



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.

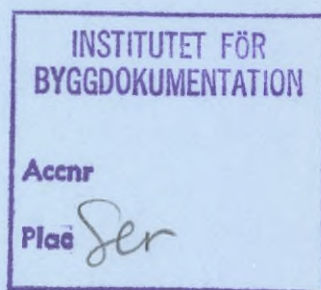


Rapport

R45:1987

Energisparprojektet Märsta sjukhem

**Mats Andersson
N Anders Lindén
David Södergren**

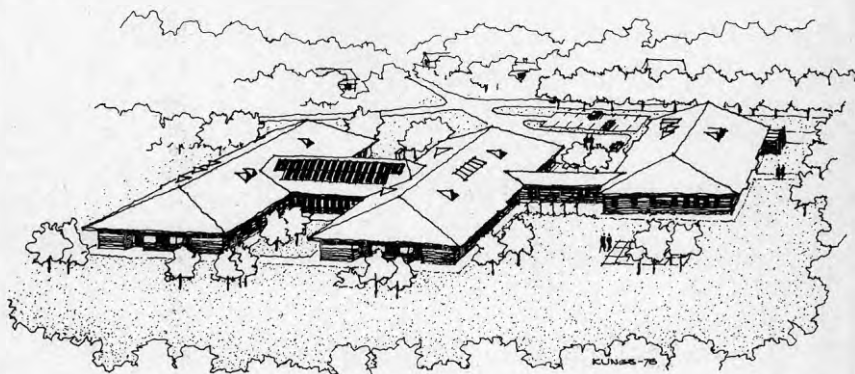


Byggeforskningsrådet

R45:1987

ENERGISPARPROJEKTET MÄRSTA SJUKHEM

Mats Andersson
N Anders Lindén
David Södergren



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780044-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms
läns landsting, Stockholm.

REFERAT

Stockholms läns landsting beslöt 1977 att ett sjukhem i Märsta skulle projekteras som pilotanläggning för en totalstudie av energibesparing inom vårdsektorn. Målet var att nedbringa energi- och vattenförbrukningen till hälften av vad som tidigare varit vanligt.

Märsta sjukhem består av en H-formad vårdbyggnad med 4x12 vårdplatser och en försörjningsbyggnad. Vårdbyggnadens utformning med fyra till ytan lika husdelar men med olika byggkonstruktions- och installationssystem har möjliggjort jämförande studier hur funktion, energibesparing, ekonomi m m påverkats. Projektet har omfattat allt från projektering och byggande till mätning och utvärdering. Mätdata från parametrar med inverkan på energianvändningen har kontinuerligt insamlats under drygt 3 års tid. Ca 10 miljoner timmedelvärden har lagrats för uppställande och analys av energibalanser över husdelar och enskilda komponenter. I rapporten jämförs bl a tunga och lätta byggnadskonstruktioner med varierande isolering, skilda fönsterkonstruktioner, luftburen och vattenburen uppvärmning, regenerativa och rekuperativa värmeväxlare. Olika utföranden av snålspolande tappkranar jämförs sinsemellan och snålspolande toaletter med fullspolande. Vidare studerades värdet med spillvattenvärmeväxlare, solfångare för tappvarmvatten, återvinning av kondensorvärme, ombyggnad av spoldesinfektor m m. Målet har uppnåtts och resultatet visar att 50% besparing kan åstadkommas utan att kvaliteten behövs försämrats vare sig avseende det termiska klimatet eller hygien. Generellt kan sägas att väl planerade energibesparande åtgärder ökar förutsättningarna för ett gott inomhusklimat. Det framgår också att byggnadskostnaderna inte behöver bli högre för att anläggningen skall vara energieffektiv. Få anläggningar har blivit så omsorgsfullt injusterade som Märsta sjukhem. Injusteringen har visat sig ha stor betydelse för funktionen och torde vara den mest värdefulla energibesparande åtgärden.

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

R45:1987

ISBN 91-540-4732-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLL

	sid
FÖRORD	
SAMMANFATTNING	7
1. INLEDNING	13
1.1 Bakgrund	13
1.2 Syfte	15
1.3 Förutsättningar	15
1.4 Vårdinnehåll	16
1.5 Forskningsprojektet	17
1.6 Tidplan	20
2. ANLÄGGNINGSBESKRIVNING	25
2.1 Byggnadsteknik, värme och ventilation	26
2.1.1 Husdel A	29
2.1.2 Husdel B	30
2.1.3 Husdel C	32
2.1.4 Husdel D	36
2.1.5 Husdel E	38
2.1.6 Husdel G	38
2.1.7 Sammanfattande data husdel A-D	39
2.2 Försörjningssystem	39
2.2.1 Fjärrvärme	41
2.2.2 Vatten	42
2.2.3 El	43
2.3 Tappvarmvatten	43
2.3.1 Värmåtervinning ur spillvatten	44
2.3.2 Solvärme för tappvarmvatten	46
2.3.3 Fjärrvärme och värmeackumulering	48
2.4 Lokaluppvärmning	48
2.5 Belysning	48
2.6 Mätssystemet och mätvärdesbehandling	49
2.7 Förändringar i anläggningen	51
3. INOMHUSKLIMAT	55
3.1 Resultatutdrag från inomhusklimatmätningar	57
3.1.1 Temperaturgradienter	59
3.1.2 Riktad operativ temperatur	59
3.1.3 Lufthastigheter i vistelsezonen	60
3.1.4 Ventilationseffektivitet	62

	sid	
3.2	Patienters och personals subjektiva bedömning av inomhusklimatet, en intervjustudie	63
3.2.1	Vintern 1981 och 1982	64
3.2.2	Sommaren 1981	65
3.3	Kontinuerliga mätningar av inomhus-temperaturer	66
3.3.1	Uteklimat 1982	67
3.3.2	Inomhustemperatur husdel A-D 1982	67
3.3.3	Innetemperatur vid 18,8 °C ute	69
3.3.4	Fönstervädning	70
3.4	Sammanfattning inomhusklimat	71
3.4.1	Resultatutdrag från vintermätningarna 1981	74
3.4.2	Resultatutdrag från sommar-mätningarna 1981	75
3.4.3	Ord- och teckenförklaring till Tabell 1 och 2	76
4.	UPPVÄRMNING OCH VENTILATION	77
4.1	Uteklimat	77
4.2	Mätresultat, klimat, effekt och energi, 1980-1984	79
4.2.1	Husdel A	79
4.2.2	Husdel B	82
4.2.3	Husdel C	85
4.2.4	Husdel D	88
4.2.5	Husdel E	90
4.2.6	Husdel G	91
4.3	Jämförelser mellan husdelarna A-D	92
4.3.1	Innetemperaturer	92
4.3.2	Effektbehov	92
4.3.3	Energianvändning	94
4.3.4	Värmeväxling från-/tillluft	97
4.3.5	Korrigerad energianvändning	99
4.4	Hela sjukhemmet	102
4.5	Slutsatser	103
5.	VATTEN	107
5.1	Vattenförbrukning	107
5.1.1	Kallvatten	108
5.1.2	Varmvatten 40 °C	109
5.1.3	Varmvatten 60 °C	109
5.1.4	Total vattenförbrukning i husdel A-D	110
5.1.5	Timvärden	111
5.1.6	Totalt	114
5.2	Vattentemperaturer	114
5.2.1	Vattentemperaturer under 1983	115
5.2.2	Vattentemperaturer under ett dygn	116

	sid	
5.3	Uppvärmning av tappvarmvatten	116
5.3.1	Tillförd energi	117
5.3.2	Använd energi	118
5.3.3	Energi för varmvattenuppvärmning 1983	119
5.3.4	Effekt för varmvattenuppvärmning	119
5.4	Slutsatser	122
6.	EL OCH FJÄRRVÄRME	125
6.1	El	128
6.1.1	Ventilation	131
6.1.2	Belysning	132
6.1.3	Elvärme	133
6.1.4	Övrig el	134
6.1.5	Kök	135
6.1.6	VVS	137
6.1.7	El totalt	138
6.2	Fjärrvärme	139
6.2.1	Uppvärmning och ventilation	141
6.2.2	Tappvarmvatten	144
6.2.3	Fjärrvärme totalt	146
6.3	Slutsatser	147
7.	DELSYSTEM	149
7.1	Värmeåtervinning - frånluft	149
7.1.1	Husdelar A-D	149
7.1.2	Husdelar E-G	150
7.1.3	Hela sjukhemmet	150
7.2	Återluft i kök	151
7.3	Värmeåtervinning - kylkompressorer	152
7.4	Värmeåtervinning - spillvatten	154
7.5	Solvärmesystem	158
7.5.1	Infångad solvärme	158
7.5.2	Värmepumpen	163
7.5.3	Värmeväxlaren	165
7.5.4	Drivenergi	167
7.5.5	Solvärme totalt	168
7.6	Spoldesinfektorer	171
7.6.1	Spolovanvändning	172
7.6.2	Ombyggnad av spoldesinfektorer	173
7.6.3	Slutsatser	175
8.	ENERGIBALANSER	177
8.1	Energiomsättning	177
8.2	Primärt tillförd energi	178
8.3	Bortförd energi	179
8.4	Energibalans	180

	sid	
8.5	Husdelarna A-D	181
8.6	Sammanfattning	184
9.	EKONOMI	185
9.1	Totalkostnad	186
9.2	Byggkostnad	188
9.2.1	Husunderbyggnad	188
9.2.2	Inner- och ytterväggar	189
9.2.3	Tak	191
9.2.4	Golv	191
9.2.5	Ventilation	192
9.2.6	Uppvärmning	193
9.3	Återvinningssystem	193
9.3.1	Värmeåtervinning ur frånluften	193
9.3.2	Kylvärme	194
9.3.3	Avloppsvärme	194
9.3.4	Solvärme	194
9.4	Driftkostnader	195
9.4.1	Dagliga driftkostnader	195
9.4.2	Periodiskt återkommande driftkost- nader	195
9.5	Byggnadstekniska fel som orsakar driftkostnader	196
9.5.1	Fukt	196
9.5.2	Slitage, beständighet	197
9.5.3	Flexibilitet	197
9.5.4	Sammanfattning	198
9.6	Slutsatser	198
10.	ERFARENHETER	201
10.1	Generella slutsatser	205
10.2	Den ideala flygeln	206
10.2.1	Byggnaden	206
10.2.2	Uppvärmning och ventilation	206
10.2.3	Belysning och apparater	207
10.2.4	Värmeåtervinning ur frånluft	208
10.2.5	Tappvarmvatten	208
10.3	Rekommendationer	208
LITTERATUR		215

FÖRORD

Stockholms läns landsting med ett befolkningsunderlag av drygt 1,5 milj invånare, dvs ca 1/5 av hela landets, handhar byggande och drift av ett stort antal sjukhus och institutioner.

I juni 1977 beslöt förvaltningsutskottet att ett sjukhem i Märsta skulle projekteras som försöksanläggning för tekniskt avancerade försök med syfte att nedbringa energi- och vattenförbrukningen till högst 50 % av vad som varit möjligt med tidigare teknologi, bestämmer och praxis. Sjukhemmet färdigställdes under våren 1980 och togs i full drift vid årsskiftet 1980/81.

Energisparprojektet Märsta sjukhem, som omfattat allt från projektering och byggnation till mätning och utvärdering, har pågått under drygt sju års tid. Under en så lång projekttid har FoU-gruppens sammansättning oundvikligt förändrats genom sjukdom och frånfalle samt övergång till annan verksamhet. Detta förhållande, som i och för sig kan synas naturligt under en så lång tid som förevarit, har försvårat forskningen, eftersom kontinuiteten blivit lidande och i viss mån påverkat tidplanen.

Utvärderingen har pågått kontinuerligt sedan de första mätningarna påbörjades hösten 1980. Resultat och erfarenheter har presenterats under hand vid konferenser och symposier samt i olika artiklar.

I föreliggande rapport beskrivs och redovisas slutresultatet av projektet. I de två första kapitlen beskrivs projektets bakgrund och målsättning samt sjukhemmets skilda byggnads- och installationstekniska lösningar. I de följande kapitlen utvärderas de tekniska lösningarna med avseende på funktion, energibesparing och ekonomi. Avslutningsvis redovisas erfarenheter och generella slutsatser för såväl ny- som ombyggnadsverksamhet av sjukhus och andra byggnader.

Rapporten, som bl a är baserad på drygt 100 milj mätningar, innehåller naturligt nog bara en del av alla de resultat och slutsatser som framkommit under projekttiden. Läsare som är särskilt intresserade av någon speciell fråga, som kanske inte är så fylligt redovisad, kan naturligtvis ta kontakt med någon av FoU-gruppens medlemmar för att få ytterligare information.

Trots att resultatredovisningen begränsats har rapporten blivit omfattande. Eftersom den knappast kan läsas från pärm till pärm i ett svep, utan snarare kommer att läsas avsnitt för avsnitt, har här valts att göra återkommande upprepanden av vissa bärande fakta. Detta kan dessvärre vara tröttande för en och annan idog läsare, vilket vi ber om förståelse för.

Till alla som medverkat till projektets genomförande riktas ett varmt tack. Ett särskilt tack riktas postumt till Göte Sjöblom för hans uppoffrande arbete under projektets inledningsskede.

Stockholm i juli 1985

På hälso- och sjukvårdsnämndens vägnar

Nils Olof Bergdahl

Anders Lindén

SAMMANFATTNING

I juni 1977 beslöt förvaltningsutskottet i Stockholms läns landsting att Märsta sjukhem skulle projekteras som pilotanläggning för en totalstudie av energibesparing inom vårdsektorn. Sjukhemmet var vid tidpunkten för beslutet redan under planering enligt landstingets normala premisser och planerades därför inte ursprungligen för låg energianvändning.

Målsättningen var "att nedbringa energi- och vattenförbrukningen till högst 50 % av vad som var möjligt med tidigare teknologi, bestämmelser och praxis". Skilda bygg- och installationstekniska lösningar skulle utvärderas med avseende på funktion, energibesparing och ekonomi i nämnd ordning. Projektets primära syfte har emellertid varit att vinna erfarenheter, som skall kunna användas vid ny- och ombyggnad av både sjukhus och andra byggnader, inte att bygga sjukhemmet så energisnålt som möjligt. Detta innebär t ex att även andra lösningar än de mest energisnåla eller de mest lönsamma har provats.

Märsta sjukhem, avsett för långtidsvård, är uppfört som en enplansbyggnad med totalt 48 vårdplatser. Anläggningen har en volym av ca 17 500 m³ och består dels av en H-formad vårdbyggnad, dels av en försörjningsbyggnad. Vårdbyggnadens utformning, med fyra närmast identiska enheter med 12 patienter i varje, medger möjligheter att inom en och samma anläggning jämföra olika energibesparande metoder.

De fyra vårdflyglarna A-D är byggnadstekniskt i huvudsak uppdelade efter varierande värmekapacitet. Husdel A, som kan anses vara referensbyggnad enligt tidigare praxis, har stomme av betong, vilket ger hög värmekapacitet, medan isoleringen följer kraven i Svensk Byggnorm (SBN). Husdelarna B och C är av sk halvtung konstruktion med lägre värmekapacitet än A men med isolering som ger bättre k-värden. Husdel D är en helt lätt konstruktion med ringa värmekapacitet men med extremt god värmeisolering. I de fyra vårdflyglarna har också skilda fönsterkonstruktioner provats.

Uppvärmningen sker huvudsakligen med luftburen värme, dvs med övervärmad tilluft. Radiatorer provas enbart i husdel A, referensdelen. För husdelarna B, D och försörjningsbyggnaden G sker slutlig temperaturreglering lokalt med små eleftervärmare. I husdel C har ett system med fönster som solfångare och korttidslagring av värme i byggnadsstommen provats.

Ventilationen sker på konventionellt sätt med fläktstyrd till- och frånluft via lokalt placerade ventilationsaggregat. Husdel B är försedd med rekuperativ värmeväxlare och de övriga med regenerativa. Erforderlig utrustning för styrning och reglering består till största delen av konventionell utrustning.

För att reducera energianvändningen vid uppvärmning av tappvarmvatten värmeväxlas spillvatten med inkommande kallvatten. Detta sker i en värmeväxlare som arbetar efter den s k värmerörsprincipen. Ytterligare energitillskott till tappvarmvattnet erhålls från ett solfångarsystem med 72 m² solfångare i kombination med en värmepump. I syfte att hushålla med vatten har skilda typer av vattensnåla armaturer installerats i de olika husdelarna, och tappvarmvattentemperaturen maximerats till 40 °C. I en husdel provas även snålspolande toalettstolar.

Prima energi tillförs sjukhemmet i form av el och fjärrvärme genom kommunens försorg. Elenergi används till viss del för uppvärmning, men detta energiuttag är mycket begränsat. Till belysning används i huvudsak lysrör försedda med reflektorer och lågförlustreaktorer. Belysning och färgsättning har planerats tillsammans.

För utvärdering av de olika tekniska lösningarna installerades ett mätsystem med ca 300 mätpunkter som under drygt 3 års tid kontinuerligt insamlat mätdata från parametrar med inverkan på energianvändningen. Ca 10 miljoner entimmesmedelvärden har lagrats för uppställande och analys av energibalanser över husdelar och enskilda komponenter. För kortare, intensiva, delstudier har mättekniker med specialkompetens anlitats.

Resultaten från mätningarna av inomhusklimatet, utförda av Byggforskningsinstitutet, är otvetydigt mycket positiva. Inget mätvärde har ens i enstaka fall överskridit de hygieniska och termiska gränsvärden som anges i t ex SBN. Ventilationsluft tillförs vådrummen utan att höga lufthastigheter uppkommer och med hög verkningsgrad, dvs luften används effektivt. Kontinuerliga temperaturmätningar visar att rumstemperaturen, under tider med värmebehov, legat på en jämn nivå kring fastställda 22 °C. Sommartid har temperatursvängningarna naturligtvis varit större. Någon komfortkylning har inte tillämpats och de högsta dagstemperaturerna har som väntat erhållits i den lätta husdelen, D. Natttid har däremot temperaturen i husdel D snarare varit lägre än i de övriga.

