtida studier i vad mån kanalerna i golv skall vara isolerade eller inte. Mäts bara på ett ställe i vardera huset.

15. F_i - återluftsflöden, ca 450 m³/h
 $d_i = 5 \% (30 \text{ m}^3/\text{h})$

Aggregatet är så styrt att tilluftsflödena minskar när värmebehovet sjunker.

16. T_{av} - temperatur i avluften när kompressorn är i drift
 $d = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$

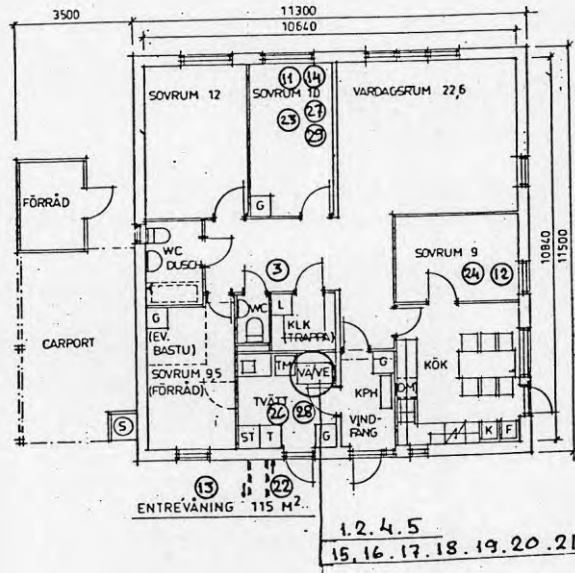
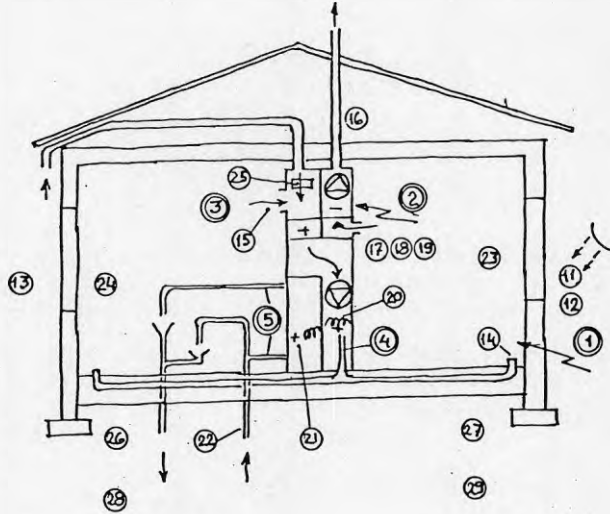
Mäts i kanalen efter aggregatet.

17. F_{fr} - frånluftsflödet
 $d_{fr} \pm 5\%$ (7 m³/h)
 Mäts i frånluftskanalen strax före aggregatet.
18. ϕ_{fr} - relativ fuktighet i frånluften
 $d_{fr} \pm 1\%$
 Mäts vid samma ställe som F_{fr} .
19. T_{fr} - frånluftstemperatur under tiden
 kompressorn är igång
 $d = 0,2$ °C
 Mäts vid samma ställe som F_{fr} .
20. Q_{tl} - energiförbrukning för tilläggsvarme -
 luft
 $d = 0,04$ kWh
 Aggregatet är försett med 6 x 0,75 kW elbatterier. Man mäter energimängden som tillförs dessa batterier.
21. Q_{tvv} - energiförbrukning för tilläggsvarme -
 varmvatten
 $d = 0,1$ kWh
22. F_{kv} - kallvattenflöden
 $d_{kv} = 0,01$ m³
 Mäts vid vattenmätaren
23. T_O - temperatur i ett rum mot sydost
 $d = 0,2$ °C
24. T_W - temperatur i ett rum mot sydväst
 $d = 0,2$ °C
25. h_k - gångtid för kompressorn
 $d_k = 4$ sek

- 26. T_m - temperaturen i marken under ett av
- 27. huse
- 28. $d = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- 29.

