



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

R40:1983

**Solfångare och värmelager
i ett system med luft som
energibärare**

Hans Ottosson

R40:1983

SOLFÅNGARE OCH VÄRMELAGER I ETT
SYSTEM MED LUFT SOM ENERGIBÄRARE

Hans Ottosson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770723-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Linköpings Tekniska Högskola, Linköping.

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

R40:1983

ISBN 91-540-3914-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

I N N E H Å L L

1.	FÖRORD.....	5
2.	UTVECKLINGSARBETE.....	7
2.1	Bakgrund	
2.2	Utveckling solfångare	
2.3	Utveckling energilager	
2.4	Utveckling system	
2.5	Utveckling reglerteknik	
3.	HUSBESKRIVNING - Projekt Malmslätt.....	24
3.1	Byggnadskropp och planlösning	
3.2	Konstruktionsuppgifter	
4.	UPPVÄRMNINGSSYSTEM.....	29
4.1	Transmissions/ventilationsförlustberäkningar	
4.2	Fjärrvärmehuset HUS-F	
4.3	Solenergihuset HUS-S	
4.3.1	Allmän beskrivning	
4.3.2	Solfångarsystem	
4.3.3	Reglersystem	
4.4	Nattelhuset HUS-N	
5.	INSTALLATIONSERFARENHETER.....	46
5.1	Fjärrvärmehuset HUS-F	
5.2	Nattelhuset HUS-N	
5.3	Solenergihuset HUS-S	
6.	MÄTTEKNISK INSTALLATION OCH MÄTDATABEHANDLING... 53	
6.1	Målsättning	
6.2.	Utförande	
6.3	Utvärderingsplan	
6.3.1	Energijämförelse	
6.3.2	Systemstudier	
6.4	Mätdatainsamlingsexempel	
6.5	Exempel på mätdatabehandling	
6.5.1	Husmedeltemperaturer	
6.5.2	Solfångarprestanda	
6.5.3	Elbatteriernas effekt och drifttider	
6.5.4	Energibalans	
7.	RESULTATBEARBETNING OCH KOMMENTARER.....	65
7.1	Oktober månad 1980	
7.2	November månad 1980	
7.3	December månad 1980	
7.4	Januari månad 1981	
8.	TÄTHETS/VENTILATIONSKONTROLL.....	95
9.	JÄMFÖRELSE R MELLAN LUFT- OCH RADIATORSYSTEM....	100
10.	SAMMANFATTNING.....	103
11.	REFERENSLISTA.....	107

1. F Ö R O R D.

Denna rapport utgör en sammanfattning av ett projektarbete, som tog sin början 1976. Huvuddelen av rapporten ägnas emellertid den senare fasen av projektet - tre försöks- och uppförda i samhället Malmslätt utanför Linköping. Kortfattade återblickar ges dock i rapporten till tidigare avsnitt av arbetet, speciellt under kapitel 2 - UTVECKLINGSARBETE.

Projektet har utgjort ett intimt samarbete mellan Kvissberg & Bäckström Byggnads AB och Linköpings tekniska högskola. Som projektledare vill jag rikta ett varmt tack till Lars Kvissberg och Carl-Owe Bäckström, som under hela projekttiden på olika sätt bidragit till och stött verksamheten. Genom att industriella synpunkter blandats med högskoleinriktad arbetsmetodik har projektet fått en förankring i hård ekonomisk verklighet, samtidigt med att högskolan via examensarbeten och laborationer kunnat dra nytta av verksamheten. Jag vill även rikta ett varmt tack till Styrelsen för teknisk utveckling, som under komponentarbetet anslagit medel till prototypförsök, liksom till Statens Råd för Byggnadsforskning, som bidragit med anslag till projektet i form av försöksprojekttering, experimentbyggnadslån och mättekniska kostnader.

Ett varmt tack riktas också till de personer, som under längre eller kortare tider varit verksamma i projektet. Deras medverkan i projektet nämns nedan i kronologisk ordning.

Leif Ekström - under projekttiden doktorand vid institutionen för fysik och mätteknik, numera anställd vid Statens Provningsanstalt i Borås, arbetade främst med frågor kring energilagringsproblematiken i stenmagasin <4>. Leif Ekström deltog dessutom i den inledande förundersökningen <1>, samt i utvärderingen av tegeltak som absorbatorelement för solfångare <3>.

Jan Lind - som i sitt examensarbete studerade solfångare med luft som värmebärare <5>.

Hans Eek - arkitekt vid EFEM arkitektkontor och projektledare för Kedum-projektet, för värdefulla diskussioner kring systemutveckling av luftburna solenergisystem <18>.

Lars-Owe Grudeborn - Teknisk Utveckling HB, för väsentlig information kring husets interna luftdistributionssystem, samt sättet att tillföra cirkulationsluften till respektive rum. En stor del av underlaget utgörs av ett examensarbete utfört av Thomas Hallen vid Chalmers tekniska högskola <19>, ursprungligen initierat av Lars-Owe Grudeborn.

Ingemar Söderlund - bearbetade i sitt examensarbete reglerproblem för soluppvärmda småhus <8>.

Ingemar Persson, Staffan Persson - studerade som examensarbetare mätdatabehandling för soluppvärmda hus <9>.

Lennart Ljung - professor i reglerteknik, deltog i arbetet som handledare för de båda ovan nämnda examensarbetena.

Lars Karlsson - under projekttiden assistent vid institutionen för fysik och mätteknik, numera anställd vid Diab Barracuda AB i Gamleby, var den drivande kraften bakom tillkomsten av en moduluppbyggd, mikrodatorstyrd mätstation. Utan det grundläggande arbete Lars Karlsson bidrog med, hade mätarbetet avsevärt försvårats i de tre försökshusen i Malmslätt <10>. Lars Karlsson deltog likaledes i arbetet med att utveckla ett mikrodatorstyrt reglersystem för försökshuset <11>.

Bo Karlsson - huvudsakligen ansvarig för programutvecklingen till reglerdatorn i försökshuset, har även på ett aktivt sätt bearbetat de komponent- och installationstekniska frågorna i försökshuset <11>.

Håkan Walletun, Anders Ödmark - bidrog på ett mycket värdefullt sätt till projektets utvärdering i form av sitt examensarbete, som huvudsakligen tog fasta på programutveckling i samband med mätdataöverföring till och behandling på stordatorsystemet vid tekniska högskolan <12>.

Hans Bäckberg, Hans Coster - Chalmers tekniska högskola, för arbetet med täthets- och ventilationsmätningarna i försökshuset.

Janos Hetenyi, Geron Johansson, Knut-Olof Lagerkvist - Statens Provningsanstalt i Borås, genom sin undersökning av långtidsstabiliteten hos Thermol 81, produktnamn för det i energilagret slutligen använda energilagringssystemet huvudsakligen innehållande kalciumkloridhexahydrat för smältvärmelagring <13>.

Ett varmt tack riktas dessutom till professor Paul Moses, Dow Chemical Comp., Midland USA, för diskussioner i samband med utnyttjande av kalciumkloridsaltet för smältvärmelagring, Stan Schlorholtz, Steve Campbell och Leonard Lee, Pipe System Inc. S:t Louis USA, för värdefull information vid utnyttjande av Thermol 81 i energilagret, Roger Peterson, som under långa tidsavsnitt deltagit i projektet som tekniker, samt till de lärare och elever från yrkesskolan i Linköping, som uppfört husen.

Sist, men inte minst, riktar jag ett varmt tack till professor Björn Karlsson, ämnesområdet energisystem vid tekniska högskolan i Linköping, som hjälpt till med att läsa och korrigera texten vid rapportens bearbetning.

Linköping 1982-12-20

Hans Ottosson
projektledare

2. UTVECKLING SARBETE.

2.1 Bakgrund.

I det nu rapporterade projektarbetet, som hade sin egentliga början 1976 i form av en förundersökning <1>, har luft som värmebärare haft en dominerande roll. Målsättningen har varit att försöka nå fram till ett ekonomiskt uppvärmningssystem, där solenergitekniska fördelar skulle kunna utnyttjas på ett kostnadseffektivt sätt. De ekonomiska frågorna har därför haft en framskjuten roll, och har under hela projekttiden utgjort ett väsentligt styrmedel i verksamheten.

Tre förväntade förutsättningar har varit drivfjäder under arbetet:

- * Genom de krav bygglagstiftningen ställt på täthet i huskonstruktionen, ökade kravet samtidigt på sättet att ventilerat huset. Till/frånluftssystem till husets alla delar föreföll som en naturlig konsekvens. Med ett, jämfört med enbart ventilationsbehovet, ökat luftflöde borde därför även husets uppvärmning samtidigt kunna lösas, med en ur kostnadsynpunkt fördelaktig metod. Storleken på de erforderliga luftmängderna per rum, i nybyggda, täta och välisolerade konstruktioner syntes inte avskräckande vid de preliminära beräkningarna (se sid 27-28).
- * Med luft som värmebärare kan lågtemperaturteknik användas, dvs redan små temperaturförhöjningar, några få grader över rumstemperatur, utgör ett energibidrag. Enkla och relativt billiga solfångare med luft som värmebärare borde kunna inkluderas i tak-/fasadelementen utan alltför stor kostnadssökning.
- * Den lägre värmekapaciteten hos luft jämfört med andra traditionella värmebärare gör att systemets termiska tröghet likaledes blir mindre. Korta tidsintervall med sol (t ex vid varierande molnighet) borde därmed kunna nyttiggöras till skillnad mot de trögare systemen.

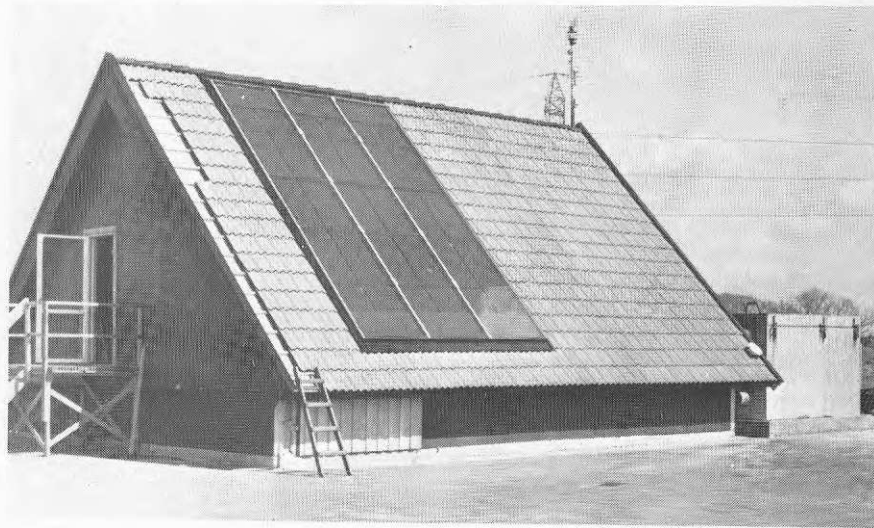
Projektet gavs även målsättningen att jämföra ett traditionellt, vattenburet system med ett luftburet uppvärmningssystem, i vilket solfångare och energilagrar även ingick.

Följande frågeställningar bedömdes som intressanta:

- * energitekniska systemjämförelser
- * installationstekniska systemjämförelser
- * energilagerfunktionen vid nattelackumulering
- * solfångarfunktionen

Med dessa huvudmotiv inleddes projektarbetet med komponenttekniska försök genom anslag från STU <2>. Under våren 1977 resulterade verksamheten i ett enkelt, marksockelmonterat tak på vilket solfångaren byggdes, och där plats reserverades för test av nykonstruktioner. Energilagringen skedde i ett stenmagasin, uppfört bredvid taket. Den experimentella uppställningen har bl a beskrivits i en rapport av Henry Hedman, Studsvik Energiteknik AB <32>.

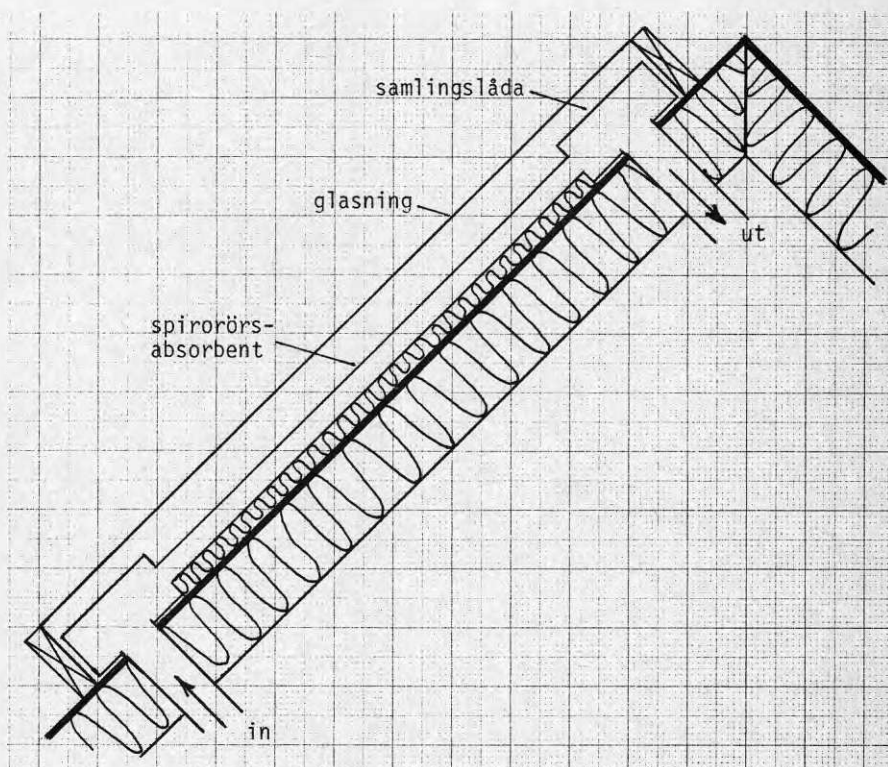
Utvecklingsarbetet utfördes till största delen med hjälp av testtaket, och senare det hus, som färdigställdes (1978), genom att taket lyftes upp, och en undervåning monterades. Möjligheten att fritt pröva nya systemlösningar, energilager etc utan hänsyn till boendetekniska frågor, har avsevärt underlättat utvecklingsarbetet.



Figur 1. Testtaket med en prototypsolfångare. Till höger ses energilagret.

2.2 Utveckling solfångare.

Vikten av att utforma systemlösningen på sådant sätt att fullgod täthet kunde uppnås, medförde att standardkomponenter, om vilka tidigare erfarenhet fanns, utnyttjades i så stor utsträckning som möjligt. I den första solfångaren utgjordes därför absorbatoren av 48 spirorör (diameter 50 mm, längd 4660 mm) parallellt monterade till två samlingskanaler för in/ut-luft.



Figur 2. Spirorör-solfångarens konstruktion.

Den effektiva absorbatorens uppgick till 14.8 m², inklusive samlingskanalerna, medan glasningen upptog 20.2 m². Skillnaden i yta representeras av avstånden mellan spirorören, vilka måste lämnas av monterings tekniska skäl. Spirorören målades svarta (3M, 2010 Nextel Velvet Black) och solfångaren försågs med enkelglasning. För isolering mot bakåtförluster användes 100mm Gullfiberisolering.

Anslutningen mellan samlingskanalernas stoser och spirorören gav upphov till monteringsmekaniska problem ur såväl installations- som täthetssynpunkt, men detta bedömdes som lösbart via gummimanschetter eller motsvarande. Ytbehandlingen har visat sig vara förvånansvärt opåverkad av de korrosions- och termiska påkänningar solfångaren utsatts för sedan den monterades, och är fortfarande i stort sett intakt (1982).

Solfångaren gav medelverkningsgrader omkring 50%, och mätningar visade en homogen och väl fördelad luftflödesbild i samtliga rör.

Typiska driftsdata:

Luftflöde in: 1170 m³/h

ut: 1098 m³/h

Läckage : 72 m³/h (*)

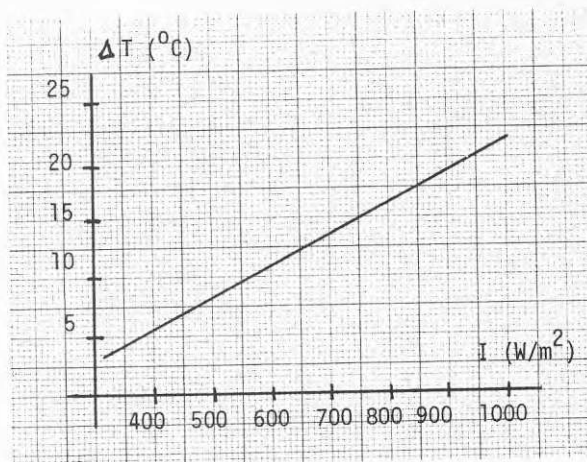
Lufthast. : 3,5 m/s

FR : 0,76

$\alpha \bar{t}$: 0,86

UL : 7,6 W/m², °C

(*) Läckaget på 72 m³/h får huvudsakligen tillskrivas otätigheter i anslutningarna mellan spirorören och samlingslådorna.

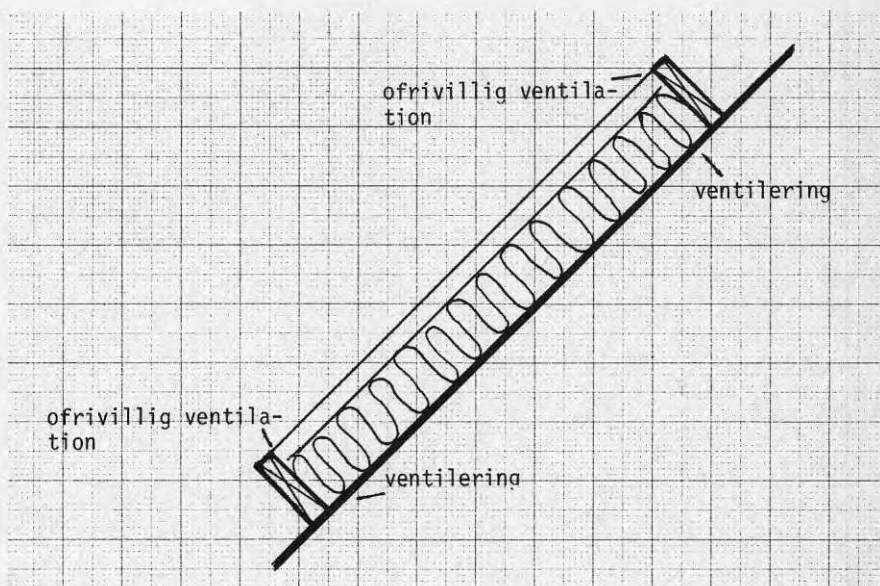


Figur 3. Temperaturförhöjning över solfångaren som funktion av irradiansen. Tomg. = 0 - -5°C. Tin = 20°C.

Sommartid var vanligen uttemperaturen från solfångaren omkring 50 - 70 °C vid irradianser på 600 - 800 W/m², samt vid en in-temperatur till solfångaren från energilagret på 30 - 50 °C. Det luftburna solfångarsystemet kunde med värmeväxlare således även användas för varmvattenproduktion.

Ett problem har varit läckage i ramverket runt solfångaren, som medfört att damm och frömjöl sugts in i solfångaren av konvektionsluftströmmen mellan absorbatoren och glasningen, varefter dammpartiklarna avsatts på absorbatorrörens yta.

En eventuell lösning av detta problem är att ventilera solfångarkassetterna underifrån, genom att förse låd-konstruktionen med hål i under- respektive överkanten.

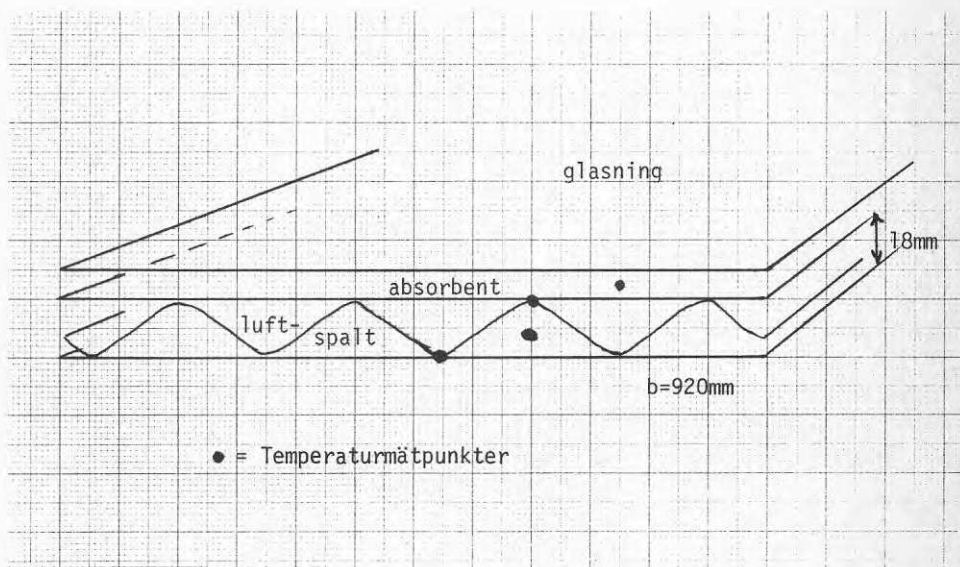


Figur 4. Läckageproblem i ramverket förorsakar deponering av damm och frömjöl på absorbatorytan.

Olika typer av nykonstruktioner på luftsolfångare testades. Av dessa kan två försök nämnas.

1. Samarbete med Concordia AB, där solfångarens absorbatör utgjordes av det ordinarie tegeltaket, vilket genom formpressade plastkupor och en mellanliggande Tedlar-film gavs glasning och täthet. Solfångarens luftflöde styrdes till största delen mellan tegelpannorna och den extra isolering, som placerats mellan strö- och bärläkten <3>.

2. Samarbete med Gränges Aluminium AB, med den huvudsakliga målsättningen att utnyttja möjligheterna till högre verkningsgrad genom den av Gränges Aluminium utvecklade selektiva ytbeläggningen på aluminiumplåt <5>.

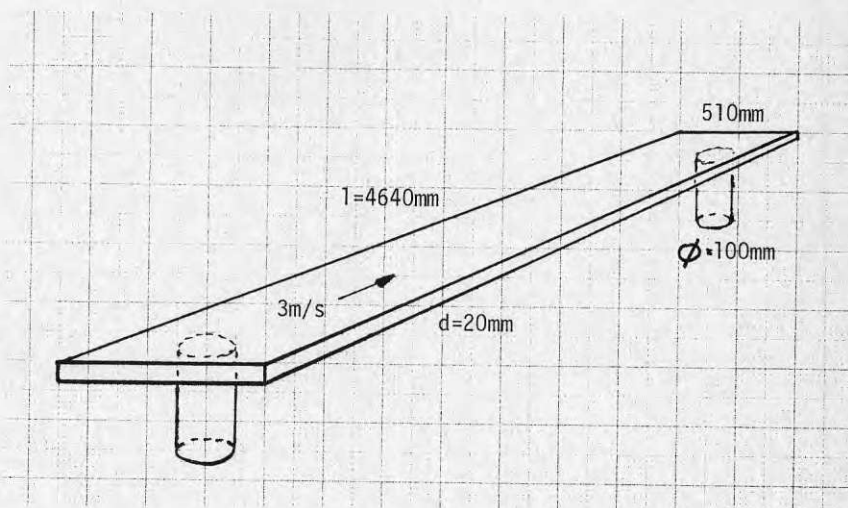


Figur 5. Tvärsnitt av aluminium-solfångaren. Temperaturer mättes mellan glasningen och absorbatorytan, i övre och undre kontaktpunkterna mellan slätplåtarna och den sinus-korrugerade mellanplåten, samt i de två spalterna i solfångarkassetten..

En jämförelse mellan spiro-solfångaren och aluminium-solfångaren visar en prestandaförbättring hos den senare med ca 15 - 20%.

Samtliga försök visade att luftsol-fångare kunde byggas med enkla hjälpmedel och att förväntade driftsegenskaper i form av tempeturförhöjning och verkningsgrad lätt kunde uppnås. Mätarbetet antydde likaledes att sofistikerade lösningar i form av turbulensgivare, profilering av absorbatorplåten etc gav små vinster i förhållande till de kostnader dessa åtgärder medförde. Detta verifierades även vid personliga kontakter med professor Rolf Henriksson, LBT Lund, som huvudsakligen undersökt luftburna solfångare för spannmåls- och hötorkning <20>.

Det fortsatta utvecklingsarbetet för solfångarna koncentrerades därför till rent produktionstekniska aspekter, för att uppnå kostnadsminimum samt enkelhet vid slutmontering på taket.



Figur 6. Solfångarens absorbatorkassett i Malmslättsförsöken. Lufthastighet 3m/s.

Den slutliga konstruktionen avsedd för solenergihuset i Malmslätt utformades som plåtkassetter av galvaniserad plåt, ytbehandlade med 3M Nextel. Med den valda spaltbredden och den materialåtgång falsningen erfordrade, kunde standardbredden på rullupplagd plåt användas utan kantskärning, vilket gav en produktionsekonomisk besparing. Spaltens gavelstycken nitades och löddes, för att tätheten skulle kunna garanteras.

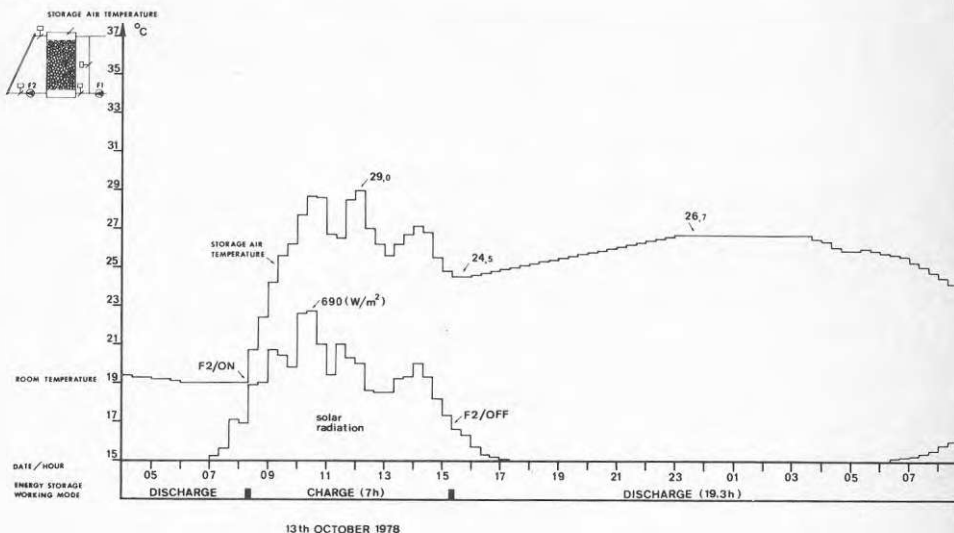
2.3 Utveckling energilager.

Vid tiden för projektstart utgjorde stenmagasin den mest realistiska energilagringemetoden. För att lättare kunna behandla och utvärdera stenmagasinet ur teoretisk synpunkt, valdes att definiera magasinets volym och isolering mot omvärlden (200 mm Gullfiberisolering) på ett entydigt sätt i form av en lådkonstruktion med avtagbart lock. Lagret delades i två lika volymer (vardera ca 12 m³), för att försök med olika energilagringmaterial skulle kunna göras. Bland annat testades två olika stenstorlekar samt magnetit i kulsinterform. För att få kontrollerbara laddningssekvenser, utnyttjades en byggtork som värmekälla <4>.

En projektering av två försökshus i Skeda Udde utanför Linköping visade emellertid att ett system uppbyggt med energilagret enligt den tänkta modellen skulle bli alltför kostsamt <6>.

För att skaffa ytterligare erfarenheter beträffande energilagrets funktion och kostnader, byggdes ett nytt lager inuti testhuset. I det första lagret skedde laddning/uttag i horisontell riktning, medan det nya lagret orienterades vertikalt. Svårigheten med den stora belastningen på den undre tryckfördelningsspalten löstes samtidigt. Genom den vertikala orienteringen kunde termiska effekter inuti lagret tillvaratagas.

Typiska dygnsdiagram enligt nedan erhöles vid försöksladdningaruttag med stenmagasinet i kombination med solfångaren <7>.



Figur 7. Temperaturen som funktion av tiden i stenmagasinet's varmaste tryckutjämningspalt.