Genom en intervjuundersökning har det positiva resultatet från de tekniska mätningarna kunnat verifieras. Vissa klagomål har dock framförts, främst på luftkvaliteten. Dyliska klagomål är vanligt förekommande i nya byggnader, i synnerhet kanske i vårdbyggnader. Besvären tycks dessbättre ha avtagit i antal och styrka allteftersom tiden har lidit.

Att med ledning av mät- och intervjuresultat kunna påstå att klimatet är bättre eller sämre i en husdel jämfört med de övriga är ogörligt. Klimatet i de fyra vårddelarna måste i stort sett anses som jämbördigt och betecknas som mycket gott.

Med de förutsättningar som finns i Märsta kan generellt påstås att de styr- och reglertekniska installationernas funktion och personalens beteende, t ex vad gäller handhavande av solavskärmningarna, betyder mer än husdelarnas värmetröghet för att upprätthålla ett tillfredsställande klimat.

Generellt kan också sägas att VÅL PLANERADE ENERGI-BESPARANDE ÅTGÄRDER ÖKAR FÖRUTSÄTTNINGARNA FÖR ETT GOTT INOMHUSKLIMAT.

Det kan vara befogat att framhålla att få anläggningar blivit så omsorgsfullt injusterade som i detta fall. Efter det att byggnaden var klar termograferades den, vilket enbart ledde till tätning under fönstren i en husdel. Vid kontroll av k-värden i ytterväggar och vindsbärlag framkom att de var bättre än de projekterade värdena.

Installationerna för värme och ventilation var där-
emot inte felfria. Under första vintern åtgärdades ett flertal felaktiga funktioner samtidigt som systemen finjusterades, vilket uppskattningsvis innebar att energianvändningen för uppvärmning kunde reduceras med 10 %.

Uppvärmningsenergin har delats upp enligt följande:

- o Uppvärmning: energi för radiatorer och övervärmning av tilluft
- o Ventilation: energi för uppvärmning av tilluft till rumstemperatur samt el för drift av fläktar.

Av den totala uppvärmningsenergin utnyttjas störst andel för ventilation, mellan 55 och 80 %, beroende på husdel.

Orsaken till skillnaderna mellan husdelarna ligger i skilda luftflöden, olika värmeväxlare och olika stora värmeförluster i ventilationskanalerna. Skillnaden i verkningsgrad mellan en rekuperativ och en regenerativ värmeväxlare kan medföra en skillnad i energibehov motsvarande 50 - 60 kWh/m². Det är således av största vikt att val av värmeväxlare, luftflöden och kanalisation sker med eftertanke.

Energianvändningen för uppvärmning och ventilation för de 4 alternativen varierar mellan 90 och 110 kWh/m², vilket motsvarar 320 till 400 MWh per år för hela sjukhemmet. Hälften av energin används då i vård delen och hälften i försörjningsdelen. Med bättre reglersystem skulle energianvändningen för uppvärmning sannolikt kunna reduceras med ytterligare 10 %.

I sjukhemmet har förbrukats 270 liter vatten per vård dag, vilket skall jämföras med ett genomsnitt på ca 800 liter i landstingets vårdbyggnader. Den låga vattenförbrukningen är främst en följd av genomtänkt utrustning.

Omkring 40 % av det vatten som förbrukas är tappvarmvatten. För uppvärmningen används 170 MWh per år, inklusive tillskott från spillvatten och sol, varav hela 40 % förloras till byggnaden som värme. I varmvattensystemen används totalt omkring 200 MWh per år, varav 30 MWh är el för pumpar och för tillsatsvärme i spoldesinfektorer, tvätt- och diskmaskiner. De högsta effektbehoven har radikalt begränsats med avloppsvärmeväxlaren och ackumulatorer. Omräknat blir totala vattenkostnaden, inklusive 10 kWh per vård dag för uppvärmning, ungefär 5 kr per vård dag.

Det har ej varit möjligt att bedöma den vattenbesparing som de olika snålspolande armaturerna eller toaletterna medfört, men de snålspolande toaletterna har t ex fungerat lika bra som de fullspolande.

Efter ombyggnad av spoldesinfektorer har energi- och vattenförbrukningen kunnat sänkas. Ombyggnaderna gav till en början inte alls de resultat som utlovats, t o m högre förbrukningar än före ombyggnad, vilket dock sedermera kunde åtgärdas. Efter en ombyggnad måste resultatet kontrolleras, apparat för apparat, för att säkerställa att en "förbättring" verkligen uppnåtts och att desinfektorns hygieniska funktion ej menligt påverkats.

Hela 40 % av energibehovet för beredning av tappvarmvatten har täckts med "återvunnen" energi trots att varken sol- eller avloppsvärmesystemet dimensionerades för optimal återvinning. Syftet med installationerna var snarare att samla erfarenheter. Med de erfarenheter som gjorts bör det vara möjligt att konstruera och dimensionera system av detta slag som ger ekonomi. Installationskostnaderna skulle dock behöva i det närmaste halveras för att uppnå ekonomi i Märstaprojektet.

Sjukhemmets energiomsättning, dvs summan av primärt tillförd och återvunnen energi, uppgår till 1 340 MWh/år varav 845 MWh eller 63 % köps i form av el och fjärrvärme. 410 MWh återvinns ur frånluften och 70 MWh ur spillvatten och kylkondensorer. Ytterligare 30 MWh tillförs genom solvärmeanläggningen. Den köpta energin motsvarar därmed 48 kWh per vård dag eller ca 230 kWh/m²,år.

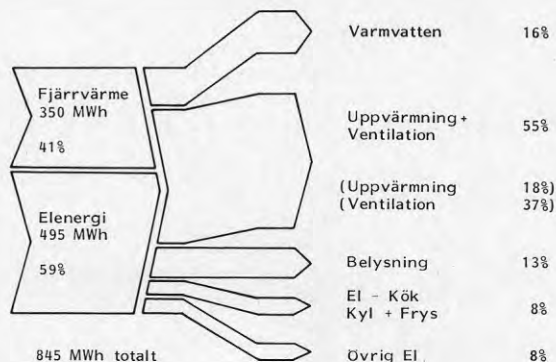
För både el och fjärrvärme gäller att installationer och effektabonnemang dimensionerats för stort. Elabonnemanget är på 200 kW medan högsta timeffekten ej har överstigit 105 kW. Motsvarande för fjärrvärme är 365 respektive 157 kW.

Efter injustering har fjärrvärmeenergin kunnat reduceras med 20 %. Samtidigt har emellertid elanvändningen ökat så att förhållandet el/fjärrvärme ändrats från 50/50 till 60/40. Den totala energianvändningen har dock minskat.

"Normalt" brukar uppvärmningsenergin utgöra ca 80 % av den primärt tillförda energin och elenergin resterande 20 %. I Märsta är bilden helt annorlunda då andelen el av den totala energianvändningen här är nästan tre gånger så hög som normalt. Även i absoluta tal, t ex i kWh/m³ byggnadsvolym, är elanvändningen något högre än normalt. Av detta kan man bl a dra följande slutsatser:

- o Vid hushållning med energi är det framför allt på uppvärmningssidan besparingar uppnås.
- o För att spara uppvärmningsenergi fordras ofta en ökad användning av elenergi, för drift av värmepumpar och värmeåtervinningsanläggningar, för slutuppvärmning av varmvatten m m.

Av den primärt tillförda, köpta, energin används mer än hälften för uppvärmning och ventilation av lokalerna. Omkring 15 % används för vardera varmvatten och belysning. Resterande 10-15 % används för apparater, köksutrustning, kyl- och frysrum m m. En stor del av energin för belysning och apparater används sekundärt också för uppvärmning.



Figuren visar det totala flödet av köpt energi till sjukhemmet, 1983.

De största energiförlusterna utgörs av transmission och ventilation (avluft), 39 resp 23 %. Resten förloras genom kökets spiskåpa och kylkondensorer, i cirkulationskretsar för tappvarmvatten och varmvatten samt genom avloppet. De största transmissionsförlusterna sker genom vindbärlag och fönster.

I förutsättningarna för projektet påpekades att lönsamhet inte skulle vara den främsta målsättningen vid val av utförande av system och komponenter. Det betonades också att energilönsamhetskalkyler skulle baseras på det dubbla vid varje tillfälle gällande energipriset. I de ekonomiska kalkyler som gjorts har dock använts gällande energipris för att visa lönsamheten som den är i dag. Beträffande byggnadsstommen framgår av dessa kalkyler att det finns skäl att främst satsa på bra k-värden i vindsbärlag och fönster, men även i ytterväggar.

För ventilationssystemen är det av stor ekonomisk betydelse att återvinna så mycket värme som möjligt. Eftersom kostnadsskillnaden mellan de provade värmeväxlarna är försumbar kommer verkningsgraden och underhållskostnaderna att vara avgörande för lönsamheten.

Projektets omfattning, såväl avseende tid som kostnader, har överskridits avsevärt i relation till den ursprungliga planeringen. De erfarenheter som uppnåtts har dock överträffat förväntningarna.

Det höga mål som sattes upp vid starten, att minska energibehovet till hälften av vad som tidigare varit normalt, har uppnåtts. En lämplig kombination av de mest energibesparande åtgärderna kan sannolikt leda till att framtida anläggningar kan byggas ännu mer energieffektivt. Projektet har även visat att det inte behöver bli dyrare med en energisnål lösning än med någon annan.

Den kanske viktigaste erfarenheten torde dock gälla funktionen av anläggningen. Resultatet har blivit en anläggning som fungerar bättre än vad man kunde hoppats. Kärnkraftmotstånd, ökade oljepriser och försurningsrisker har stimulerat utvecklingen av energieffektiva byggnader, en utveckling som inleddes efter energikrisen i början av 70-talet. Det är en utbredd uppfattning att detta kommer att resultera i sämre inomhusklimat och att nästa fas i utvecklingen kommer att få ägnas åt inneklimatförbättrande åtgärder.

Märstaprojektet har visat att den utveckling som kunde förväntas ske i två steg - först energibesparing och sedan miljöförbättring - mycket väl kan åstadkommas i ett enda steg.

Det är svårt att säga om det är det låga energibehovet eller den goda miljön som är det viktigaste resultatet av insatserna i Märsta.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Stockholms läns landstings förvaltningsutskott till-
satte i november 1975 en arbetsgrupp för framtagande
av förslag till energibesparande åtgärder. Gruppen,
vilken kom att benämnas energisparutredningen, ESU,
var sammansatt av representanter för bl a de byggande
förvaltningarna, lokaltrafiken och de fackliga orga-
nisationerna. Syftet med utredningen var dels att
följa upp de aktiviteter som genomfördes inom och
utom landstinget mot bakgrund av den s k oljekrisen
1973-74, dels att framlägga förslag till konkreta åtgärder
som syftade till energibesparing inom lands-
tinget.

Arbetsgruppen skulle bl a utarbeta förslag till nor-
mer avseende inomhustemperatur, ventilation, belys-
ning m m för olika verksamhetsområden. Eftersom
landstingets byggnader till stor del är avsedda för
vård av sjuka, gamla och handikappade måste högre
krav ställas på klimat och hygien än för friska män-
niskor. Detta innebär att Svensk Byggnorm inte all-
tid är tillämpbar inom alla områden. Hälso- och sjuk-
vårdsnämnden har därför utformat egna normer för
byggnadselement, värme- och ventilationssystem, sani-
tära installationer etc.

I en promemoria av den 25 februari 1977 föreslog ESU
förvaltningsutskottet att besluta att rekommendera
landstingets nämnder och bolag att snarast genomföra
de åtgärder som ESU föreslog.

Utredningen föreslog bl a

att de tekniska normer eller andra bestämmelser om
energiförbrukning i landstingets fastigheter, som
har beslutats eller kommer att beslutas i hälso-
och sjukvårdsnämnden och/eller fastighetsnämnden,
skall gälla för samtliga landstingets nämnder,

att i hälso- och sjukvårdsnämnden fattade beslut av-
seende åtgärder i energi- och vattenbesparande
syfte skall gälla inom hela landstingsområdet i
nedanstående avseenden:

- Luftbefuktning och luftkylning för komfort-
ändamål slopas.
- Mängden ventilationsluft halveras jämfört
med tidigare praxis.
- Ventilation skall ske endast under tid då
verksamhet pågår.

- Sänkning av temperaturen till 22 - 23 °C i vårdlokaler och 20°C i administrationslokaler.
- Sänkning av varmvattentemperaturen till 40 °C.
- Generellt förbud mot bevattning av gräsmattor.
- Stängning av fontänanläggningar som är anslutna direkt till tappkallvatten.

Vidare föreslogs att utse ett aktuellt mindre byggnadsobjekt som försöksanläggning för ytterligare energi- och vattenbesparing utöver vad som i utredningen i övrigt rekommenderas.

Det konstaterades därvid att objektet blir dyrare att bygga och att det också kommer att ta längre tid att projektera. Det måste emellertid anses så värdefullt att få det extra kunnande och den erfarenhet som ett sådant försök med besparing av energi och vatten ger, att denna kostnad och tidsförlängning väl kan motiveras.

I juni 1977 beslöt förvaltningsutskottet att Märsta sjukhem skulle projekteras som försöksanläggning för tekniskt avancerade försök med syfte att nedbringa energi- och vattenförbrukningen till högst 50 % av vad som är möjligt med tidigare teknologi, bestämmelser och praxis. Åt landstingets fastighetskontor, FAK, uppdrogs att genomföra den tekniska projekteringen. Programhandlingar, layout och den arkitektoniska utformningen var då redan framtagna genom hälso- och sjukvårdsnämndens försorg och fastighetskontoret uppdrog åt en konsultgrupp bestående av

Allmänna Ingenjörbyrå AB, AIB

Elektriska Prövningsanstalten, ELPA

Paul Petersson Konstruktionsbyrå AB

att i samråd med sjukhemmets arkitekt

Bosta Larsson Peterson Arkitektkontor AB, BLP

utföra projekteringen.

1.2 Syfte

Märsta sjukhem skall vara ett pilotobjekt för energisparande, där anläggningen utifrån en fastlagd layout projekteras med skilda bygg- och installationstekniska lösningar.

De olika tekniska lösningarna skall utvärderas med avseende på funktion, energibesparing och ekonomi. Mätdata från parametrar med inverkan på energianvändningen insamlas kontinuerligt under ordinarie verksamhet för uppställande och analys av energibalanser över husdelar och enskilda komponenter.

Eftersom projektets primära syfte snarare har varit att vinna erfarenheter än att bygga sjukhemmet så energisnålt som möjligt har även andra lösningar än de strikt mest energisnåla och/eller ekonomiskt lönsamma provats.

Resultat och erfarenheter skall kunna användas av landstinget vid såväl ny- som ombyggnadsverksamhet av sjukhus och andra byggnader.

1.3 Förutsättningar

Förutom fastlagd layout, arkitektonisk utformning och planlösning fick konsultgruppen vissa direktiv att arbeta efter:

- Skilda tekniska lösningar och olika resursbesparande installationer skall provas.
- Återluft eller forcerad ventilation får ej förekomma.
- Anläggningen skall utformas så att den kan skötas av ordinarie driftpersonal.
- Resultat från detta projekt skall kunna användas såväl vid landstingets befintliga sjukhus som andra byggnader och vid nybyggande.
- Energilönsamhetskalkyler skall baseras på det dubbla för varje tillfälle gällande energipriset. Primärt gäller dock att pröva energibesparande lösningar, varför lönsamhet ej behöver redovisas.

Sjukhemmet var vid tidpunkten för förvaltningsutskottets beslut, juni 1977, under planering enligt landstingets normala förutsättningar och planeringen var framskriden till i stort sett färdigt underlag för en totalentreprenad. Byggnaden planerades således

inte ursprungligen för låg energianvändning, varför utformningen inte helt kunde anpassas för att tjäna energistudierna.

Utformningens inverkan på energianvändningen är svår att kvantifiera. Rent allmänt kan dock pekas på vissa faktorer som kan ha betydelse men som här var fastlåsta vid projekteringsstart och därför ej kunde påverkas.

- Byggnadens placering i förhållande till väderstreck, topografi och vegetation
- Fönsterarean
- Takfotens utformning och storlek
- Kvoten mellan ytterarea och inneslutna värmda volym (som bör vara låg)

1.4 Vårdinnehåll

Vården av långtidssjuka innehåller två huvudaspekter. Den ena är rehabilitering och den andra är omvårdnad. Båda hänger naturligtvis intimt samman; utan god omvårdnad kan man ej rehabilitera en sjuk människa. Vid planeringen av vårdformer för dessa patienter är det av stor betydelse vilken aspekt man prioriterat. När specialiteten långvårdsmedicin skapades och byggdes ut under 60- och 70-talen centraliserade man vårdplatserna, ofta till större enheter, ibland i närheten av akutsjukhus, för att optimalt kunna utnyttja medicinska resurser i rehabiliteringsarbetet.

Verkligheten har emellertid visat att detta delvis varit en felsatsning. Alltför många multihandikappade äldre är för vårdkrävande för att kunna rehabiliteras till utskrivning till egen hemmiljö. Långvårdsanläggningen har kommit att bli deras hem. Andra vårdmål har då kommit i förgrunden. Även om ett gott medicinskt omhändertagande är en förutsättning för dessa patienters välbefinnande måste de sociala och psykologiska förhållandena lyftas fram i förgrunden mer än man tidigare förutsett. "Människan lever icke av bröd allena." Möjligheterna till såväl avskildhet som gemenskap, närhet till anhöriga och vänner samt meningsfylld verksamhet blir avgörande för hur den sjuke mår, även ur en mer begränsad medicinsk synvinkel. Passivitet är sjukdomsalstrande.