Mätningar utförs i två lägen med givarna 0,75 m och 1,50 m under färdigt golv.

Antalet mätpunkter kan vid behov ökas genom att man borrar in givarna utifrån under huset.



Bilaga 5

Täthetsprovningar	1984-08-08	Plogtjärnev	15 o. 17
"	1984-08-09	"	11 o. 13

Resultat uppmätt vid 50 Pa tryckdifferens

Hus	Läckning m ³ /h	Otätthets- faktor oms/h	Bilaga
Plogtjärnev 11	260	0,91	1, 2
13	310	1,08	3, 4
15	390	1,36	5, 6
17	355	1,24	7, 8

Kommentar

Läckaget spårades med Wallac-instrument till:

- Tak och lucka av trä till vind i hus nr 15, 17
- Fogar mellan väggelement i hus nr 11, 17
- Takvinkel i hörn mellan vägg - bjälklag av betong - i samtliga hus
- Rör genomföringar, fönster, dörrar i samtliga hus

Resultat uppmätta vid 50 Pa

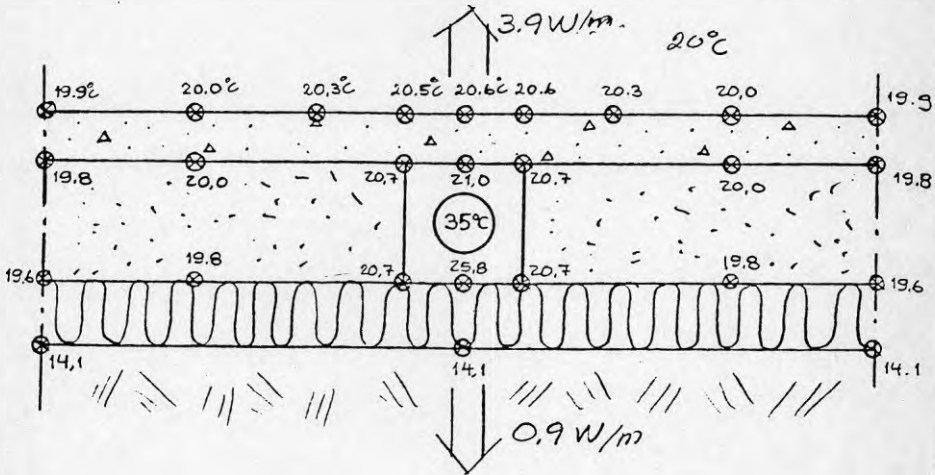
	m ³ /h	oms/h
Plogtjärnev 11 (52:3)	150	0,54
Plogtjärnev 13 (52:4)	200	0,72
Plogtjärnev 15 (52:5)	200	0,72
Plogtjärnev 17 (52:6)	180	0,65
<hr/>		
Snitt	183	0,64

Läckvägar: Rör genomföringar
Träkonstr. med lucka till vind
Dörrar och fönster

Bilaga 6

En del av den energi som avgår från kanalerna leds neråt i marken, men det mesta går uppåt och kommer huset till godo.