Stenmagasinets kanske största fördel är dess stora interna värmeledningsmotstånd och dess stora värmeväxlande yta, vilket gör det till en utmärkt termisk last för t ex solfångare. De nackdelar, som trots de positiva egenskaper-na gör stenmagasinen orealistiska, är den låga energitätheten, vilket medför att magasinerna blir volyms- och viktsmässigt stora. Effektiv hantering av magasinstypen på byggarbetsplatsen blir därför ett problem, speciellt eftersom stenmagasinet måste installeras under ett tidigt skede i byggprocessen. Svårighet att hantera stenmassorna med tillräcklig renlighet kan då förutses.

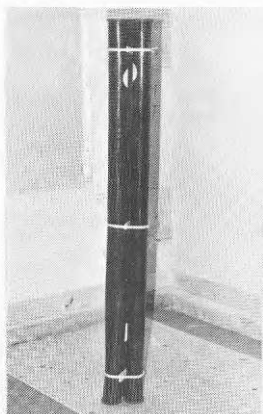
Till de ovan nämnda problemen skall dessutom ekonomiska aspekter läggas. Eftersom krossten inte kan användas (stendammrisker), måste natursten med lagom dimension väljas. Upprepade tvättningar av stenen för att avlägsna damm och andra partiklar ställer stora krav på vattentillgång och medför hanteringskostnader, liksom den transport som följer efter tvättningen. Till dessa kostnader skall läggas lagerlådan med interna spalter, samt den kostnad energilagret bör tillskrivas i form av den byggnadsvolymandel lagret upptar. Projektering av tre försökshus genomfördes trots de ekonomiska svårigheterna, varav två med stenmagasin, eftersom det vid denna tidpunkt inte fanns något effektivare sätt att arrangera energilagret <14>.

B Carlsson, H Stymne och G Wettermark, inst för fysikalisk kemi KTH, visade i bl a en rapport 1976 <24> möjligheterna att använda kalciumklorid som energilagringssmedium i smältvärmelager. Metoden skulle, om de tillämpningstekniska frågorna kunde lösas, ge högre energitäthet än tidigare kända energilagringssätt, och följdaktligen erbjuda lösningar, som var enklare att hantera såväl byggproduktionsmässigt som ur utrymmessynpunkt. Försök med andra salter pågick samtidigt t ex glaubersalt. Problem med inkongruent smältning, nukleation vid energiuttag utan risk för underkyllning och värmeöverföringstekniska svårigheter lade emellertid hinder ivägen för det tillämpningstekniska utnyttjandet, speciellt då större energilagrar (50 - 100kWh) skulle byggas.

Försök att överkomma dessa problem gjordes bl a av General Electric, Schenectady USA, i form av en roterande cylindrisk behållare innehållande glaubersalt <25,26>. Under ett studiebesök visade Dr Herrick sin försökssupställning, beskriven i de två referenserna. General Electric studerade främst system med luft som värmebärare, och har på sitt program även luft/luft-värmepumpar <27> och luftsolfångare utöver energilagringssystemet <34>.

Ett mycket väsentligt arbete, när det gällde att studera de kemisk-tekniska problemen förknippade med energilagring i kalciumklorid, utfördes inom Dow Chemical Company, Midland - USA, med professor P Moses som projektledare. Arbetet resulterade i att långtidsstabiliteten hos kalciumklorid-hexahydrat kunde uppfyllas efter tusentals cyklingar, genom små mängder lämpliga tillsatser av bl a nuklieringsmedel <28>. Efter genombrottet i kapslingsproblematiken, ett samarbete mellan Phillips och Pipe System Inc. (USA), kunde den kommersiella produkten Thermol 81 lanseras på marknaden. Garantitiden sattes till 10 år för att bryta det misstroende, som skapats genom åtskilliga misslyckade försök tidigare av olika grupper verksamma inom latentvärmeområdet.

Produktdata Thermol 81.



Måttuppgifter

längd: 1800 mm
 diameter.....: 88 mm
 vikt tot.....:ca 16 kg
 vikt CaCl₂.....:ca 14 kg

Värmekapacitet

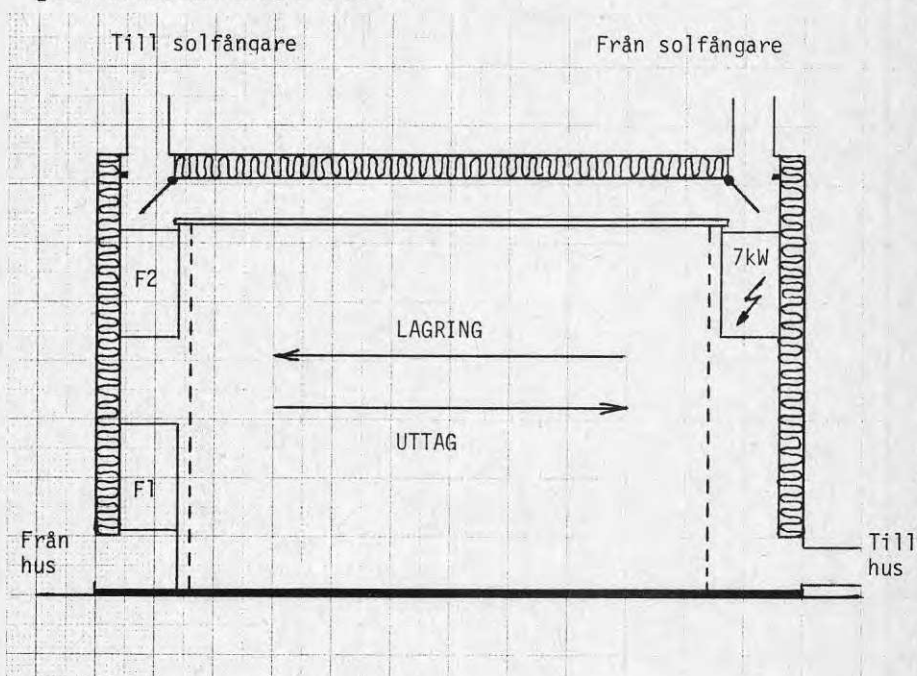
latent.....: 2680 kJ/rör
 specifikt smält: 31 kJ/°C rör
 fast.: 20 kJ/°C rör

Figur 8. Thermol 81 energilagringsrör.

Som första projekt i Europa erbjöds vi att testa energilagringsröret i fullskaleförsök. Målsättningen att ersätta stenmagasinet med ett effektivare och produktionsvänligare energilager tycktes därmed finnas inom räckhåll.

J J Jurinak, D J Morrison och S I Abdel-Khalik har i tre rapporter studerat latentvärmelager i kombination med luftsolångare <29,30,31>. I försökshuset i Malmslätt bedömdes energilagringsbehovet till ca 70 kWh, vilket ledde fram till att 70 rör användes för prototyparbetet. Ett 25%igt bidrag till latentvärmelagringen från den kapacitiva

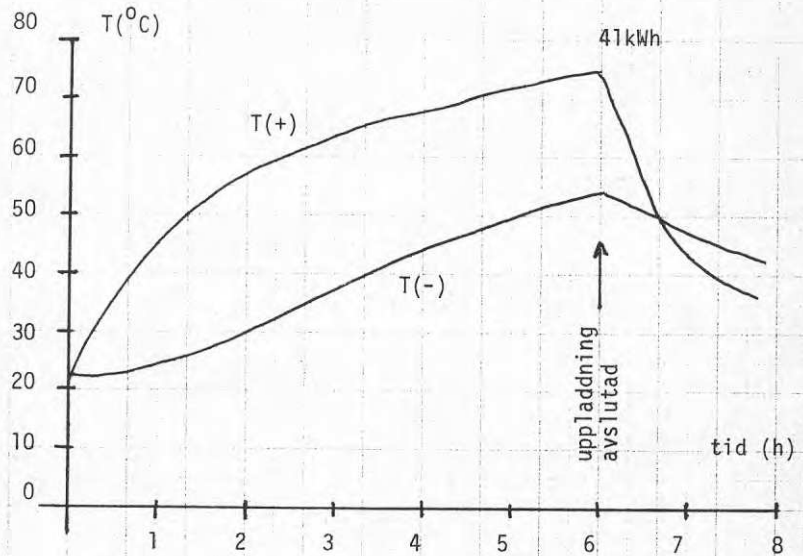
effekten förutsattes, genom att starttemperaturer med fullladdat lager över 27°C kunde påräknas. Utvecklingsarbetet med att färdigställa det slutliga energilagret med övriga, erforderliga komponenter pågick parallellt med försökshusproduktionen i Malmslätt.



Figur 9. Principiell uppbyggnad av prototyplagret.

Ett prototyplager enligt ovanstående uppbyggnad tillverkades för utvärdering av lagerfunktionen, speciellt temperatur- och effektnivåer i samband med nattlackumuleringen. Via fläkt F1 suges husets cirkulationsluft in och blåses därefter genom lagret för vidare distribution till husets kanalsystem. Vid nattlackumulering startas fläkt F2 varvid luft cirkuleras genom elbatteriet och energilagret, där energiväxlingen sker varvid kalciumkloriden smälter.

Typiska temperaturprofiler under uppladdningssekvensen visas nedan. (se även avsnitt 7.2)

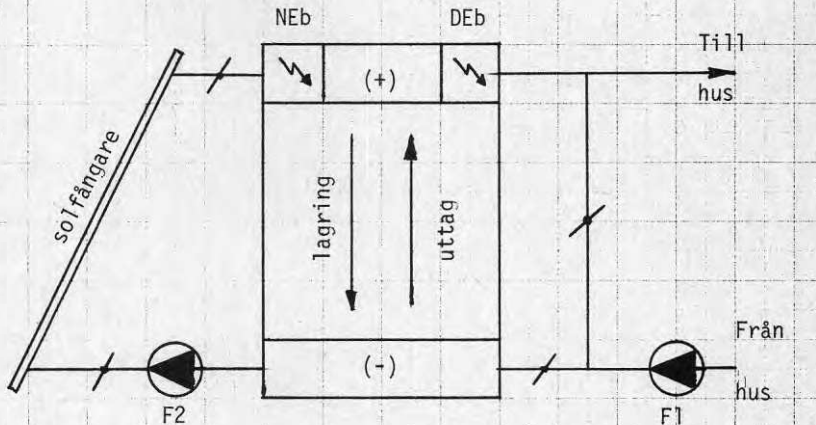


Figur 10. Temperaturprofiler över energilagret under uppladdningsfasen.

T(+) = in-temperatur till energilagret
 T(-) = ut-temperatur från energilagret
 Luftflöde genom lagret = 1100 m³/h
 Elbatterieffekt = 7kW

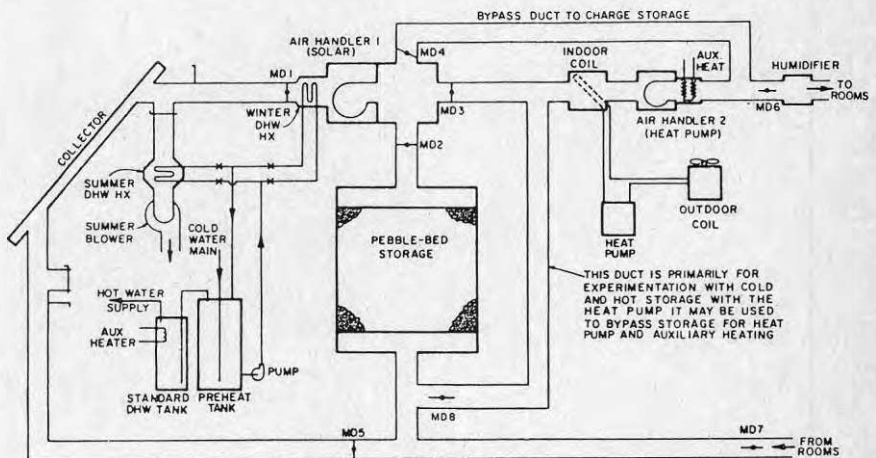
2.4 Utveckling system.

I den första systemuppbyggnaden förutsattes ett konstant cirkulationsluftflöde i huset. Temperaturnivån på luften till huset varierades som funktion av uppvärmningsbehovet genom att ett spjäll i shuntledningen ändrades.



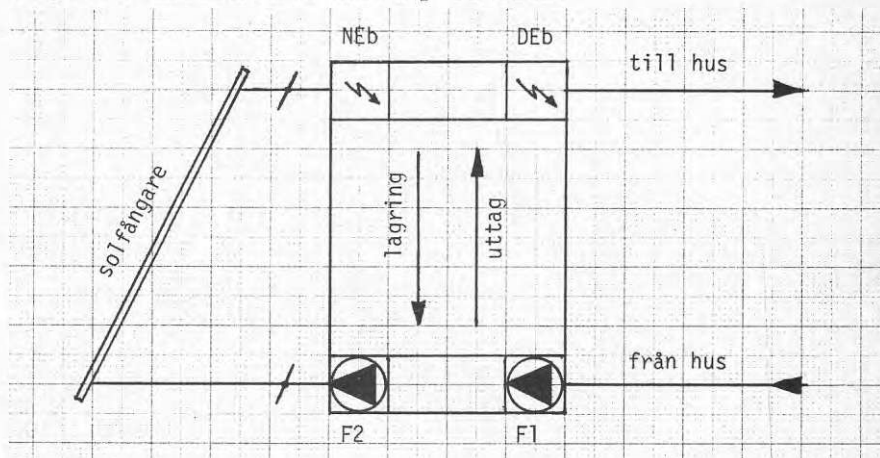
Figur 11. Principiell uppbyggnad av systemlösningen.

Detta uppbyggnadssätt medförde emellertid att apparatrummet blev mycket utrymmeskrävande, med en stor del av systemkomponenterna utanför det egentliga energilagret. Motsvarande uppbyggnad testades samtidigt i ett av solenergihusen i Solar Village, Fort Collins USA. Det stora kravet på utrymme för kanaldragning, fläktar etc upplevdes även i detta fall.

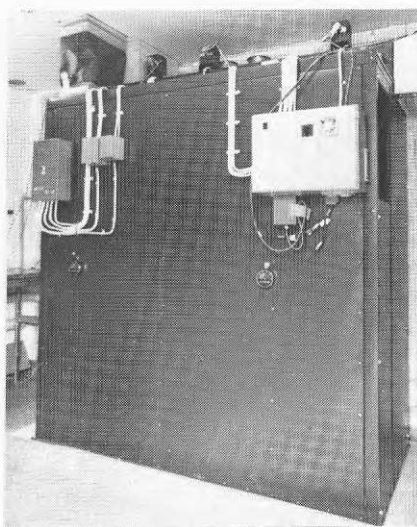


Figur 12. Principschema för systemet i Solar House II.

Husfläkten F1, dagelbatteriet och shuntledningen måste i den första versionen inrymmas i apparatrummet. Genom att kanaldimensionerna är relativt stora i denna centrala punkt i systemet (diameter 310mm), tar en sådan systemlösning ansevärd plats. Via ett STU-anslag genomfördes en ombyggnad, där såväl temperatur som flöde kunde förutses få ingå i reglerfunktionen för hustemperaturen.

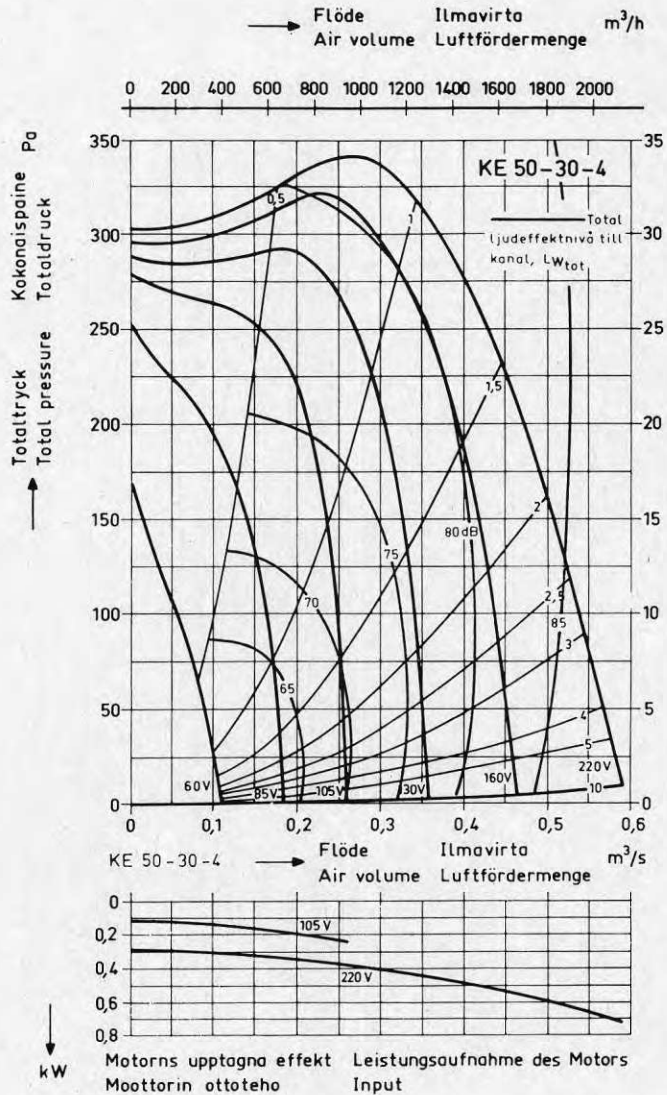


Figur 13. Systemuppbyggnad efter omkonstruktion.



Figur 14. Värmemodulen med samtliga systemkomponenter inrymda i lagerlådan.

Systemet kunde nu förenklas avsevärt, och samtliga komponenter inrymmas i energilagret. Ombyggnaden gav dessutom besparingar till följd, genom att ett mindre antal komponenter erfordrades. Eftersom tryckförhållandena i energilagret gör att all cirkulationsluft till huset enbart styrs av driftläget för fläkt F1, erfordras inget separat spjäll i kanalen från lagret till husets distributionssystem, förutsatt att lagerlådan är tät.



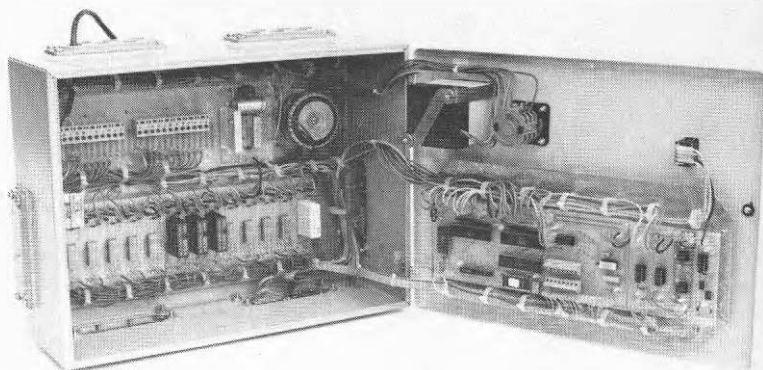
Figur 15. Fläktdata.

2.5 Utveckling reglerteknik.

Ett för småhus stort antal reglervillkor måste tillgodoses då huset utrustas med ett solenergisystem och tillhörande energilager. Nattelackumulering skall kunna utnyttjas, liksom prioritering av hur den insamlade solenergin skall användas - t ex för lagring, direktkonsumtion eller produktion av varmvatten. Varvtalsstyrning av fläktarna för att uppfylla ett satt temperaturvillkor kan vara en annan parameter. Likaså skall reglersystemet starta och stoppa solfångaren beroende på temperaturdifferensen i det valda driftsfallet.

I den första ansatsen användes konventionell teknik, med stegmotorer, reläer, differenstemperaturkontroller etc. Den slutliga uppbyggnaden var omfattande, såväl i form av ingående delsystem och komponenter, som då det gäller krav på utrymme och kablage. Problem fanns att överblicka installationen funktionsmässigt, och felsökningen försvårades av det omfattande kablaget mellan de olika delarna i systemet. Efter justerings- och intrimningsarbete var emellertid funktionen felfri.

Som ett led i kostnadsbesparingen utvecklades en prototyp till ett mikrodatorstyrt reglersystem, som efter anslag från STU ytterligare förfinades såväl avseende komponenttekniken som programuppbyggnaden <11>. Ett påtagligt resultat då den nya tekniken användes, blev en avsevärd reduktion av utrymmeskravet för reglerautomatiken. En stor del av det tidigare nödvändiga kablaget ersattes med mikrodatorns hjälp av programvara. Installationsarbetet inskränkte sig till några få timmar för installatören. Ekonomiskt innebar mikrodatorstyrningen en kostnadsreduktion på ca 50%.



Figur 16. Moduluppbyggd, mikrodatorstyrd reglerautomatik.

En väsentlig fördel med datorstyrd reglering är enkelheten att förändra reglervillkoren genom justeringar i programvaran. Vid ett av de tillämpningsförsök som gjordes, skrevs ett helt nytt program för den reglertekniska funktionen, vilken därefter kunde testas genom att endast byta ut programkapseln.

Reglerdatorn medförde samtidigt att fjärrkontakt kunde uppnås via telefonmodem med försökshuset, samt att mätdata kunde överföras denna väg.

Reglersystemet har även beskrivits under avsnitt 4.3.

- - - o - - -

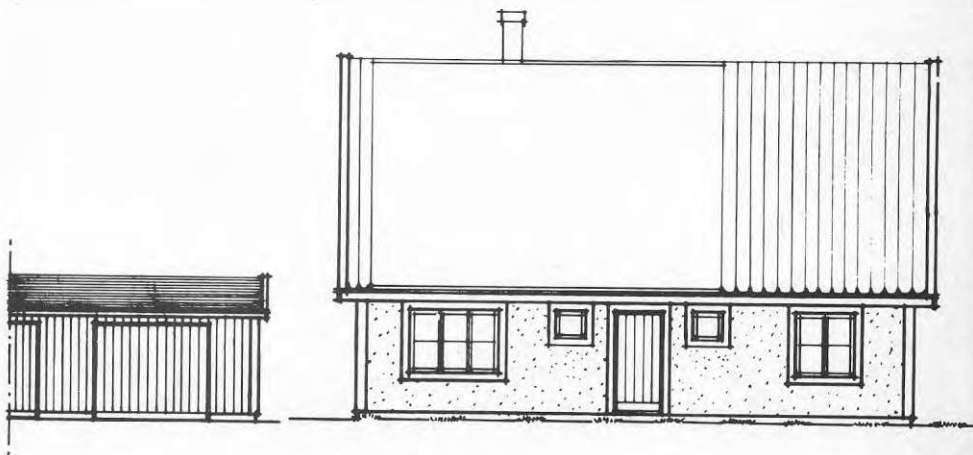
Utvecklingsarbetet i testhuset på Gillbergagatan avslutades i början av mars månad 1980, varvid systemet pressvisades <16>.

En kortfattad rapport över projektet lämnades i samband med SEAS/SINTEF-konferensen "Luftbaserade solvärmesystem", Trondheim november 1980 <21>.

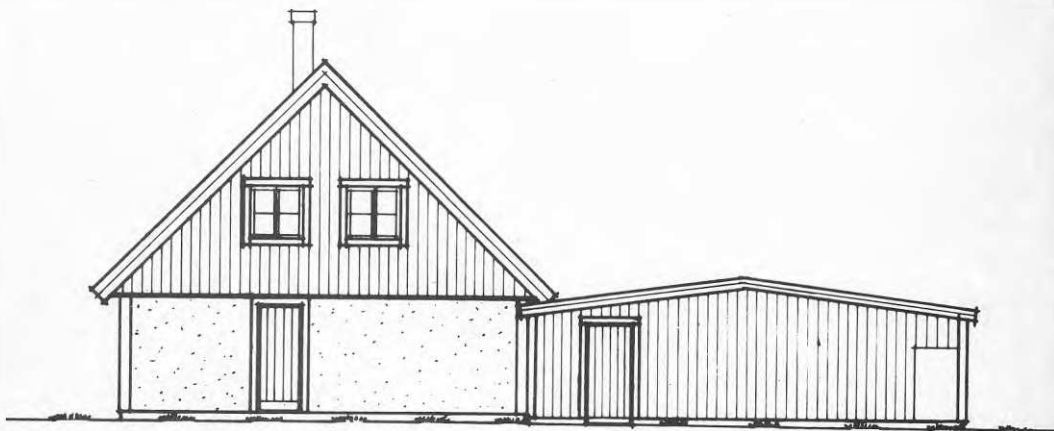
3. H U S B E S K R I V N I N G - Projekt Malmslätt.

3.1 Byggnadskropp och planlösning.

Byggnadskroppen utgörs av ett traditionellt 1-1/2 planshus utan källare. Yttermåtten är 11.440 X 8.440 mm.



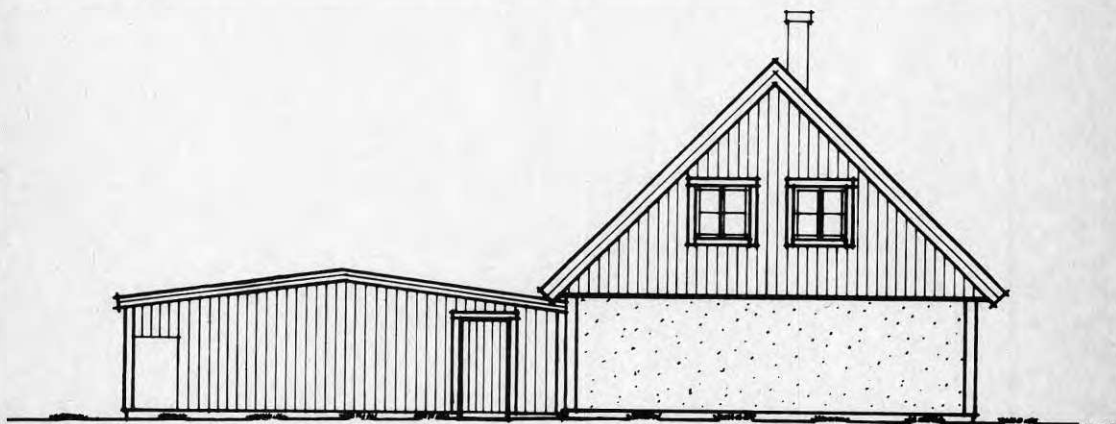
Figur 17. Fasad mot söder.



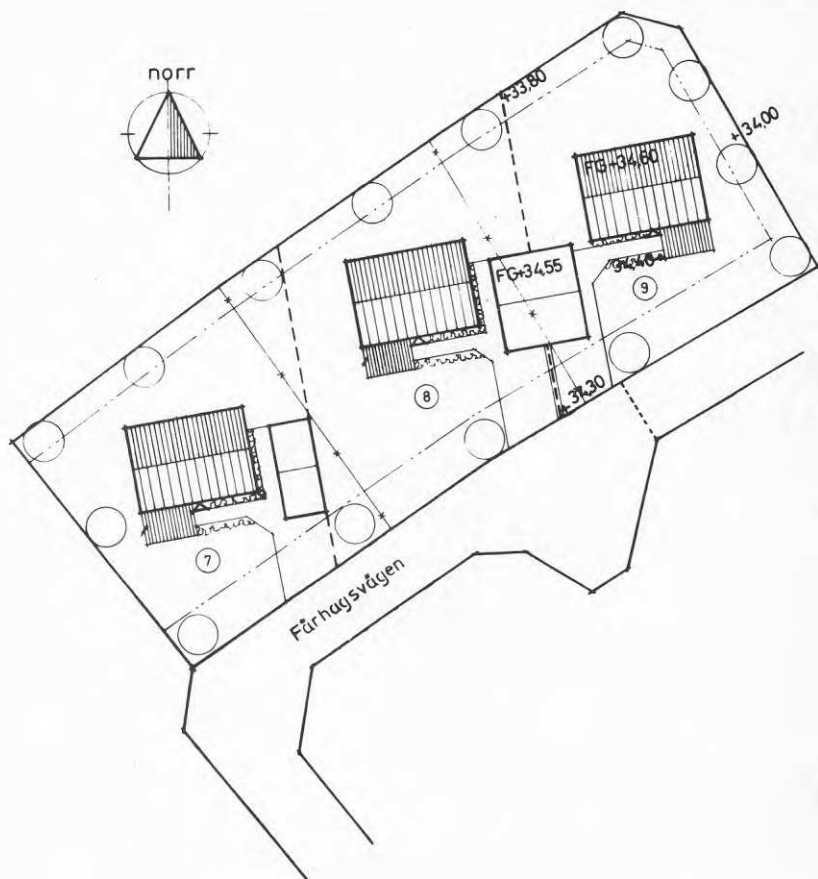
Figur 18. Fasad mot väster.