Vid utbyggnad av långvårdsresurserna inom landstinget är dessa insikter i hög grad vägledande. Man eftersträvar att förlägga vårdplatserna nära patienternas tidigare hem och sociala kontakter. Eget rum till varje patient kombinerat med väl tilltagna och flexibla gemensamhetsutrymmen ger möjligheter till både

en privat sfär och till stimulerande samvaro. Häri-
genom hoppas man kunna motverka onödig resignation
och passivitet och i stället kunna stödja de friska
funktionerna hos våra handikappade medmänniskor.

Märsta sjukhem är det första sjukhemmet i Stockholms
läns landsting som byggts i liten skala och i enlig-
het med ovanstående ideologi.

1.5 Forskningsprojektet

Syftet med forskningsprojektet har varit att erhålla
en bild av energianvändningen såväl totalt som per
husdel och för olika delsystem. Utgående från erhål-
len kunskap om energiflödena i anläggningen har sedan
de olika bygg- och installationstekniska lösningarna
utvärderats med avseende på funktion, energibesparing
och ekonomi.

För att erhålla en bild av energiflödena inom anlägg-
ningen, som beror på många olika faktorerers samverkan,
har omfattande mätningar utförts under drygt 3 års
tid. Ursprungligen avsågs att mätningarna skulle pågå
i 2 år fr o m att verksamheten i sjukhemmet kommit i
full drift, men mätperioden förlängdes med ytterliga-
re ett år, bl a beroende på att fortfarande still-
stånd ej uppnåtts efter två år.

Mätningarna har dels bestått av en lång kontinuerlig
mätvärdesinsamling, dels av många kortare delstu-
dier.

Genomförandet av forskningsprojektet har skett med
hjälp av representanter från landstinget, konsult-
gruppen, byggentreprenörer etc, samt mättekniker från
olika institutioner.

Finansieringen av forskningsprojektet har delvis
täckts med bidrag från Byggforskningsrådet. Anslag
har erhållits som bestritt kostnaderna för konsult-
gruppens medverkan, för inköp och installation av
mätgivare, kablage och instrument samt för anlitan-
de av Mätcentralen för Energiforskning (MCE) och övriga
involverade mättekniker etc.

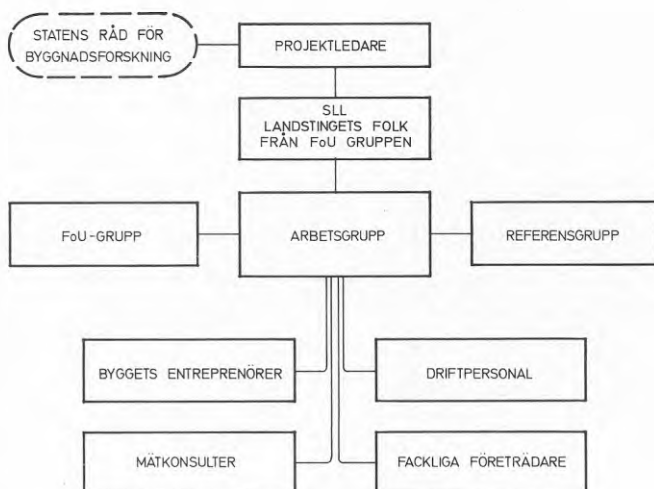
De merkostnader för själva byggprojektet som förör-
sakats av forskningsverksamheten, exempelvis kostna-
der för byggkonstruktioner och installationer på
grund av att dessa varierats, har bestritts av lands-
tinget. Detsamma gäller även kostnader för apparater
som i dag ej är direkt lönsamma, extra projekterings-
arbete på grund av dessa samt landstingets egen per-
sonals arbete.

För genomförande av forskningsprojektet byggdes en
fristående projektorganisation upp. Organisationen
har varit intakt under hela projektiden, men tyvärr

har sammansättningen av FoU-gruppen oundvikligt förändrats genom sjukdom och frånfälle samt övergång till annan verksamhet. Dessvärre har det varit svårt, ibland omöjligt, att fylla uppkomna vakanser, varför kontinuiteten blivit lidande. Detta förhållande, som i och för sig kan synas naturligt under en så lång projekttid som förevarit, drygt 7 år, har försvårat forskningen.

Projektledare har varit dåvarande chefen för landstingets fastighetskontor, Tage Lundman, t o m 1979, samt därefter chefen för tekniska byrån vid byggnadsverksamheten, HSN, Nils Olof Bergdahl.

FoU-gruppen har varit sammansatt av representanter från landstinget och konsultgruppen.



Figur 1.1 Projektorganisation

Landstinget har företrätts av:

Byggledare	Stig Cullblad	
Projekteringsledning	Björn Lundell	-1979
Projekteringsledning	Arne Olofsson	1979-
VVS-teknik	Göte Sjöblom	-1979
VVS-teknik	Karl-Gunnar Ebe	1980-81
El-teknik	Sune Elving	-1981
Klimat/energi/ mätteknik	Anders Lindén	

Konsultgruppen:

Projektsamordnare	Ragnar Werner	
Byggnadsteknik	Christian Lassen	
VVS-teknik	David Södergren	
El/mätteknik	Lennart Dahlén	
Forskningsingenjör	Mats Andersson	
Forskningsingenjör	Johan Tollin	1980-

Projektarbetet har utförts och hållits samman av en arbetsgrupp med representanter för FoU-gruppen, nämligen: Mats Andersson, Stig Cullblad, Anders Lindén och Ragnar Werner, med Mats Andersson och Anders Lindén som handläggare av det dagliga arbetet.

Denna arbetsgrupp har nära samarbetat med övriga medlemmar i FoU-gruppen samt kommunicerat med den i samråd med BFR sammansatta referensgruppen. Arbetsgruppen har också haft till uppgift att under hand redovisa och föra ut resultat och erfarenheter till såväl landstingets som övriga sjukvårdshuvudmäns tekniker och till andra intresserade grupper inom och utom landet.

Referensgruppens huvudsakliga uppgift har varit att tillföra projektet sakkunskap om byggnadsforskning, såsom metodfrågor, mätteknik, bearbetnings- och redovisningmetoder etc. Följande personer har ingått:

Bo Adamsson	Lunds Tekniska Högskola
Richard Hellström	Hälso- och sjukvårdsnämnden
Karin Liedberg	Kungliga Tekniska Högskolan
Klas Lundberg	Spri
Anders Svensson	Byggforskningsinstitutet
Viktor Vogt	Spri

Vid referensgruppens möten har också FoU-gruppens medlemmar deltagit.

Arbetsgruppen har även stått för kontakterna med byggnadsprojektets entreprenörer för att få deras synpunkter och erfarenheter från byggnationen samt tagit fram den kostnadskalkyl som legat till grund för den ekonomiska utvärderingen.

AB Armerad Betong Vägförbättringar, ABV, har i en samordnad generalentreprenad ansvarat för uppförandet av sjukhemmet. Övriga entreprenörer har varit:

Balken Rör AB	VS
ASEA	El
Stal Refrigeration AB	Kyla
AR Ventilation	Vent
Tour & Andersson	Styr och regler
AEG	Mät

Till arbetsgruppen har sjukhemmets maskinist, Christer Berne, adjungerats. Han har, vid sidan av sina ordinarie arbetsuppgifter, ansvarat för en stor del av de kontinuerliga mätningarna samt i övrigt bistått vid annat förekommande arbete. Han har dessutom skött kontakterna med vårdpersonal och patienter så att erfarenheter från den normala vården återförts till FoU-gruppen.

Erfarenheter från vården har också inhämtats från sjukhemmets föreståndare, Ingrid Enström, som också deltagit i planeringen av intervjuundersökningen, klimatmätningarna, studiebesök etc.

Vidare vill vi påpeka att såväl personal som patienter alltid välvilligt ställt upp då deras hjälp påkallats.

1.6 Tidplan

I den ursprungliga tidplanen planerades sjukhemmet vara färdigställt i januari 1980, men vissa förse- ningar uppstod. Byggprojektet har växt fram enligt följande:

- o Juni 1977 - Projekteringsstart
- o September 1978 - Byggstart
- o Maj 1980 - Slutbesiktning
- o 3:e kvartalet 1980 - Utrustning
- o 4:e kvartalet 1980 - Successiv inflyttning

Tidplanen för forskningsprojektet lades upp med utgångspunkt från byggprojektets tidplan.

Forskningsprojektet har varit uppdelat på fyra skeden:

- Skede 1 Planering
- 2 Installation av mätutrustning
- 3 Genomförande
- 4 Utvärdering

I sammanställningen nedan redovisas omfattningen av de olika skedena och när de genomfördes.

Skede 1 - Planering

Inventering och genomgång av liknande forskningsprojekt

Definition av projektets omfattning och innehåll

Planering av mätprojektet

Teknisk projektering av mätutrustning,
upphandlingsunderlag för mätgivare och
installationer

Datateknisk planering, standard-,
special- och kontrollprogram

Mätrutiner och felanalyser

I stort sett slutfördes detta skede första halvåret 1979, förutom de två sistnämnda punkterna som fick anstå till senare. Dessa genomfördes andra halvåret 1980, då mätutrustningen var installerad. Vid Mätcentralen för Energiforskning (MCE) tillgängliga dataprogram anpassades efter behov, special- och kontrollprogram skapades och mätrutinerna finslipades och lades fast mot erfarenheter av de första månadernas provmätningar.

Skede 2 - Installation av mätutrustning

Upphandling

Monterings- och installationsarbeten

Intrimning

Installationen besiktigades i maj 1980. Under hösten samma år modifierades måtanläggningen på vissa punkter, t ex flyttades några mätgivare och en del kompletteringar gjordes. Vidare togs ett färre antal givare ut för förnyad kalibrering. Samtidigt försågs mätutrustningen med ett automatiskt larm som senare kompletterades med en automatisk uppstartningsenhet. Från årsskiftet 1980-81 fungerade måtanläggningen nöjaktigt sånär som på givaren för vindhastighet och d:o riktning som på grund av tekniska störningar ej fungerade tillfyllest förrän hösten 1981.

Skede 3 - Genomförande

Revidering av energibalansberäkningar

Kortare delstudier av detaljobjekt

Testning av mätrutiner

Kontinuerliga mätningar under 3 år,
bevakning av registrerade mätvärden

Inneklimatmätningar under vinter och
sommar

Intervjuundersökning, klimat och funktion

Sammanställning av erfarenheter från bygg-
skedet, kostnader och utföranden.

De kontinuerliga mätningarna påbörjades i september 1980, dvs innan sjukhemmet ännu kommit i drift. Fram till årsskiftet trimmades mätanläggning och installationer, mätrutiner etc så att de reella mätningarna kunde starta 1 januari 1981, då också verksamheten i sjukhemmet kommit i full gång.

Resultat och erfarenheter från mätningarna under 1981 gav bl a upphov till smärre men betydelsefulla förändringar av de tekniska installationerna. Resultaten visade också entydigt att mätningarna borde fortsätta ytterligare minst ett år, inte bara för att de förändringar som gjorts skulle kunna dokumenteras utan också av andra skäl. Ett sådant skäl var att energianvändningen fortlöpande minskade, varför det ansågs angeläget att följa denna process och om möjligt förklara den. I slutet av mars 1983 togs beslut om att mätningarna kunde avbrytas, men att de ändå skulle fortsätta under hela utvärderingsperioden, men med lägre prioritet.

Inneklimatmätningarna och intervjuundersökningen genomfördes samtidigt under vintern och sommaren 1981.

Under 1982 upprättades den kostnadskalkyl som skulle ligga till grund för den tekniskt ekonomiska utvärderingen. I detta arbete ingick också att inhämta sådana erfarenheter och synpunkter från byggets entreprenörer som kunde påverka kalkylens resultat.

Skede 4 - Utvärdering

- Bearbetning av mätdata från delstudier
- Redovisning av resultat från delstudier
- Bearbetning av data från de kontinuerliga mätningarna, jämförelser och slutsatser
- Redovisning och avrapportering
- Förslag till eventuellt fortsatt utredningsarbete.

Utvärderingen påbörjades egentligen samtidigt som provmätningarna kom igång i september 1980 och fortgick under hela mätperioden. Mätdata bearbetades och analyserades allteftersom de samlades in. Under mätperiodens första hälft resulterade detta i en mängd ingrepp i anläggningen, såsom fortsatt injustering av installationerna samt vissa tekniska modifieringar.

Klimatstudierna och intervjuundersökningen bearbetades i direkt anslutning till respektive mätningar och har redovisats vid konferenser och symposier. Företrädesvis har redovisningen riktats mot personal vid Stockholms läns landsting samt selektivt mot VVS-tekniker hos övriga sjukvårdshuvudmän. Intervjuundersökningen dokumenterades i en rapport från KTH-Byggnadsfunktionslära 1982 (KTH/A 6:1982).

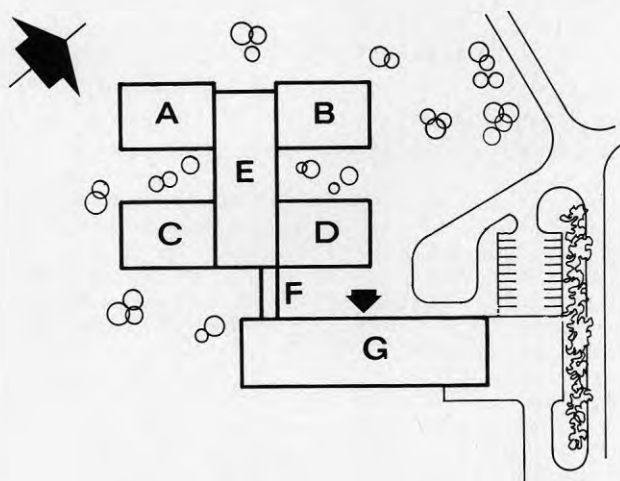
Den primära utvärderingen av insamlade mätdata, klimat- och intervjuundersökning, kostnadskalkyl, erfarenheter etc påbörjades våren 1983. Sammanställningar av speciellt intressanta parametrar har dock gjorts kontinuerligt, om än summariskt, och dokumenterats i form av interna årliga rapporter. Även dessa sammanställningar har i olika sammanhang redovisats för intresserade grupper inom och utom landstinget. Dessutom har projektet presenterats vid IEA:s konferens "New Energy Conservation Technologies" i Berlin, 1981.



Bild 1 Mårsta sjukhem 1979-09-01

2. ANLÄGGNINGSBESKRIVNING

Märsta sjukhem, avsett för långtidsvård, består av en enplansanläggning med 48 vårdplatser. Anläggningen har en volym på ca 17 500 m³ och består dels av en H-formad vårdbyggnad och dels av en försörjningsbyggnad innehållande administrativa utrymmen, centralkök, personalutrymmen, förråd, skyddsrum etc.



Figur 2.1 Planlösning

Patientrummen ligger orienterade mot fasaderna medan de centrala delarna inrymmer toaletter, avtättningsrum, förråd m m. Vårdavdelningarna, betecknade A, B, C och D och vardera avsedda för 12 patienter, innehåller totalt 42 en-patientrum, 2 två-patientrum och 2 isoleringsrum.

Vårdavdelningarna förbinds med en mellanliggande husdel E uppdelad i tre delar: dagrum, matrum och terapiavdelning. Till denna del hör även expeditioner för sköterska och läkare, rum för hår- och fotvård, telefonhytter etc. Dagrummet är försett med öppen spis och TV.

Medelst ett galleri, F, förbinds vårdbyggnaden med försörjningsbyggnaden G. Denna del är i sin tur uppdelad i två sammanbyggda enheter G1 och G2. G1 innefattar entré, kontorsutrymmen för föreståndare, vaktmästare etc jämte förråds- och personalutrymmen samt gymnastiksal med tillhörande behandlingsrum. G2 inrymmer kök med biutrymmen, personalmatsal samt skyddsrum.

Under husdelarna E, F och G löper en kulvert i huvudsak avsedd för kanalisering av rörledningar och el-

kablar. Västra delen under E är utvidgad till apparatrum för inrymmande av utrustning för värme- och vattenförsörjning som ackumulatorer, värmeväxlare, pumpar etc samt apparatskåp för el-utrustningen.

På vindarna till husdelarna A, B, C, D, E1 resp G1 finns fläktrum med till- och frånluftfläktar, värmewäxlare, eftervärmningsbatterier m m.

I den efterföljande beskrivningen av anläggningen beskrivs byggteknik, värme- och ventilation husdel för husdel. Därefter följer en beskrivning av försörjningssystem för värme, tappvatten, ventilation etc.

2.1 Byggnadsteknik, värme och ventilation

Vårdbyggnadens utformning med fyra närmast identiskt lika enheter med 12 patienter i varje medger möjligheter att inom en och samma anläggning jämföra olika energibesparande metoder. Avsikten har varit att variera bygg- och installationssystemen för att därigenom kunna bedöma hur funktion, energianvändning, byggkostnad m m påverkas.

De olika byggnadsdetaljernas utformning har mer eller mindre stor betydelse för energihushållning och klimat inom en byggnad. Sålunda har strävats efter att utföra isoleringen så effektiv att praktiskt taget fullständig värmebalans erhålls, d v s att värmeavgivningen från människor, belysning, värmeförande ledningar och värmeavgivande apparater täcker värmebehovet. Vidare har stor vikt lagts vid att utforma klimatskärmen optimalt tät för att nedbringa menlig inverkan av den s k ofrivilliga ventilationen.

Vårdbyggnadens fyra husdelar A-D är byggnadstekniskt i huvudsak uppdelade efter varierande värmekapacitet. Husdel A har stomme av betong, vilket ger hög värmekapacitet, medan isoleringen följer kraven enligt SBN 75. Husdelarna B och C är av s k halvtung konstruktion med lägre värmekapacitet än husdel A, men med isolering som ger bättre k-värden än vad som krävs i SNB. Husdel D är en helt lätt konstruktion med ringa värmekapacitet men med extremt god värmeisolering.