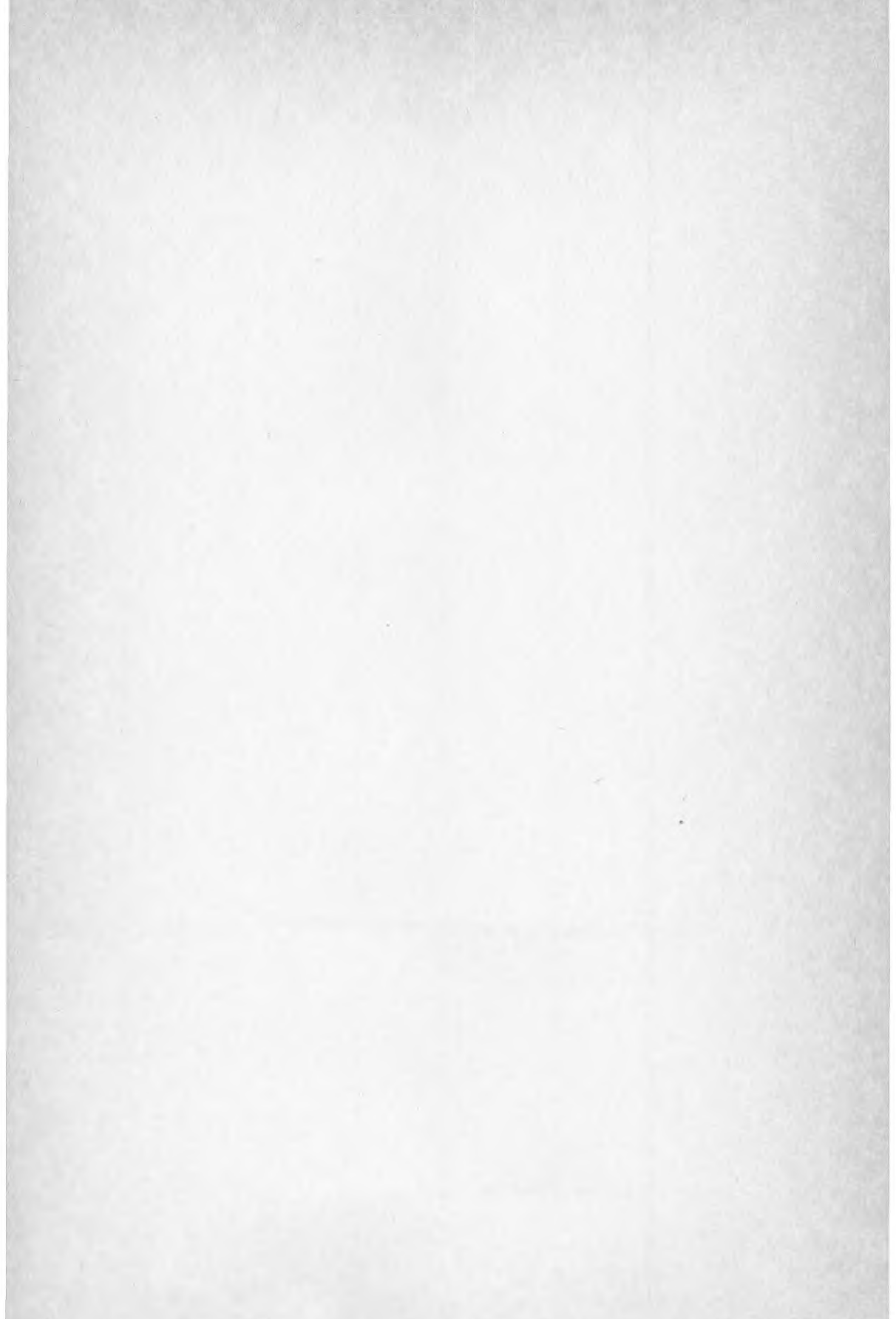
FIGUR 9 visar en tvådimensionell beräkning av energiflöden och temperaturer kring en ventilationskanal vid fortvarighetstillstånd. Beräkningen har utförts med beräkningsprogrammet TESTAT.