Figur 19. Fasad mot norr



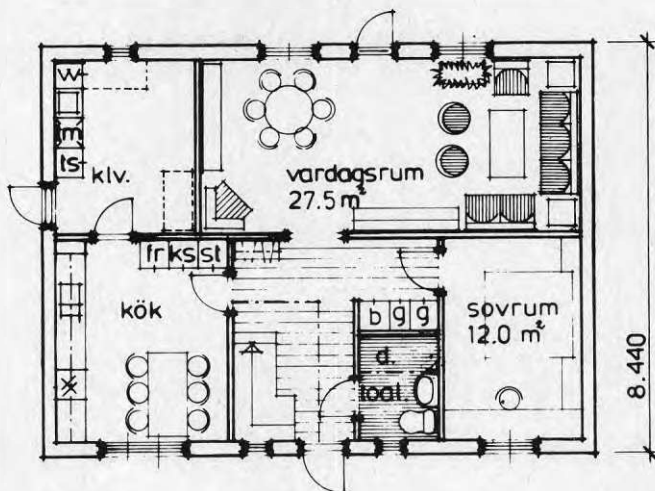
Figur 20. Fasad mot öster.



Figur 21. Situationsplan Vinkannen 7 - 9.

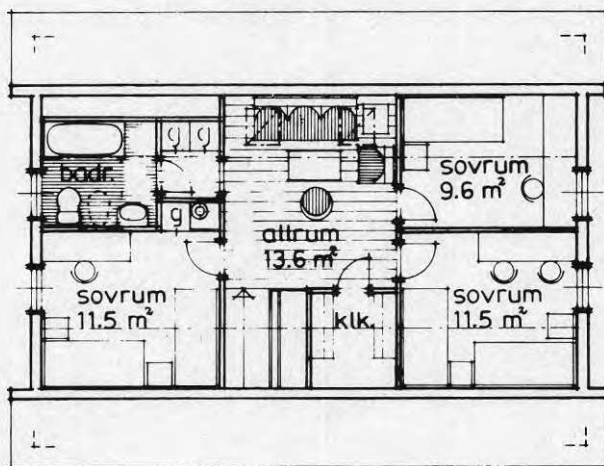
- (7) = HUS-F, fjärrvärmeuppvärmt referenshus
- (8) = HUS-N, nattelhuset
- (9) = HUS-S, solenergihuset

Planlösningen innehåller i bottenplanet entre, toalett och trappa till vindsplanet, vardagsrum, sovrums samt kök med angränsande klädvårdsrum i vilket Värmemodulen inrymts.



Figur 22. Planlösning bottenplan HUS-S.

Vindsplanet omfattar tre sovrums, allrum, badrum samt klädskåp.



Figur 23. Planlösning vindsplan HUS-S.

Planlösningen har spegelvänts i HUS-N, men är i övrigt lika i samtliga tre fall.

3.2 Konstruktionsuppgifter.

Grund

Hel betongplatta på lösagd leca.
Grundläggningsdjup 0,4 m.
Dränering med tegelrör.
K-värde: 0,30

Yttervägg bottenvåning

Lättbetongelement 300 mm.
Utvändig spritputs.
K-värde: 0,20

Ytervägg gavelspets

Lockpanel på asfaboard, 12 mm.
45 liggande, 120 mm stående reglar
45 + 120 mm mineralullisolering
Diffusionsspärr, gipsskiva, 13 mm.
K-värde: 0,20

Tak

Ramverkstakstolar av boardbalkar
cc = 1200 mm
Bärläkt 50 X 75 mm, vattenavvi-
sande board
Betongtakpannor

Luftspalt, board 3 mm
250 mm mineralullisolering
diffusionsspärr, spånskiva, 16 mm.
K-värde: 0,16

Fönster

3-glas

4. U P P V Ä R M N I N G S S Y S T E M .

4.1. Transmissions/ventilationsförlustberäkningar.

Beräkning av den erforderliga värmeeffekten för att täcka transmissions- och ventilationsförluster har gjorts enligt SBN 75 vid en dimensionerande utetemperatur på -20°C . Ett tillägg på 15% har inkluderats i transmissionsförlusterna genom takarean. Kontroll av fönsterarean visar att försöks- husen uppfyller normen.

Beräknade värden på transmissionsförlusterna samt erforderligt luftflöde för att täcka förlusterna, med inblåsningstemperaturen maximerad till 35°C , visas nedan.

Bottenplan.	Effekt (W)	Flöde (l/s)	Flöde (m ³ /h)
Vardagsrum	770	45	162
Sovrum	355	20	72
Badrum	135	10	36
Hall	290	15	54
Kök	445	25	90
Klädvård	350	20	72

SUMMA BOTTENPLAN:	2345	135	486
Vindsplan	Effekt (W)	Flöde (l/s)	Flöde (m ³ /h)

Sovrum 1	295	15	54
Allrum	230	15	54
Bad	235	15	54
Sovrum 2	330	20	72
Klädkammare	90	5	18
Trapphus	105	5	18
Sovrum 3	330	20	72

SUMMA VINDSPLAN:	1615	95	342
TOTALA TRANSMISSIONS- FÖRLUSTER:	3960 (W)	230 (l/s)	828(m ³ /h)

Effektfaktorn för att täcka transmissionsförlusterna uppgår således till $100 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$.

Beräknade värden för att täcka ventilationsförlusterna visas nedan.

Husvolym, bottenplan	202 (m ³)
vindsplan	131 (m ³)
-----	-----
TOTAL VOLYM:	333 (m ³)

Frånluftflöde: $333 \times 10^3 \times 0,5 \times 1/3600 = 46 \text{ l/s}$

Min.flöde	:	kök	10 l/s
		bad	10 l/s
		klädvårdsrum	15 l/s
		klädkammare	5 l/s
		-----	-----
		Summa:	50 l/s

Dimensionerande frånluftflöde således 50 l/s (180 m³/h)

Beräknat maximalt effektbehov på elbatteriet efter värmewäxlaren utgör 720W.

I ursprungsplanerna beslutades det att de tre husen skulle förses med vedeldade uppvärmningskällor, kopplade till uppvärmningssystemet. Genom denna åtgärd kunde den maximala uppvärmningseffekten, som endast utnyttjas vid några få extremt kalla dagar under året, begränsas till 3,5 kW, eftersom det samtidigt förutsågs som rimligt att ålägga respektive husägare att elda fastbränsle under dessa få dagar, i den händelse inte tillgänglig effekt förmådde ge önskad rumstemperatur. Husen utrustades dessutom med ventilationsvärmewäxlare (Bahco Minimaster), i vilken finns ett inbyggt elbatteri (1kW). Uppvärmningssystemet utrustades därför enbart med ett elbatteri dimensionerat för att täcka transmissionsförlusterna.

Husens årsförbrukning av energi beräknades med 1971 som referensår avseende omgivningstemperaturerna.

I	I	I	II	I	I	I	I
I	I Vecko-	I Ack för-	II	I Vecko-	I Ack för-	I	I
I	I Vecka I	I förbrukn	II	I Vecka I	I förbrukn	I brukning	I
I	I	I	II	I	I	I	I
I	01	I 449	I 449	II 27	I 30	I 6900	I
I	02	I 297	I 746	II 28	I 63	I 6962	I
I	03	I 338	I 1083	II 29	I 102	I 7064	I
I	04	I 300	I 1383	II 30	I 30	I 7094	I
I	05	I 383	I 1766	II 31	I 21	I 7114	I
I	06	I 349	I 2115	II 32	I 57	I 7172	I
I	07	I 312	I 2428	II 33	I 71	I 7243	I
I	08	I 369	I 2796	II 34	I 74	I 7317	I
I	09	I 485	I 3281	II 35	I 103	I 7419	I
I	10	I 388	I 3669	II 36	I 131	I 7550	I
I	11	I 339	I 4008	II 37	I 192	I 7742	I
I	12	I 342	I 4350	II 38	I 139	I 7881	I
I	13	I 325	I 4675	II 39	I 176	I 8058	I
I	14	I 297	I 4972	II 40	I 179	I 8237	I
I	15	I 274	I 5246	II 41	I 198	I 8435	I
I	16	I 227	I 5473	II 42	I 220	I 8655	I
I	17	I 317	I 5790	II 43	I 239	I 8894	I
I	18	I 205	I 5995	II 44	I 220	I 9113	I
I	19	I 104	I 6099	II 45	I 335	I 9448	I
I	20	I 106	I 6204	II 46	I 329	I 9777	I
I	21	I 231	I 6435	II 47	I 398	I 10175	I
I	22	I 57	I 6493	II 48	I 286	I 10461	I
I	23	I 110	I 6603	II 49	I 328	I 10790	I
I	24	I 108	I 6711	II 50	I 342	I 11131	I
I	25	I 96	I 6807	II 51	I 286	I 11417	I
I	26	I 63	I 6870	II 52	I 309	I 11727	I
						SUMMA:	11727 kWh

Figur 24. Transmissionsförlustberäkning med effektförlustfaktorn $100 \text{ W/}^\circ\text{C}$.

Med en årlig nettoförbrukning för ventilationen på 5000 kWh kommer således det totala energibehovet för huset att uppgå till ca 17000 kWh.

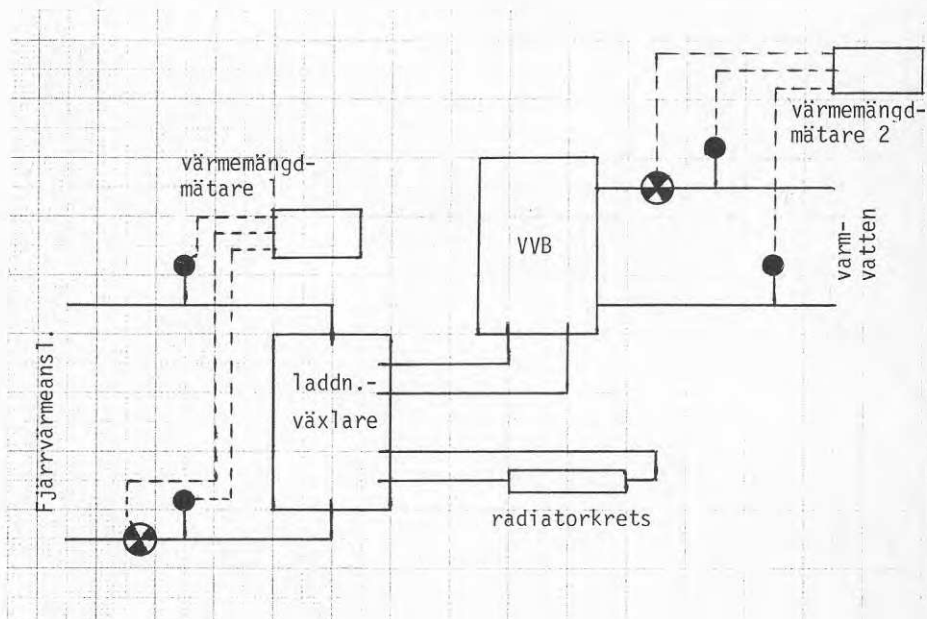
På grundval av beräkningarna ovan dimensionerades uppvärmningssystemen i de tre husen.

HUS-F - fjärrvärmeuppvärmt - försågs med ett traditionellt vattenburet radiatorsystem.

HUS-N - nattelackumulering - baserades på ett luftburet uppvärmningssystem.

HUS-S - solfångarutrustat - innefattar samma installation som i HUS-N, men dessutom försett med 29 m² solfångare.

4.2 U p p v ä r m n i n g s s y s t e m H U S - F .

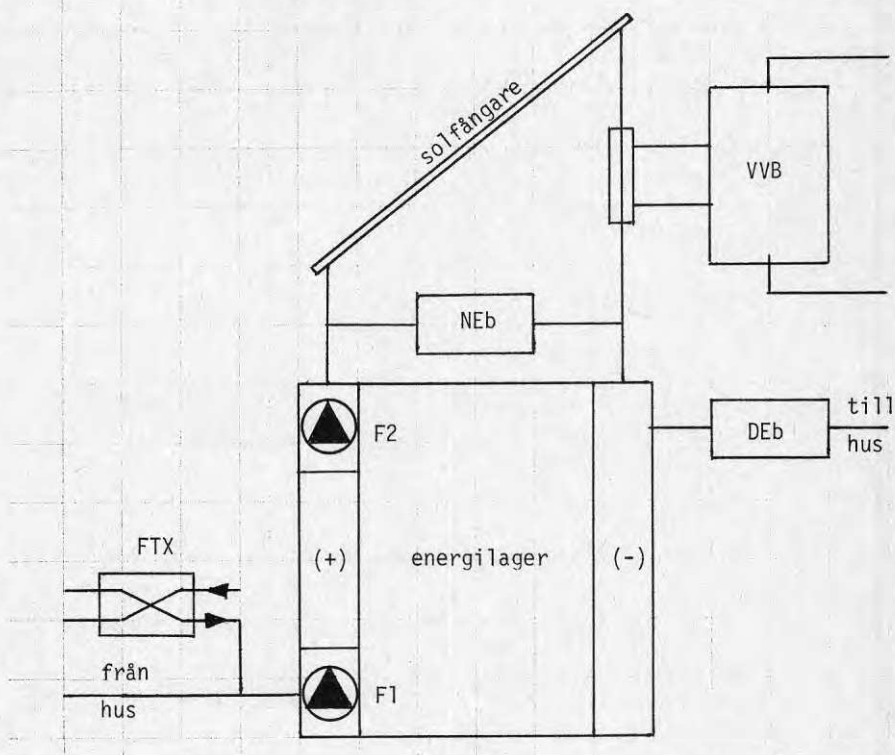


Figur 25. Principiell installation HUS-F.

Uppvärmningssystemet i HUS-F baseras på en traditionell fjärrvärmeanslutning med vattenburen radiatorinstallation. Det balanserade ventilationssystemet har likaledes utförts på ett ordinarie sätt, med utsugspunkter i klädvårdsrum, toalett, badrum och klädkammare, samt tilluftdistribution fördelad till samtliga boutrymmen.

4.3 Uppvärmningssystem HUS-S.

4.3.1 Allmän beskrivning.



Figur 26 . Principiell installation HUS-S

Uppvärmningssystemet baseras på luft som värmebärare såväl i husets interna energidistributionssystem, som när det gäller systemets solfångare. Energi lagras i ett smältvärme lager bestående av kalciumklorid inneslutet i rör. Kalciumkloriden smälter vid 27°C , varvid ca 55kWh per ton kalciumklorid binds. Energin frigörs när saltet återgår till fast fas, då kallare luft passerar genom lagret. (se även 2.3)

Den enkla systemuppbyggnaden har möjliggjorts genom att husets cirkulationsluftflöde och solfångarnas luftflöde dels står i förbindelse med varandra, dels kan regleras samtidigt utan shuntledning eller spjälldon. (se även 2.4)

Föreligger ett uppvärmningsbehov suges luft in i "Värme-modulen" med hjälp av fläkt F1, blåses med åtföljande temperaturförhöjning genom energilagret, varefter luften tillförs husets distributionssystem via elbatteri "dagel". Elbatteriet kan stegas i effekt från 0 - 3,5kW, i steg om 0,5kW. Genom detta elbatteri tillförsäkras att rätt temperatur erhålls på cirkulationsluftflödet i de fall energilagret tömts på energi eller då temperaturnivån från energilagret är för låg, för att kunna kompensera för husets förluster vid t ex mycket låga utomhustemperaturer vintertid.

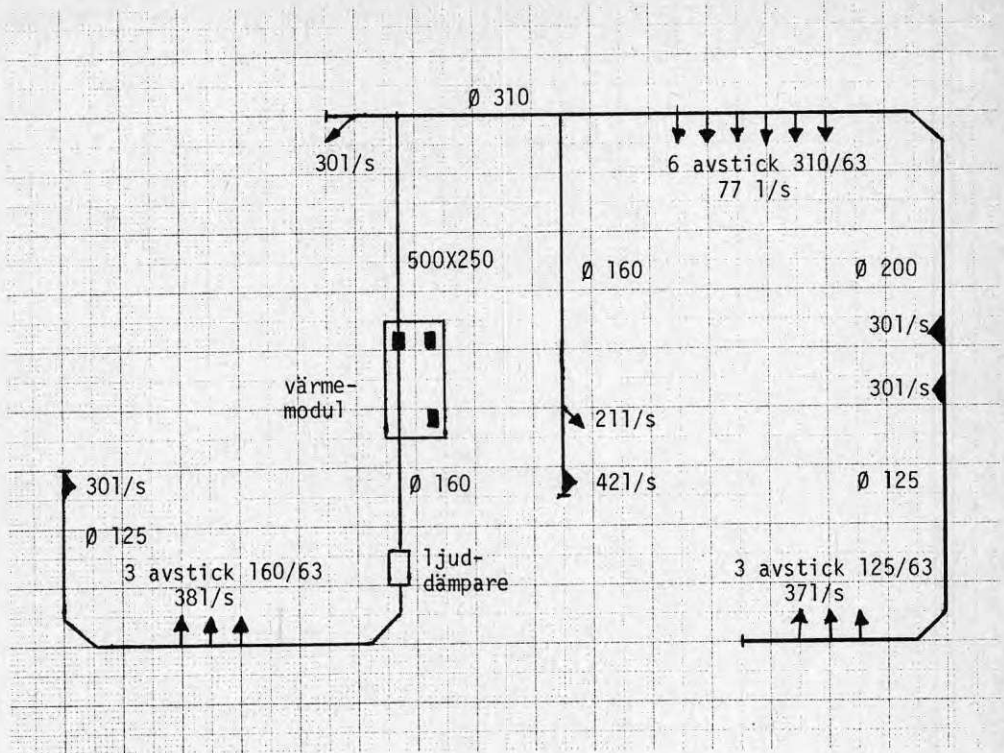
Reglerdatorn varvtalsstyr fläktarna i tre steg som funktion av temperaturnivåer och uppvärmningsbehov. Nattsänkingsautomatik ingår i reglerfunktionen.

Energilagret kan laddas via:

1. nattelbatteriet (4,7 - 9,0kW)
2. extern eldstad försedd med luftvärmväxlare (leveransproblem har tyvärr gjort att installationen skjutits på framtiden.)
3. solfångarsystemet

Värme modulens energilagret utgör fulladdat ca 75kWh.

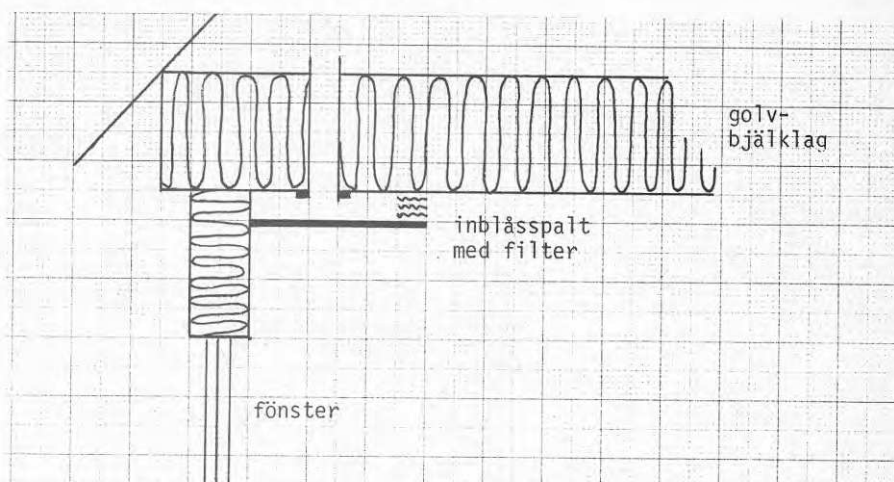
Varmvatten beredes genom en luft/vattenvärmväxlare placerad i omedelbar anslutning till Värme modulens stös för laddningsluftflöde. Genom värmväxlaren belastas luftkretsen med ett effektuttag på ca 2 - 3 kW.



Figur 27. Uppvärmningssystemets interna kanalsystem med utblåspunkterna angivna.

Ventilationssystemet inrymmer samma utsugspunkter som för HUS-F, medan tilluften tillförs uppvärmningssystemet centralt vid insugspunkten för husets cirkulationsluftintag.

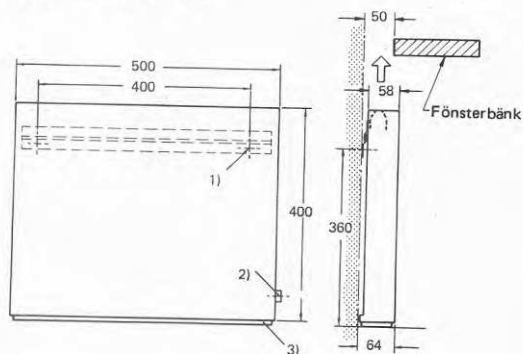
Luften tillförs rummen i bottenvåningen via en längs rummets yttervägg monterad takspalt.



Figur 28. Inblåsdon bottenplan.

Genom den stora spaltöppningen kan luft tillföras rummet med närmast laminär flödesbild, vilket eliminerar eventuella dragproblem. Tryckfallet blir likaledes minimalt. Filtermaterialet i spalten (Camfil CM-375) tillförsäkrar att luftmängden sprids homogent längs hela spaltbredden <19>. (Systemet har patentsökts av Provent AB, Göteborg)

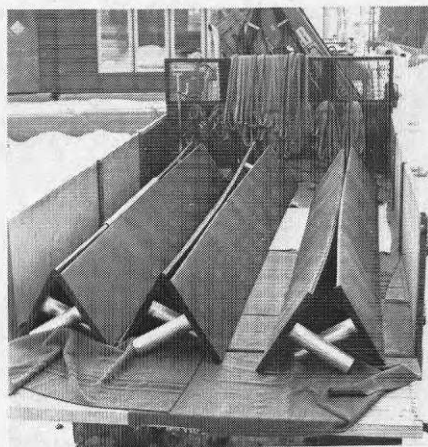
Tilluftsskärm CUBD



Figur 29. I övervåningen används tilluftsskärmar under fönster (Fläkt CUBD)

4.3.2 Solfångarsystem.

Totalt 12 solfångarkassetter monterade på taket mellan träreglar gav en effektiv solfångararea på 29 m². Solfångarsystemets totala luftmängd beräknades till 1350 m³/h, vilket ger en lufthastighet på 3 m/s i absorbatorkassetterna, vid spalthöjden 20mm.

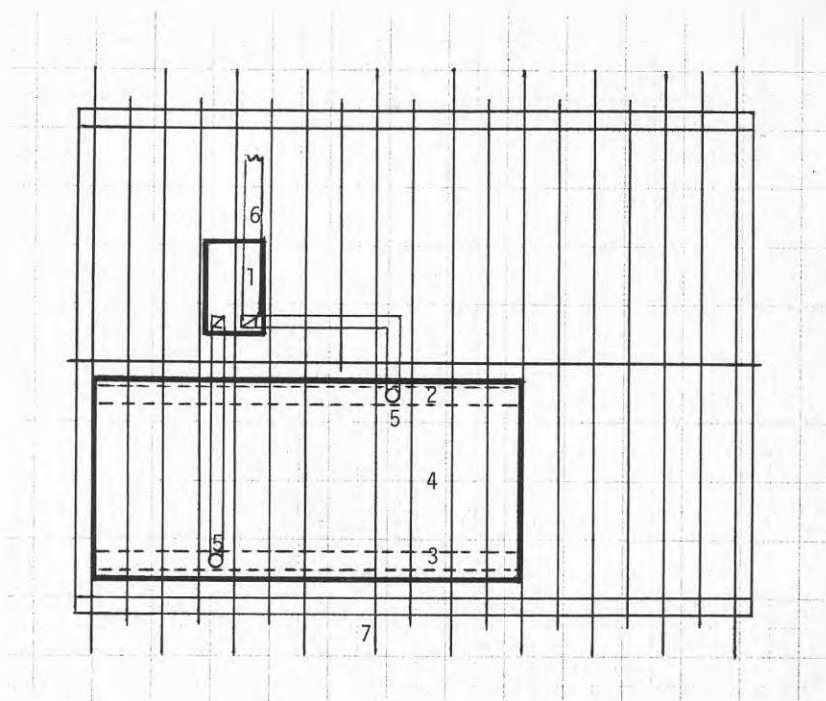


Figur 30. Solfångarkassetterna före montage på taket.

Luftkanalerna till och från solfångaren dimensionerades ur tryckfalls- och brusljudsproblem för en maximal flödes hastighet på 5 m/s, vilken emellertid oftast underskreds.



Figur 31. Kanaler installerade i golvsbjälklaget.

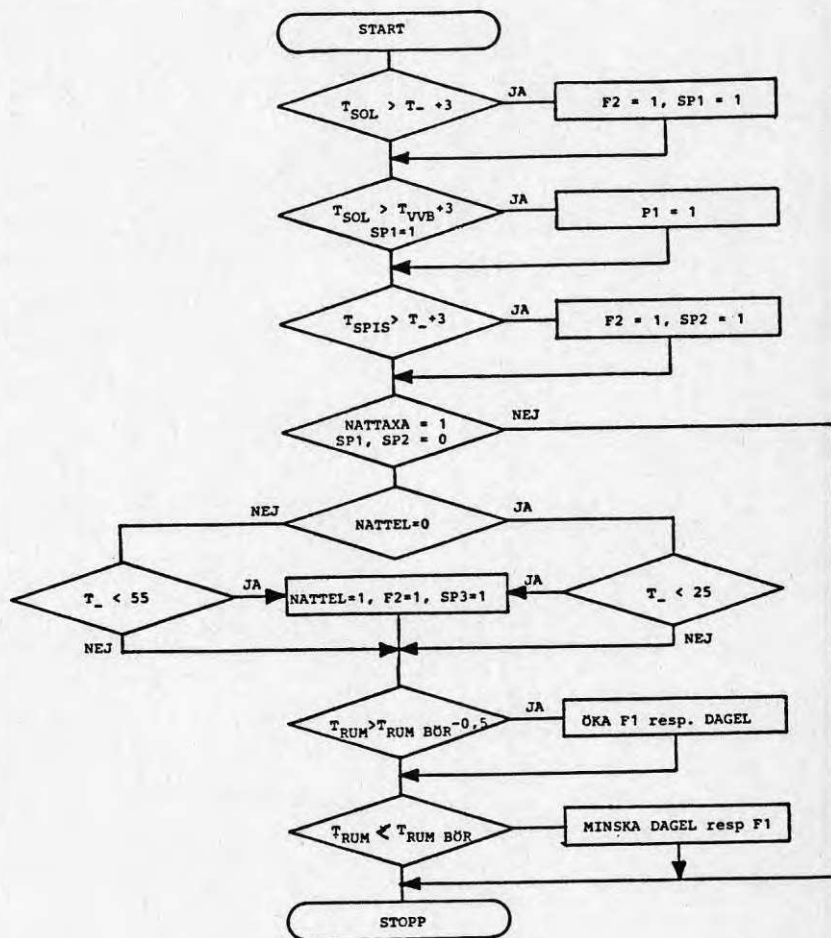


Figur 32. Takkonstruktionen sedd uppifrån med solfångaren monterad på ena takhalvan. Anslutningspunkterna till solfångarkassetterna anordnades symmetriskt.

1. Värmemodul
2. Samlingskanal för luft från solfångaren
3. Samlingskanal för luft till solfångaren
4. Solfångarekassetter (12 st)
5. Symmetriskt placerade till/från stoser för solfångaren
6. Samlingskanal för husets cirkulationsluft
7. Takstol

4.3.3 Reglersystem.

Regleringen av uppvärmningssystemet görs med hjälp av en mikro dator. Beslut/verkställsrutinen beskrivs kortfattat nedan.



Figur 33. Besluts/verkställsrutinen flödesschema.

Överstiger solfångartemperaturen energilagrets kallaste spaltutrymme (denna benämnes i fortsättningen (-)spalten, medan den varmaste delen benämnes (+)spalten) med 3°C dvs $T1 \text{ SOL} > T(-) + 3$, startas fläkt F2 på sitt lägsta varvtal. Spjäll S1 öppnas samtidigt. Vid nästa test i beslutsrutinen undersökes om solfångartemperaturen tillåter att varmvatten beredes dvs om temperaturvillkoret $T1 \text{ SOL} > T5 \text{ VVB} + 3$ innehålls samt om S1 öppnat. Vid positivt svar startas pump P1. Den tredje testen i beslutsrutinen undersöker om uppvärmningssystemets spis är i drift dvs om spistemperaturen är 3°C högre än (-)spalten. I detta fall startas fläkt F2 samtidigt med att spjäll S2 öppnas.