Lätta konstruktioner med värmeisolering utöver krav i SBN medför att värmemagasineringsen blir väsentligt mindre än i de betong- och tegelkonstruktioner som är landstingets rådande praxis. Detta innebär att dämpningen av temperatursvängningarna minskar och att fönstren kommer att svara för en stor del av den termiska störningen från rådande uteklimat. Man får alltså större variationer i den kännbara rumstemperaturen vid värmebelastningar. Av avgörande betydelse för komforten är att sommar som vinter hålla

värmeströmmen genom fönstren vid ett minimum för att reducera verkan av svängningar i utetemperaturen och solinstrålningen. Olika fönsterkonstruktioner har därför provats i vårdbyggnadens fyra husdelar.

Vägghonstruktionerna har utförts med stor noggrannhet så att högt ställda täthetskrav skulle kunna innehållas. Olika typer av ångspärrar som t ex betong och tjock våningshög plastfolie med tejpad skarvar har provats. För tätheten runt fönstren svarar expanderande polyuretanskum och elastisk fogmassa. Takfotsdetaljerna är utformade så att de arbetstekniskt var enkla att utföra samt så att isoleringen blev vindskyddad.

Uppvärmningen sker till största delen med luftburen värme, d v s med övervärmad tilluft. Endast husdel A är försedd med radiatorer. Uppvärmningen av uteluften sker i första hand vid värmeväxling med frånluft. Ytterligare värmning av tilluften sker i värmevattenbatterier. För husdelarna B, D och G sker slutlig temperaturreglering lokalt med eleftervärmare. I husdel C har ett system med fönster som solfångare och korttidslagring av värme i byggnadsstommen provats. I försörjningsbyggnaden återvinns värme från kylkompressorerna för värmning av tilluft.

Ventilation sker på konventionellt sätt med fläktstyrd till- och frånluft, typ TF, via centralt placerade ventilationsaggregat. I dessa sker dels värmeväxling mellan från- och uteluft, dels filtrering och vid behov eftervärmning av tilluften. I vissa fall finns lokala eleftervärmare i patientrummen.

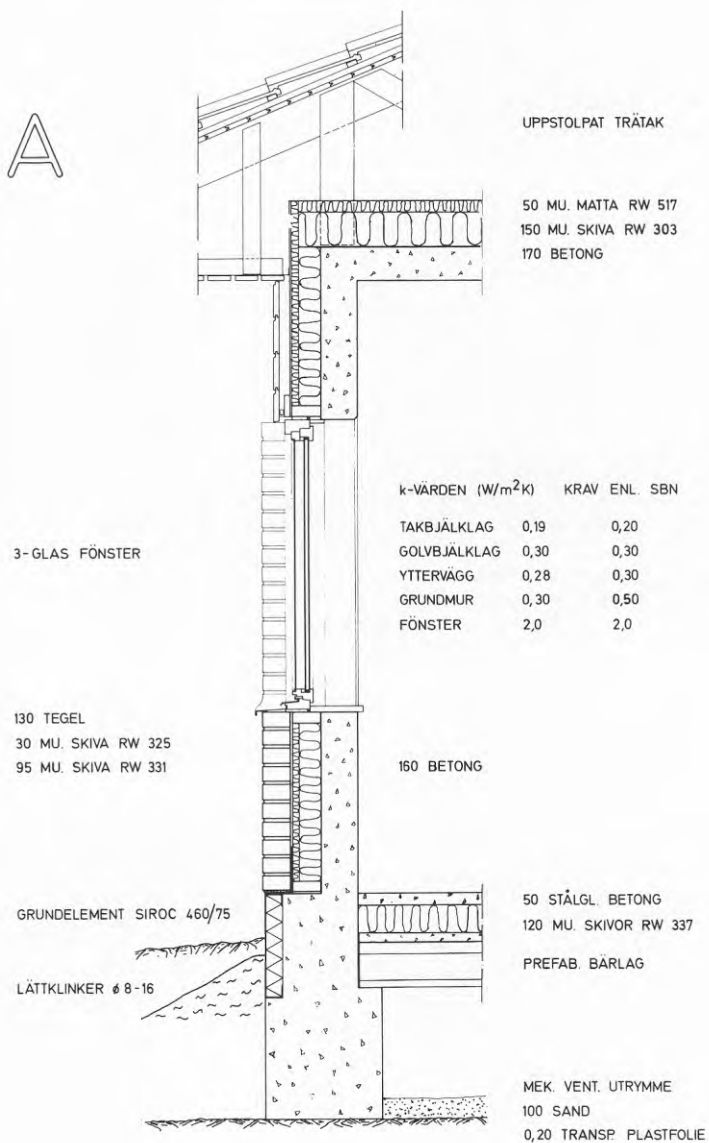
Erforderlig utrustning för styrning och reglering av ventiler, spjäll etc ingående i de värme-, vatten- och ventilationstekniska anläggningarna består till största delen av konventionell utrustning.

De regenerativa värmväxlarhjulens varvtal, och därmed energitillskottet, styrs av det aktuella värmebehovet. Off-funktion saknas, varför hjulen roterar med ett lägsta varvtal stora delar av sommarhalvåret. Den rekuperativa växlaren i husdel B styrs med en s k by-pass funktion (0-100 %).

I husdel B och D, där tilluften är värmebärare, kompenseras tilluftens temperatur med avseende på utetemperaturen. Även i husdel C är tilluften värmebärare. Tilluftens temperatur styrs här dels av golv- och takbärlagens temperatur, dels av utetemperaturen via en dödzonenheter.

Styrning av de i husdel A installerade radiatorerna, el resp värmevatten, sker med direktverkande termostatventiler. De i husdelarna B, D och G installerade el-eftervärmarna vid tilluftdonen styrs med rumstermostater för två-lägesreglering.

Följande beskrivning av byggnadsteknik, värme och ventilation görs husdel för husdel med påpekande av betydelsefulla skillnader.



Figur 2.2 Tvärsnitt husdel A

2.1.1 Husdel A

Husdel A har valts som referensdel och är konstruerad enligt landstingets hittills tillämpade praxis, dvs med tung stomme.

Stommen består av bärande ytter- och innerväggar samt vindsbärlag av platsgjuten betong medan golvbärlag är utfört av prefabricerade betongbalkar och -plattor. På detta sätt erhålls en hög värmekapacitet, vilket sägs ge en utjämning av temperaturvariationerna över dygnet.

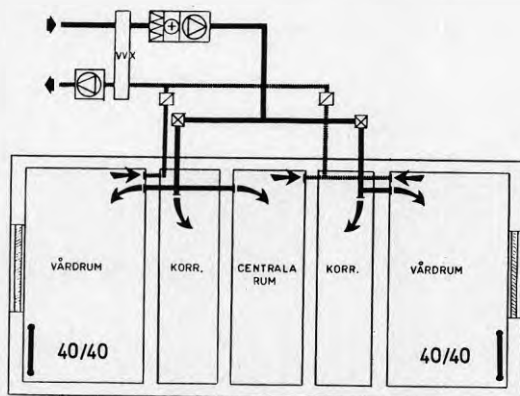
Isoleringen består av mineralullsskivor i såväl ytterväggar som vind- och golvbärlag med en tjocklek som ger k-värden i överensstämmelse med SBN (k-värden i figuren).

Fönstren är konventionella 3-glas i kopplade bågar med ytterruta av maskinglas och innanför denna ett isolerglas med dubbla rutor.

Uppvärmningen sker med radiatorer placerade under fönstren. För sex av fasadrummen används el som värmebärare och för övriga fasadrum används värmevatten. Både vatten- och elradiatorer är termostatreglerade. De centrala delarna av husdelen värms med luft som värmebärare.

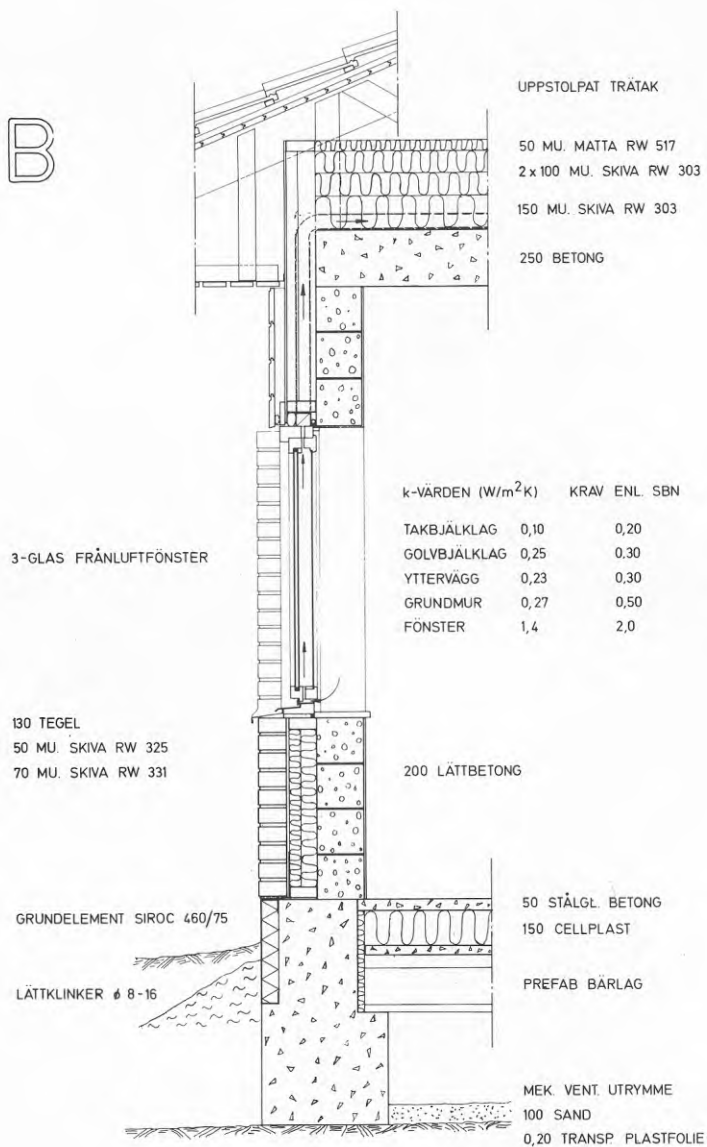
Ventilationen är dimensionerad enligt landstingets normer och praxis med förvärmd och filtrerad uteluft samt frånluft. Frånluften värmväxlas med uteluft i en roterande regenerativ värmväxlare.

$Q_{tot} = 1\ 700\ m^3/h$.



Figur 2.3 Ventilation husdel A (m^3/h)

2.1.2 Husdel B



Figur 2.4 Tvärsnitt husdel B

För husdel B gäller att värmekapaciteten är lägre än för husdel A då betong ersatts med lättbetong. I övrigt är husdelen konstruerad med lägre k-värden än vad som rekommenderas i SBN.

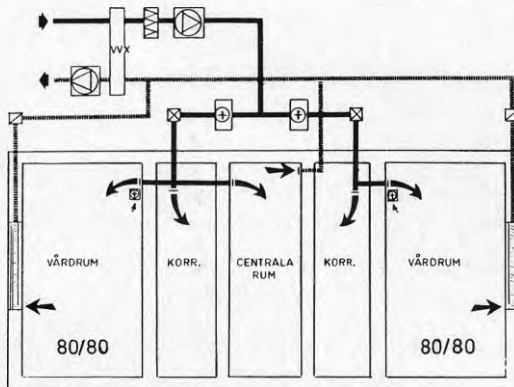
Stommen består av bärande ytterväggar av lättbetong samt korridorpelare, golv- och vindsbärlag av plattsjuten betong. De rumsskiljande väggarna består av dubbla lättbetongelement med mellanlägg av mineralull.

Isoleringen i ytterväggar och vindsbärlag består av mineralull. Golvet är isolerat med cellplast mellan golvbärlaget och överbetongen. Isoleringen har dimensionerats så att k-värden lägre än SBN erhållits.

Fönstren utgörs av s k frånluftfönster med 3-glas. Frånluften tvingas passera genom fönstret, mellan ytter- och innerutan, för att sommartid ta upp största delen av den värmeenergi som bildas i fönstret när solstrålarna träffar persiennen, och vintertid för att värma inre glaset och därigenom eliminera kallraset och minska "kallstrålningen" från fönstret. Förutom att ett bättre termiskt klimat erhålls utökas rummets vistelsezon.

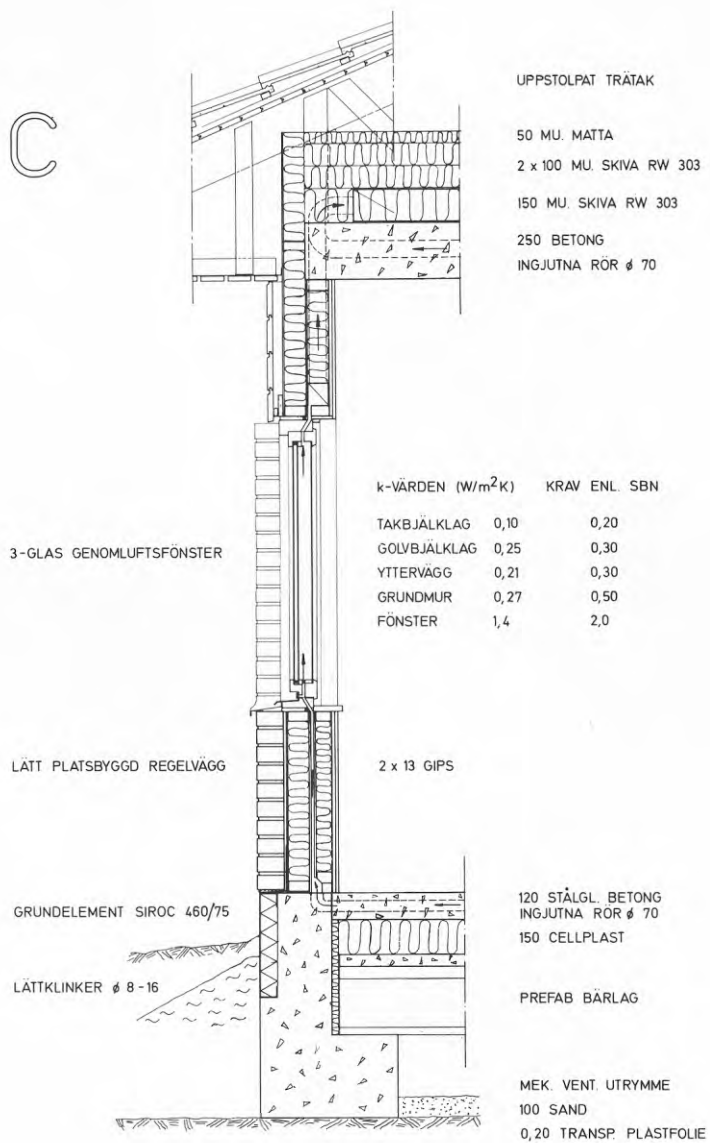
Uppvärmningen sker enbart med övervärmad tilluft, varför radiatorer saknas. Tilluften värms fasadvis med värmevattenbatterier. Rumstemperaturen i vådrummen regleras lokalt med små eleftervärmare (250 W), placerade i anslutning till tilluftdonen.

Ventilationen är i stort sett dimensionerad som för husdel A, men ventilationsluftflödena för vådrummen är större än i husdel A på grund av dess betydelse som värmebärare. Tilluften tillförs lokalerna genom kanaler i korridorernas undertak och donen är placerade i vägg mot korridor. Frånluften bortförs via frånluftfönstren och förs vidare till en rekuperativ plattvärmväxlare. $Q_{tot} = 2\ 200\ m^3/h$.



Figur 2.5 Ventilation husdel B (m^3/h)

2.1.2 Husdel C



Figur 2.6 Tvärsnitt husdel C

Värmekapaciteten för husdel C är lägre än för både husdel A och B genom att ytterväggarna är av en lättare konstruktion. För uppfångande och korttidslagring av solenergi används s k genomluftfönster med plåtkanaler ingjutna i vinds- och golvbärlag (STU-projekt 74-4025).

Stommen består av vindsbärlag och pelare av plattsgjuten betong, s k pelardäck. Golvbärlagen utgörs av prefabricerade betongbalkar och -plattor med plattsgjuten överbetong. Ytterväggarna är platsbyggda av dubbel gipsregelvägg med mellanliggande luftspalt och isolering samt utvändigt tegelbeklädd.

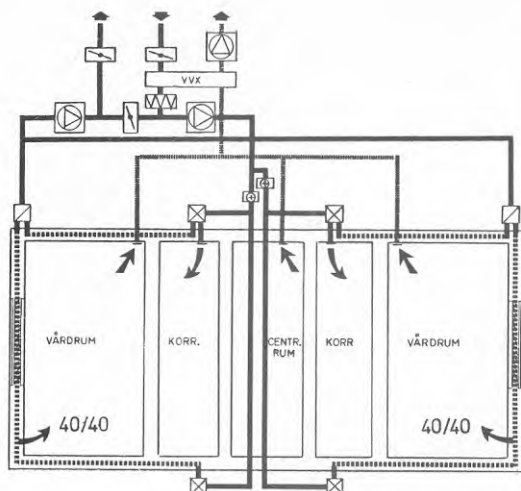
Isoleringen i ytterväggar och vindsbärlag består av mineralull och i golv av cellplast mellan golvbärlag och överbetong. Tjockleken av isoleringen har valts så att k-värden lägre än de i SBN angivna erhållits.

Fönstren är uppbyggda på i princip samma sätt som frånluftfönstren i husdel B, men har annan funktion. Luft leds genom spalten mellan isoler- och maskinglasen från i golv ingjutna kanaler och till kanaler på vinden för återcirkulation till ventilationsaggregatet. Fönstrens främsta funktion från energisynpunkt är som solfångare med luft som värmebärare, men de har samma klimatfördelar som frånluftfönstren.

Uppvärmningen sker uteslutande med luft som värmebärare. En cirkulerande luftström leds genom luftspalter i ytterväggarna och vidare genom genomluftfönstren där luften vid solinstrålning upptar värme. Den uppvärmda luftströmmen leds sedan vidare i de i golv och tak ingjutna kanalerna för korttidslagring av värme. Rumstemperaturen kan bestämmas genom reglering av yttemperaturen på golv och tak.