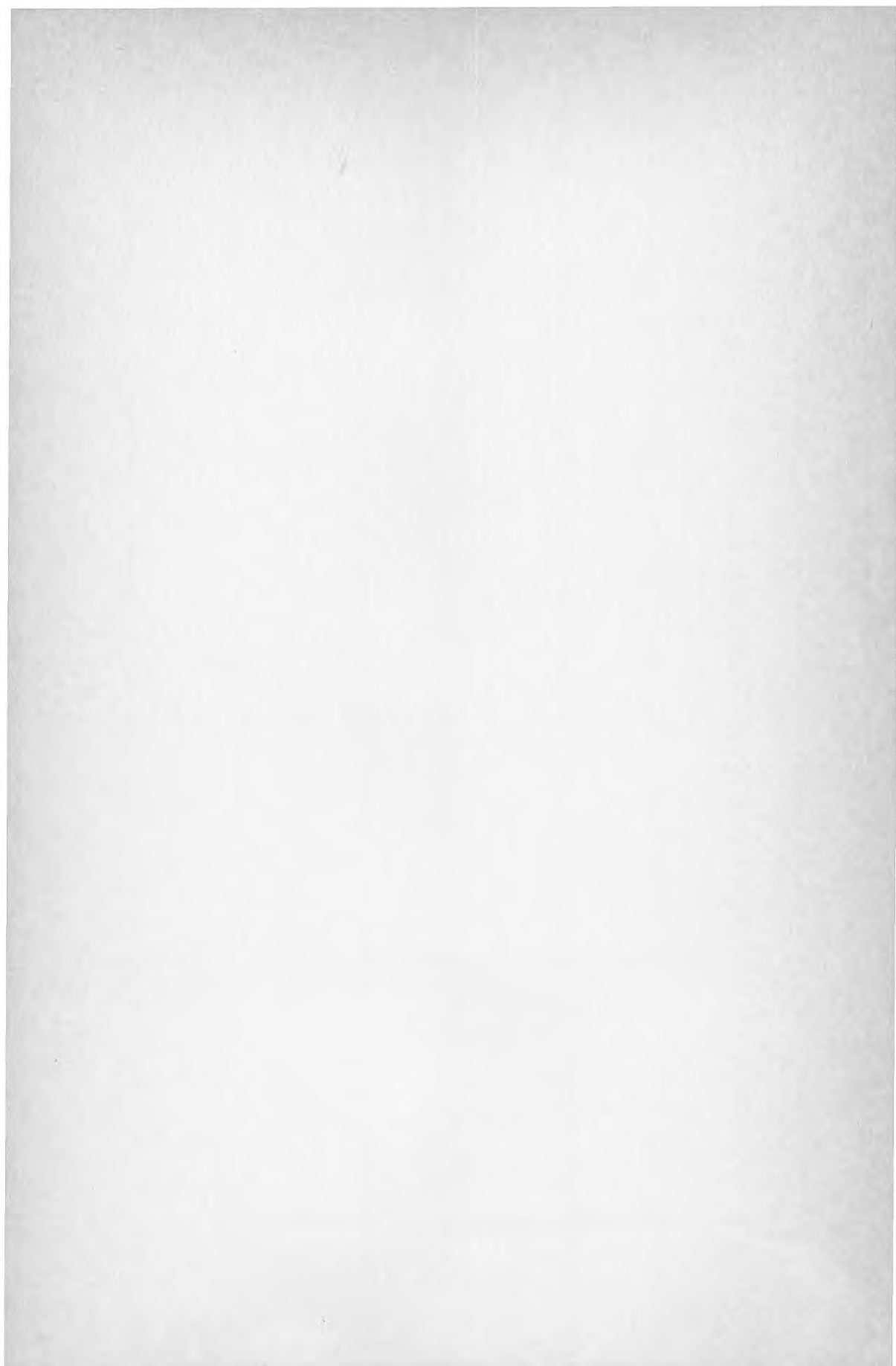


FIGUR 9

Vid tillufttemperaturen 35 °C avger ventilationskanalen 4,8 W/m. Av den effekten avges 3,9 W till byggnaden och 0,9 W till underliggande mark.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810437-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Tyréns
Företagsgrupp AB, Sundbyberg.**

R61:1988

ISBN 91-540-4912-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708061

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

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

Cirkapris: 36 kr exkl moms