Har nattaxe villkoret uppfyllts, dvs har regler systemet fått indikation på att billig elenergi kan utnyttjas, undersöks först om solfångarsystemet eller spisen är i drift. Skulle så vara fallet, prioriteras dessa båda enheter före energilagring via elbatterierna. Nästa steg innebär en kontroll av om nattelbatteriet har slagit till. Besluts/verkställrutinen undersöker därefter om (-)spaltens temperatur ligger inom gränserna $25 - 55^{\circ}\text{C}$. Vid positivt svar startas fläkt F2, spjäll S3 öppnar samt nattelbatteriet hålls i tillslaget läge. De båda temperaturgränserna utgör den tillåtna hysteresen för att tillförsäkra att energilagret laddas under nattelfasen.

Husets rumstemperatur mäts under mätrutinen i en central punkt i huset. Detta värde jämförs med inställt värde på ett på reglerdatorn monterat tummhjul, vars inställning (0 - 9) representerar önskat BÖR-värde. Beroende på rumstemperaturens värde i förhållande till T5BÖR respektive T5BÖR - 0.5°C , kommer reglerutrustningen att antingen öka eller minska energimängden till huset. Detta görs dels via en varvtalsreglering av fläkt F1, vilket påverkar energiuttaget från lagret, dels via en stegvis variation av dagelbatteriet.

Detaljerade uppgifter om tidsfördröjningar, varvtalsstyrning etc har utelämnats i rapporten, eftersom denna information inte bidrager till systemförståelsen i nämnvärd grad. För ytterligare information se ref. <11>.

Förutsättning - typfall 2 :

Solstrålningen ökar. Energilagret är tömt.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T6	N	N	F	D	F	N	P	S	S	S	
+	-	SPIS	SOL	VVB	RUM			BÖR	S	T	1	E	2	E	1	1	2	3	
0228	0239	0232	0122	0403	0199	----	----	0200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0229	0237	0233	0193	0404	0198	----	----	0200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fläkt F2 igångsätts med varvtalet som funktion av de ingående temperaturparametrarna. Spjäll S1 öppnar.

0330	0261	0234	0359	0405	0200	----	----	0200	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
0332	0252	0226	0360	0396	0202	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
0321	0252	0226	0489	0396	0201	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0

Solfångartemperaturen överstiger varmvattenberedarens temperatur, varför pump P1 startas så att energi även tillförs beredaren. (ca 2 till 3kW).

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T6	N	N	F	D	F	N	P	S	S	S	
+	-	SPIS	SOL	VVB	RUM			BÖR	S	T	1	E	2	E	1	1	2	3	
0421	0251	0225	0466	0396	0198	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0419	0262	0224	0465	0402	0199	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0420	0267	0224	0474	0410	0198	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0449	0266	0224	0515	0412	0197	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0470	0268	0225	0553	0416	0199	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0498	0267	0223	0573	0420	0200	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0419	0269	0224	0637	0438	0200	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0419	0270	0224	0637	0457	0200	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
0419	0267	0225	0651	0473	0201	----	----	0200	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0

Solfångartemperaturen sjunker under tillåtet driftsvärde, varför fläkt F2 och pump P1 stängs av. Spjäll S1 stänger likaledes.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T6	N	N	F	D	F	N	P	S	S	S	
+	-	SPIS	SOL	VVB	RUM			BÖR	S	T	1	E	2	E	1	1	2	3	
0419	0273	0224	0322	0438	0201	----	----	0200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0415	0272	0232	0262	0445	0202	----	----	0200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0415	0268	0232	0133	0446	0202	----	----	0200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0415	0270	0233	0101	0446	0200	----	----	0200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Typiskt för latentvärmelagret är den under laddningsfasens inledning konstanta temperaturen i (-)spalten på grund av smältningen av kalciumkloriden (27°C).

Förutsättning - typfall 3:

Nattsänkning med 4°C har begärts, dvs T6 BÖR = 16°C.
Energilagret är laddat. Anm: eftersom driftsläget har
simulerats, sjunker rumstemperaturen snabbare än vad som
gäller i det verkliga driftsfallet.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T6	N	N	F	D	F	N	P	S	S	S
+	-	SPIS	SOL	VVB	RUM			BÖR	S	T	1	E	2	E	1	1	2	3
0533	0279	0195	0101	0446	0201	----	----	0160	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0488	0275	0198	0101	0446	0176	----	----	0160	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0488	0276	0197	0101	0446	0162	----	----	0160	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rumstemperaturen understiger BÖR-värdet med mer än 0,5°C.
Uppvärmningsbehovet täcks av energilagret. (F1 läge 2)

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T6	N	N	F	D	F	N	P	S	S	S
+	-	SPIS	SOL	VVB	RUM			BÖR	S	T	1	E	2	E	1	1	2	3
0488	0276	0076	0102	0447	0154	----	----	0160	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0486	0251	0075	0100	0444	0154	----	----	0160	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0487	0200	0074	0100	0444	0155	----	----	0160	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0487	0189	0074	0101	0445	0157	----	----	0160	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0489	0171	0076	0102	0447	0159	----	----	0160	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0488	0171	0076	0102	0446	0160	----	----	0160	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0484	0223	0077	0102	0447	0161	----	----	0160	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0431	0246	0078	0104	0448	0160	----	----	0160	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperaturen i (-)spalten återhämtar sig efter energiuttag.
get.

Typfall 3 - status vid nattaxa:

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T6	N	N	F	D	F	N	P	S	S	S
+	-	SPIS	SOL	VVB	RUM			BÖR	S	T	1	E	2	E	1	1	2	3
0558	0293	0181	0105	0451	0184	----	----	0160	1	1	0	0	2	1	0	0	0	1

Energilagret laddas, så att det fulladdat håller ca 75
kWh.

Drifttider:

Drifttider erhållas efter kommando < 22E >.

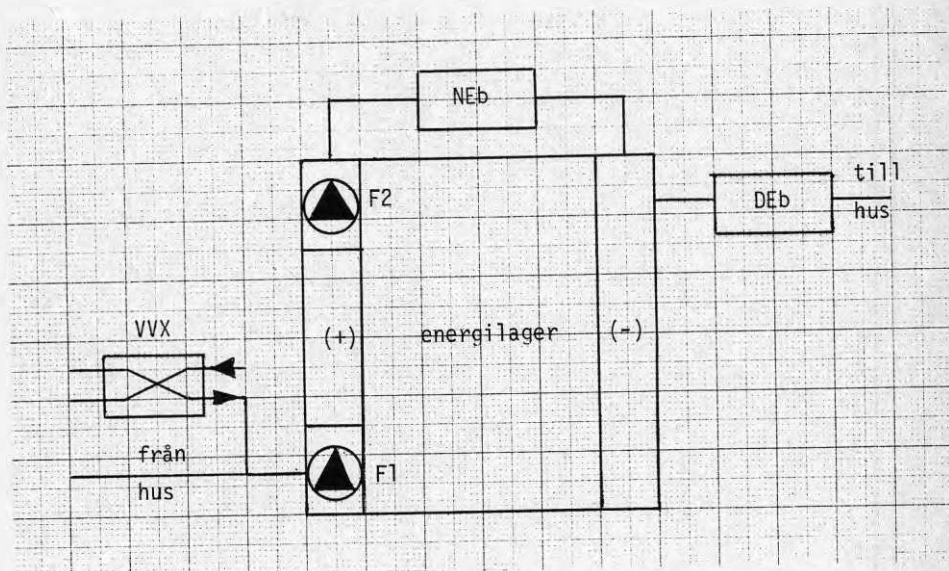
£22 REMOTE
10022301006 TIME

000	053.0	DEG	temperatur (+)spalt
001	027.8	DEG	temperatur (-)spalt
002	018.5	DEG	spistemperatur
003	009.9	DEG	solfångartemperatur
004	044.3	DEG	varmvattenberedartemperatur
005	019.8	DEG	rumstemperatur
006	-----	DEG	reserv
007	-----	DEG	reserv
008	020.0	DEG	inställt BÖR-värde
009	00000	CNT	drifttid nattsänkning
010	00000	CNT	drifttid nattaxa
011	00036	CNT	drifttid fläkt F1
012	00009	CNT	drifttid dagel
013	00039	CNT	drifttid fläkt F2
014	00000	CNT	drifttid nattel
015	00014	CNT	drifttid pump P1
016	00025	CNT	drifttid spjäll S1
017	00012	CNT	drifttid spjäll S2
018	00000	CNT	drifttid spjäll S3

Eftersom cykeltiden satts till 60 sekunder, motsvarar antalet pulser (CNT) drifttiden i minuter i det valda exemplet.

4.4 Uppvärmningssystem HUS-N.

HUS-N har en med HUS-S identisk installation, med undantag av att solfångarsystemet saknas. Husets primära energiförsörjning utgörs därför av elenergi, ackumulerad i smältvärmelagret.



Figur 34. Principiell installation HUS-N.

5. I N S T A L L A T I O N S E R F A R E N H E T E R .

I kommentarerna under rubriken "Installationserfarenheter" har mina personliga iakttagelser återgivits. Som tidigare nämnts uppfördes de tre husen i yrkesskolans regi, dvs det direkta produktionsansvaret åvilade den grupp lärare och elever som tilldelats uppgiften. Produktionspersonal från Kvissberg & Bäckström Byggnads AB deltog under vissa avsnitt i arbetet, liksom underleverantörer för arbeten där yrkesbehörighet erfordrades. Tanken med yrkesskolans engagemang var bl a att husen skulle produceras på ett likvärdigt sätt, och vara direkt jämförbara med varandra. Avsaknaden av tidspress skulle borge för att husen producerades under identiska förhållanden.

5.1 F j ä r r v ä r m e h u s e t .

Under byggproduktionen upplevdes inga specifika svårigheter. Eftersom huset, såväl konstruktionsmässigt som när det gäller den tekniska installationen, inte avviker från den standardmässiga lösningen, förväntades ej heller några svårigheter.

Arbetet med att installera ventilationssystemet upplevdes jämbördigt med motsvarande installation i HUS-N, med den enda skillnaden att kanaldimensionerna i HUS-N är större, eftersom uppvärmningen i detta hus sker via kanalsystemet samtidigt med ventilationen.



Figur 35. Kanaldragning i HUS-F.

Fjärrvärmesystemets värmeväxlare och tillhörande rörsystem upptog större plats än väntat i klädvårdsrummet. Vid jämförelse med de två andra husen, bedömdes fjärrvärmehusets installation som lika utrymmeskrävande, trots att inget energilagrar ingick i anläggningen..

Framledningstemperaturen på inkommande fjärrvärmevatten låg mestadels mellan 90 - 95 °C under uppvärmningsperioden. Stora ofrivilliga förluster från rördragningar och apparater medförde att klädvårdsrummets temperatur oftast upplevdes som obehagligt hög. Hur stor andel av dessa förluster som uppstår före respektive efter fjärrvärmeverkets energimängdsmätare har inte kunna avgöras.

Ljudnivån från ventilationsaggregatet är godtagbar, men dock fullt märkbar då systemet körs på normal ventilation.

Arbetslaget av elever i HUS-F hade god intern disciplin, och arbetsplatsen var mestadels i mycket god ordning.

5.2 N a t t e l h u s e t .

Den enda skillnaden mellan HUS-F och HUS-N utgörs av uppvärmningssystemet. Inga speciella åtgärder på huskroppen erfordrades för installationen av detta. Trots de större kanaldimensionerna upplevdes den installationsmässiga delen inte mer besvärande, än vad som varit fallet i HUS-F. Konkurrentens om utrymmet mellan elinstallationen och kanaldragningen förekom i båda husen, men var något mer besvärande i HUS-N och HUS-S, genom att kanalerna i vissa fall upptog större delen av hela golvbjälklagsutrymmet mellan två intilliggande boardbalkar (se figur 31).

Kanaldragningen utfördes av det plåtslageri, som även tillverkat solfångarkassetterna. Montörernas, liksom min egen, ovana vid kanaltekniskt installationsarbete medförde tyvärr, att installationsproblem ofta löstes genom slanganslutning. I efterhand kan man konstatera, att det hade varit avsevärt bättre om installationen handlagts av yrkeskunnigt folk. Vid första påseende tycks installationsarbetet av ett kanalsystem vara av enkel svårighetsgrad, men erfarenhet av såväl tidigare system, som den komponentkänedom en sådan erfarenhet medför, gör att systemets slututförande förbättras. Motsvarande erfarenhet gjordes under Kedum-projektet <18>. I HUS-F, där ventilationssystemet levererades som en pakettlösning, med samtliga komponenter inkluderade i leveransen, fanns samtidigt alla tidigare erfarenheter automatiskt tillgodogjorda, antingen i form av ritningsunderlag eller i form av komponentsortimentet i leveransen. För HUS-N underskattades problemet med att installera ett nytt och ej standardiserat system.

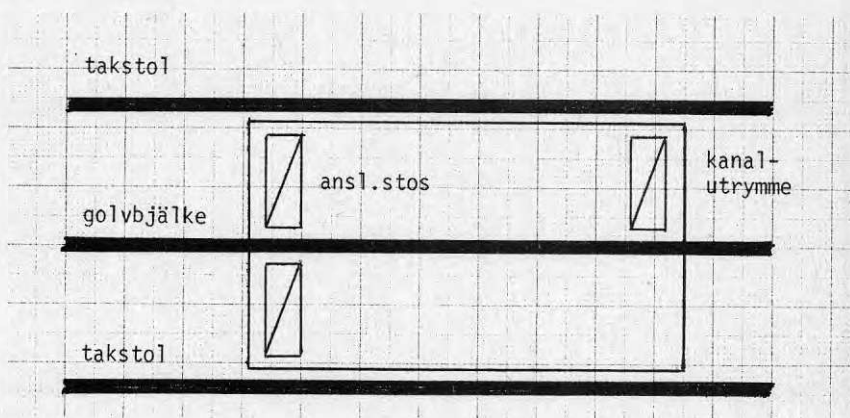


Figur 36. Kanaldragning i golvbjälklaget ger konkurrens om utrymmet.

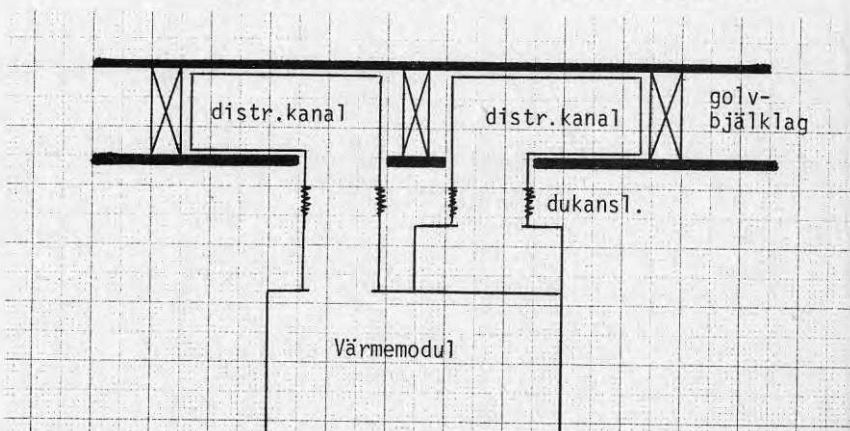
5.3 Solenergihuset.

Det som sagts under kommentarerna beträffande kanaldraging i HUS-N gäller även HUS-S, där även de två till/frånkanalerna till solfångarsystemet måste inrymmas i golvbjälklag eller bi-utrymmen. Där så var praktiskt möjligt, och där luftflödets storlek påfordrade ett stort kanaltvärsnitt, valdes rektangulära kanaler med invändig ljudisolering. Ur kostnads/installations/ljudsynpunkt hade det varit intressant att försöka utföra vissa av kanalavsnitten med t ex Gullfibers kanalskiva, vilken visat sig vara en praktisk komplettering till de normalt förekommande plåtkanalerna.

Genom att måttanpassa Värmemodulen till de standardmått, som förekommer inom byggbranschen (cc = 600 mm), kunde anslutningstrummor till/från Värmemodulen enkelt inrymmas i golvbjälklaget.



Figur 37. Centrerings av Värmemodulen till takstols-systemet underlättar kanaldragingen.



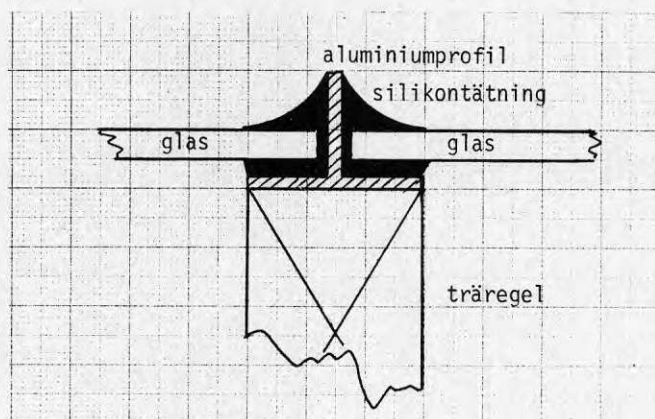
Figur 38. Anslutning av Värmemodulen till kanalsystemet.

Vid montering av de lösa solfångarkassetterna, gjordes håltagning genom takets två boardskivor. Vid några tillfällen försköts den gemensamma centrumlinjen för de två hålen, vilket medförde att kassetterna torderades vid monteringen.

Avståndet till glasningen ändrades genom kassetten vridning, dock aldrig så mycket att direktkontakt uppstod mellan denna och glaset, även under extrema förhållanden, t ex vid stagnationstemperaturer.

En bättre integrering av kassetten i takets konstruktion skulle reducera problemet avsevärt.

Solfångarens glasning lades på en T-profil i aluminium, fastskruvad på kassettindelningens träreglar.



Figur 39. Glasuppläggnig på aluminiumprofil med silikontätning.



Figur 40. Glasningsarbetet.

Den totala glaslängden över respektive solfångarkassett uppdelades i så nära kvadratiska element som möjligt, vilka fogades till varandra med silikongummi. Glaspartiet kunde därefter vikas ihop till ett hanterbart paket, som på taket åter vecklades ut mellan de två stödprofilerna i aluminium.

6. M Ä T T E K N I S K I N S T A L L A T I O N O C H

 M Ä T D A T A B E H A N D L I N G .

6.1. M å l s ä t t n i n g

Projektets tre hus utgörs av:

- HUS-F - referenshus med fjärrvärmeuppvärmning. Vattenbaserat uppvärmningssystem med traditionella radiatorer.
- HUS-N - uppvärmningssystem baserat på energilagring i ett saltsmältlager ($\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$), vilket huvudsakligen laddas med nattelenergi. Luftburen värmedistribution.
- HUS-S - uppvärmningssystem med solfångare, saltsmältlager och nattelenergiackumulering. Luftburen värmedistribution.

Projektet gavs en huvudsaklig mätteknisk målsättning mot bestämning av de tre försökshusens energiförbrukning, samt att genom jämförelser mellan de uppmätta resultaten kartlägga och kvantifiera variationer och egenskaper mellan de olika uppvärmningssystemen. Mätarbetet inriktades även på en systemstudie av latentvärmelagrets funktion.

Nedanstående energimängder mäts med avseende på respektive hus.

- HUS-F - Hushållsel
 - Fjärrvärme, med separering av energi för varmvatten.
- HUS-N - Hushållsel
 - Dagel, med separering av energi för varmvatten.
 - Nattel
- HUS-S - Hushållsel
 - Dagel, med separering av energi för varmvatten.
 - Nattel, under de tillfällen försök kommer att genomföras. Normalt skall energilagret endast laddas med solenergi, för att en jämförelse och kvantifiering skall kunna göras beträffande de energimängder som solfångarna bidragit med.
 - Solenergi

6.2 U t f ö r a n d e .

I respektive hus monterades följande uppsättning givare/mätpunkter. Mätpunkternas kanalnummer, motsvarande det sätt på vilket de anslutits till respektive fjärrstation, har samtidigt angivits.

HUS-S	Fjärrstation 01.

000	Tut solfångare
001	T omgivning
002	T sovrum 1
003	T sovrum 2
004	T hall
005	T vardagsrum
006	T VVX tilluft
007	T VVX frånluft
096	Total-el
097	Dag-el
098	Natt-el
099	Energi VVB
100	Förbrukning varmvatten
106	Solinstrålning
107	Drifttid pump VVB
108	Drifttid nattelbatteri
109	Drifttid dagelbatteri 0,5 kW
110	Drifttid dagelbatteri 1,0 kW
111	Drifttid dagelbatteri 2,0 kW
112	Drifttid husfläkt (F1)
113	Drifttid systemfläkt (F2)
114	Drifttid VVX elbatteri

HUS-N Fjärrstation 01.

040 Tin solfångare
 041 T omgivning
 042 T sovrum 1
 043 T sovrum 2
 044 T hall
 045 T vardagsrum
 046 T VVX tilluft
 047 T VVX frånluft

101 Total-el
 102 Dag-el
 103 Natt-el
 104 Energi VVB
 105 Förbrukning varmvatten

115 Drifftid pump VVB
 116 Drifftid nattelbatteri
 117 Drifftid dagelbatteri 0,5 kW
 118 Drifftid dagelbatteri 1,0 kW
 119 Drifftid dagelbatteri 2,0 kW

120 Drifftid husfläkt (F1)
 121 Drifftid systemfläkt (F2)
 122 Drifftid VVX elbatteri

HUS-F Fjärrstation 02

000 T mätstationsrum
 001 T omgivning
 002 T sovrum 1
 003 T sovrum 2
 004 T hall
 005 T vardagsrum
 006 T VVX tilluft
 007 T VVX frånluft

096 Total-el
 097 Energi fjärrvärme
 098 Energi varmvatten
 099 Varmvattenförbrukning
 100 reserv
 101 reserv
 102 reserv
 103 Drifftid VVX elbatteri

Mätpunkterna anslöts till två moduluppbyggda, mikrodatorstyrda fjärrstationer <10> placerade i de externa förrådsutrymmena tillhörande HUS-S respektive HUS-F. Via telefonmodem sändes mätdata till en centralt placerad insamlingsdator (ABC-80), vilken utgjorde kommunikations- och mellanlagringsstation i mätsystemet. Dygnsvis överfördes mätdata till tekniska högskolans stordator (LIDAC) där all slutlig bearbetning och arkivering av mätdata skett <12>.

6.3. U t v ä r d e r i n g s p l a n .

6.3.1 Energiförbrukningsjämförelser.

a) Genom de fyra rumstemperaturgivarna kunde den termiska belastningen för respektive hus bestämmas och kontrollutföras, så att en jämförelse mellan de tre försökshusen kunde tillåtas. Även om det i planeringen av mätprogrammet ansågs möjligt att hålla konstant, och mellan de tre husen lika inomhusklimat, gav de fyra mätpunkterna möjlighet till kontroll av den erforderliga säkerheten i detta antagande.

b) Genom att mäta omgivningstemperaturen vid respektive hus gavs likaledes möjlighet till kontroll av eventuella skillnader i de tre husens mikroklimat, och eventuella skillnader i energiförbrukning till följd av detta. Av ekonomiska skäl uteslöts vindmätare.

c) Till/frånluftstemperaturer i husens ventilationsutrustning mättes för att kontrollera att husens ventilationsförluster var likvärdiga.

d) Energimängdsmätare monterades i varmvattenkretsarna, där även avtappad volym varmvatten kan mätas.

e) Köpt energi mättes i form av totalt tillförd el- samt fjärrvärmeenergi.

6.3.2 Systemstudier.

a) Solfångarsystemets in/uttemperaturer mättes liksom instrålad solenergi integrerad över aktuell mätperiod - 1 h.

b) Drifftider och medeleffekter för uppvärmningssystemets dag- respektive nattelbatteri i HUS-N och HUS-S mättes, liksom drifftiderna för hus- och systemfläktarna.

c) Drifftiderna för ventilationsaggregatens elbatteri mättes.

6.4. M ä t d a t a i n s a m l i n g s e x e m p e l .

För att enklast visa hur mätdatainsamlingen har gjorts, visas ett exempel på förfarandet under ett dygn, dag 290, torsdagen den 16 oktober 1980.

Mätperioden, dvs den tid som förflyter mellan två överläsningar till ABC-80 systemet, programmerades till 1h. Under detta intervall utfördes mätning av analoga kanaler (tex temperaturer) en gång per minut, medan digitala kanaler (tex drifttider) mättes var 10 sek. De överförda temperaturerna medelvärdesbildades före överläsningen till ABC 80, där resultaten lagrades på flexskiva.

De överlästa mätresultaten lagrades i följande form:

Kommentarer:

£01 REMOTE	Fjärrstation 1, dvs HUS-S och HUS-N
339235640 TIME	Dag 339 kl 23:56:40 dvs mätperiod kl 23-24
000 006.4 DEG	Uttemperatur solfångare
001 -011.1 DEG	Omgivningstemperatur HUS-S
002 018.9 DEG	Temperatur sovrum 1
003 018.2 DEG	Temperatur sovrum 2
004 018.0 DEG	Temperatur hall
005 019.6 DEG	Temperatur vardagsrum
006 020.2 DEG	Temperatur värmeväxlare tilluft
007 007.7 DEG	Temperatur värmeväxlare frånluft
040 018.7 DEG	Intemperatur solfångare
041 -010.8 DEG	Omgivningstemperatur HUS-N
042 018.1 DEG	Temperatur sovrum 1
043 018.2 DEG	Temperatur sovrum 2
044 017.0 DEG	Temperatur hall
045 019.0 DEG	Temperatur vardagsrum
046 010.7 DEG	Temperatur värmeväxlare tilluft
047 008.4 DEG	Temperatur värmeväxlare frånluft
096 00005 CNT	Totalel 5 kWh
097 00003 CNT	Dagel 3 kWh
098 00000 CNT	Nattel 0 kWh
099 00000 CNT	Energi varmvattenförbrukning 0 kWh
100 00000 CNT	Volym varmvattenförbrukning 0 m3
101 00002 CNT	Totalel 2 kWh
102 00002 CNT	Dagel 2 kWh
103 00000 CNT	Nattel 0 kWh
104 00000 CNT	Energi varmvattenförbrukning 0 kWh
105 00000 CNT	Volym varmvattenförbrukning 0 m3
106 00000 CNT	Solinstrålning 0 kWh
107 000000 SEK	Drifttid pump varmvattenberedare 0 sek
108 000000 SEK	Drifttid nattelbatteri 0 sek
109 000220 SEK	Drifttid 0,5kW dagelbatteri 220 sek
110 000000 SEK	Drifttid 1,0kW dagelbatteri 0 sek
111 003600 SEK	Drifttid 2,0kW dagelbatteri 3600 sek
112 003600 SEK	Drifttid husfläkt F1 3600 sek
113 000000 SEK	Drifttid systemfläkt F2 0 sek
114 002070 SEK	Drifttid elbatt vent.värmeväx. 2070sek
115 000000 SEK	Drifttid pump varmvattenberedare 0 sek

116	000000	SEK	Drifftid nattelbatteri 0 sek
117	002520	SEK	Drifftid 0,5kW dagelbatteri 2520 sek
118	000440	SEK	Drifftid 1,0kW dagelbatteri 440 sek
119	000760	SEK	Drifftid 2,0kW dagelbatteri 760 sek
120	003600	SEK	Drifftid husfläkt F1 3600 sek
121	000000	SEK	Drifftid systemfläkt F2 3600 sek
122	000000	SEK	Drifftid elbatt vent.värmeväxlare 0sek
	£02	REMOTE	Fjärrstation 02, dvs HUS-F
339235640		TIME	Dagnummer och klockslag enl. ovan
000	006.0	DEG	Temperatur mätstationsrum
001	-009.5	DEG	Omgivningstemperatur HUS-F
002	018.1	DEG	Temperatur sovrum 1
003	018.0	DEG	Temperatur sovrum 1
004	019.1	DEG	Temperatur hall
005	019.9	DEG	Temperatur vardagsrum
006	018.2	DEG	Temperatur värmeväxlare tilluft
007	006.5	DEG	Temperatur värmeväxlare frånluft
096	00002	CNT	Totalel 2 kWh
097	00003	CNT	Energi fjärrvärme 3 kWh
098	00000	CNT	Energi varmvattenförbrukning 0 kWh
099	00000	CNT	Volym varmvattenförbrukning 0 kWh
103	002710	SEK	Drifftid elbatt värmeväxlare 2710 sek

Kanalfördelningen mellan de tre husen har visats under avsnitt 6.2 Utförande.

Påföljande överläsningstillfälle sker, eftersom överläsningsperiodtiden satts till lh, kl 00:56:40. Genom att manuellt ta kontakt med fjärrstationerna från ABC 80 datorn, kan motsvarande resultatutskrift erhållas på andra tider än de, som programmerats.