Systemet kan sålunda lagra värme från dag till natt alternativt kyla från natt till dag. Erforderlig tillsatsvärme erhålls via fasadvis uppdelade värmewattenbatterier.

Ventilationen sker med samma luftflöden som för husdel A då uppvärmningen av rummen sker med de värmeöverförande ytorna i golv och tak. En mindre del av den cirkulerande luftströmmen tillförs rummen genom tilluftdon placerade under fönstren. Frånluften bortförs genom don i tak mot korridorvägg. Den cirkulerande luften från genomluftfönstren och vindsbärlaget sammanförs och leds till ventilationsaggregatet. I en blandningskammare före aggregatet tillförs uteluft som kompensation för frånluften. Frånluften värmes med uteluften i en roterande regenerativ värmväxlare. $Q_{tot} = 3\ 750/1\ 500\ m^3/h$.



Figur 2.7 Ventilation husdel C (m^3/h)

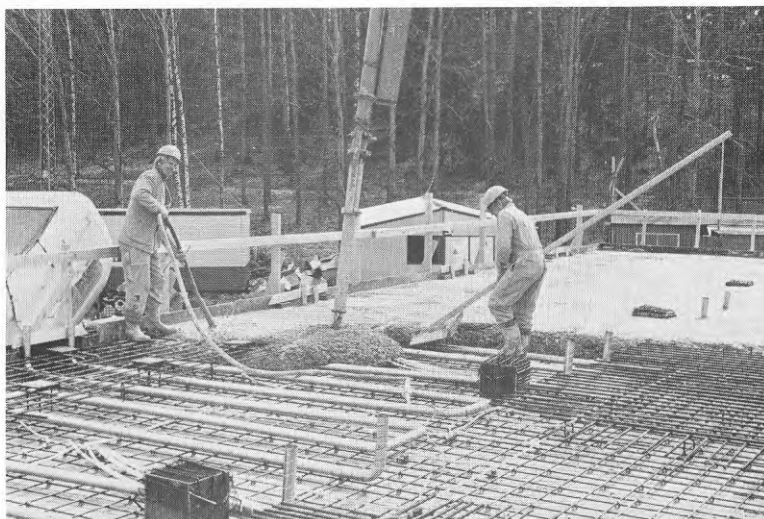
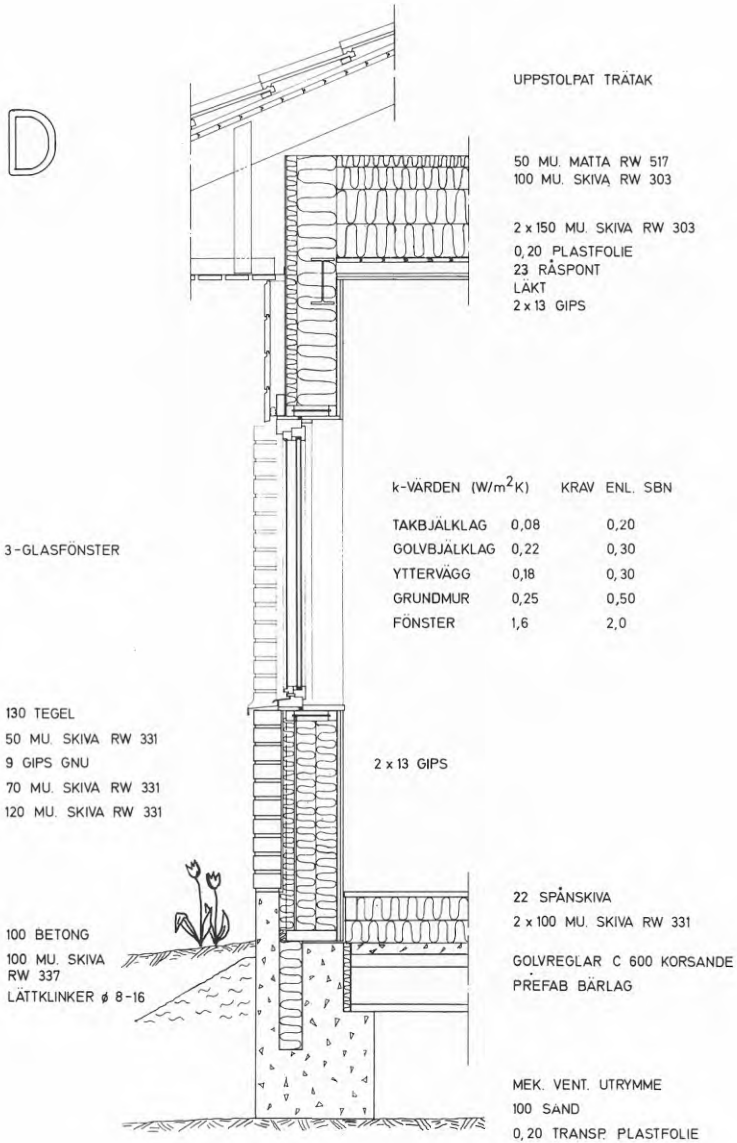


Bild 2 Ingjutning av kanaler för värmelagring, husdel C



Bild 3 Byggnaden har markant utskjutande takfot

2.1.4 Husdel D



Figur 2.8 Tvärsnitt husdel D

Husdel D har på grund av byggnadskonstruktionen mycket låg värmekapacitet och kan anses vara helt lätt. För att reducera transmissionsförlusterna har denna husdel relativt de andra ytterligare förstärkt isolering.

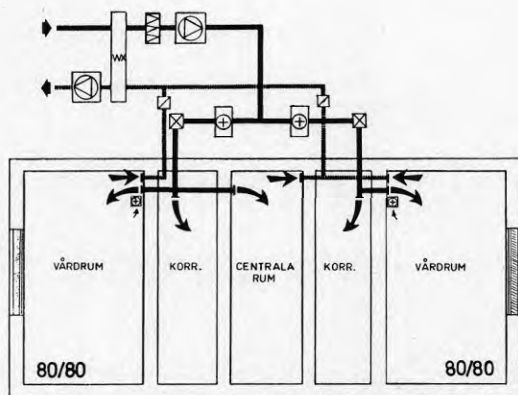
Stommen består av bärande trätakstolar på stålpelare. Golvbärlaget är utfört av prefabricerade balkar och plattor av betong medan ytterväggarna är av gips-skivor på masonitereglar och utvändigt beklädda med tegel. Mellanväggarna består av gipsskivor på reglar av metallprofiler.

Isoleringen har ökats ytterligare jämfört med husdelarna B och C och utgörs av mineralull i ytterväggar och vindsbärlag, samt av cellplast i golvbärlaget.

Fönstren består av ett maskinglas och innanför detta en isolerruta med två glas i kopplade bågar. För att minska k-värdet är isolerrutan (Thermoplus 1.6) fylld med en argon-luftblandning. Vidare är glaset försedd med ett speciellt ytskikt som minskar värmeutstrålningen.

Uppvärmningen sker med övervärd tilluft och lokala eleftervärmare på samma sätt som för husdel B.

Ventilationen är i stort sett dimensionerad och utförd på samma sätt som i husdel B. Frånluften värmeväxlas med uteluften i en roterande regenerativ värmeväxlare. $Q_{tot} = 2\,300\text{ m}^3/\text{h}$.



Figur 2.9 Ventilation husdel D (m^3/h)

2.1.5 Husdel E

Husdel E har liten ytterväggyta i förhållande till golvytan eftersom den gränsar till och sammanbinder husdelarna A-D.

Stomme. Vindsbärlag för E1 och E3 består av platsgjuten betong och för del E2 av limträbalkar. Golvbärlaget är utfört av dels platsgjuten betong, dels prefabricerade betongbalkar och -plattor. Ytterväggen består av gipsskivor på träreglar.

Isoleringen utgörs av mineralull i vindsbärlag och väggar och av cellplast i golvbärlag. Dimensionerna är valda enligt SBN.

Fönstren utgörs dels av frånluftfönster lika dem i husdel B, dels på sydostfasaden av konventionella 3-glasfönster i kopplade bågar.

Uppvärmningen sker uteslutande med luft som värmebärare, dvs övervärm� tilluft.

Ventilationen sker på liknande sätt som för övriga husdelar, dvs med förvärm� och filtrerad tilluft. Tilluften leds genom kanaler ovan vindsbärlaget och tillförs lokalerna medelst takdiffusorer. Frånluften bortförs genom frånluftfönstren eller, i perifera delar, genom don placerade i tak. Frånluften värmeväxlas med uteluften i en roterande regenerativ värmeväxlare. $Q_{tot} = 2\ 500\ m^3/h$.

2.1.6 Husdel G

Vid konstruktionen av denna husdel, den s k försörjningdelen, har, som för del A, landstingets nuvarande normer och praxis tillämpats.

Stommen är utförd med ytterväggar, pelare och vindsbärlag av platsgjuten betong. Vindsbärlaget är utförmat som pelardäck. Golvbärlaget är utfört dels av platsgjuten betong, dels av prefabricerade betongbalkar och -plattor. Mellanväggarna består delvis av platsgjuten betong, delvis av gipsskivor på metallprofiler.

Isoleringen i ytterväggar och vindsbärlag är av mineralull. I golvbärlaget används cellplast och när det gäller platsgjuten betong av lättklinker. Dimensionerna är valda enligt SBN.

Fönstren utgörs av konventionella 3-glasfönster.

Uppvärmningen sker uteslutande med luft som värmebärare. Tilluften till del G2 värms först i ett batteri med värme från kylkompressorerna för att slut-

värmas i värmevattenbatterier. I vissa utrymmen finns eleftervärmare för lokal reglering av rumstemperaturen.

Ventilationen sker som i övriga husdelar med förvärmad filtrerad uteluft samt regenerativ värmeväxling mellan från- och uteluft. Från kökslokalerna, G2, bortförs frånluften genom spiskåpor och imhuvar med separat frånluftfläkt. Under den tid som köket ej används finns möjlighet till cirkulationskörning av luften, dock via separata frånluftdon och -kanaler. Denna möjlighet har av olika anledningar ej utnyttjats förrän fr o m april 1983. $Q_{tot}=5\ 200\ m^3/h$.

2.1.7 Sammanfattande data husdel A-D

Husdel	A	B	C	D
Ventflöde (m^3/h)	1700	2200	1500	2300
därav vårdrum	480	960	480	960
k-värde; tak	0,19	0,10	0,10	0,08
(W/m^2K) golv	0,30	0,25	0,25	0,22
yttervägg	0,28	0,23	0,21	0,18
fönster	2,0	1,4	1,4	1,6
Betong; stomme	200	130	140	10
(m^3) grund	80	65	70	60

Ventilationsflödena har kontinuerligt varje månad kontrollerats med hjälp av de strypflänsar som monterats i kanalsystemen. k-värdena har uppmätts genom punktvisa stickprov med värmefflödesmätare enligt hjälpväggsprincipen, och har på alla punkter varit bättre än de teoretiskt beräknade värdena. För att kontrollera husdelarnas isolering och täthet har dessutom termografering utförts vid undertryck i byggnaden.

2.2 Försörjningssystem

Den under de senaste årtiondena ökande vattenförbrukningen i samhället har hitintills inte rönt någon större uppmärksamhet, dels för att vatten har varit en billig förnödenhet, dels för att Sverige har god tillgång till bra vatten. Det har också ansetts att vattenförbrukning står i relation till hygien och en ökad sådan anses naturligtvis fördelaktigt från olika synpunkter. Merparten av ökningen av vattenförbrukningen har med stor säkerhet legat på varmvattensidan.

Landstingets totala förbrukning av vatten uppgår för närvarande till omkring $6\ milj\ m^3$ per år. Den genomsnittliga förbrukningen av vatten vid hälso- och sjukvårdsnämndens anläggningar uppgår till ca $1\ m^3$

per patient och dag. Förbrukningen varierar dock kraftigt mellan olika anläggningar och det kan konstateras att den är väsentligt högre vid nya, moderna anläggningar än vid äldre.

I och med den långtgående reningen av avloppsvattnet, som av miljöskäl är nödvändig, har vattenkostnaden ökat väsentligt. Den sammanlagda kostnaden för landstingets kallvattenförbrukning under 1976 var ca 18 milj kronor och 1982 ca 30 milj. För förbrukaren är dock inte den vattenkostnad som vattenleverantören debiterar den enda kostnaden. Allt vatten från nätet värms upp antingen indirekt av byggnadens värme eller direkt för rengöring och tvättning.

Punktvisa mätningar av vattentemperaturer i sjukvårdsanläggningar har utförts. Av dessa mätningar framgår att temperaturen på ingående kallvatten genomsnittligt är 9 °C. Medeltemperaturen på utgående spillvatten är under dagtid ca 30 °C och under nattetid ca 20 °C. De högsta uppmätta temperaturerna ligger omkring 50 °C och avser en av de äldsta anläggningarna. 1976 beräknades den slutliga kostnaden för 40-gradigt vatten till ca 6 kr/m³ för att i dag ha stigit till drygt 15 kr. Det finns alltså goda skäl att försöka minska vattenförbrukningen och därigenom samtidigt göra energibesparingar.

Med hänsyn till de höga hygieniska kraven inom vårdområdet är behovet av såväl kall- som tappvarmvatten stort. Vissa åtgärder som t ex duschning i stället för badning av patienter, installation av snålspolande armaturer etc torde ge en god besparingseffekt.

Vidare kan värmeåtervinning ur spillvatten från diskmaskiner och bäckenspolos ge ett bidrag till vattenuppvärmningen. En begränsning av varmvattentemperaturen till 40 °C kan också förutsättas medföra en besparing av både vatten och energi. Samtidigt kan stora vattenmängder sparas om väntetiden vid tappstället understiger den tid som normerna anger till 10 sek.

Dessa och övriga åtgärder föreslogs av Energisparutredningen och bedömdes på sikt kunna minska vattenkonsumtionen med ca 20 % och energianvändningen med ca 5-10 %.

I Märsta sjukhem provas de åtgärder som ESU föreslog för att minska vattenförbrukningen och därigenom också energianvändningen.

Kallvatten som används i anläggningen värmväxlas med spillvatten och förvärmes på så sätt innan det värms till tappvarmvatten. Vidare har det ansetts intressant att söka erfarenheter från utnyttjande av solenergi. För detta ändamål har solfångare installerats

på taket till mat- och dagrumsdelen. Solvärmen används för uppvärmning av tappvarmvatten med hjälp av en värmepump och/eller en värmeväxlare. Erforderlig slutuppvärmning sker med fjärrvärme, och i vissa speciella fall med el.

I de olika husdelarna är skilda snålspolande armaturer, 3 l/min, installerade och en husdel har även försetts med snålspolande toalettstolar, 3 l/spolning.

Behovet av elenergi är i lika hög grad som behovet av vatten knutet till funktionen vid landstingets sjukhus och andra vårdanläggningar, vilka för det mesta har dygnet-runt-drift. Jämförda med bostäder och andra arbetsplatser har de bl a därför väsentligt större behov av belysning, som vid sidan av drivenergi till fläktar är den funktion som kräver ojämförligt mest elenergi. Vid vård av företrädesvis äldre människor med nedsatt synförmåga eller på annat sätt handikappade människor, krävs hög belysningsnivå. För att upprätthålla hög medicinsk säkerhet vid behandling och ordination krävs likaledes god belysning, vartill kommer personalens berättigade krav på god belysning i sin arbetsmiljö.

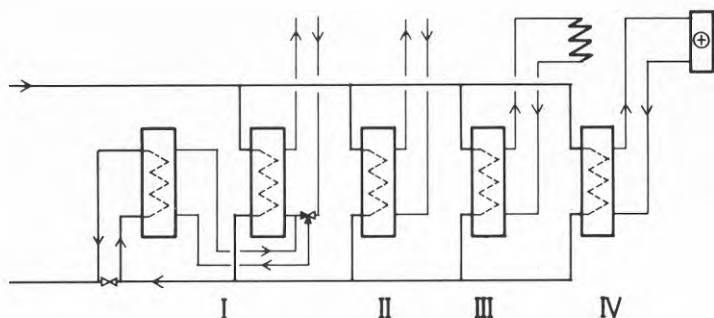
Mot bakgrund härav ansåg ESU att några ytterligare inskränkningar utöver vad som gjordes under den sk oljekrisen inte är att rekommendera. Det framhölls emellertid att el ej bör användas för uppvärmning, att lokaler ej skall belysas då de ej används, att energisnål armatur bör installeras etc. På detta sätt förväntade ESU att ca 5-10 % av förbrukningen av elenergi skulle kunna sparas.

I Märsta sjukhem provas de åtgärder som ESU föreslog för att minska elförbrukningen.

2.2.1 Fjärrvärme

Fjärrvärme används för följande ändamål:

- I Uppvärmning av förvärt kallvatten direkt till tappvarmvatten med en temperatur av 60 °C
- II Eftervärmning av solvärt tappvatten till en temperatur av 60 °C
- III Uppvärmning av värmevatten för radiatorer i husdel A
- IV Uppvärmning av värmevatten för varmluftbatterier i ventilationssystemet.

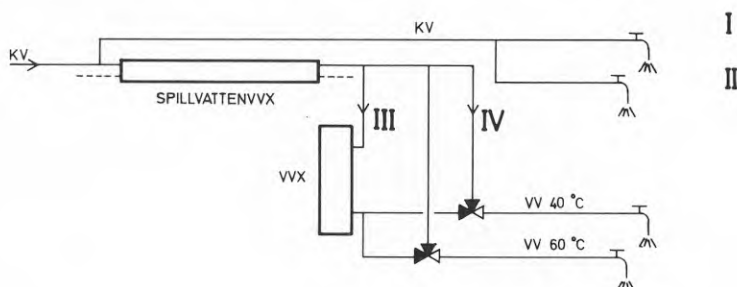


Figur 2.10 Fjärrvärmeanvändning

2.2.2 Vatten

Vattenanvändningen kan delas upp enligt nedan:

- I Tappkallvatten som ej kommer att lämna anläggningen genom avloppet, exempelvis det som används för bevattning.
- II Tappkallvatten för användning i de olika husdelarna för tvättställ, duschar, toalettstolar etc.
- III Förvämt kallvatten som används för uppvärmning till tappvarmvatten med en temperatur på 60 °C.
- IV Förvämt kallvatten som används för att sänka tappvarmvattentemperaturen till 40 °C.

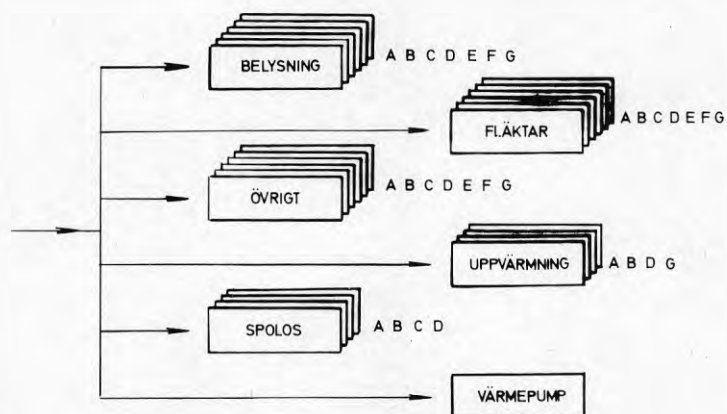


Figur 2.11 Vattenanvändningen

2.2.3 El

Elektricitet används till följande:

- o Belysning inom hela anläggningen
- o Drift av fläktar, värmeväxlare etc i ventilationssystemet
- o Köksutrustning, kylkompressorer och övriga elanslutna apparater
- o Eftervärmning av ventilationsluft i lokala eleftervärmare
- o Uppvärmning av sex fasadrum i husdel A med elradiatorer
- o Eftervärmning av tappvarmvatten i spol-desinfektorer, diskmaskin etc.
- o Drift av pumpar, värmepump m m i tappvattensystemet.



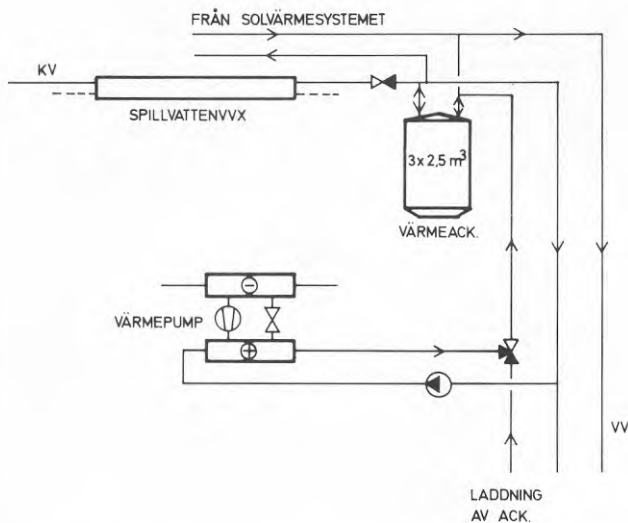
Figur 2.12 Elanvändning i olika husdelar

2.3 Tappvarmvatten

Inom Märsta sjukhem finns behov av tappvarmvatten vid tre olika temperaturnivåer: 40, 60 och 90 °C. Alla tappställen i vårdavdelningarna matas med 40-gradigt vatten, medan det 60-gradiga används för kök, städskrubbar och spol-desinfektorer. För diskmaskin och spol-desinfektorer eftervärms vattnet med el till en temperatur av 90 °C. Vid den primära uppvärmningen av tappvattnet värms dock allt vatten till en temperatur

av 60 °C, för att sedan temperaturregleras till 40 °C medelst inblandning av förvämt kallvatten. Uppvärmningen sker i följande fyra steg:

- I Ingående kallvatten förvärms vid värmewäxling med varmt spillvatten och leds till värmeackumulatorer vilka har en total volym av 7,5 m³.
- II Det vatten som finns i ackumulatorerna värms vidare upp med solenergi när sådan finns tillgänglig.
- III När solvärmen ej räcker för uppvärmning av vattnet i ackumulatortankarna används fjärrvärme. För att minimera effekten värms vattnet företrädesvis nattetid, vilket ger fulladdade tankar då verksamheten startar på morgonen.
- IV Innan vattnet leds till tappsystemen höjs temperaturen till önskad 60 °C med hjälp av fjärrvärme om så erfordras.



Figur 2.13 Tappvattenvärmning

2.3.1 Värmeåtervinning ur spillvatten

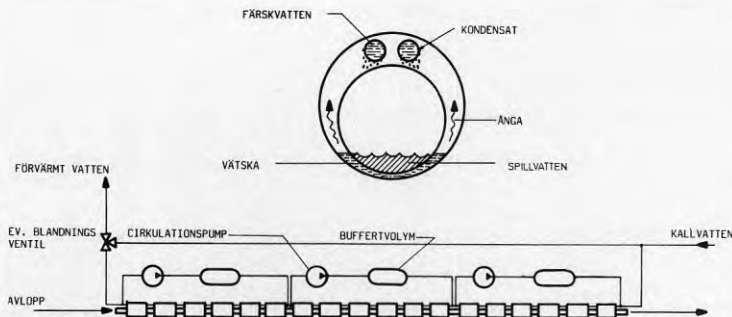
Spillvattnets temperatur och flöde varierar kraftigt beroende på varifrån vattnet kommer. Exempelvis ger både spoldesinfektorer och diskmaskiner stora volymer varmt spillvatten av ca 90 °C, men endast under kortare tidsperioder.

Den energimängd som kan utvinnas ur spillvattnet med hjälp av en värmeväxlare bestäms av temperaturdifferensen mellan spillvatten och inkommande kallvatten, spillvattenflödet samt av förhållandet mellan kallvattenflödet och spillvattenflödet. För att erhålla en hög verkningsgrad bör spill- och kallvattenflödena helst vara av samma storleksordning, vilket innebär att så stor del av kallvattnet som möjligt bör förvärmas.

Vid val av värmeväxlare har utgångspunkten varit att finna en typ som kan installeras även i befintliga byggnader. Detta innebär att den skall kunna ta emot såväl "svart" som "grått" vatten, vara underhållsfri, ha litet platsbehov etc. Det får ej heller finnas risk för att kallvatten kan komma i kontakt med spillvattnet. Underhållsfrihet har här prioriterats före hög verkningsgrad.

Den värmeväxlare som har installerats är utvecklad av Axel Johnson Engineering AB och arbetar efter den s k värmerörsprincipen. I denna konstruktion utgör värmeröret en yttre mantel som omsluter både spilledningen och kallvattenledningarna. Värmen upptas då spillvattnet strömmar genom den svagt lutande spilledningen. Kallvattnet passerar motströms i två rör som är förlagda inuti värmeröret ovanför spilledningen. Det leds i tre kretsar via cirkulationspumpar till buffertvolym. Värmen överförs från spillvattnet till kallvattnet via en i värmeröret befintlig kolväteförening genom förångning respektive kondensation.

Värmerörsprincipen innebär att redan varmt kallvatten ej kan kylas då kallt spillvatten passerar systemet. Genom förläggning av värmeväxlaren till kulverten har en förhållandevis hög verkningsgrad kunnat erhållas då växlaren kunnat ges stor längdutsträckning, ca 30 m. För att underlätta tillverkning och installation har värmeväxlaren, som är en prototyp, tillverkats i arton moduler.

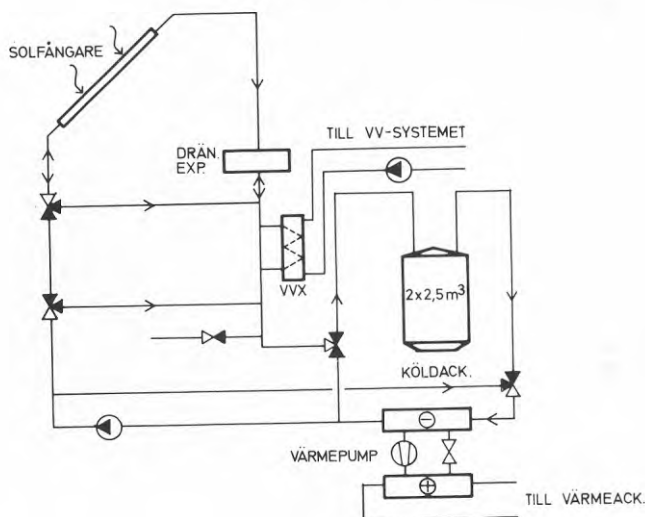


Figur 2.14 Värmeväxlare för spillvatten/kallvatten

2.3.2 Solvärme för tappvarmvatten

Solenergi nyttjas för uppvärmning av tappvarmvatten. Plana solfångare för såväl direkt som diffus strålning är placerade på taket till dagrumsdelen, E2. Den totala arean är ca 72 m² med en lutning av 45° mot horisontalplanet och orienteras i VNV-lig riktning, 36° från syd. Såväl tillgänglig yta, lutningsvinkel som orientering är bestämda av den tidigare fastlagda arkitektoniska utformningen.

Solfångarna är anslutna till ett cirkulationssystem med 2 ackumulatörer ("köldackumulatörer"), pumpar, värmeväxlare, värmepump, kombinerat dräneringskärl/expansionskärl och styrutrustning. Den cirkulerande värmebäraren utgörs av vatten med 5-10 % propylen-glykol som skydd mot köldsprängning. Systemets utformning framgår av figur 2.15.



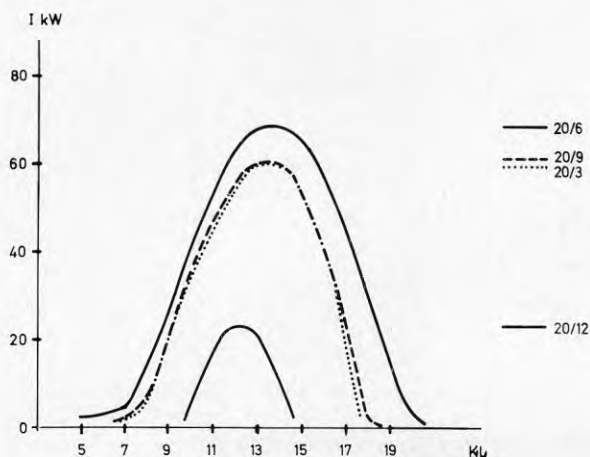
Figur 2.15 Solvärmesystemet

Vattenflödet i cirkulationskretsen hålls konstant så länge solfångarna förmår överföra värme till värmebäraren och har injusterats så att värmebäraren vid passage genom solfångarna erhåller en från verkningsgradssynpunkt lämplig temperaturstegring. Vid en absorbatortemperatur under ca 15 °C dräneras solfångarna till det lägre belägna dräneringskärlet. Infångad solvärme kan överföras till tappvarmvattensystemet enligt nedan.

I Vid lägre vattentemperaturer än 45 °C efter solfångaren leds vattnet till köldackumulatorerna. Den i dessa tankar lagrade värmen överförs vidare till varmvattensystemet med hjälp av värmepump.

II Vid vattentemperaturer efter solfångaren över 45 °C överförs värmen via värmväxlare direkt till tappvarmvattensystemet.

Köldackumulatorerna är avsedda att under dagtid lagra tillförd solenergi, vilken sedan under natten, när tappvarmvattenförbrukningen är ringa, med hjälp av värmepumpen överförs till tappvarmvattenackumulatorerna. Dessa är då med ev tillskott av fjärrvärme "uppladdade" på morgonen när tappvarmvattenförbrukningen tar sin början, samtidigt som köldackumulatorerna är "urladdade", dvs har en vattentemperatur av ca +8 °C. Detta i sin tur innebär att då värmebäraren i solfångarkretsen hålls vid låg temperatur kan även den svagare strålningen på morgonen eller vid mullen väderlek fångas. Om värmebärarens temperatur är lägre än lufttemperaturen kan även denna teoretiskt ge ett värmetillskott.



Figur 2.16 Solintensiteten några klara dagar

Klara dagar under sommarhalvåret kan det cirkulerande vattnet ledas förbi köldackumulatorerna och värmepumpen för att uppnå högre temperatur och överföra den infångade solenergin direkt till tappvattnet med värmväxlaren.

Figuren ovan visar solintensiteten mot solfångarytan under några klara dagar.

2.3.3 Fjärrvärme och värmeackumulering

Tillgången på solvärme varierar och är givetvis lägst under den kalla årstiden. Samtidigt förekommer de lägsta kallvattentemperaturerna vintertid.

Eftersom den huvudsakliga tappvarmvattenförbrukningen inträffar på dagtid och mestadels på morgonen, laddas tappvarmvattenackumulatorerna nattetid. Först överförs i köldackumulatorerna tillgänglig energi med värmepumpen varefter temperaturen höjs till +50 °C med fjärrvärme. Härvid reduceras det maximala värmeeffektbehovet för tappvarmvatten och därmed också effektkostnaden.

Vid tappning från ackumulatorerna leds tappvarmvattnet genom separat värmeväxlare för fjärrvärme, för att när så erfordras ytterligare eftervärmas till en önskad temperatur av 60 °C.

2.4 Lokaluppvärmning

Lokaluppvärmningen sker huvudsakligen med luftburen värme, dvs med övervärm� tilluft, men till en mindre del med radiatorer. För en husdel (A) sker sålunda uppvärmningen av vådrummen med radiatorer, varav hälften för el och hälften för värmevatten.

Uppvärmningen av övriga husdelar sker med övervärm� tilluft. Värmningen av uteluften sker i första hand genom värmeväxling med frånluften. Ytterligare värmning av tilluften sker i värmevattenbatterier. För husdelarna B, D och G slutvärms luften dessutom i lokala eleftervärmare. Värme från kylkompressorerna i G utnyttjas för uppvärmning av tilluften till husdelen.

2.5 Belysning

Belysningen har planerats med hänsyn till de skilda krav på belysningsstyrka som de olika funktionerna kräver. Samtidigt som armaturerna inte skall blända, koncentreras ljuset i största utsträckning till synobjekten. Ljusa vägg- och takytor har eftersträvats för att en god belysning skall erhållas.

Färgsättning och belysning har planerats i samråd för att få största möjliga ljusutbyte eftersom en yta endast reflekterar de färger som ingår i både ytfärgens och ljuskällans spektralkurva. Lysrör används i största utsträckning då de ger betydligt större ljusutbyte än glödljus. Här har använts varmvita lysrör, vilka har optimalt ljusutbyte, i kombination med reflektorer och lågförlustreaktorer.

Belysningsarmaturerna kan släckas och tändas separat, och med stegvis upptändning kan ljusnivån anpassas till olika belysningskrav. Korridorbelysning kan manövreras antingen automatiskt eller manuellt från respektive rum eller från avdelningsexpeditionen. En stor del av de fasta ljuskällorna kan manövreras via tidur.

Vid val av kabelareor har dessa i viss mån överdimensionerats i förhållande till gängse praxis för att nedbringa energiförlusterna.

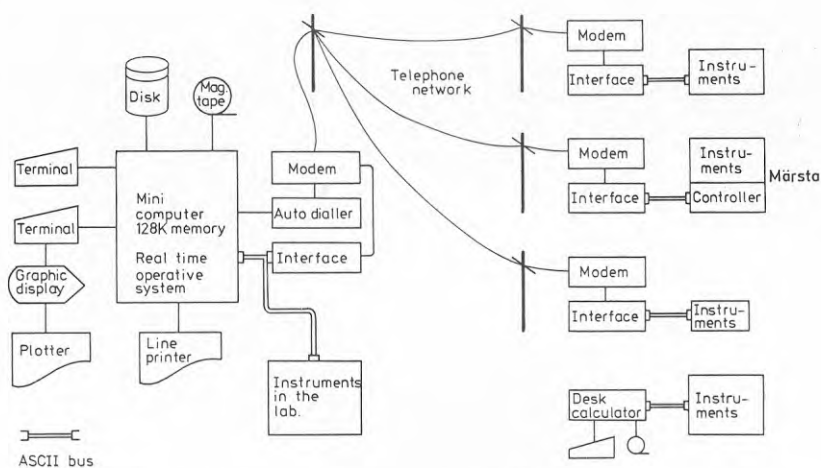
2.6 Mätssystemet och mätvärdesbehandling

För utvärderingen av de olika tekniska lösningarna installerades ett mätsystem. Mätdata från parametrar med inverkan på energianvändningen har insamlats kontinuerligt under drygt 3 år, vid ordinarie verksamhet i sjukhemmet, för uppställande och analys av energibalanser över husdelar och enskilda komponenter. Samtidigt har även kortare intensiva delstudier genomförts.

Vid delstudierna, som bl a gällt klimatskärmens täthet, k-värden och inomhusklimat har mättekniker med specialkompetens anlitats.

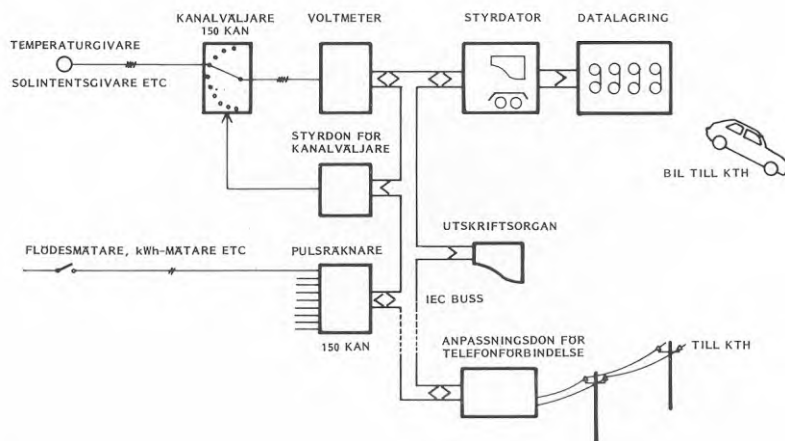
För de kontinuerliga mätningarna har ca 300 mätgivare installerats i anläggningen för registrering av temperaturer, flöden, solstrålning, vindstyrka och -riktning, el etc. Andra givare har registrerat händelser, t ex när spoldesinfektorerna körts eller rondbelysningen tänts resp släckts, för att ge kunskap om hur vissa installationer används. De olika mätobjekten, mätpunkternas placering etc är i detalj redovisade i lägesrapport R122:1979.