Genom utskriften kan den aktuella timmans olika mätdata analyseras. Utöver temperaturer, energimängder och drifttider kan man konstatera att elbatteriet i ventilationsvärmeväxlaren för HUS-N varit avstängt (kanal 122 upptar 0 SEK). Detta framgår även av att temperaturen i tilluften från värmeväxlaren endast är 10,7 °C (kanal 046) medan motsvarande värde för de båda andra husen är 20,2 resp. 18,2 °C (kanal 006 station 01 resp. 02). Denna form av utvärdering är emellertid alltför otymplig och tidsödande, varför varje dygns mätresultat bearbetades enligt nedan. Metoden med manuell uppringning av fjärrstationerna var emellertid ett utmärkt sätt då det gällde att kontrollera systemets funktion, eller punktstudera en systemsekvens. Samma typ av uppringning blev under projektets gång möjlig att göra till reglerdatorerna i HUS-N och HUS-S, för fjärrövervakning av reglerfunktionen.

6.5. E x e m p e l p å m ä t d a t a b e h a n d l i n g .

Överföring av mätdata gjordes vanligtvis en gång per dygn till tekniska högskolans stordator (LIDAC) där resultaten behandlas dygnsvis. Följande utskrifter utgör exempel på ett dygns mätvärdespresentation.

6.5.1 Husmedeltemperaturer.

Temperaturmedelvärden för respektive mätpunkt, period och dygn presenteras i tabellform, varvid även husets totala temperaturmedelvärde framräknas. Med hjälp av omgivningstemperaturen beräknas periodens värmebehov i form av antal gradtimmar, vilket likaledes presenteras i utskriften. Nedanstående tabell visar medeltemperaturerna för ett av husen - HUS-F. Motsvarande bearbetning görs för samtliga tre hus.

HUS-F Dagnummer: 290 Torsdag 16/10 1980						
Klockan	Sovrum 1	Sovrum 2	Hall	Vard.rum	T-medel	
I	I Grad C	I Grad C	I Grad C	I Grad C	I Grad C	I
I 0- 1 I	17.8	17.9	18.7	20.8	I 18.8	I
I 1- 2 I	17.7	17.9	18.7	21.5	I 19.0	I
I 2- 3 I	17.7	17.8	18.7	19.5	I 18.4	I
I 3- 4 I	17.7	17.8	18.7	22.9	I 19.3	I
I 4- 5 I	17.6	17.8	18.6	20.1	I 18.5	I
I 5- 6 I	17.5	17.7	18.5	21.5	I 18.8	I
I 6- 7 I	17.5	17.7	18.5	20.0	I 18.4	I
I 7- 8 I	17.5	17.7	18.5	19.3	I 18.3	I
I 8- 9 I	17.6	17.7	18.5	20.0	I 18.5	I
I 9-10 I	17.8	17.8	19.1	24.7	I 19.9	I
I 10-11 I	18.1	18.0	21.0	21.1	I 19.3	I
I 11-12 I	18.3	18.3	19.8	20.3	I 19.1	I
I 12-13 I	18.5	18.3	20.0	20.5	I 19.3	I
I 13-14 I	18.7	18.6	20.2	20.7	I 19.6	I
I 14-15 I	18.8	18.9	20.3	20.7	I 19.7	I
I 15-16 I	18.9	18.9	26.2	20.8	I 21.2	I
I 16-17 I	18.8	18.8	21.5	20.7	I 20.0	I
I 17-18 I	18.7	18.8	19.9	20.6	I 19.5	I
I 18-19 I	18.7	18.7	21.8	20.5	I 19.9	I
I 19-20 I	18.6	18.7	24.7	20.4	I 20.6	I
I 20-21 I	18.5	18.7	20.2	20.3	I 19.4	I
I 21-22 I	18.4	18.6	20.1	21.7	I 19.7	I
I 22-23 I	18.4	18.5	19.9	20.1	I 19.2	I
I 23-24 I	18.2	18.4	19.2	21.6	I 19.4	I
HELA DYGNETS MEDELTEMPERATUR = 19.3						

Figur 41. Utskrift av medeltemperaturer för HUS-F, 16/10 1980

I grafisk form visas dygnets omgivnings- och hustemperaturer under respektive entimmasperiod. Varje hus behandlas identiskt. Av tabeller och diagram framgår det aktuella dagnumret, dagen, datum samt vilket hus mätresultaten avser.

Klockan	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+20	+25	+30
0- 1					+ 0			*		
1- 2					+0			*		
2- 3					+0			*		
3- 4					+0			*		
4- 5					+0			*		
5- 6					0			*		
6- 7					0			*		
7- 8					0			*		
8- 9					+0			*		
9-10					+	0		*		
10-11					+	0		*		
11-12					+	0		*		
12-13					+	0		*		
13-14					+	0		*		
14-15					+	0		*		
15-16					+	0		*		
16-17					+	0		*		
17-18					+ 0			*		
18-19					+0			*		
19-20					+0			*		
20-21					+0			*		
21-22					+0			*		
22-23					0			*		
23-24					+0			*		

0 = omgivningstemp. * = hustemp. Antal gradtimmar: 405.6

Figur 42. HUS-F. Dagnummer: 290 Torsdag 16/10 1980

6.5.2 Solfångarprestanda.

Solfångarnas prestanda presenteras i tabellform, vilken omfattar:

- * mätperiod
- * uttemperatur från solfångaren
- * intemperatur till solfångaren
- * temperaturdifferens över solfångaren
- * solinstrålningen integrerad över mätperioden
- * systemfläktens drifttid i minuter och % av hel period. 1)
- * solfångarsystemets verkningsgrad

(anm.1: av utrymmesskäl anges i rapporten endast drifttiden för F2 i minuter)

Tabellen upptar även dygnets totala solinstrålning mot solfångaren samt den andel solfångaren nyttiggjort, dvs levererat till samlingskanalen.

Dagnummer: 290 Torsdag 16/10 1980							
Klockan	Tut solf I Grad C	Tin solf I Grad C	dT solf I Grad C	Sol.int I Wh/m2	F2 I min	Vgr I %	
I 5- 6	I 13.7	I 19.8	I -6.1	I 0.0	I 0	I 0.0	I
I 6- 7	I 13.6	I 19.7	I -6.1	I 0.0	I 0	I 0.0	I
I 7- 8	I 13.8	I 19.6	I -5.8	I 0.0	I 0	I 0.0	I
I 8- 9	I 21.9	I 19.9	I 2.0	I 163.3	I 19	I 2.5	I
I 9-10	I 47.5	I 23.7	I 23.8	I 634.4	I 60	I 50.2	I
I 10-11	I 55.6	I 24.9	I 30.7	I 709.2	I 60	I 57.8	I
I 11-12	I 60.3	I 27.3	I 33.0	I 738.1	I 60	I 59.8	I
I 12-13	I 47.1	I 25.9	I 21.2	I 477.2	I 57	I 55.8	I
I 13-14	I 56.1	I 28.3	I 27.8	I 613.3	I 59	I 59.6	I
I 14-15	I 43.3	I 26.7	I 16.6	I 390.3	I 58	I 54.9	I
I 15-16	I 30.4	I 25.1	I 5.3	I 76.4	I 22	I 17.2	I
I 16-17	I 22.8	I 23.3	I -0.5	I 0.0	I 0	I 0.0	I
I 17-18	I 18.9	I 22.2	I -3.3	I 0.0	I 0	I 0.0	I
I 18-19	I 17.7	I 21.5	I -3.8	I 0.0	I 0	I 0.0	I
I 19-20	I 17.0	I 21.2	I -4.2	I 0.0	I 0	I 0.0	I
Total instrålad energi =				110.3 kWh			
Därav utnyttjad energi =				59.0 kWh			

Figur 43. Utskrift av solfångarprestanda, 16/10 1980

6.5.3 Elbatteriernas effekt och drifttider.

I diagramform visas dag- resp nattelbatteriernas drifttider samt medeleffekter under respektive mätperiod och dygn, för HUS-N respektive HUS-S. Varje delstreck motsvarar 0,25kW inkopplad effekt. Drifttiderna för systemets båda fläktar visas likaledes. I diagrammen visas den enligt respektive elmätare förbrukade elenergin, och den andel respektive elbatteri förbrukat av den totala energin. Det senare värdet har beräknats med ledning av effekt och drifttider presenterade i diagrammen under dygnet. Resterande energi har förbrukats av bl a de elradiatorer som finns monterade i toalett och badrum, värmeväxlarens fläkt och elbatteri, hushållsel mm. Som exempel visas nedan diagrammet för HUS-S

16/10 1980		Drifttid					F2	F1
		0	1	2	3	4	5kW	
Klockan:	0- 1	+---						56 00
	1- 2	+-----						60 00
	2- 3	+-----						60 00
	3- 4	+-----						60 00
	4- 5	+-----						60 00
	5- 6	+-----						60 00
	6- 7	+-----						60 00
	7- 8	+-----						60 00
	8- 9	+-----						60 19
	9-10	+-----						32 60
	10-11	+						43 60
	11-12	+						29 60
	12-13	+						47 57
	13-14	+						19 59
	14-15	+						41 58
	15-16	+						43 22
	16-17	+						37 00
	17-18	+						54 00
	18-19	+-						60 00
	19-20	+-						60 00
	20-21	+-						60 00
	21-22	+-						60 00
	22-23	+-----						60 00
	23-24	+-						60 00
Förbrukad Dagel = 41 kWh		Förbrukad Nattel = 0 kWh						
Därav elbatteri = 22.5 kWh		Därav elbatteri = 0.0 kWh						
-----: Dagel		=====: Nattel 0,25 kW/delstreck						

Figur 44. Elförbrukning HUS-S.

6.5.4 Energibalans.

Varje dygns energibalans sammanställs i tabellform av vilken framgår de totala energibidrag/förluster, som förekommit under dygnet.

ENERGIBALANS FÖR DAG: 290		Torsdag 16/10 1980	
Energi i kWh	HUS-S	HUS=N	HUS=F
Solenergi	59.0		
Total elförbr.	51	63	18
Dag-el	41	45	
Natt-el	0	0	
Fjärrvärme			10
Varmvatten	0	0	0
Vent.förluster	16.9	9.8	10.5
Elförbr. VVX	0.0	6.5	10.8
Grattimmar	416.0	428.2	405.6

Figur 45.

7. R E S U L T A T B E A R B E T N I N G O C H K O M M E N T A R E R .

Den mättekniska metodiken för att genomföra utvärderingen av projektet baserades, som tidigare nämnts, på:

- * mätdatainsamling (lpg/min)
- * medelvärdesbildning (lpg/h)
- * automatisk mätdatabehandling (lpg/dygn)
- * månadssammanställning av dygnsunderlaget

Utvärderingen baserades dessutom på förutsättningen att de tre husen var byggnadstekniskt lika, dvs uppträdde som identiska energiförbrukare. Detta antagande visade sig dessvärre vara felaktigt. Tyvärr genomfördes täthets- och ventilationsmätningarna av husen först efter det att merparten av mätperioden avverkats (se kap. 8).

Det är i efterhand enkelt att konstatera vikten av att de antagna förutsättningarna verifieras i mätperiodens inledningsskede, och att samtliga parametrar överensstämmer med gjorda antaganden, innan mätarbetet påbörjas. Risk finns annars att t ex produktionstekniska problem under byggetappen gör, att frågor sammanhängande med utvärderingen negligeras eller underskattas.

Som en konsekvens av skillnaderna mellan de tre husen har den ursprungliga utvärderingsplanen omarbetats. Mätresultaten utnyttjas i första hand till att verifiera specifika systemegenskaper, eller funktionssätt, hos enskilda komponenter.

Med utgångspunkt från månadstabeller och månadsdiagram diskuteras avsnitt av speciellt intresse, varvid det diskuterade avsnittet illustreras av aktuella dygnsdiagram eller sammanställningar därav. De tidsavsnitt, som på detta sätt behandlats, har markerats med raster i månadsdiagrammen.

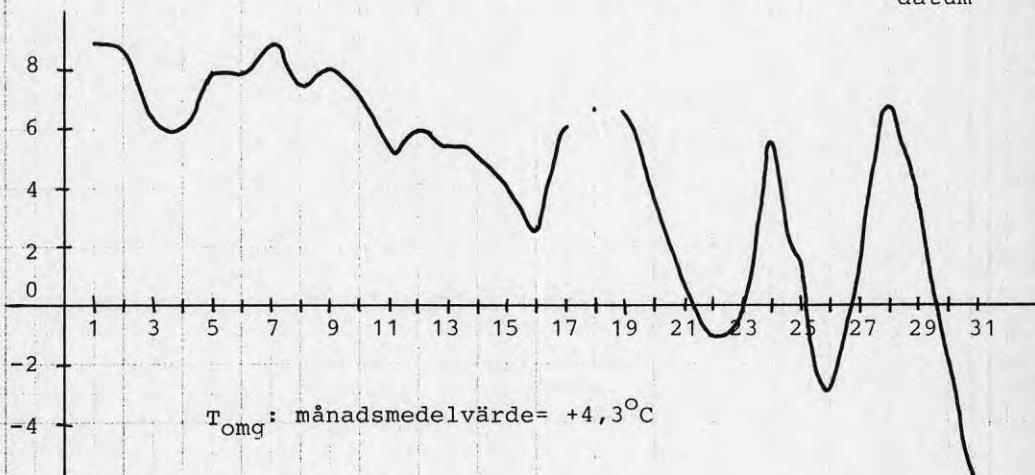
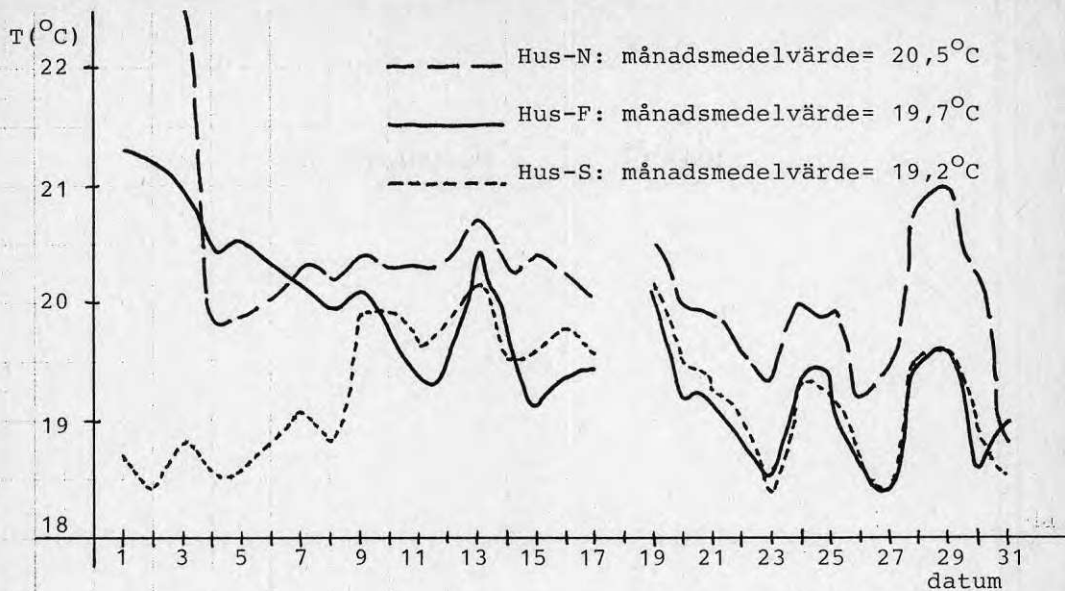
7.1 Resultatbearbetning och kommentarer oktober månad 1980.

MÄTVÄRDEN FÖR OKTOBER MÅNAD 1980.										
I	I	Medeltemperaturer (C)				Energimängder (kWh)				I
		I	I	I	I	I	I	I	I	
I	I	Dat	Hus-F	Hus-N	Hus-S	Tomg	F	N	S	anm.
I	I	1	21,3	24,6	18,7	8,9	10	68	21	sol 69/127
I	I	2	21,2	24,1	18,4	8,9	9	68	20	sol 15/40
I	I	3	21,0	22,6	18,8	6,2	20	36	24	sol 84/163
I	I	4	20,4	19,8	18,5	6,0	13	37	27	sol 36/84
I	I	5	20,5	19,9	18,6	8,0	22	41	24	sol 16/32
I	I	6	20,4	20,0	18,8	7,9	12	43	26	
I	I	7	20,2	20,3	19,1	8,9	12	46	29	
I	I	8	19,9	20,2	18,8	7,5	12	69	37	sol 7/26
I	I	9	20,1	20,4	19,9	8,0	12	50	37	sol 55/100
I	I	10	19,9	20,3	19,9	7,1	33	55	47	sol 14/49
I	I	11	19,4	20,3	19,6	5,3	35	61	58	sol 0/20
I	I	12	19,4	20,4	19,8	5,9	34	59	59	
I	I	13	20,4	20,7	20,2	5,5	14	53	44	sol 63/116
I	I	14	19,8	20,3	19,5	5,1	25	62	46	
I	I	15	19,1	20,4	19,6	4,2	17	65	60	
I	I	16	19,3	20,3	19,8	2,4	28	63	51	sol 59/110
I	I	17	19,4	20,1	19,6	6,1	15	60	54	
I	I	18								m ä t v ä r d e n s a k n a s
I	I	19	20,1	20,5	20,2	6,6	33	54	39	sol 46/103
I	I	20	19,2	20,0	19,5	3,5	38	66	63	
I	I	21	19,2	19,9	19,3	1,0	30	68	66	sol 61/120
I	I	22	18,8	19,6	19,0	-1,1	42	72	68	sol 52/108
I	I	23	18,5	19,3	18,4	-0,8	52	80	87	sol 1/6
I	I	24	19,4	20,0	19,3	5,5	36	62	70	
I	I	25	19,4	19,9	19,2	1,5	40	69	76	
I	I	26	18,5	19,2	18,7	-3,0	43	78	75	sol 62/126
I	I	27	18,4	19,4	18,4	0,2	42	84	87	sol 8/20
I	I	28	19,4	20,8	19,5	6,8	47	64	62	sol 1/7
I	I	29	19,6	21,0	19,6	4,6	17	64	64	
I	I	30	18,6	20,3	19,0	-1,7	32	83	93	
I	I	31	19,0	18,9	18,5	-6,1	43	84	100	sol 57/103
I	I	TM	19,7	20,5	19,2	4,3				

Figur 46.

Anm.: " TM " anger månadens temperaturmedelvärden

" sol 15/40 " anger att solinstrålningen mot solfångarna under dygnet uppgått till 40 kWh medan solfångarna levererat 15 kWh till samlingskanalen



M Å N A D S D I A G R A M F Ö R O K T O B E R M Å N A D .

Kommenterade tidsavsnitt:

- 1- 5: energiförbrukning relaterad till fläktarbete
- 10-12: reglerdatorfunktionen för inneklimatet
systemförluster/reglermetodik
- 21: solfångarsystemets driftskarakteristik

Under början av oktober månad färdigställdes såväl husen som övrig teknisk installation. Tyvärr gav integreringsverket för fjärrvärmeenergin alltför liten upplösning (10kWh), för att de önskvärda dygnsjämförelserna skulle kunna göras, varför ett nytt måste beställas (1 kWh upplösning) med åtföljande tidsfördröjning.

HUS-N drabbades dessutom av ett läckage på den inkommande kallvattenstammen, vilket medförde att förhöjd temperatur och ventilation måste tillåtas t o m den 3/10.

Trots dessa inledande svårigheter indikerade mätningarna under månaden några resultat, som förtjänar att diskuteras.

Tidsavsnitt 1 - 5/10.

Samtliga dagar gav ett varierande solenergitillskott (se anm. i månadstabellen). En sammanställning över de aktuella dygnens elenergiförbrukning visar att HUS-S inte erfordrade någon elenergitillsats för att upprätthålla inomhusklimatet, varför nedanstående tabell över de fem dygnen kan göras.

H U S - F			H U S - S		
Datum	Fjärrvärme	Elenergi	Dagel	Nattel	Totalel
1	0	10	11	0	21
2	0	9	11	0	20
3	10	10	13	0	24
4	0	13	16	0	27
5	10	12	14	0	24
Summa:	20	54	65	0	116
Tidsavsnittets totala energiförbrukning HUS-F: 74 kWh			HUS-S: 116 kWh		

Figur 47.

Tabellen visar att HUS-S erfordrat en total energiförsörjning på 116 kWh medan HUS-F uppvisar motsvarande förbrukning med 74 kWh. Eftersom Värmemodulens dagelbatteri inte varit aktiverat under tidsavsnittet - solenergitillskottet täckte hela värmebehovet - kommer energiåtgången under dagelrubriken att endast omfatta fläktarbetet, dvs 65 kWh fördelade på dels husfläkten och dels systemfläkten. Resterande elenergiförbrukning (51 kWh) omfattar förbrukning i ventilationsvärmeväxlaren, elradiatorer i bad/toa samt övrig hushållsel. Motsvarande värde för HUS-F är 54 kWh. Storleken på förbrukad fjärrvärme har en osäkerhetsfaktor på 10 kWh enligt vad som ovan sagts.

Andelen energi till fläktarbete kan kontrolleras genom att studera drifttiderna för de två fläktarna under tidsavsnittet. (Drifttiderna redovisas dygnsvis enligt exempel på sid 61) För att göra sammanställningen överskådlig skrivs drifttiderna ut i tabellform nedan.

I	I Datum	I 1/10		I 2/10		I 3/10		I 4/10		I 5/10		I
		I Drifftid	I Drifftid	I Drifftid	I Drifftid	I Drifftid	I Drifftid	I Drifftid	I Drifftid			
I	I	I F1	I F2	I F1	I F2	I F1	I F2	I F1	I F2	I F1	I F2	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I 0- 1	I 23	I 00	I 03	I 00	I 21	I 00	I 25	I 00	I 31	I 00	I
I	I 1- 2	I 30	I 00	I 05	I 00	I 26	I 00	I 29	I 00	I 40	I 00	I
I	I 2- 3	I 31	I 00	I 09	I 00	I 35	I 00	I 31	I 00	I 38	I 00	I
I	I 3- 4	I 34	I 00	I 20	I 00	I 38	I 00	I 40	I 00	I 40	I 00	I
I	I 4- 5	I 38	I 00	I 20	I 00	I 40	I 00	I 46	I 00	I 42	I 00	I
I	I 5- 6	I 48	I 00	I 24	I 00	I 46	I 00	I 54	I 00	I 44	I 00	I
I	I 6- 7	I 55	I 00	I 19	I 00	I 45	I 00	I 60	I 00	I 50	I 00	I
I	I 7- 8	I 48	I 09	I 20	I 00	I 42	I 10	I 57	I 00	I 52	I 00	I
I	I 8- 9	I 42	I 60	I 29	I 34	I 60	I 60	I 60	I 40	I 38	I 00	I
I	I 9-10	I 16	I 60	I 19	I 27	I 18	I 60	I 60	I 12	I 44	I 00	I
I	I 10-11	I 00	I 60	I 15	I 00	I 00	I 60	I 60	I 50	I 54	I 00	I
I	I 11-12	I 00	I 60	I 30	I 30	I 01	I 60	I 55	I 60	I 55	I 36	I
I	I 12-13	I 00	I 60	I 37	I 60	I 00	I 60	I 60	I 60	I 60	I 60	I
I	I 13-14	I 00	I 60	I 00	I 57	I 00	I 60	I 16	I 60	I 21	I 60	I
I	I 14-15	I 00	I 42	I 00	I 45	I 00	I 60	I 00	I 60	I 09	I 60	I
I	I 15-16	I 00	I 00	I 04	I 13	I 10	I 57	I 00	I 57	I 13	I 00	I
I	I 16-17	I 00	I 00	I 14	I 00	I 05	I 00	I 09	I 00	I 09	I 00	I
I	I 17-18	I 00	I 00	I 01	I 00	I 03	I 00	I 09	I 00	I 15	I 00	I
I	I 18-19	I 00	I 00	I 12	I 00	I 10	I 00	I 18	I 00	I 19	I 00	I
I	I 19-20	I 03	I 00	I 20	I 00	I 17	I 00	I 25	I 00	I 34	I 00	I
I	I 20-21	I 07	I 00	I 21	I 00	I 20	I 00	I 24	I 00	I 32	I 00	I
I	I 21-22	I 09	I 00	I 14	I 00	I 17	I 00	I 23	I 00	I 36	I 00	I
I	I 22-23	I 12	I 00	I 28	I 00	I 21	I 00	I 24	I 00	I 35	I 00	I
I	I 23-24	I 14	I 00	I 28	I 00	I 24	I 00	I 24	I 00	I 39	I 00	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I Summa:	I 410	I 410	I 392	I 266	I 499	I 487	I 809	I 399	I 850	I 156	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I Total drifftid för hela tidsavsnittet:	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Figur 48.

Med hjälp av den tidigare redovisade energiåtgången för fläktarbetet på 65 kWh kan nu fläktarnas effektförbrukning beräknas till ca 0,8 kW, vilket verkar vara rimligt med tanke på kataloguppgifter för fläktarna som funktion av tryckmotståndet.

KOMMENTARER:

Systemets energiåtgång i form av fläktarbete förorsakar en icke försumbar del av husets totala energiförbrukning. Det är emellertid svårt att bedöma hur stor del av denna energimängd, som sekundärt återvinns i form av bidrag till husets uppvärmning, eftersom en del av kanalsystemet ligger utanför miljöskalet.

Tidsavsnitt 10-12/10.

Fredagen den 10 bjöd på sol under förmiddagen. Medelvärdet på omgivningstemperaturen var 7,1°C. Av temperaturdiagrammet för HUS-S framgår hur omgivningstemperaturen varierat som funktion av tiden under dygnet. Den låga temperaturen i hallen (vid entreddörren) under perioden 8-9, beror på att ytterdörren lämnats öppen under byggjusteringsarbeten!

HUS-S Dagnummer: 284 Fredag 10/10 1980						
Klockan	Sovrum 1	Sovrum 2	Hall	Vard.rum	T-medel	
I	I	I	I	I	I	I
I	Grad C	Grad C	Grad C	Grad C	Grad C	Grad C
I 0- 1 I	19.7	18.7	20.0	20.8	I	19.8
I 1- 2 I	19.5	18.6	19.9	20.8	I	19.7
I 2- 3 I	19.3	18.5	19.7	20.7	I	19.6
I 3- 4 I	19.4	18.5	19.7	20.9	I	19.6
I 4- 5 I	19.3	18.4	19.6	20.9	I	19.6
I 5- 6 I	19.3	18.4	19.6	21.0	I	19.7
I 6- 7 I	19.4	18.4	19.6	21.2	I	19.7
I 7- 8 I	19.3	18.4	19.7	20.9	I	19.6
I 8- 9 I	19.1	18.3	9.7 a)	20.1	I	16.8
I 9-10 I	19.8	18.9	19.2	21.1	I	19.8
I 10-11 I	20.9	20.1	20.1	22.0	I	20.8
I 11-12 I	20.9	20.1	20.4	21.2	I	20.7
I 12-13 I	20.6	19.8	20.4	21.8	I	20.7
I 13-14 I	20.5	19.6	10.4	21.1	I	20.4
I 14-15 I	20.4	19.6	20.3	20.9	I	20.3
I 15-16 I	20.3	19.5	20.3	20.8	I	20.2
I 16-17 I	20.2	19.4	20.2	20.8	I	20.2
I 17-18 I	20.1	19.2	20.1	20.7	I	20.0
I 18-19 I	20.0	19.1	20.0	20.8	I	20.0
I 19-20 I	20.0	19.1	20.2	21.0	I	20.1
I 20-21 I	20.1	19.2	20.2	21.1	I	20.2
I 21-22 I	19.9	19.0	20.1	20.8	I	20.0
I 22-23 I	19.7	18.8	19.9	20.7	I	19.8
I 23-24 I	19.9	18.9	20.0	21.3	I	20.0
HELA DYGNETS MEDELTEMPERATUR = 19.9						

Figur 49. Utskrift av medeltemperaturer för HUS-S, 10/10 1980

a) Den låga temperaturen beror på att ytterdörren lämnats öppen

Klockan	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+20	+25	+30
0- 1					+	0		*		
1- 2					+	0		*		
2- 3					+	0		*		
3- 4					+	0		*		
4- 5					+	0		*		
5- 6					+	0		*		
6- 7					+	0		*		
7- 8					+	0		*		
8- 9					+	0	0	*		
9-10					+	0	0	*		
10-11					+	0	0	*		*
11-12					+	0	0	*		*
12-13					+	0	0	*		*
13-14					+	0	0	*		*
14-15					+	0	0	*		*
15-16					+	0	0	*		*
16-17					+	0	0	*		*
17-18					+	0	0	*		*
18-19					+	0	0	*		*
19-20					+	0	0	*		*
20-21					+	0	0	*		*
21-22					+	0	0	*		*
22-23					+	0	0	*		*
23-24					+	0	0	*		*

0 = omgivningstemp. * = hustemp. Antal gradtimmar: 307,5

Figur 50. HUS-S Dagnummer: 284 Fredag 10/10 1980

Figuren visar att reglerdatoren utan problem håller inomhus-temperaturen på relativt konstant nivå oberoende av variationerna i omgivningstemperatur, och den tillfälliga nerkyllningen av hallen.