Energimätpunkterna har bestått av separata mätgivare för både flöde och temperaturdifferens. Flödesmätgivare av typ vinghjulsmätare och motståndstermometrar av typ Pt 100 har använts. Noggrannhetskravet för energimätpunkterna har varit högre än 5 %. För att klara detta krav inköptes motståndsgivare med snäv tolerans (1/3 DIN) och givarna kalibrerades individuellt samt parades ihop med ledning av kalibreringsresultatet. Före installation svarvades dessutom dykfickorna ned och fylldes med kiselfett. Dykfickorna monterades i en rörböj medströms. Samtliga temperaturgivare har också kalibrerats på plats som kontroll. Vinghjulsmätarna kalibrerades också före installation och har kontrollerats med stickprov under mätperioden. Efter beräkningar har ca 150 energivärden erhållits.



Figur 2.17 Planerad inkoppling till Mätcentralen, KTH, 1979

Insamlandet av mätdata från mätpunkterna har skett i samarbete med MCE, Mätcentralen för Energiforskning, vid Tekniska Högskolan i Stockholm. Mätcentralen är uppbyggd kring en centralt placerad minidator där mätdata från ett drygt tiotal mätprojekt samtidigt behandlats och lagrats. Inom varje projekt placeras en mindre dator med kringutrustning för insamling och lagring av mätdata.



Figur 2.18 Mätsystemet

Med kanalväljare och voltmeter avlästes temperaturgivarna och med pulsräknaren avlästes alla givare som ger pulser, t ex flödesmätare, kWh-mätare, vindmätare etc. I datorn skedde sedan en viss behandling av mätdata. Med ledning av givarnas kalibreringskonstanter omvandlades mätvärdena till fysikaliska storheter, t ex °C. Energi i vattenburna system beräknades genom att flöde multiplicerades med temperaturdifferens.

Alla mätpunkter avlästes var 5:e minut och lagrades som medel- eller summmavärdet per timme. Detta innebär att det insamlats ca 100 miljoner mätvärden som sedan lagrats som 10 miljoner timvärden. Denna lagring har skett lokalt på mindre bandkassetter för 4-5 dygn.

När projektet startade var det meningen att mätdata skulle överföras till MCE var eller varannan dag via telenätet. På grund av olyckliga omständigheter blev så ej fallet, men för att öka lagringskapaciteten för mätdata placerades en bandstation för 4x4 dygn i sjukhemmet. Kassetterna överfördes sedan med bil till MCE.

Efter överföring av mätdata till MCE kontrollerades insamlade datas rimlighet veckovis. Detta skedde genom körning av ett standardprogram i kombination med några specialprogram. Varje månad har sedan en noggrannare kontroll och sammanställning av alla insamlade mätvärden utförts.

För mätsystemets uppbyggnad, val av mätgivare, förläggning av kablage etc, samt installationer av d:o har projektet ansvarat. MCE har haft ansvaret för installation och drift av själva mätinsamlingssystemet samt har bistått projektet vid planering av mätprogram och körning på den centralt placerade datorn. För vidare information kring mätsystemets tekniska specifikationer etc hänvisar vi till MCE vid Tekniska Högskolan i Stockholm.

2.7 Förändringar i anläggningen

Under byggnadstiden gjordes inga förändringar i den fastlagda konstruktionen. Handlingarna följdes helt. Mätningarna det första året, 1981, initierade dock en mängd ingrepp i anläggningen, företrädesvis fortsatta injusteringar av installationerna men också vissa smärre men betydelsefulla tekniska modifieringar.

Injusteringarna har omfattat såväl de olika systemen för uppvärmning och ventilation som de skilda systemen för beredning och distribution av tappvarmvatten. Både luft och värme/vatten har justerats avseende flöde och temperatur. Vidare har styr- och reglerutrustningarna finjusterats. De justeringar som vidtagits, främst under det första året, har inneburit en energibesparing samtidigt som inneklimatet förbättrats, dvs något av en optimering av installationernas funktion.

De tekniska modifieringarna har varit många men oftast enkla. Modifieringarna, som endast gällt mätsystemet och övriga tekniska installationer, har i regel utförts av sjukhemmets maskinist.

Mätsystemet har modifierats för att få färre avbrott i mätinsamlingen samt säkrare mätvärden. Systemet har t ex utrustats med ett automatiskt larm och dito uppstartningsenhet, mätgivare har flyttats, ersatts och kompletterats. Flödesgivare i tappvarmvattensystemen har försetts med backventiler och temperaturgivare har isolerats.

Installationerna har modifierats för att erhålla riktiga eller bättre funktioner. Felaktiga funktioner har upptäckts med hjälp av mätsystemet och har kunnat rättas till med så enkla ingrepp som t ex omkopplingar i apparatskåp eller montering av styrur. Andra enkla ingrepp har varit t ex byte av pumphjul, isole-ring av plattvärmväxlare och installation av automatisk styrning av värmevattenpump för ventilation (CP-styrning).

Reglercentralerna för ventilation i husdel B har bytts ut mot en senare generation på grund av dålig funktion. Reglerutrustningarnas givare, framför allt i ventilationssystemen, har i flera fall fått flyttas för att ge relevanta värden. Utetemperaturgivarna för kompensering av tillufttemperatur har i stället för att sitta skyddade mot solstrålning flyttats så att de påverkas av solstrålningen och därmed mäter en fiktiv, förhöjd temperatur. Härigenom har tillufttemperaturen sänkts soliga dagar med utetemperatur under ca 15 °C.

Två gavelrum i hus C har försetts med elkonvektorer (250 W), lika som i B och D, och avtvättningsrummen med elektriska strålningsvärmare.

Tvättställsblandarna i två husdelar, A och D, har bytts ut på grund av bristfällig eller olämplig funktion. Termostatblandarna i duscharmaturer och sk duschpaneler har ersatts med ettgreppsblandare utan termostat.

Spoldesinfektorer har byggts om och försetts med inbyggda elångalstrare för desinfektion med ånga i stället för med lokalt producerat hetvarmvatten.

Värmepumpen i solfångarsystemet har fått nytt köldmedium, R 12 i stället för R 22, ny termostatisk expensionsventil samt kompletterats med automatisk ventil för sugtrycksbegränsning för att klara högre temperaturnivåer.

Många små, till synes harmlösa, förändringar har tillsammans medfört en icke oväsentlig minskning av energianvändningen. Utan det mätsystem som installerats primärt för forskningsprojektet hade de flesta

fel och brister som åtgärdats ej kunnat upptäckas, varför mätsystemet också inneburit en kostnadsbesparing för driften.

Resultatet av vissa enskilda åtgärder, direkt mätbara, som t ex ombyggnaden av spoldesinfektorer och värmepumpen framgår i följande kapitel.



Bild 4 Utetemperaturgivaren har flyttats ned för att påverkas av solstrålningen

Cirkulär från anno dazumal angående energihushållning

CIRKULÄR

till personalen vid Stockholms stads sjukhus.

På grund av det ekonomiska lägets allvar och ovissheten i fråga om den framtida utvecklingen har Stadskollegiet anbefallt största möjliga sparsamhet inom stadens förvaltning. Kostnaden för värme och lyse vid sjukhusen beräknas under innevarande år att uppgå till närmare en million kronor. På grund av de höga driftkostnaderna vid sjukhusen anmodas personalen att iakttaga sparsamhet med bl. a. värme, lyse, varmvatten, gas, elektrisk energi och tvättkläder.

Särskilt skall iakttagas:

- I. Temperaturen i siuksalar, dagrum och personalrum bör under dagen i regel icke överskrida 18 grader. Varje överskjutande värmegrad ökar bränsleförbrukningen med ca 6 %.
- II. Förstugor, trappuppgångar och sådana korridorer, som *ej* användas till uppehållsplats för sjuka, uppvärmas i regel till 12 eller högst 15 grader, såvida styresmannen ej anordna förordnar.
- III. Natttid bör om möjligt i korridorer och i övriga lokaler hållas några grader lägre temperatur än på dagen, i sovrummen dock *ej* under 15 grader. Å tuberkulosavdelningar må efter resp. överläkares beprövande hållas lägre temperatur.
- IV. Då vädring genom fönster företages, bör den ske hastigt och genom härför särskilt avsedda fönster. För tuberkulosavdelningar gälla särskilda föreskrifter.
I regel bör för vädring icke de fönster användas, som sitta direkt över värmeelementen. Kan vädring genom sådana fönster icke undvikas, böra värmeelementen under vädringen om möjligt hållas avstängda.
Overdriven vädring av personalrummen får icke förekomma under den kalla årstiden.
Ventilationskanalernas övre luckor (de s. k. sommarventierna) hållas stängda under den kallare årstiden. De nedre luckorna hållas däremot öppna.
- V. Alla innerfönster insätts och tätas. Alla tak- och vindfönster samt källargluggar stängas.
- VI. Ytterdörrar, vindfångsdörrar samt dörrar till trappuppgångar och vindar hållas stängda. Mekaniska dörrstängare uppsätts där så erfordras.
- VII. Varmvatten är 5 å 6 gånger dyrare än kallvatten och bör därför varmvatten användas med sparsamhet. Vid badberedning bör tillses, att rätta proportioner varmt och kallt vatten till-sätts, så att erforderlig blandningstemperatur ernås utan slöseri vare sig med varmt eller kallt vatten. Inga vattenkranar få lämnas rinnande utan tillsyn. Efter kl. 9 på kvällen bör tappning av varmvatten *ej* ske annat än i undantagsfall.
- VIII. Gasförbrukningen inskränkes så långt ske kan. Vid användning av kokgas bör tillses, att gasen brinner med lagom stor låga, att sparlåga användes så snart ske kan samt att gas-tillförseln rättas efter behovet, så att t. ex. gastillförseln minskas, sedan uppkokning skett.
- IX. För att minska tvättkostnaderna samt förlitningen av tvättkläder bör ombyte i regel icke ske oftare än här nedan anges, nämligen:

För patienter (gäller dock *ej* febersjuka).

Lakan	1 st. var 8:e dag
Örngott	1 " " " "
Handduk	1 " " " "
Serviett	1 " " " "
Underkläder	1 omg. " " "
Gångkläder	1 " " 14:e "

För personal.

Lakan	2 st. var 21:a dag
Örngott	1 " " 21:a "
Handduk	2 " " 8:e "
Badhandduk	1 " " 30:e "
Serviett	1 " " 8:e "
Bordduk	— " 8:e "
Förkläden	1 st. " 2:a "
Tjänstedrätt	1 " " 8:e "

För patient, som under längre tid vistas uppe hela dagarna, bör ombyte av sänglinne kunna ske i samma ordning som för personalen.

I sådana fall, där patienten intages omedelbart före eller kan förutses komma att utskivas en eller annan dag efter avdelningens ordinarie bytesdag för tvätt, bör ombyte av linne kunna inbesparas.

Lakan och handdukar få icke användas såsom betäckning å förrådshyllor m. m.

- X. Vid användning av elektrisk ström iakttagas sparsamhet bl. a. på följande sätt:
 - 1) alla lampor, som för tillfället *ej* behövas, hållas släckta;
 - 2) på elektrisk kokplatta användes endast kokkärl med samma diameter som plattans och med tjock och plan botten. Efter uppkokning brytes strömmen eller hålles vid fortsatt kokning kopplad på lägsta effekt;
 - 3) elektriska element för rumsuppvärmning må endast undantagsvis användas.

Stockholm i januari 1933.

SJUKHUSDIREKTIONEN.

3. INOMHUSKLIMAT

eller

"Kan man bygga energisnålt och ändå skapa ett gott klimat?"

En förutsättning för projektet var att det skulle utvärderas med avseende på funktion, energibesparing och ekonomi.

Inom FoU-gruppen tolkades denna förutsättning så att funktionen gavs högsta prioritet, dvs att ingen energibesparing fick göras som menligt kunde påverka funktionen.

Layout, arkitektonisk utformning och planlösning, som i högsta grad inverkar på funktionen, var redan vid projektstart fastlagda i överensstämmelse med HSN:s gällande normer och praxis. Projektgruppens arbete koncentrerades därför på att skapa ett för patienter och personal gott termiskt inomhusklimat. Klimatet definierades som en betydelsefull faktor för funktionen.

Vad är då ett gott termiskt inomhusklimat? En enkel och entydig precisering är svår att fastställa men kan uttryckas som då flertalet personer inte kan ange om de önskar ha det varmare eller kallare eller inte besväras av den termiska miljön.

Det som bestämmer det termiska klimatet är lufttemperatur, medelstrålningstemperatur, lufthastighet och, i någon mån, luftfuktighet samt fysisk aktivitet och klädernas värmeisolerande egenskaper. När olika kombinationer av dessa parametrar uppfyller vissa värden är flertalet människor nöjda.

Alla människor är unika, så även i termiskt avseende. Det är därför omöjligt att skapa ett klimat där alla är tillfredställda. Försök har visat att den högsta andel som kan vara tillfredsställd är 95 %, oavsett skillnad i ålder och kön. En realistisk målsättning är i normala fall att 70 - 80 % kan tillfredsställas med ett och samma klimat. Några kan alltså alltid väntas vara missnöjda.

På en sjukvårdsinrättning är det extra besvärligt att skapa ett klimat som tillfredsställer flertalet. Gamla, ofta sjuka och handikappade, skall vistas i samma klimat som personal med ett tungt och stressigt arbete. Skillnaden i fysisk aktivitet är betydande. Patienterna vill ha det varmt, men personalen vanligtvis betydligt svalare. Som en avvägning har landstinget beslutat att temperaturen i ett vådrum bör vara ca 22 °C och i administrativa lokaler 20 °C. En viss grad av personlig anpassning genom t ex modifiering av klädseln kan då vara nödvändig.

FOU-gruppen har accepterat de av landstinget beslutade temperaturnivåerna som realistiska och bedömt det möjligt att innehålla de krav och rekommendationer på klimatkriterier som finns i SBN och Spri-råd. Vid utvärderingen har också jämförelser gjorts med de preliminära krav som föreslagits av Nordiska Kommittén för Byggbestämmelser (NKB-rapport nr 40).

I sjukhemmet har inga försök gjorts att sänka temperaturen under fastlagd nivå trots att förutsättningarna varit goda. Den väl tilltagna isoleringen i golv, väggar och tak samt de olika fönsterkonstruktionernas goda termiska egenskaper innebär ju t ex inte bara att transmissionsförlusterna har reducerats påtagligt utan också att rummets omgivande ytors temperatur blivit högre än normalt.

De fastlagda temperaturerna har hållits närmast konstanta under uppvärmningsperioden trots att en pendling inom ett rimligt intervall torde ha medfört en inte obetydlig energibesparing. Det tunga A-husets förmåga att absorbera och lagra värme har således inte nyttjats till fullo från energihushållningssynpunkt. Detsamma gäller för husdel C, där ett aktivt lagringssystem integrerats i konstruktionen, och i viss mån även för husdel B. Bedömningen av hur en sådan pendling av inomhusluftens temperatur skulle inverka på patienternas upplevelse av klimatet har ansetts ligga utanför projektets ramar.

Undertempererad tilluft har i princip inte förekommit, bl a beroende på befarad risk för dragförmågelser och ofullkomligheter i de styr- och regler-tekniska funktionerna. Kortvariga prov har dock visat att farhågorna för undertempererad tilluft varit överdrivna och att såväl energianvändning som klimat gynnsamt kunde ha påverkats med en måttlig undertemperering vid vissa driftfall.

Vid projekteringen fästes stor vikt vid att tillförsäkra patienter och personal ett gott klimat i det blivande sjukhemmet; bl a gjordes fullskaleprov i laboratorium. Vid dessa prov uppmättes lufthastigheter och temperaturgradienter i vistelsezonen vid olika ventilationsluftflöden och doninställningar. Viktigt var också att finna eventuella stagnationszoner. Flera driftfall simulerades. Proven föranledde inga ändringar i den tilltänkta konstruktionen men visade hur tilluftdonen skulle ställas in för de olika luftflödena. Samma don används i vårdrummen både för 40 och 80 m³/h.

Ett oavvisligt krav var att klimatinstallationerna skulle vara injusterade så att klimatet var fullgott redan då de första patienterna flyttade in. Energi-optimeringen kunde anstå, men för att få patienterna välvilligt inställda från början och därigenom undgå "oberättigade" klagomål gavs detta krav hög prioritet. Att tro att sådana klagomål helt kan undvikas är

dock en chimär. Innan patienterna är inbodda uppkommer alltid klagomål av olika skäl, kanske för att de känner sig utlämnade i en ny situation, och dessa klagomål kanaliseras inte sällan till klimatet eller ventilationen. En patient i sjukhemmet påstod exempelvis att han frös så han skakade trots att rumstemperaturen var 23 °C. Anledningen till hans klagomål visade sig senare vara att "det finns ju inte några radiatorer"! Dylika klagomål hade kanske kunnat undvikas om informationen i samband med inflyttningen varit bättre.

Inomhusklimatet i de fyra husdelarna har kartlagts dels genom mätningar, dels genom intervjuer. Mätningarna utfördes i januari och augusti 1981. Vid samma tillfällen gjordes intervjustudier. Dessutom har rumstemperaturen i åtta referensrum kontinuerligt uppmätts var 5:e minut under hela mätperioden (drygt 3 år).

3.1 Resultatutdrag från inomhusklimatmätningar

Mätningar av inomhusklimatet i husdel A - D har utförts av Bygghörsningsinstitutet, Mätenheten för energi och inomhusklimat, på uppdrag av FoU-gruppen.