Dagnummer: 284 Fredag 10/10 1980							
Klockan	Tut solf Grad C	Tin solf Grad C	dT solf Grad C	Sol.int Wh/m2	F2 Imin	Vgr %	
5- 6	14.7	20.6	- 5.9	0.0	0	0.0	
6- 7	14.9	20.6	- 5.7	0.0	0	0.0	
7- 8	15.2	20.6	- 5.4	0.0	0	0.0	
8- 9	22.2	20.4	1.8	69.4	26	7.5	
9-10	28.0	22.1	5.9	247.5	60	15.9	
10-11	31.0	23.3	7.7	250.6	60	20.6	
11-12	38.7	25.0	13.7	408.6	60	44.7	
12-13	37.5	25.0	12.5	311.9	60	53.6	
13-14	29.3	24.9	4.4	155.8	60	18.8	
14-15	24.2	23.4	0.8	98.6	(60)	5.4	
15-16	20.8	22.3	- 1.5	92.5	(60)	0.0	
16-17	19.0	22.1	- 3.1	32.8	(60)	0.0	
17-18	17.8	21.6	- 3.8	9.7	(60)	0.0	
18-19	17.1	21.4	- 4.3	8.6	(60)	0.0	
19-20	17.0	21.3	- 4.3	9.7	(60)	0.0	
Total instrålad energi =				49.2 kWh			
Därav utnyttjad energi =				13.9 kWh			

Figur 51. Utskrift av solfångarprestanda, 10/10 1980

Tabellutskriften för solfångarnas prestanda visar att, av en total solinstrålning på 49,2 kWh, 13,9 kWh har nyttiggjorts och levererats till solfångarnas samlingskanal. Temperaturnivåerna mäts omedelbart före respektive efter solfångaren.

Temperaturnivåerna, mätta i solfångarens anslutningsstosar gav en positiv differens under perioden 8-9, som var tillräckligt stor för att solfångaren skulle tagas i drift genom start av systemfläkten F2 under 26 minuter. Påföljande perioder var solfångaren i kontinuerlig drift under hela perioderna. Tyvärr inträffade ett fel i drifttidmätningen under dagen, vilket medförde att F2 indikeras i drift under hela dygnet. Fläkten stängdes emellertid av via reglerdatorn under perioden 13-14.

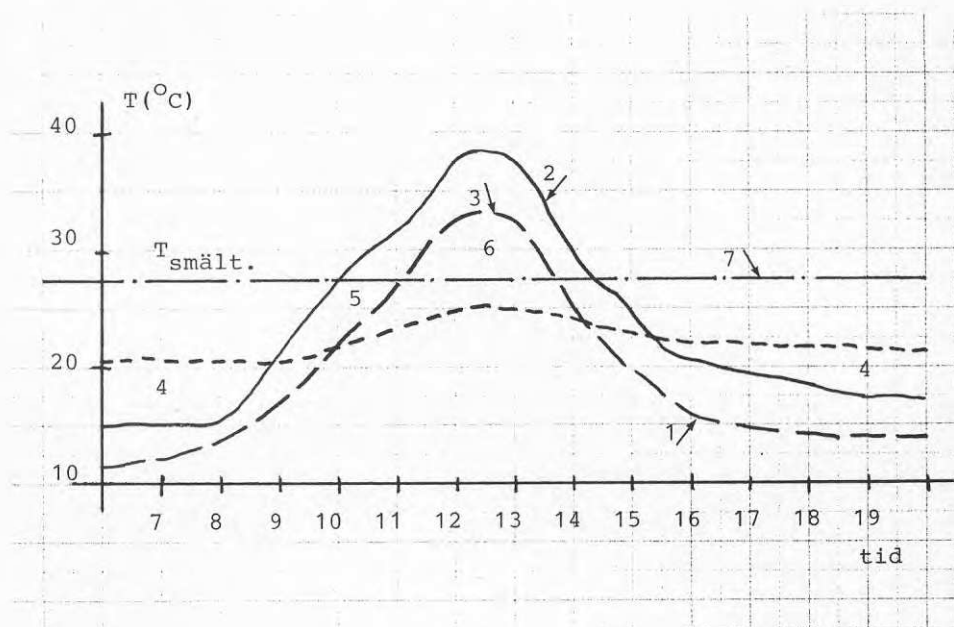
10/10	Drifttid						F1	F2	
	0	1	2	3	4	5kW			
Klockan:	0- 1	+++					59	00	
	1- 2	+++					60	00	
	2- 3	+-----					60	00	
	3- 4	+-----					60	00	
	4- 5	+-----					60	00	
	5- 6	+-----					60	00	
	6- 7	+-----					60	00	
	7- 8	+-----					60	26	
	8- 9	+-----					60	60	
	9-10	+-----					60	60	
	10-11	+-----					21	60	
	11-12	+					55	60	
	12-13	+					30	60	
	13-14	+					39	60	
	14-15	+					50	60	
	15-16	+					60	60	
	16-17	+					60	60	
	17-18	+					60	60	
	18-19	+++					60	60	
	19-20	+-----					60	60	
	20-21	+-----					60	60	
	21-22	+-----					60	60	
	22-23	+-----					60	60	
	23-24	+-----					60	60	
Förbrukad Dagel: 38 kWh		Förbrukad Nattel: 0 kWh							
Därav elbatteri: 22.7 kWh		Därav elbatteri : 0 kWh							
-----: Dagel		=====: Nattel						0,25kW/delstreck	

Figur 52. Elenergiförbrukning HUS-S.

Det extra energibidraget från solfångarna återspeglas i elenergiförbrukningsdiagrammet ovan. Effekten på dagelbatteriet stegas ner från 3,5 kW till 0 kW. Den lagrade energimängden tidsförskjuter återinkoppling av elbatterierna till perioden 18-19, då 500 W kopplas in.

Det anmärkningsvärt stora effektbehovet under perioderna 8-9, 9-10 och 10-11 bör diskuteras. En ökning av inkopplad effekt, trots att solfångarna tagits i drift, tycks motstridigt. Reglerdatorn jämför temperaturen i energilagrets kallaste spalt, (-)spalten, med temperaturen i solfångarens utgångsstos, och startar fläkt F2 samt öppnar spjällen till solfångaren då temperaturdifferensen överstiger 3°C. Under delar av period 8-9 har detta inträffat, varför luft cirkulerats genom solfångarna och energilagret. Temperaturen i energilagrets (-)spalt uppgår till ca 20°C, vilket kan utläsas av mätvärdet på ingångstemperaturen till solfångaren i tabell 10. Trots temperaturförhöjningen över solfångaren stegas eleffekt in för att hålla konstant inomhustemperatur.

Efter en uppmätning av temperaturförlusterna i transportkanalen till energilagret, visade det sig att temperaturen sjönk mellan 5 - 10°C på denna sträcka, på grund av otillräcklig isolering av kanalen. Trots att reglervillkoret uppfyllts, innebar start av solfångaren i verkligheten en energiförlust och avkyllning av energilagret, som måste kompenseras av att elbatterierna kopplades in. Figur 53 belyser de temperatur- och energiproblem som uppstår genom transportförlusterna.



Figur 53 .

Temperatur- och energiförluster knutna till transportkanalerna från solfångaren till energilagret.

- 1- Intemperaturen till solfångaren
- 2- Uttemperaturen från solfångaren
- 3- Uppskattad temperaturprofil på luft som når energilagret
- 4- Energiförluster via solfångaren när denna är ur drift
- 5- Energibidrag från solfångaren till samlingskanalen
- 6- Energibidrag från solfångaren till energilagret
- 7- Minimitemperatur för att latentvärmelagring skall ske

De energiförluster som görs under de perioder solfångaren är ur drift kan inte kvantifieras eftersom flödets storlek är okänt.

Reduceringen av den energimängd som slutligen når lagret kan uppskattas till ca 60-80 % beroende på aktuell omgivningstemperatur.

Energi producerad vid lägre temperaturnivåer än 27C kan inte lagras som latentvärme, eftersom kalciumkloridens smältpunkt ligger på 27 C. I första hand direktkonsumeras sådan energi om uppvärmningsbehov föreligger, i andra hand lagras energin som sensibel energi i lagret och, som sista alternativ, sker en återcirkulering genom solfångaren för ytterligare temperaturförhöjning.

De energimängder, som angivits i dygnsbearbetningen av mätningarna under rubriken "utnyttjad solenergi" kan således inte direkt användas vid en bedömning av systemets effektivitet.

De ovanstående problemen kan på olika sätt avhjälpas 1) genom isolering av transport- och samlingskanaler, 2) tätare spjäll och 3) modifiering av reglerdatorns sätt att styra systemfunktionen. Spjällfrågan har under såväl detta som flera andra motsvarande projekt med luft som värmebärare visat sig vara svårlöst.

Under lördagen den 11/10 gav den diffusa strålningen upphov till 20 kWh uppmätt, instrålad energi mot solfångaren, dock utan att temperaturen i denna steg över startnivå.

-----I								
I							I	
I		Dagnummer : 285 Lördag 11/10 1980						I
I							I	
-----I								
I Klockan	I Tut solf	I Tin solf	I dT solf	I Sol.int	I F2	I Vgr	I	
I	I Grad C	I Grad C	I Grad C	I Wh/m2	I Imin	I %	I	
-----I								
I 5- 6	I 14.7	20.4	- 5.7	9.7	a)	0.0	I	
I 6- 7	I 14.7	20.4	- 5.7	12.5		0.0	I	
I 7- 8	I 14.8	20.3	- 5.5	31.4		0.0	I	
I 8- 9	I 15.5	20.2	- 4.7	54.4		0.0	I	
I 9-10	I 16.1	20.2	- 4.1	72.5		0.0	I	
I 10-11	I 17.1	20.2	- 3.1	120.8		0.0	I	
I 11-12	I 18.1	20.3	- 2.2	111.7		0.0	I	
I 12-13	I 18.5	20.4	- 1.9	110.0		0.0	I	
I 13-14	I 18.2	20.6	- 2.4	64.4		0.0	I	
I 14-15	I 18.0	20.6	- 2.6	55.3		0.0	I	
I 15-16	I 17.6	20.7	- 3.1	29.2		0.0	I	
I 16-17	I 17.3	20.7	- 3.4	16.1		0.0	I	
I 17-18	I 16.8	20.7	- 3.9	8.6	b)	0.0	I	
I 18-19	I 16.5	20.8	- 4.3	0.0	0	0.0	I	
I 19-20	I 16.6	20.8	- 4.2	0.0	0	0.0	I	
-----I								
I	Total instrålad energi = 20.2 kWh						I	
I	Därav utnyttjad energi = 0.0 kWh						I	
-----I								

Figur 54. Utskrift av solfångarprestanda, 11/10 1980

Anm.: a) Drifftidsmätningen för fläkt F2 ur funktion
b) Drifftidsmätningen reparerad

Ingen energi finns lagrad i energilagren för HUS-N resp. HUS-S varför en jämförelse mellan elenergiförbrukningsdiagrammen kan göras den 12/10.

12/10 1980		Okw 1	2	3	4	5	Drifttid	
-----+-----+-----+-----+-----+-----							F1	F2
Klockan:	0- 1	+-----					59	00
	1- 2	+-----					60	00
	2- 3	+-----					60	00
	3- 4	+-----					60	00
	4- 5	+-----					60	00
	5- 6	+-----					60	00
	6- 7	+-----					60	00
	7- 8	+-----					60	00
	8- 9	+-----					60	00
	9-10	+-----					60	00
	10-11	+-----					60	00
	11-12	+-----					60	00
	12-13	+-----					60	00
	13-14	+-----					60	00
	14-15	+-----					60	00
	15-16	+-----					60	00
	16-17	+-----					60	00
	17-18	+-----					60	00
	18-19	+-----					60	00
	19-20	+-----					60	00
	20-21	+-----					60	00
	21-22	+-----					60	00
	22-23	+-----					60	00
	23-24	+-----					60	00
Förbrukad Dagel: 50 kWh		Förbrukad Nattel: 0 kWh						
Därav elbatteri: 30.0 kWh		Därav elbatteri : 0.0 kWh						
-----: Dagel		=====: Nattel		0,25kW/delstreck				

Figur 55. Elenergiförbrukning HUS-S.

12/10 1980							Drifftid	
	0	1	2	3	4	5kW	F1	F2
Klockan:	0- 1	+----					59	00
	1- 2	+----					60	00
	2- 3	+-----					60	00
	3- 4	+-----					60	00
	4- 5	+-----					60	00
	5- 6	+-----					60	00
	6- 7	+-----					60	00
	7- 8	+-----					60	00
	8- 9	+-----					60	00
	9-10	+-----					60	00
	10-11	+-----					60	00
	11-12	+-----					60	00
	12-13	+-----					60	00
	13-14	+-----					60	00
	14-15	+-----					60	00
	15-16	+-----					60	00
	16-17	+-----					60	00
	17-18	+-----					60	00
	18-19	+-----					60	00
	19-20	+-----					60	00
	20-21	+-----					60	00
	21-22	+-----					60	00
	22-23	+-----					60	00
	23-24	+-----					60	00
Förbrukad Dagel:	43	kWh	Förbrukad Nattel:	0	kWh			
Därav elbatteri:	24.8	kWh	Därav elbatteri :	0.0	kWh			
-----:	Dagel	=====:	Nattel	0,25kW/delstreck				

Figur 56. Elenergiförbrukning HUS-N.

Av diagrammen framgår att effekt- och energiförbrukningen i HUS-S är större än i HUS-N. En orsak till detta kan de tidigare diskuterade förlusterna via solfångaren vara. En annan, och senare konstaterad skillnad mellan husen, är stora olikheter i husens täthet. Genom jämförelsen mellan diagrammen framgår emellertid att fläktarbetet för såväl systemet i HUS-N som i HUS-S uppgår till ca 20 kWh/dygn. Värdet fås genom att subtrahera elbatteriförbrukningen från förbrukad dagel och samtidigt kontrollera att fläktarnas drifftider överensstämmer.

KOMMENTARER:

Ett luftburet, solenergiassisterat uppvärmningssystem skall byggas så kompakt som möjligt för att reducera transportförluster och minska fläktarbetet i så hög grad som möjligt. Hänsyn till temperaturnivåerna i användarpunkterna skall väljas som styrmedel vid regleringen av systemet. Tätheten i spjälldonen är väsentlig för att reducera energiförluster genom läckage. Dessa förluster är ur tidssynpunkt långvariga och i regel längre än de perioder komponenten sammantaget används under ett driftsår.

Tidsavsnitt 21/10.

Tisdagen den 21:ste var klar med molnfri himmel. Omgivningstemperaturen låg under dygnets mörka timmar under noll, medan temperaturen på dagen steg på till ca +5 C. Solinstrålningen mot solfångaren uppgick enligt solarimetern till 120 kWh varav 61 kWh levererades till samlingskanalen. Irradiansen middagstid låg på ca 800 W/m².

Solfångaren täckte efter klockan 10 hela uppvärmningsbehovet, och den lagrade energimängden medförde att endast 5 kWh erfordrades i form av tillsatsenergi fram till midnatt. På samma sätt som tidigare diskuterats, borde emellertid en väsentligt större energimängd funnits lagrad.

Genom att studera in/uttemperaturerna till solfångaren framgår att hela energilagret höjts i temperatur till smältpunkten för kalciumkloriden under perioden 12-13. Tabellen visar även att uttemperaturerna från solfångaren är högre än väntat. I tabellen framgår även typiska drifttidskaraktistika för systemets två fläktar.

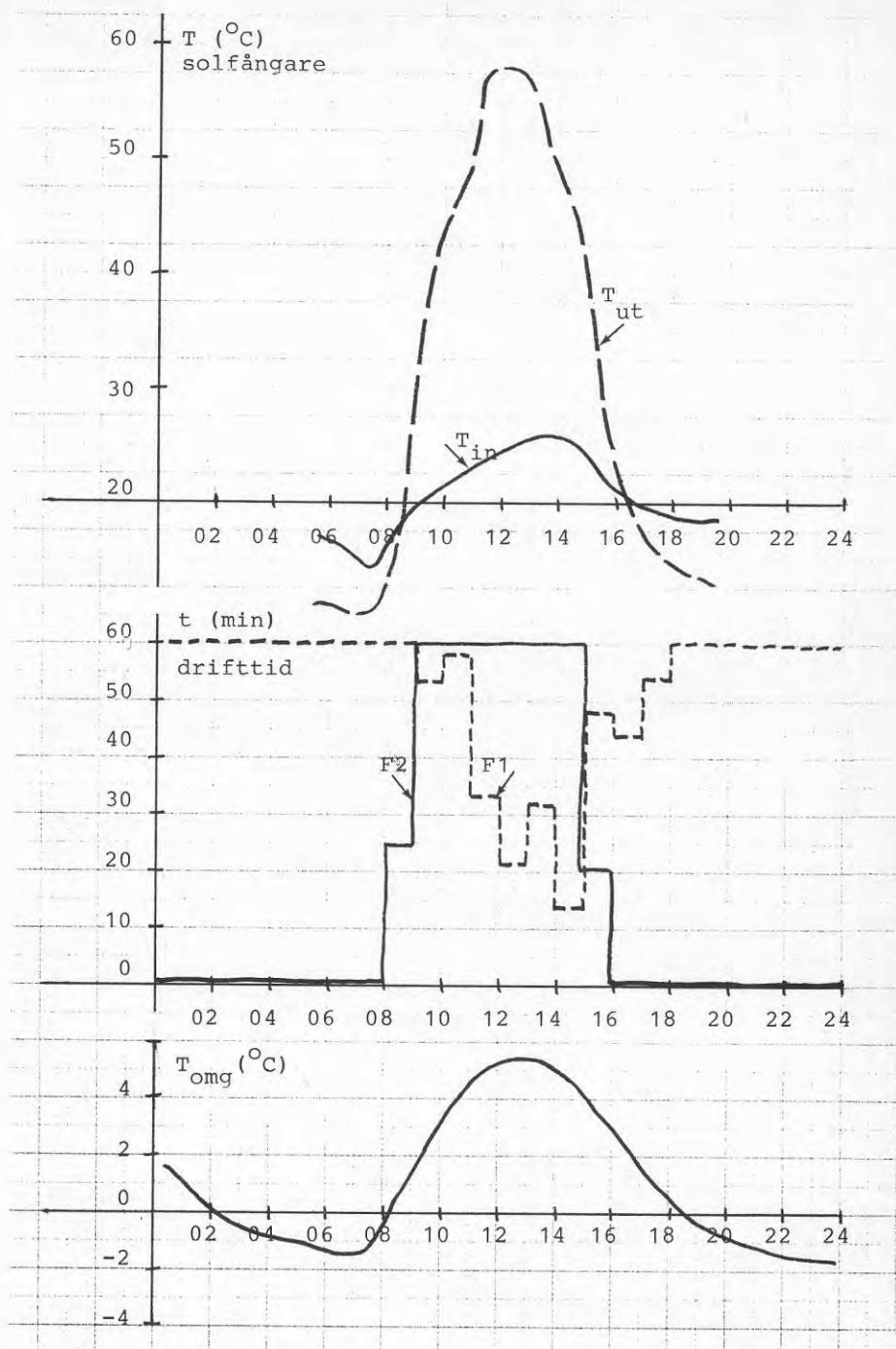
Dagnummer : 295 Tisdag 21/10 1980								
Klockan	Tut solf Grad C	Tin solf Grad C	dT solf Grad C	Sol.int Wh/m ²	F2 Imin	Vgr %		
I 5- 6	I 13.2	I 19.9	I - 6.7	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
I 6- 7	I 13.0	I 19.8	I - 6.8	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
I 7- 8	I 13.4	I 19.7	I - 6.3	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
I 8- 9	I 25.2	I 20.2	I 5.0	I 198.3	I 24	I 6.8	I	I
I 9-10	I 45.1	I 22.6	I 22.5	I 608.6	I 60	I 49.3	I	I
I 10-11	I 49.6	I 24.1	I 25.5	I 630.3	I 60	I 54.1	I	I
I 11-12	I 60.0	I 26.8	I 33.2	I 795.6	I 60	I 55.7	I	I
I 12-13	I 60.6	I 28.3	I 32.3	I 753.6	I 60	I 57.2	I	I
I 13-14	I 54.3	I 28.0	I 26.3	I 626.1	I 60	I 56.1	I	I
I 14-15	I 44.0	I 28.2	I 15.8	I 442.5	I 60	I 47.6	I	I
I 15-16	I 29.8	I 24.8	I 5.0	I 74.2	I 20	I 15.1	I	I
I 16-17	I 21.2	I 22.8	I - 1.6	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
I 17-18	I 17.8	I 21.7	I - 3.9	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
I 18-19	I 16.4	I 21.2	I - 4.8	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
I 19-20	I 15.6	I 21.1	I - 5.5	I 0.0	I 0	I 0.0	I	I
-----I-----								
I Total instrålad energi = 119.8 kWh I								
I Därav utnyttjad energi = 61.0 kWh I								
-----I-----								

Figur 57. Utskrift av solfångarprestanda, 21/10 1980

21/10 1980	Drifftid						F1	F2
	0	1	2	3	4	5kW		
Klockan:	0- 1	+-----						
	1- 2	+-----						
	2- 3	+-----						
	3- 4	+-----						
	4- 5	+-----						
	5- 6	+-----						
	6- 7	+-----						
	7- 8	+-----						
	8- 9	+-----						
	9-10	+-----						
	10-11	+						
	11-12	+						
	12-13	+						
	13-14	+						
	14-15	+						
	15-16	+						
	16-17	+						
	17-18	+						
	18-19	+						
	19-20	+----						
	20-21	+--						
	21-22	+----						
	22-23	+-----						
	23-24	+--						
Förbrukad Dagel:	43	kWh	Förbrukad Nattel:	0	kWh			
Därav elbatteri:	22.5	kWh	Därav elbatteri :	0.0	kWh			

-----: Dagel =====: Nattel 0,25W/delstreck

Figur 58. Elenergiförbrukning HUS-S.



Figur 59.

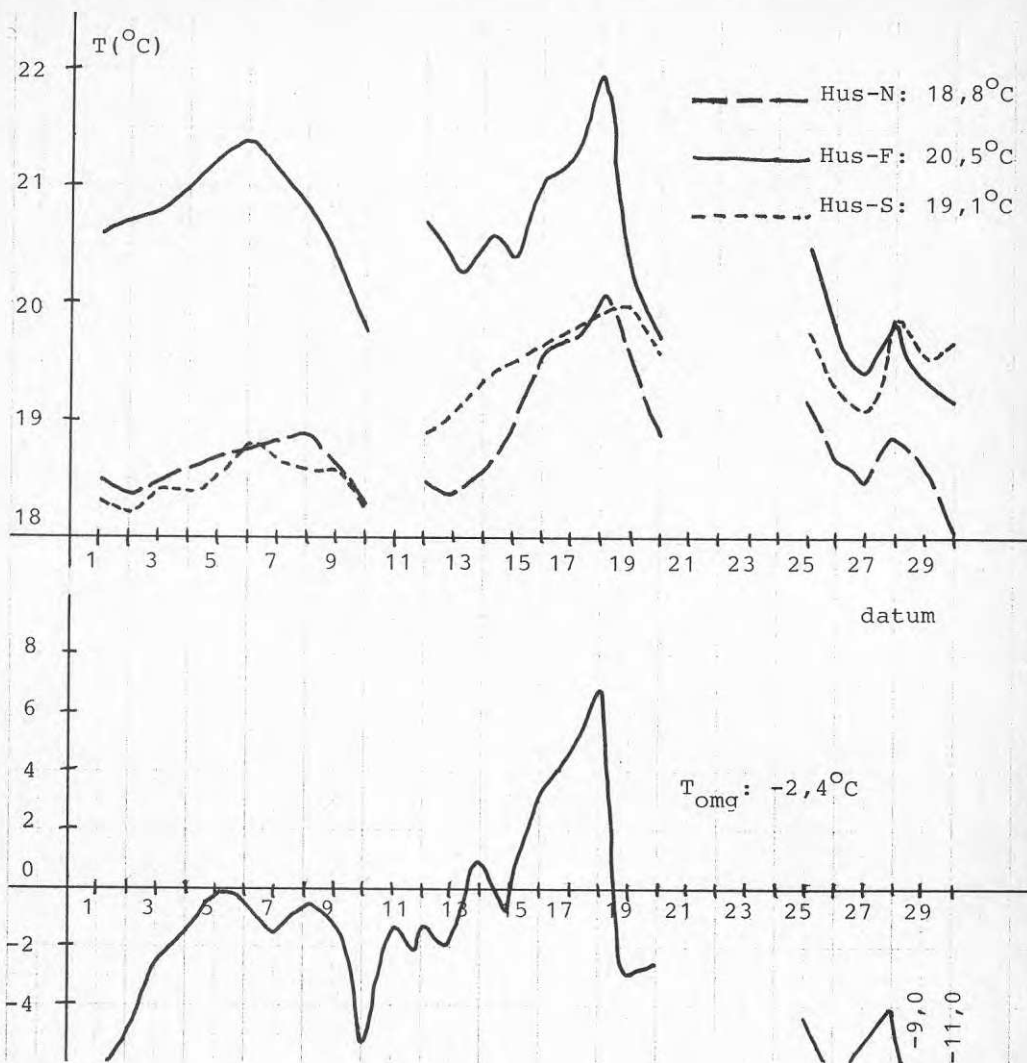
In/uttemperaturer för solfångaren
 Drifttidskarakteristika för systemfläktarna
 Omgivningstemperaturen som funktion av tiden.

7.2 Resultatbearbetning och kommentarer för november månad 1980.

MÄTVÄRDEN FÖR NOVEMBER MÅNAD 1980.											
Medeltemperaturer (C)					Energimängder (kWh)						
Dat	Hus-F	Hus-N	Hus-S	Tomg	F	N	S	anm.			
I	1	20,6	18,5	18,3	-6,5	--	79	99	sol 57/101		
I	2	20,7	18,4	18,2	-5,1	--	83	97	sol 44/78		
I	3	20,8	18,5	18,4	-2,3	--	85	110			
I	4	21,1	18,6	18,4	-1,7	--	82	109			
I	5	21,3	18,7	18,6	-0,1	--	80	98			
I	6	21,4	18,8	18,8	-0,6	--	77	90	sol 12/32		
I	7	21,1	18,8	18,7	-1,7	--	91	99	sol 10/22		
I	8	20,8	18,9	18,6	-0,6	--	91	104			
I	9	20,4	18,6	18,6	-1,1	--	82	103			
I	10	19,8	18,3	18,2	-5,5	--	93	99	sol 45/94		
I	11	m ä t v ä r d e n				s a k n a s					
I	12	20,7	18,5	18,9	-1,3	--	82	102			
I	13	20,3	18,4	19,1	-2,1	74	83	110			
I	14	20,6	18,6	19,4	0,9	69	65	93	sol 3/13		
I	15	20,4	19,0	19,6	-0,8	71	64	108			
I	16	21,1	19,6	19,7	3,4	64	63	80			
I	17	21,2	19,7	19,8	4,2	62	85	83			
I	18	22,0	20,1	20,0	6,9	53	63	59	sol 4/13		
I	19	20,2	19,5	20,0	-2,9	70	59	95	sol 23/52		
I	20	19,7	18,9	19,6	-2,7	82	96	127			
I	21	m ä t v ä r d e n				s a k n a s					
I	22	m ä t v ä r d e n				s a k n a s					
I	23	m ä t v ä r d e n				s a k n a s					
I	24	m ä t v ä r d e n				s a k n a s					
I	25	20,5	19,2	19,8	-4,2	69	79	104	sol 30/60		
I	26	19,7	18,7	19,3	-6,6	78	90	136			
I	27	19,4	18,5	19,1	-5,2	87	94	135			
I	28	19,9	18,9	19,9	-4,0	62	70	79			
I	29	19,3	18,6	19,6	-9,0	89	104	120			
I	30	19,2	18,1	19,7	-11,0	100	110	137	sol 10/26		
I	TM	20,5	18,8	19,1	-2,4						

Anm.: " TM " anger månadens medeltemperaturer

" sol 15/40 " anger att solinstrålningen mot solfångarna under dygnet uppgått till 40 kWh medan solfångarna levererat 15 kWh till samlingskanalen.



MÅNADSDIAGRAM FÖR NOVEMBER MÅNAD

Kommenterade tidsavsnitt:

26-30: nattelackumuleringens driftskaraktistik

November månad ägnades i huvudsak åt studium av nattelackumuleringen i latentvärmelagret i HUS-N. Den 14/11 installerades det nya integreringsverket för fjärrvärmemätning i HUS-F.

Målsättningen med Värmemodulen har varit att reducera det totala effekt(och energi-) behovet under dagelperioder till en nivå, som motsvarar det i ett fjärrvärme- eller oljeuppvärmt småhus, trots att husets uppvärmningsenergi utgörs av el. Huvuddelen av denna målsättning förväntades kunna uppfyllas genom nattelackumuleringen. En annan åtgärd, som enkelt kunde tillämpas tack vare energilagret, var att reducera energibehovet i värmeväxlaren för ventilationsluften. Termostaten ställdes in på +5 C, för att undvika sönderfrysning till följd av kondens och efterföljande frysning av kondensatet. Tilluften efter värmeväxlaren styrs via energilagret, varefter ytterligare temperaturförhöjning kan ske genom dagelbatteriet om så erfordrades. Genom åtgärden skapas även en större temperaturdifferens över energilagret, vilket är gynnsamt när det gäller att öka effektuttaget från energilagret.

Värmemodulens nattelbatteri dimensionerades vid konstruktionen av systemet till 9 kW, fördelat på tre faser. Efter de första testladdningarna av energilagret visade det sig att temperaturen steg alltför snabbt i (+)spalten, varför en effektreduktion bedömdes som nödvändig. Efter avslag av batteriet utgjorde även eftervärmningen ett problem, genom att de båda temperatursäkerhetsbrytarna löste ut. Genom omplacering av dessa, montering av direktstrålningsskydd mm, samt reduktion av batteriets effekt, kunde de inledande problemen övervinnas.

Fläkt F2:s effektförbrukning mättes med hjälp av elmätaren till 0,67 kW. Detta värde skall jämföras med det tidigare beräknade värdet för F2 i HUS-S (0,83 kW), som dock gäller vid ett betydligt högre tryckfall med solfångaren ingående i kretsen. Nattelbatteriets effekt mättes till 4.7 kW.

Efter delförsök med åtföljande justeringsarbeten främst avseende elbatteriets montering, öppnades Värmemodulen och demonterades fullständigt för kontroll av eventuell påverkan på energilagringrören. Endast några få rör närmast elbatteriet uppvisade mekanisk deformation av kappslingen på grund av värmepåkänningen, trots att elbatteriet av misstag stundtals varit i drift under perioder utan luftflöde. Luftstyrningsplåtar monterades för att i framtiden säkerställa kylningen av såväl rören som elbatteriet.

Regelrätt drift med nattelackumulering påbörjades den 26/11. Laddningsfasen ställdes in med början från midnatt, för att energiåtgången skulle kunna dygnsrelateras.

Tidsavsnitt 26 - 30/11 1980.

26/11 1980	0	1	2	3	4	5 kW	Drifttid	
							F1	F2
Klockan:	0- 1	+=====						59
	1- 2	+=====						60
	2- 3	+=====						60
	3- 4	+=====						60
	4- 5	+=====						60
	5- 6	+=====						60
	6- 7	+=====						60
	7- 8	+=====						60
	8- 9	+=====						60
	9-10	+=====						12
	10-11	+						00
	11-12	+						00
	12-13	+						00
	13-14	+						00
	14-15	+						00
	15-16	+						00
	16-17	+--						00
	17-18	+----						00
	18-19	+-----						00
	19-20	+-----						00
	20-21	+-----						00
	21-22	+-----						00
	22-23	+-----						00
	23-24	+=====						05

Förbrukad dag-el = 29 kWh Förbrukad natt-el = 43 kWh
 Därav elbatteri = 8 kWh Därav elbatteri = 43 kWh

-----: Dagel =====: Nattel 0,25kW/delstreck

Figur 60. Elförbrukningsdiagram HUS-N.

Av diagrammet framgår att energilagret under natten laddats med 43 kWh, att tillsatsenergi i form av dagel erfordrats med 8 kWh, samt att resterande energibehov för fläktar och elradiatorer i badrum och toalett uppgått till 21 kWh.

Anm.: Systemfläkten F2 skulle kunna kopplas till nattelmätaren, men för att kunna jämföra med karakteristik för HUS-S, där F2 även används under dagtid till solfångaren, belastar F2 HUS-N dagelkontot. Med kännedom om effektbehovet och drifttiden kan emellertid en omföring av posterna ske enl. nedan, där samtidigt uppmätta värden för HUS-F och HUS-S redovisas.

	HUS-N	HUS-S	HUS-F
Förbrukad natt-el	49	0	0
Därav elbatteri	43	0	--
Fläktarbete F2	6	0	--
Förbrukad dag-el	23	105	28
Därav elbatteri	8	81	--
Fläktarbete F1	15	24	--
Elradiatorer	18	18	--
VVX-elbatteri	0	13	13
Total elförbrukning	90	136	28
Fjärrvärme	--	--	50
Total energiförbrukn.	90	136	78

Sammanställning över energiförbrukningen i de tre försökshusen den 26/10 1980.

Tabellen visar liksom tidigare att HUS-S förbrukar betydligt mer energi än de två andra husen och att av dessa två, energiåtgången är störst i HUS-N. Nattelackumuleringen i HUS-N har inneburit att dagelenergiebehovet avsevärt kunnat reduceras. Görs jämförelsen mellan HUS-S och HUS-N har dagelförbrukningen reducerats från 80 till 8 kWh. Hänsyn har då inte tagits till den större energiförbrukningen i HUS-S. Studeras dygnets elenergiförbrukningsdiagram för HUS-S finner man att dagelbatteriets maxeffekt varit utnyttjad under större delen av dagen.

		Drifttid					F1	F2	
26/11 1980		0	1	2	3	4	5 kW		
		+-----+							
Klockan:	0- 1	+-----						59	
	1- 2	+-----						60	
	2- 3	+-----						60	
	3- 4	+-----						60	
	4- 5	+-----						60	
	5- 6	+-----						60	
	6- 7	+-----						60	
	7- 8	+-----						60	
	8- 9	+-----						60	
	9-10	+-----						61	
	10-11	+-----						60	
	11-12	+-----						60	
	12-13	+-----						60	
	13-14	+-----						60	
	14-15	+-----						60	
	15-16	+-----						60	
	16-17	+-----						60	
	17-18	+-----						60	
	18-19	+-----						60	
	19-20	+-----						60	
	20-21	+-----						60	
	21-22	+-----						60	
	22-23	+-----						60	
	23-24	+-----						60	

Förbrukad dag-el = 105 kWh Förbrukad natt-el = 0 kWh
därav elbatteri = 80,7 kWh Därav elbatteri = 0,0 kWh

Figur 61. Elförbrukning HUS-S.

Genom att VVX-batteriet i HUS-N inte utnyttjats annat än som kondens/frys skydd, har 13 kWh kunnat reduceras från dagelkontot. Adderas fläktarbetet i HUS-N till den totala energiförbrukningen i HUS-F fås $78+21=99$ kWh, vilket då antyder att dessa båda hus i stort sett är likvärdiga, med undantag för den extra belastningen som fläktarbetet utgör i HUS-N.

En sammanställning över förbrukade energimängder under tidsavsnittet 26 - 30/11 ger följande tabell.

Datum	HUS-S	HUS-N	HUS-F	Anm.	Tomg
26/11	136	90	78	sol 0/0	-6,6
27/11	135	94	87	sol 0/0	-5,2
28/11	79	70	62	sol 0/0	-4,0
29/11	120	104	89	sol 0/0	-9,0
30/11	137	110	100	sol 10/26-11,0	
Summa:	607	468	416	(kWh)	

Figur 62. Totalt förbrukade energimängder, 26 - 30/11 1980

En sammanställning över fördelningen av utnyttjad total dagelenergi under motsvarande tidsavsnitt visas nedan.

Datum	HUS-S	HUS-N	HUS-F	Anm.	Tomg
26/11	105	23	28		
27/11	104	27	30		
28/11	56	13	21		
29/11	86	22	32		
30/11	100	26	35		
Summa:	451	111	146	(kWh)	

Figur 63. Totalt förbrukad dagel, 26 - 30/11 1980

I ett verkligt driftsfall, där nattelackumuleringen kan förläggas till båda sidor om midnatt, samt där personvärme, hushålls- och elapparaters bidrag kan inkluderas i energibalansen, liksom möjligheten att utnyttja nattsänkning, bör det vara möjligt att till största delen helt reducera behovet av dagelenergi för uppvärmning.

Vid nattelackumulering är temperaturnivåerna i (+)spalten av speciellt intresse. Eftersom samtidigt energiuttag kan ske, kommer (-)spaltens temperatur att påverkas i hög grad av drifttiderna för fläkt F1.

I figur 64 visas (+)spaltens temperatur som funktion av tiden under perioden 25/11 (kl 09:00) till 27/11 (kl 09:00). Diagrammet upptar två kompletta ur/uppladdningscykler. För att få en uppfattning om värmebehovet har omgivningstemperaturerna för var 6:te timma lagts in i diagrammet. Dessutom har erforderligt elenergitillskott från dagelbatterierna visats i form av stapeldiagram längs tidsskalan.

25/11-09:00 Omedelbart före frånslag av nattelbatteriet (4,7 kW) är temperaturen i (+)spalten 60 C. Temperaturen faller efter frånslag 5 - 10 C, varefter temperaturen minskar.

12:00 Temperaturen i (+)spalten har nu gått ner till 40 C. Omgivningstemperaturen är -3,0 C. Ingen tillsats av elenergi har erfordrats.

18:00 (+)spaltstemperaturen är 28 C. Omgivningstemperaturen har under eftermiddagen gått ner till -6,0 C.

Period 19:00 - 24:00.

Temperaturen i (+)spalten avtar långsammare, och närmar sig 24 C, där en stabilisering sker fram till midnatt. Eleffekt stegas in via dagelbatteriet med timmedeleffekter mellan 0,5 - 1,0 kW.

26/11-00:00 Nattelbatteriet slår till varefter temperaturen stiger till 40 C där en stabilisering sker. Inmatad effekt är liksom tidigare 4,7 kW.

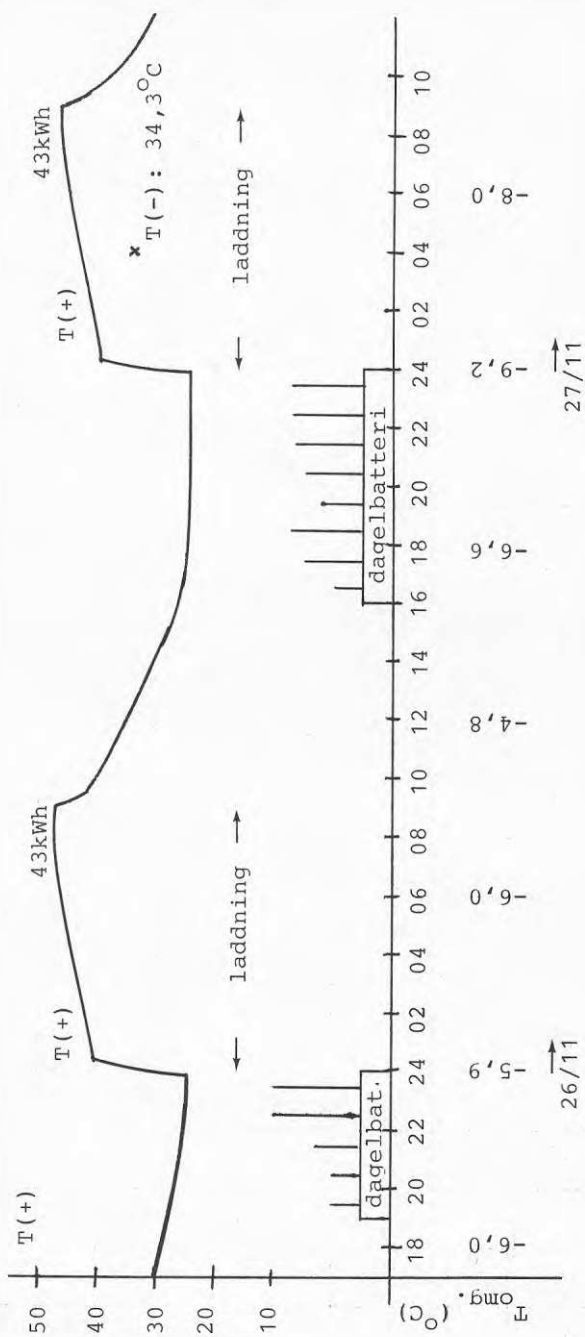
06:00 Temperaturen i (+)spalten har nu stigit till 50 C. Utöver energiackumuleringen täcks husets värmebehov av nattelbatteriet under laddningsfasen.

09:00 Temperaturnivån ligger nu på 55 C. Nattelbatteriet slår ifrån efter avslutad laddningsperiod.

Period 09:00 - 24:00

På samma sätt som under den förra urladdningsfasen sjunker temperaturen successivt mot 24 C, där en utplaning av temperaturkurvan sker. Dygnet har en, jämfört med det föregående, lägre omgivningstemperatur, vilket medför att extra dagelenergi erfordras något tidigare (kl. 16 - 17 mot 19 - 20) då medeleffekten 0,5 kW tas i anspråk.

HUS-S utnyttjar under motsvarande tidsperiod hela dagelbatteriet eller 3,5 kW eftersom energilagret är urladdat.



Figur 64. Uppladdningsförloppet under två cykler.

De båda elmätarnas ställning noterades vid början och slutet av försöksperioden.

	Dag-el	Natt-el
27/11 klockan 09:00	3984	917
25/11 klockan 09:00	3932	834

Förbrukning	52	86 = 43 kWh/laddning

Fördelning av dagelförbrukning:

elbatteri	25/11	3,75 kWh
	26/11	8,25 kWh
fläktar	25/11	17,25 kWh
fläktar	26/11	21,0 kWh

SUMMA:		50,25 kWh

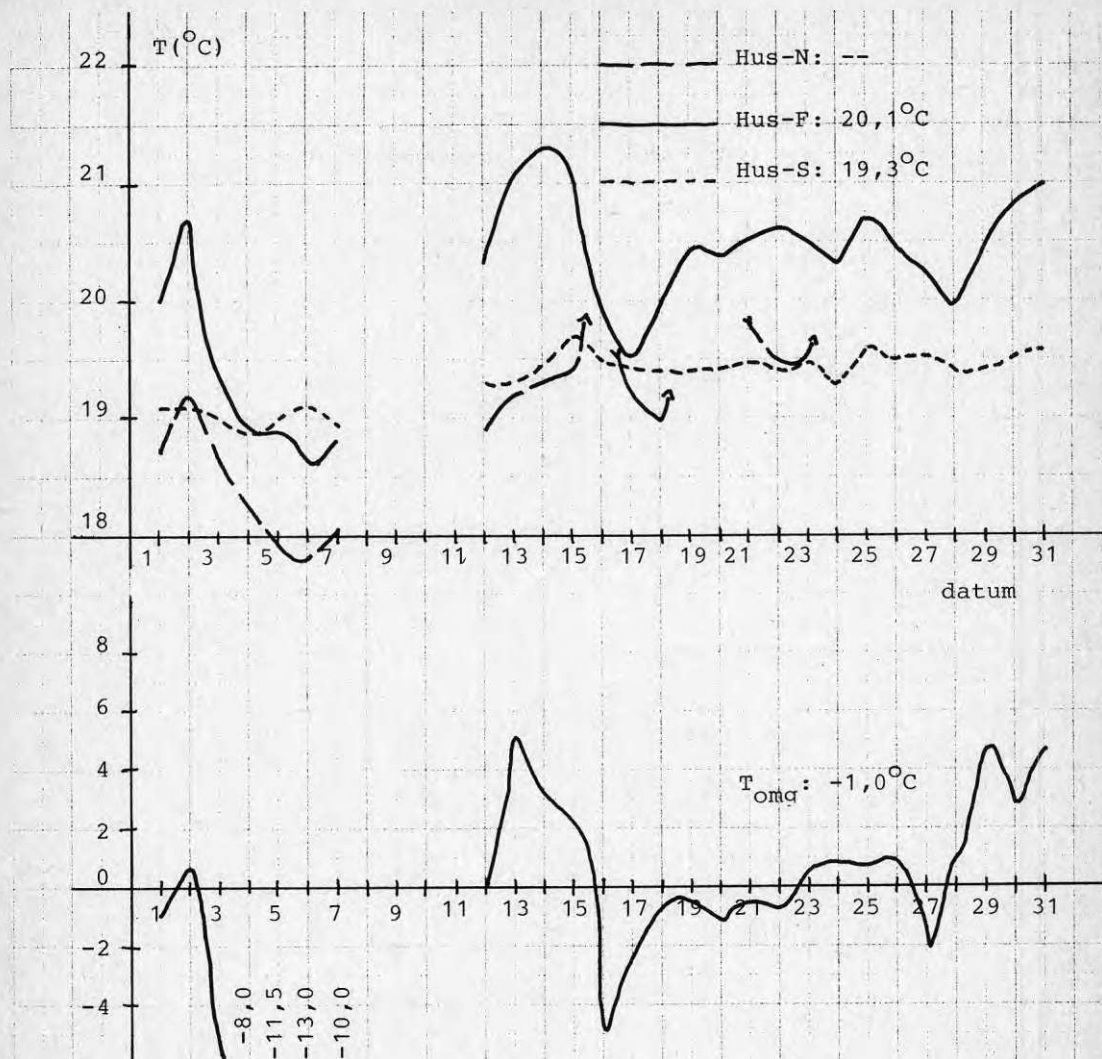
Båda registreringsmetoderna ger, inom felmarginalerna, samma resultat. Kontrollen visar att dygnsbearbetningen av mätdata bör vara tillförlitlig.

7.3 Resultatbearbetning och kommentarer december månad 1980.

MÄTVÄRDEN FÖR DECEMBER MÅNAD 1980.										
I	Medeltemperaturer (C)					Energimängder (kWh)				I
	Dat	Hus-F	Hus-N	Hus-S	Tomg	F	N	S	anm.	
I	1	20,0	18,7	19,1	-0,9	83	106	98		I
I	2	20,7	19,2	19,1	0,7	72	84	82		I
I	3	19,3	18,7	19,0	-5,9	84	89	105		I
I	4	18,9	18,2	18,9	-8,0	97	95	116		I
I	5	18,9	17,9	19,0	-11,5	102	104	134		I
I	6	18,6	17,8	19,1	-13,0	109	110	143	sol 1/15	I
I	7	18,8	18,0	18,9	-10,8	83	103	114	sol 5/21	I
I	8	m ä t v ä r d e n s a k n a s								I
I	9	m ä t v ä r d e n s a k n a s								I
I	10	m ä t v ä r d e n s a k n a s								I
I	11	m ä t v ä r d e n s a k n a s								I
I	12	20,3	18,9	19,3	0,1	58	70	74	sol 2/9	I
I	13	21,1	19,2	19,3	5,0	53	60	61		I
I	14	21,3	19,3	19,5	3,3	49	53	59		I
I	15	21,1	19,4	19,7	2,3	51	59	63		I
I	16	19,8	(22,1)	19,5	-5,0	61	(97)	87		a)I
I	17	19,5	19,2	19,4	-2,3	69	82	91		I
I	18	20,0	19,0	19,4	0,6	64	74	79		I
I	19	20,4	(22,7)	19,4	-0,6	60	(93)	70		a)I
I	20	20,4	(22,4)	19,4	-1,2	61	(87)	75		a)I
I	21	20,5	19,8	19,5	-0,6	59	64	68		I
I	22	20,6	19,5	19,4	-0,8	59	65	71		I
I	23	20,5	19,5	19,5	0,6	58	69	71		I
I	24	20,3	(22,8)	19,3	0,9	58	(94)	70		a)I
I	25	20,7	(23,8)	19,6	0,7	56	(92)	66	sol 4/12	a)I
I	26	20,4	(23,1)	19,5	0,9	54	(80)	68	sol 5/14	a)I
I	27	20,2	(23,4)	19,5	-2,3	58	(94)	74		a)I
I	28	19,9	(23,2)	19,4	0,9	62	(92)	77		a)I
I	29	20,5	(23,8)	19,4	4,6	57	(89)	66		a)I
I	30	20,8	(24,3)	19,5	-2,7	55	(81)	59		a)I
I	31	21,0	(24,9)	19,6	4,5		53	(89)	61	I
I	TM	20,1	--	19,3	1,0?					I

Anm.: " TM " anger månadens temperaturmedelvärden

" sol 15/40 " anger att solinstrålningen mot solfångarna under dygnet uppgått till 40 kWh medan solfångarna levererat 15 kWh till samlingskanalen.



MÅNADSDIAGRAM FÖR DECEMBER MÅNAD.

Kommenterade tidsavsnit:

1-31: boendemiljöfrågor

December månad ägnades huvudsakligen åt att studera boendemiljötekniska frågor.

Under perioden 5 - 7 december mättes den nedåtriktade luftströmmen vid fönsterytorna (kallraset) vid omgivningstemperaturer mellan -8 C till -13 C. I samtliga fall gav testerna värden som understeg 0,3 m/s.

Ljudnivån från fläktsystemet var i Hus N högre än i Hus S, trots att samma installationsteknik och systemkomponenter använts i båda fallen. Någon förklaring till detta kunde inte spåras. En subjektiv bedömning visade emellertid att ljudnivån inte skulle innebära någon olägenhet, speciellt inte efter det att husen möblerats.

Flera olika reglerförsök genomfördes med rumsgivaren placerad på olika ställen i Hus S. Mikrodatorsystemets stabilitet var påfallande gott, fritt från självsvängningstendenser.

Systemfläkten i Hus N kopplades den 3/12 över till nattelmätaren, varför energiförbrukningsuppgifter efter detta datum inkluderar denna post i motsvarande tabeller.

Ventilationsluftflödena i Hus N mättes med hjälp av en termoanemometer varvid en stor skillnad kunde konstateras mellan från- respektive tilluftflödet. Fläkten var vid mättillfället inställd på normalventilation.

Frånluftflöde :	122 m ³ /h
Tilluftflöde :	163 m ³ /h

Differens :	41 m ³ /h

Det högre tilluftflödet förorsakar via läckage i huset en högre energiförbrukning, som om medeltemperaturdifferensen antages 10 C, motsvarar ett förhöjt effektbehov på ca 150W.

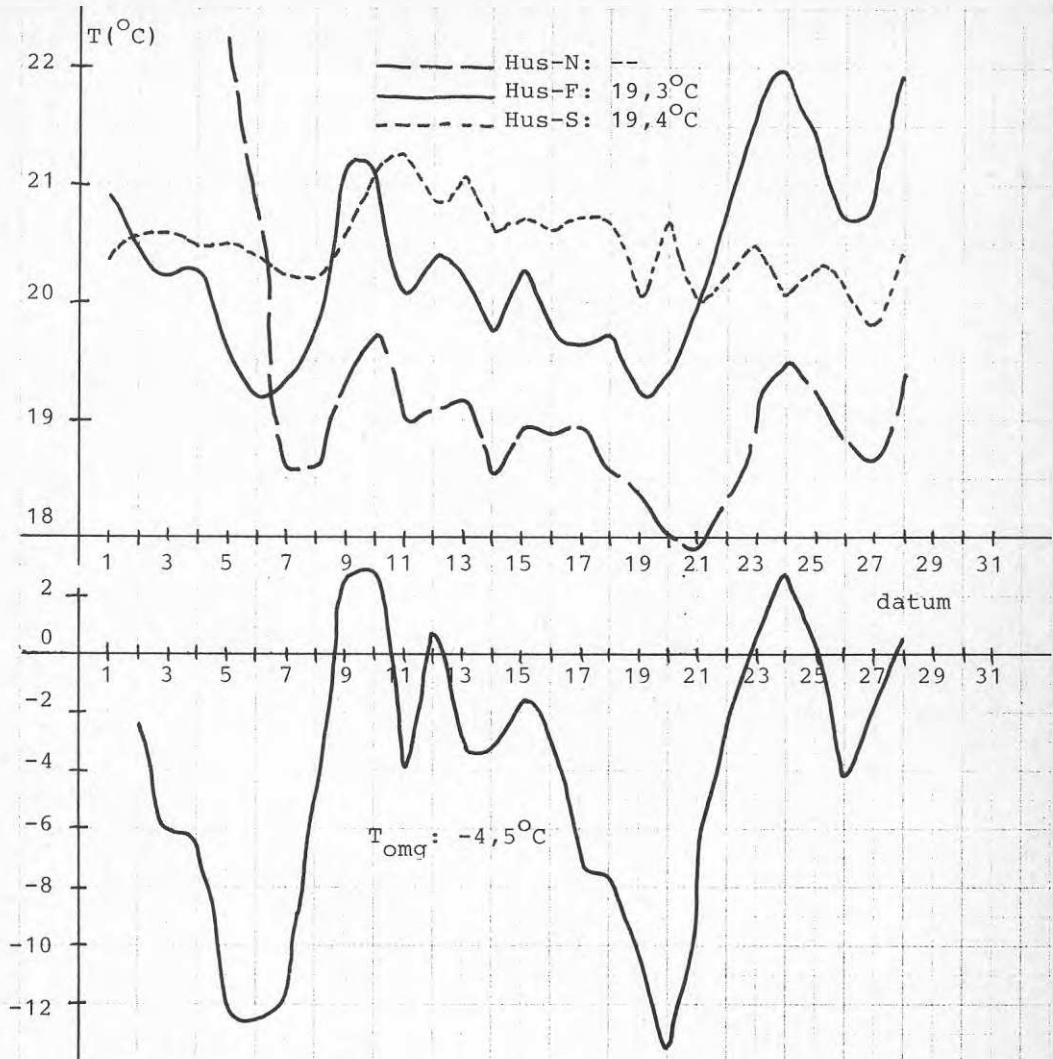
För att ytterligare fastställa de skillnader mellan husen, som måste föreligga med tanke på olikheterna i energiförbrukning, beslutades att täthets- och ventilationsmätningar skulle genomföras under januari 1981. (Se kap. 8)

7.4 Resultatbearbetning och kommentarer januari månad 1981.

MÄTVÄRDEN FÖR JANUARI MÅNAD 1981.											
I	I	Medeltemperaturer (C)				Energimängder (kWh)				I	
		Dat	Hus-F	Hus-N	Hus-S	Tomg	F	N	S		anm.
I	I	1	19,9	(24,0)	19,4	-0,4	56	(90)	72	sol 7/15	I
I	I	2	19,4	(22,9)	19,6	-2,4	64	(91)	77	sol 19/38	I
I	I	3	19,2	(22,6)	19,6	-6,1	67	(94)	93		I
I	I	4	19,2	(22,4)	19,5	-6,1	68	(95)	89		I
I	I	5	18,5	(21,2)	19,5	-12,4	80	(99)	113		I
I	I	6	18,2	(19,8)	19,4	-12,6	90	(101)	119	sol 5/13	I
I	I	7	18,3	17,6	19,3	-12,0	--	79	92		I
I	I	8	19,0	17,6	19,2	-5,0	--	73	82		I
I	I	9	20,2	18,3	19,6	2,5	--	51	50		I
I	I	10	20,1	18,7	20,2	2,9	--	50	56	sol 22/41	I
I	I	11	19,1	18,0	20,3	-4,0	--	65	80		I
I	I	12	19,4	18,1	19,8	0,7	--	69	65	sol 23/49	I
I	I	13	19,2	18,2	20,1	-3,3	--	58	61		I
I	I	14	18,7	17,5	19,6	-3,4	--	65	76		I
I	I	15	19,2	17,9	19,7	-1,8	--	61	66		I
I	I	16	18,7	17,9	19,7	-2,8	--	65	68	sol 9/21	I
I	I	17	18,6	17,6	19,9	-7,5	--	69	83	sol 17/37	I
I	I	18	18,7	17,4	19,7	-7,7	--	72	86		I
I	I	19	18,2	17,1	19,1	-10,7	--	74	92		I
I	I	20	18,4	17,0	19,7	-13,6	--	81	92	sol 11/37	I
I	I	21	19,0	16,9	19,0	-8,0	--	81	95		I
I	I	22	19,8	17,4	19,2	-2,4	--	66	73		I
I	I	23	20,6	18,1	19,5	0,5	--	56	55		I
I	I	24	21,0	18,5	19,1	2,7	--	46	46		I
I	I	25	20,5	18,3	19,3	-0,2	--	46	48	sol 15/32	I
I	I	26	19,7	17,9	19,2	-4,3	--	52	53	sol 38/72	I
I	I	27	19,8	17,7	18,8	-2,0	--	57	65		I
I	I	28	20,9	18,4	19,4	0,6	--	51	37	sol 36/70	I
I	I	29									I
I	I	30									I
I	I	31									I
I	I	Tm	19,3		19,4	-4,5					I

Anm.: " TM " anger månadens temperaturmedelvärden

" sol 15/40 " anger att solinstrålningen mot solfångarna under dygnet uppgått till 40 kWh medan solfångarna levererat 15 kWh till samlingskanalen.



MÅNADSDIAGRAM FÖR JANUARI MÅNAD.

Kommenterade tidsavsnitt:

: täthets- och ventilationsmätningar.

8. T Ä T H E T S / V E N T I L A T I O N S K O N T R O L L.

De stora avvikelserna mellan energiförbrukningen i de tre husen medförde att täthets- och ventilationskontroller erfordrades. För detta arbete engagerades Hans Bäckberg och Hans Coster, Chalmers tekniska högskola, institutionen för byggnadskonstruktion, som genom tidigare arbeten hade behövlig utrustning och den erfarenhet som erfordrades <17>.

Nedanstående rapport utgör en avskrift av redovisningen efter mätningarna.

Täthet och ventilationsbestämning av 3 st 1-1/2-plans hus belägna i kv Vinkannen, Linköping - den 10 och 11 januari 1981.

=====

Husen är platsbyggda med platta på mark och stomme i bottenvåningen av lättbetong. Övervåningen är uppbyggd på trätakstolar. Isoleringen i snedtaken har dragits ned utanför stödbensväggen till takfoten. Husen var vid provningstillfället ej försedda med invändiga ytmaterial som mattor och tapeter.

Ventilations-systemet är av fabrikat Bacho Minimaster F-T system med värmeväxling på frånluften. Frånluftskanaler var dragna från kök, tvättstuga, badrum bv, badrum och klädkammare öv. Endast utsugskanalen i köket var försedd med spjäll för reglering av flödet.

Spärgasmätning utfördes vid 3 olika inställningar av ventilationssystemet.

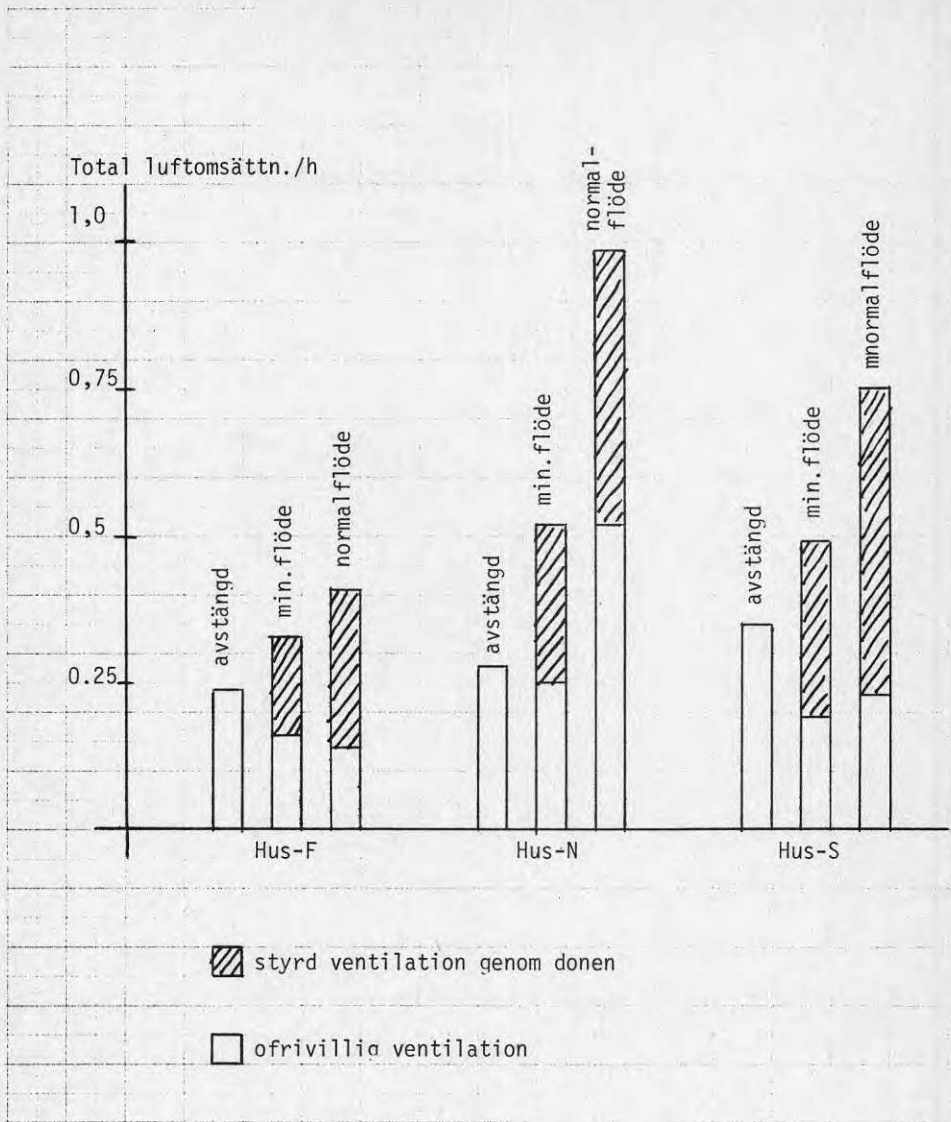
1. Normalventilation :
Fläkten i normalläge, köksspjället stängt.
2. Min.ventilation:
Fläkten i min.läge, köksspjället stängt.
3. Avstängd ventilation:
Tätade från/tillluftskanaler. Mätresultaten redovisas i tabell 16 och diagram 11.

Täthetsmätning enligt trycksättningsmetoden utfördes vid över- och undertryck med samtliga till/frånluftskanaler tätade.
Mätresultaten redovisas i diagram 12.

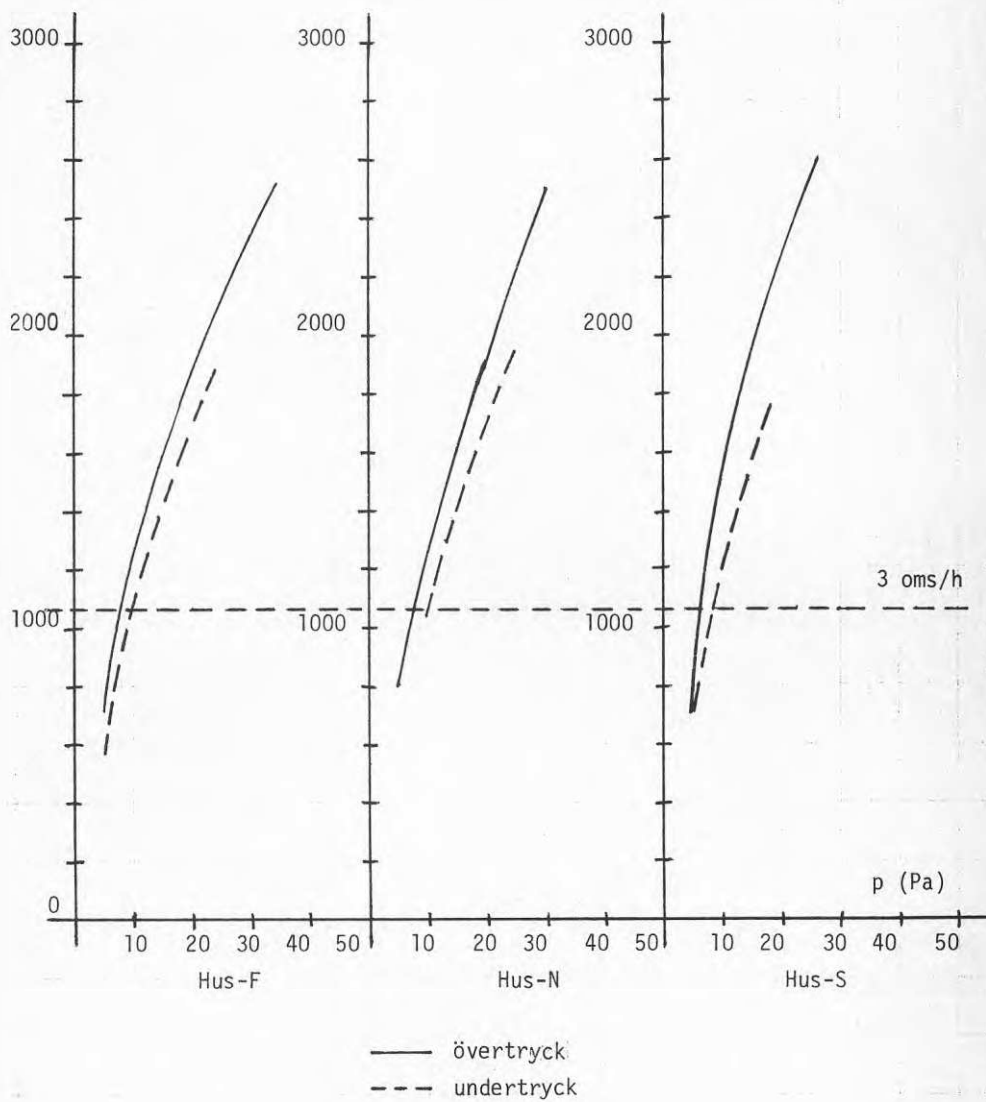
	HUS-F	HUS-N	HUS-S		
I Volym (m3)	345,6	340,4	340,4		
I Rumstemperatur (C)	20,3	20,2	20,5		
I Temp omgivning (C)	-3,8	-2,2	-3,8		
I Frånluftsflöde genom donen (m3/h)	93	135	173	I N I	
I Luftomsättning vid spårgasmätning (ggr)	0,41	0,89	0,74	I M I	
I Luftomsättning vid spårgasmätning (m3/h)	142	303	252	I L I	
I Frånluftsflöde genom donen (m3/h)	59	92	101	I I I	
I Luftomsättning vid spårgasmätning (ggr)	0,33	0,52	0,49	I V I	
I Luftomsättning vid spårgasmätning (m3/h)	114	177	167	I E I	
I Luftflöde genom donen (m3/h)	0	0	0	I N I	
I Luftomsättning vid spårgasmätning (ggr)	0,24	0,28	0,35	I T I	
I Luftomsättning vid spårgasmätning (m3/h)	83	95	119	I Ä I	
				I N I	
				I G I	
				I D I	

Anm.: Vindhastigheten var under samtliga spårgasmätningar låg.

Figur 65. Resultat från spårgasmätningar.



Figur 66. Mätresultat från spargasmätningarna.



Figur 67. Resultat från täthetsmätningarna.

KOMMENTARER:

Mätresultaten visade de stora olikheter mellan de tre husen, som förutspåts via energiförbrukningsbestämningarna. Andelen ofrivillig ventilation motsvarar ca hälften av den totala luftomsättningen. Trycktesten gav som resultat att det stipulerade över/undertrycket inte kunde uppnås vid 3 omsättningar/h. Hus-F uppvisade i samtliga fall bättre egenskaper än de båda övriga husen. En stor del av otätheterna kunde spåras till övergången mellan vägg/takkonstruktionen. Dessa fel har efter projektets slut åtgärdats.



Figur . Trycksättning av Hus-S.

9. J Ä M F Ö R E L S E R M E L L A N L U F T B U R E N
V Ä R M E D I S T R I B U T I O N O C H D I R E K T -
V E R K A N D E R A D I A T O R E R .

För att verifiera att skillnaderna i energiförbrukning mellan de tre husen till en stor del kunde tillskrivas det luftburna uppvärmningssystemet i kombination med husens otätheter, installerades direktverkande elradiatorer i Hus-N och Hus-S. Det luftbaserade systemet bibehölls intakt i Hus-S, varför detta hus kunde värmas växelvis mellan radiatorsystemet och luftsystemet.

D R I F T S F A L L	
Fall 1:	Radiatorvärme i samtliga tre hus.
Fall 2:	Radiatorvärme i Hus-F och Hus-N. Luftburen värme i Hus-S
Fall 3:	Samma som fall 2 men med solfångarna frånkopplade luftsystemet i Hus-S.
Fall 4:	Samma som fall 3 men med ventilationen avstängd i samtliga tre hus.
Fall 5:	Radiatorvärme i samtliga tre hus. Solfångarna frånkopplade i Hus-S.

Figur 68. Driftsfall mellan vilka jämförande mätningar gjorts avseende energiförbrukning.

Omgivningens medeltemperatur låg under mätningarna inom intervallet -3 C till +3 C.

Mätresultaten visas i nedanstående tabell.

Medelenergiförbrukning i kWh/dygn.							
Fall	Hus-F	Hus-N	Hus-S				
1	52,5	53,3	53,6				
2	53,8	53,6	64,2				
3	56,6	55,5	63,9				
4	53,8	53,1	61,2				
5	66,8	64,2	66,5				

Figur 69. Medelenergiförbrukning per dygn som funktion av uppvärmningsmetodik i hus F, N och S.

Av mätningarna framgår att husen har identisk energiförbrukning vid radiatoruppvärmning, medan förbrukningen ökar med ca 20% då det luftburna systemet används. Dessa mätresultat stämmer väl överens med de erfarenheter som erhöles under inledningsskedet av projektet. En stor del av olikheterna bör kunna tillskrivas otätheterna i husen.

10. SAMMANFATTNING.

10.1. Målsättning.

Projektet, som pågått under ca tre år, syftade till att ta fram underlag för kommersiell grupphusbebyggelse av småhus med luftburet uppvärmningssystem. Tre delmoment bedömdes som speciellt viktiga i utvecklingsarbetet.

10.1.1. Uppvärmningssystem.

Välisolerade och täta hus har en låg energiförbrukning. Projektets målsättning var att visa att uppvärmningsbehovet i ett sådant hus kunde täckas via det ordinarie ventilationssystemet, genom ett måttligt ökat luftflöde.

10.1.2. Solfångare.

Den termiska trögheten hos solfångare med t ex vatten som värmebärare medför att de energimängder, som förekommer vid varierande molnighet, går förlorade. Projektet hade som målsättning att utveckla enkla solfångare med luft som värmebärare, samt att undersöka tidskonstanten för denna typ av solfångare.

10.1.3. Energilager.

Genom att uppvärmningssystemet baserades på luft som värmebärare, erfordrades ett energilager, som genom sin egen konstruktion, gav tillräcklig värmeväxlande yta för att värmeöverföringen skulle kunna ske utan alltför låg verkningsgrad. Ett stenmagasin har denna egenskap. Arbetet inriktades under inledningen av projektet därför mot en undersökning av stenmagasinets funktion och uppbyggnad, samt möjligheterna att utnyttja tekniken i en grupphusbebyggelse.

10.2. R e s u l t a t.

Sammanställningen nedan utgör en kortfattad genomgång av några av resultaten. Dessa finns utförligt beskrivna i de rapporter som producerats under arbetets gång.

10.2.1. Uppvärmningssystem.

Den teoretiska beräkningen av husets termiska belastning vid normalt rådande utomhustemperaturer visade att cirkulationsluftflödet kunde hållas på låg nivå redan vid luftflödestemperaturer inom intervallet 25 - 35°C. En ordinär rumsenhet erfordrade vid DUT 20-25 l/s. Kanalstorleken kunde i fullskaleförsöken, enkelt inkluderas i husets övriga konstruktion, genom en måttlig påsalning av mellanbjälklaget. Husets täthet och isolering resulterade i att cirkulationsluften kunde tillåtas ske via ett enkelt, punktformat inloppsdon. I de inledande försöken tillfördes cirkulationsluften via en längs med hela rummsmodulen monterad takspalt. Återluften ordnades genom överströmning via dörrkarmen. Tack vare en god fönsterkonstruktion (3-glas) förekom inga problem med kallras. Enkelheten i installationen, samt möjligheten att utsluta en stor del av det annars traditionella uppvärmningssystemet, visade att god lönsamhet kunde erhållas genom den extra isoleringen av huset.

10.2.2. Solfångarna.

Absorbatorelement av olika typ konstruerades och testades. En markant skillnad i termisk tröghet mellan vattensolfångare och de nyutvecklade konstruktionerna kunde konstateras. Det termiska tidskonstanten uppmättes till ca 5°C/minut. Vid 800 W/m² solinstrålning. Medelverkningsgraden hos de luftburna solfångarna låg på ca 60%, dvs jämförbara med vattensolfångarna. Den minskade risken för indirekta byggnadsskador vid läckage bedömdes som väsentlig, liksom avsaknaden av frys- och överhettningssproblem. Trots försök till stark integrering av absorbatorkonstruktionen i takelementen gav installationen i fullskaleförsöke inte tillräckliga besparingar för att lönsamhet skulle kunna garanteras.

10.2.3. Energilagret.

De inledande försöken med stenmagasin visade att energilager av stenmagasinstyp skall konstrueras vertikala, för att den interna termiska skiktningen skall kunna utnyttjas effektivt. I detta avseende skiljer sig inte stenlager från t ex vattenlager. Under fullskaleprojekteringen gav ekonomiska kalkyler som resultat, att denna typ av energilager inte kan utnyttjas i industriellt betingad grupphusbebyggelse. Problem med mögel och silikoserisker utgjorde andra faktorer, som fick avgörande betydelse för beslutet att inte bygga denna typ av energilager. Den goda tekniska funktionen hos stenmagasin verifierades emellertid under projektarbetet.

Som ersättning för stenmagasinet omkonstruerades uppvärmningssystemet så att ett smältvärmelager med $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kunde utnyttjas. Tack vare att energilagret kunde göras betydligt mindre genom den ökade energitätheten hos lagringsmaterialet, kunde samtliga komponenter i uppvärmningssystemet (fläktar, spjälldon, elbatterier etc), inkluderas i ett apparatskåp. Betydligt bättre produktionsekonomi skapades på detta sätt.

Den tekniska funktionen hos den slutgiltiga systemlösningen uppfyllde i stort de krav som ställts vid projektstarten. Kostnaderna för lösningen blev i jämförelse med oljebaserade uppvärmningssystem likvärda, medan de översteg installationskostnaderna avsevärt jämfört med direktverkande el. Projektet gavs därför ingen kommersiell fortsättning.

10.2.4. Övriga kommentarer.

De tre fullskalehusens täthet och isolering kontrollerades i efterhand. Resultatet visade att stora brister fanns, vilka kraftigt påverkat mätarbetet i husen. Bristerna har efter projektets slut åtgärdats. Mest graverande var storleken på ofrivillig ventilation. Försökshusen producerades av elever från Tekniska Yrkesskolan. Ofullkomligheterna kan i de flesta fall tillskrivas bristen på erfarenhet hos eleverna.

Projektet har som resultat fått till följd att smältvärmelager med $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kunnat vidareutvecklas i andra tillämpningar bl a värmeåtervinning i ett bageri och energiackumulering i växthus. De ekonomiska förutsättningarna i industriella tillämpningar bedöms som betydligt mer lovande än inom området nyproduktion av småhus. Fortsatt arbete inom detta nya fält pågår för närvarande vid IKP Energisystem, Linköpings Tekniska Högskola.

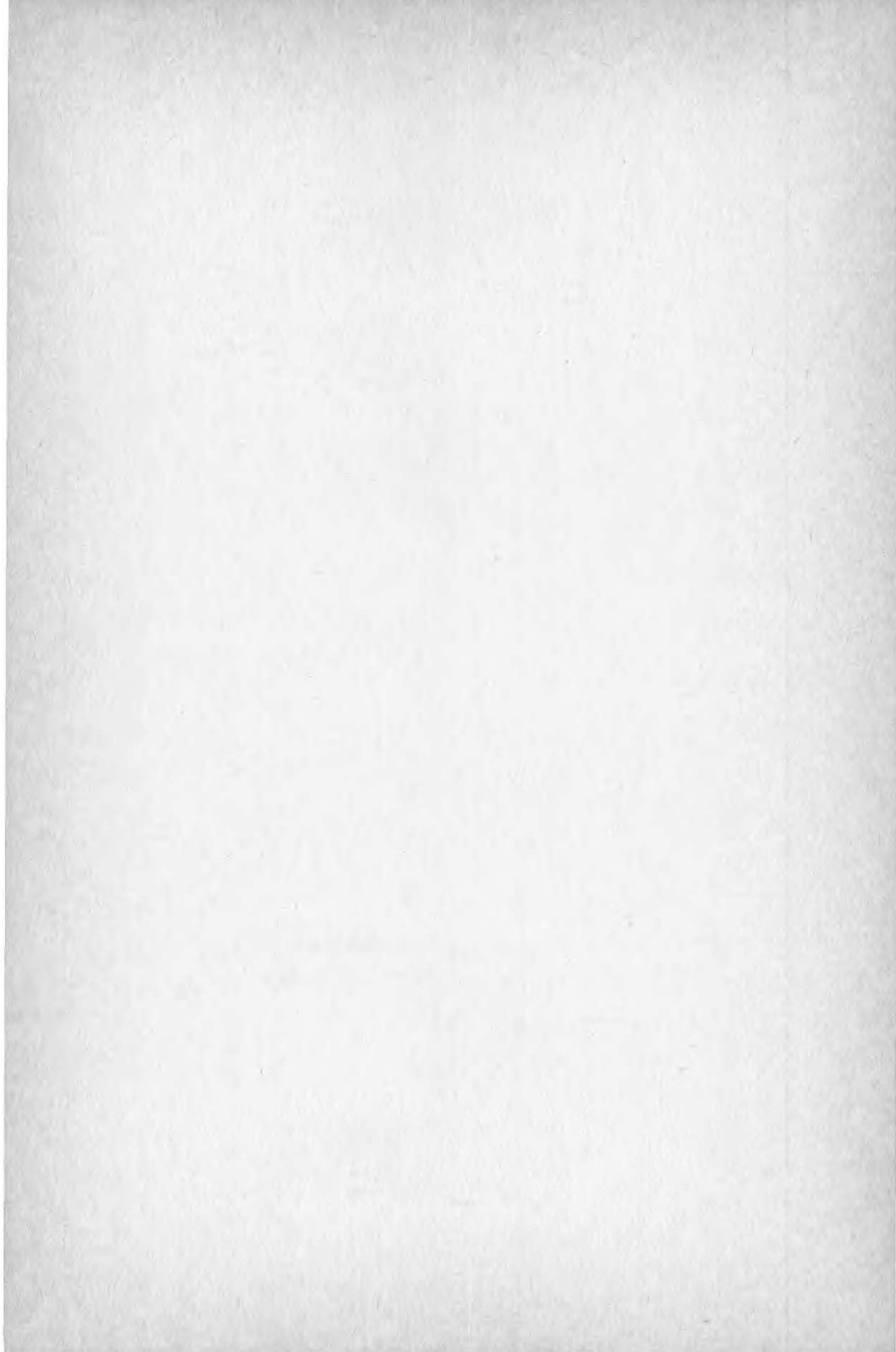
11. R E F E R E N S L I S T A.

- <1> Ottosson H.- Ekström L. (1977)
Luftburet solenergisystem för småhus, etapp 1 -
förundersökning.
LiTH-IFM-R-61, 1977-01-30.
- <2> Ottosson H. (1978)
Lågenergisystem med luft som värmebärare, en
forskningsprofil vid tekniska högskolan i Linköping.
LiTH-IFM-R-80, 1978-09-06.
- <3> Ekström L. - Ottosson H. (1977)
Utvärdering av en solfångare med tegeltak som
absorbatorelement.
LiTH-IFM-R-66, 1977-10-12.
- <4> Ekström L. (1978)
Lagring av solenergi i ett stenmagasin.
LiTH-IFM-R-68, 1978-01-17.
(Rapporten gavs dessutom som bidrag vid SEAS-konferensen
"Solenergi norr om 50:e breddgraden", Stockholm
1978-05-18/19)
- <5> Lind J. (1978)
Solfångare för lågenergisystem med luft som värmebärare.
LiTH-IFM-EX-91, 1978-10-31.
- <6> Ottosson H. (1978)
Luftburet lågenergisystem för lokalkomfort.
Lägesrapport BFR 770722-3 samt 770723-8, 1978-12-14.
- <7> Ottosson H. (1978)
Lågenergisystem med luft som värmebärare.
Bidrag vid SEAS-konferensen "Solenergi norr om 50:e
breddgraden", 1978-05-18/19.
- <8> Söderlund I. (1979)
Reglerproblem för soluppvärmda småhus.
LiTH-ISY-EX-0136, 1979-02-20.
- <9> Persson I. - Persson S. (1979)
Mätdatabehandling för soluppvärmt hus.
LiTH-ISY-EX-0194, 1979-01-02.
- <10> Karlsson L. - Ottosson H. (1979)
Moduluppbyggt, mikrodatorstyrt mätsystem.
LiTH-IFM-R-96, 1979-03-01
- <11> Karlsson B. - Karlsson L. - Ottosson H. (1981)
Mikrodatorstyrt, moduluppbyggt reglersystem.
STU 80-4851, 1981-05-18.
- <12> Walletun H. - Ödmark A. (1981)
Mätsystem för bestämning av energiförbrukningen i tre
lågenhus.
LiTH-IFM-EX-149, 1981

- <13> Hetenyi J. - Johansson G. - Lagerkvist K-O. (1981)
Långtidstest genom cykling av ett saltsmältlager med kalciumklorid som energilagringssystem.
SP-RAPP 1981:12.
- <14> Ottosson H. (1979)
Luftburet värmesystem med solfångare och energilagring.
KB, Intern lägesrapport, 1979-05-05.
- <15> Ottosson H. (1980)
Luftburet uppvärmningssystem med solfångare, eldstad, nattelbatteri och lagringssystem.
LiTH-IFM-R-98, 1980-03-17.
- <16> Ottosson H. (1980)
Värmemodulen - 80 talets nya uppvärmningssystem.
KB, Pressrelease.
- <17> Gusten J. - Johansson C. (1978)
Täthet och ventilation. Täthets- och ventilationsstudier i fabrikstillverkade Modulenthuss med mekaniskt frånluftssystem.
CTH, Byggnadskonstruktion 1978:17
- <18> Eek H. (1981)
Solvärmt småhus. Utvärdering av ett solvärmesystem med luft som värmebärare.
BFR R78:1981 (ISBN 91-540-3536-8)
- <19> Hallen T. (1977)
Varmluftsuppvärmning av bostadshus.
CTH, Installationsteknik, Ex-1977:1
- <20> Henriksson R. - Virhammar K. (1976)
Solfångare för spannmåls- och hötorkning.
LBT, Lantbrukshögskolan i Lund, Spec.med. 50.
- <21> Ottosson H. (1980)
Projekt KB - Luftburet uppvärmningssystem med solfångare och energilagring.
SEAS/SINTEF seminarier, Trondheim 1980-11-04.
- <22> Hedman H. - Heimo Z. - Nowacki J-E. (1979)
Prestanda-jämförelse mellan tre olika metoder för lagring av lågtemperaturvärme (solvärme) för husuppvärmningsändamål.
Studsвик E3-79/6.
- <23> Karraki
The Colorado State University Solar Houses.
Personlig kommunikation.
- <24> Carlsson B. - Stymne H. - Wettermark G. (1976)
Lagring av lågtemperatur i saltsmältor.
BFR 750016-8, 1975-76.

- <25> Herrick C.S. - Golibersuch D.C. (1977)
Qualitative Behavior of a New Latent Heat Storage Device
for Solar Heating/Cooling Systems.
General Electric 77CRD006, March 1977
- <26> Herrick C.S. - Zarnoch K.P. (1978)
Latent Heat Storage in a Fifty-Five Gallon Rolling
Cylinder.
General Electric 78CRD175, September 1978
- <27> Comly J.B. - Jaster H. (1978)
Heat Pumps and Solar Energy - A Primer.
General Electric 78 CRD251, December 1978
- <28> Moses P. et al.

Dow Chemical Company
- <29> Morrison D.J. - Abdel-Khalik S.I. (1977)
Effects of phase-change energy storage on the performance
of air-based and liquid-based solar heating systems.
Solar Energy, Vol. 20, pp 57-67.
- <30> Jurinak J.J. - Abdel-Khalik S.I. (1978)
Properties optimization for phase-change energy storage in
air-based solar heating systems.
Solar Energy, Vol. 21, pp 377-383.
- <31> Jurinak J.J. - Abdel-khalik S.I. (1978)
Sizing phase-change energy storage units for air-based
solar heating systems.
Solar Energy, Vol. 22, pp 355-359.
- <32> Hedman H. (1977)
Experimentellt luftkyllt solvärmsystem i Linköping.
AE/TPM-EI-76, 1977-11-07



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770723-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Linköpings Tekniska Högskola, Linköping.**

R40:1983

ISBN 91-540-3914-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700740

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 35 kr exkl moms