Mätningarna utfördes i ett vinter- (jan -81) och ett sommarfall (aug -81). Vintermätningarna omfattade två vådrum per husdel, referensrummen, dvs åtta rum totalt. Sommarmätningarna begränsades till ett rum i vardera husdel A - C samt två rum i den extremt lätta och välisolerade husdel D, dvs fem rum totalt.

Följande klimatparametrar med inverkan på klimatupplevelsen uppmättes:

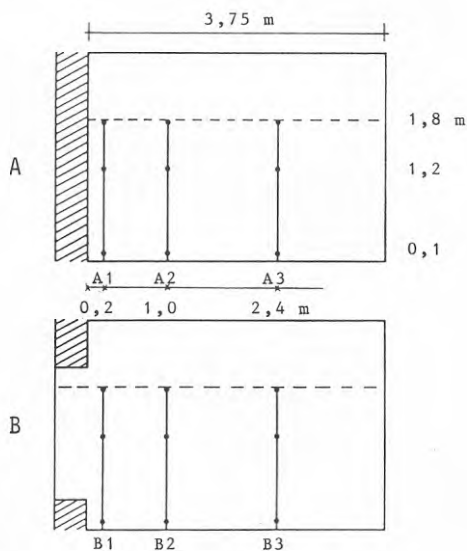
- o Lufttemperaturer - gradienter
- o Yttemperaturer - omslutande ytor
- o Luftrörelser - riktning och hastighet
- o Luftflöden (till- och frånluft)
- o Luftväxlingsfrekvens - ventilations-effektivitet
- o Strålningsasymmetri - operativ temperatur
- o Relativt ångtryck
- o Uteklimat

Mätningarna utfördes på vedertaget sätt. Hela vistelsezonen kartlades. Temperaturer och luftrörelser registrerades i väldefinierade punkter på tre höjder över golv (0,1, 1,2 och 1,8 m ö.g.) i två mätsnitt, fig 3.1.

I följande begränsade resultatredovisning redovisas huvudsakligen de "sämsta" resultaten i respektive rum och mättillfälle, dvs maximala temperaturgradienter och d:o lufthastigheter etc. Mätdata från de två mättillfällena redovisas i det följande dels i tabeller,

dels vad gäller speciellt intressanta parametrar i diagram. I anslutning till diagrammen redovisas som jämförelse de strängaste krav eller råd som anges i SBN, Spri-råd eller NKB-förslag etc.

Både krav och råd betecknas fortsättningsvis som krav eftersom det varit en målsättning att innehålla högt ställda fordringar.



A = Snitt genom huvudgård

B = Snitt genom centrum större fönster

Definition av vistelsezon

Vistelsezonen är den del av rummet där människor normalt upphåller sig. Dess volym begränsas av plan som är parallella med rummets väggar, tak och golv. Avståndet mellan vistelsezonens plan och rummets ytor varierar beroende på rummets användningssätt. För vårdrum räknar man med ett avstånd på 0,5 m från yttervägg med fönster, 0,2 m från övriga ytterväggar och 1,9 m från golv.

Figuren visar mätpunkternas placering vid klimatmätningarna i vårdrummen. Vistelsezonen har här utökats och begränsas av ett avstånd endast 0,2 m från yttervägg med fönster men i övrigt som ovan.

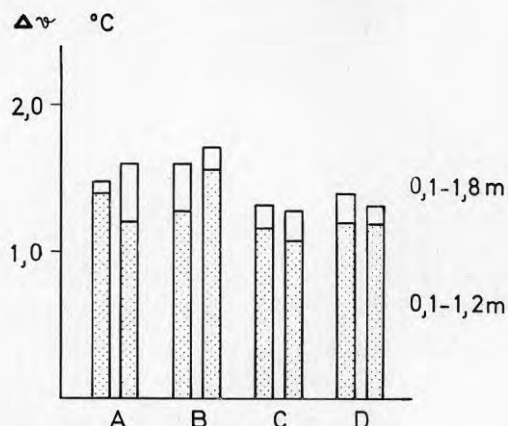
Inga klimatmätningar har utförts i rum med ytterväggar utan fönster, varför en eventuell ytterligare utökning av vistelsezonen inte kan verifieras.

Figur 3.1 Mätssnitt

3.1.1 Temperaturgradienter

Stora vertikala temperaturskillnader i vistelsezonen uppfattas som obehag, främst som "golvdrag".

Krav: Socialstyrelsen, Δv_{\max} 3 °C huvud - fötter
 NKB \leq 3 °C 0,1 - 1,1 m ö.g.



Figur 3.2 Maximala vertikala temperaturgradienter, A-D, vistelsezonen, vinter. 0,1 - 1,2 - 1,8 m över golv

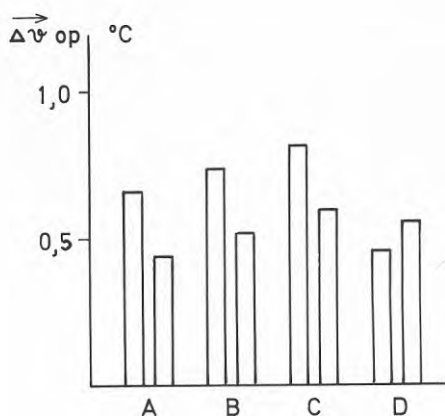
Några markanta skillnader i maximala temperaturgradienter mellan husdelarna förekommer som synes ej. Gradienterna som registrerades i sex positioner per rum ligger i samtliga fall väl inom "gränsvärdena".

3.1.2 Riktad operativ temperatur

I begreppet riktad operativ temperatur, som är ett mått som väl svarar mot hur människan upplever det termiska klimatet, ingår strålningsutbyte med både kalla och varma ytor. Operativa temperaturen kan för lufthastigheter som är mindre än 0,2 m/s definieras som medelvärdet av luft- och strålningstemperaturen.

Krav: SBN, $\Delta v_{\text{op}} \leq 5$ °C i kontrollzon vid dimensionerande lägsta utetemperatur

Angiven kravnivå är närmast avsedd för kontroll genom beräkning. Det är dock möjligt att mäta riktad operativ temperatur (se bl a Byggforskningens informationsblad B 5 1976, rev utgåva 1979).



Figur 3.3 Maximal skillnad i riktad operativ temperatur, A-D, vinter

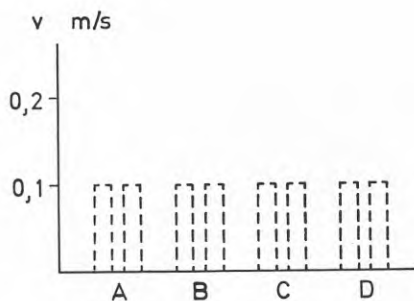
Mätningarna är utförda vid sängliggande patients huvudgärd.

Värdena ligger över lag på låg nivå. Notera dock att det vid mättillfället ej var särskilt kallt ute, 0 - -2 °C.

3.1.3 Lufthastigheter i vistelsezonen

Krav: Spri-råd 5:17, $v \leq 0,10 - 0,20$ m/s, olika utrymmen.

NKB, v medel $\leq 0,15$ m/s



Figur 3.4 Maximal medellufthastighet, A-D, vistelsezonen, vinter och sommar

I intet fall har lufthastigheten ens i någon enstaka punkt i vistelsezonen, i olika rum och vid olika mät-tillfällen, uppgått till 0,1 m/s. Att då försöka be-stämma absolutvärdet har ej ansetts som meningsfullt. Av drygt 250 mätvärden ligger samtliga under den nivå som anges av Spri och NKB.

Upplevelse av drag beror emellertid ej endast på storleken av medellufthastigheten utan också bl a på hastighetens fluktuationer och frekvens. I Tyskland har därför ett förslag till nya dragkriterier utarbe-tats (DIN 1946 Teil 2, Raumlufthtechnik Gesundheits-technische Anforderungen; Entwurf 1979).

Med hjälp av en låghastighetsanalysator kopplad till en varmtrådsanemometer har luftrörelserna i respekti-ve vådrums mest kritiska punkt undersökts enligt DIN 1946. Samtliga prov låg då inom det tillåtna området.

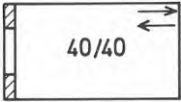
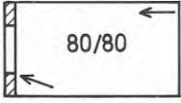
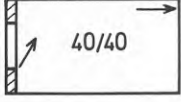
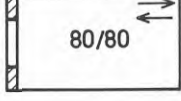


Bild 5 Mätning av luftrörelser

3.1.4 Ventilationseffektivitet

Ventilationseffektiviteten kan sägas vara ett mått på hur effektivt ventilationsluften används i sitt primära syfte att bortföra föroreningar, dvs något av ett kvalitetsmått på ventilationsinstallationernas funktion.

Krav: Inga krav finns ännu.

LUFTFLÖDE	VENTILATIONS- EFFEKTIVITET %		
	Nom. T/F m ³ /h	Vinter	Sommar
 <p>A</p>	40/40	94	97
 <p>B</p>	80/80	82	100
 <p>C</p>	40/40	116	124
 <p>D</p>	80/80	98	99

Anm. Vid nordiska ventilationsgruppens möte, okt 1983, gavs begreppet ventilationseffektivitet ny definition. I den nya definitionen är ren kolvströmning satt som referens, vilket t ex innebär att ventilationseffektiviteten aldrig kan överstiga 100 %.

Om ovanstående värden delas med två blir de jämförbara enligt den nya definitionen.

Figur 3.5 Ventilationseffektivitet, A-D, vinter och sommar. I de principiella figurerna anges dels till- och frånluftdonens placering, dels de nominella luftflödena

Ventilationseffektiviteten ligger över lag högt. Motsvarande mätningar i andra vådrum på andra objekt har endast utförts i enstaka fall. De resultat som då redovisats är avsevärt lägre, omkring 50 %.

Det sätt på vilket den tillförda luften fördelas inom rummet är en av de viktigaste faktorerna för ventilationseffektiviteten och därmed luftkvaliteten. Den bästa fördelningen uppnås vid undanträngande (deplacering) ventilation, som innebär att luften i likhet med en kolv skjuter ut föroreningarna framför sig. Av mätresultaten i figur 3.5 framgår att ventilationen i husdel C kan karaktäriseras som tendens till undanträngande och i A, B och D som omblandande (utspädning).

Att ventilationseffektiviteten i samtliga husdelar är så relativt hög beror företrädesvis på de fullskaleprov som utfördes under projekteringsskedet, varigenom "kortslutning" och stagnationszoner kunde undvikas.

3.2 Patienters och personals subjektiva bedömning av inomhusklimatet, en intervjustudie

Som ett komplement till de tekniska mätningarna av bl a de så kallade klimatparametrarna har en intervjustudie utförts. Studien har främst fokuserats till personalens synpunkter på funktion av ny energibesparande utrustning, vanor och användningssätt vid vattenkrävande vårdssysslor och temperatur/klimatupplevelser bland patienter och personal.

En lika tydlig precision som i det tekniska mätarbetet har eftersträvat i denna undersökning. Mänskliga upplevelser som har kvalitativ karaktär låter sig dock inte noteras på samma enkla och klara sätt som mätbara fysikaliska, kvantitativa data.

Intervjuerna har utförts i tre omgångar. Dels i samband med klimatmätningarna, i januari och augusti 1981, dels under vintern 1982.

Företrädesvis har personalen intervjuats, men även patienter i den utsträckning så varit möjligt. Vid personalintervjuerna behandlades både den intervjuades egna och hans/hennes uppfattning om patienternas synpunkter i aktuella frågor.

Studien är avrapporterad i sin helhet i en arbetshandling från Byggnadsfunktionslära - KTH med titeln "Energibesparingens effekt på inomhusklimatet - exemplet Märsta sjukhem", Karin Liedberg, A6:1982.

Följande kortfattade tolkning av svaren på de klimatbaserade frågorna är gjord av FoU-gruppen.

3.2.1 Vintern 1981 och 1982

Allmänt kan sägas att både personal och patienter i stort sett är nöjda med temperaturhållningen i byggnaden. Vårdrummen ansågs vara väl varma av några bland personalen, medan vissa av patienterna inte oväntat ansåg dem vara för svala. Likartade omdömen gavs också om dagrummet E. Klagomål på att det var för kallt riktades dock mot några hörnrum, framför allt i C-delen, samt mot duschrummen. Några entydiga skillnader mellan husdelarna beträffande temperaturhållningen har dock varit svårt att få fram med denna typ av intervjuundersökning och undersökningsföretsättningar.

De flesta ur personalen har aldrig känt drag någonstans. Bara i enstaka fall har man tyckt sig känna drag från nedre delen av ytterväggen. Patienterna har vid få tillfällen klagat på drag.

Inte heller beträffande lukt framkom några direkta klagomål. Matos från köket kan dock vid vissa speciella förutsättningar förnimmas i dagrummet.

När det gäller luftkvaliteten är oron och irritationen ganska stor bland personalen. Många anser att det är för torr luft, och sådana symtom som brukar nämnas i samband med hälsorisker i moderna byggnader har nämnts också här. Det måste understrykas att samtliga besvär som framförts är vanligt förekommande i nya byggnader, i synnerhet kanske i sjukvårdsbyggnader. En orsak till de frekventa anmärkningarna på för torr luft kan förmodligen vara den relativt höga lufttemperaturen.

Efter patienternas individuellt skiftande sjukdomsbild varierar deras krav på temperatur, ljus etc. Vissa svettas i svala rum medan andra fryser i mycket varma rum bl a. Detta torde vara en förklaring till att svaren på en del frågor går starkt isär.

Någon signifikant skillnad i klimatupplevelsen vid intervjuerna vintern 1982 jämfört med vintern 1981 är svår att finna. De direkta klagomålen var dock färre, framför allt beträffande luftkvaliteten. Många sade att "det är bättre än förut", "betydligt bättre" etc. "Inte lika torr luft" var också ett vanligt svar. Vissa ansåg sig emellertid fortfarande ha huvudvärk och trötthet, vilket de antog bero på den "torra luften". I övrigt var omdömena positiva.

Anmärkas bör att inomhustemperaturen vintern -82 var ca 0,5 °C lägre i samtliga utrymmen än under motsvarande tid året före.

De hörnrum i husdel C som ansågs allför svala, vilket också temperaturmätningar bekräftade, försågs våren -81 med samma typ av elkonvektorer (250 W) som finns i husdelarna B och D.

Duschrummen i samtliga vårdavdelningar skall kompletteras med elektriska strålningsvärmare. Tanken är att patienterna skall värmas, ej rumsluften. Lämpliga värmare har dock tyvärr ännu ej gått att få tag på.

3.2.2 Sommaren 1981

Kylning av ventilationsluft för komfortändamål skall så långt det är möjligt undvikas enligt beslut i landstinget våren 1977. Beslutet skall åtminstone då det gäller nyproduktion ses som ett direkt förbud.

Lätta välisolerade byggnader antas ofta bli olidligt varma under högsommarvärme, medan tunga byggnader med hög värmekapacitet sägs dämpa temperatursvängningarna och hålla extremtemperaturerna på en rimlig nivå. I Märsta finns både en extremt lätt byggnad, D, och en extremt tung byggnad, A, samt två halvtunga. Dessa senare, B och C, har speciella fönster för att minska oönskad solinläckning och C dessutom ett system för kylning med sval nattluft.

Intervjuerna under sommaren 1981 var ur teknisk synvinkel därför mycket intressanta, främst med avseende på temperaturupplevelsen.

Svaren visade att patienterna sällan eller nästan aldrig ansåg att temperaturen var för hög. Däremot menade somliga av personalen att det var för varmt i lokalerna, särskilt heta och/eller soliga dagar. Framför allt gällde detta på förmiddagarna. Några menade att det främst berodde på solinstrålningen genom fönstren, medan andra ansåg att orsaken låg i arbetsrutinerna. Morgontimmarna är nämligen fyllda med fysiskt krävande göromål som tunga lyft m m, där några moment dessutom kräver skyddsrock (tvättning av patient t ex), vilket innebär att personalen då i själva verket bär dubbla omgångar plagg.

Det är svårt för personalen att tillfälligt reglera rumstemperaturen genom t ex vädring, då både öppnande av fönster och dörr till korridor kan orsaka drag på patienten, särskilt som hon/han då är avklädd.

Spontana synpunkter, som att någon husdel upplevdes som behagligare än de övriga eller tvärtom, framfördes ej.

På frågan: "Har Du känt av drag någonstans, i vådrummen eller i dagrumsdelen?" svarade somliga "ja". Mestadels avsågs dagrumsdelen och då när flera dörrar respektive fönster var öppna på olika håll.

Upplevelse av drag i negativ bemärkelse (= obehag) orsakat av installations- eller byggnadstekniska ofullkomligheter var av försumbar omfattning.

Eventuell dålig lukt vädras snabbt bort i Märsta sjukhem i jämförelse med andra vårdinrättningar, ansåg en majoritet av personalen. Man ansåg också att lukten ej heller var till besvär för vare sig patienter eller personal.

Luftkvaliteten upplevdes nu som bättre än under den första vintern, men klagomål framfördes ändå i viss utsträckning. Framför allt att luften kändes "torr", men också "kvav" och t ex "kvalmig". Emellertid svarade de flesta att luften var "bra". Några nyanställda, som borde vara uppmärksamma på ett ovanligt förhållande, "hade inte alls tänkt på luften".

Patienternas klagomål på luftkvaliteten var som tidigare mindre frekventa, men hade beröringspunkter med personalens.

Avslutningsvis bör erinras om att utomhusklimatet under sommaren 1981 kan betecknas som mindre gott. Sommaren var t ex extremt solfattig. En mer normal sommar skulle kanske ha medfört fler klagomål. Erfarenheter från de två följande varma somrarna 1982 och 1983 visar dock att klagomålsfrekvensen ej stigit.

3.3 Kontinuerliga mätningar av inomhustemperaturer

Under hela mätperioden har inomhustemperaturen registrerats i två referensrum per husdel, dvs i 8 vådrum. Mätning har skett kontinuerligt var 5:e minut dygnet runt. Femminutersvärdena har omräknats till timmedelvärden (drygt 200 000 st) som lagrats i dator.

Ett av skälen till så omfattande mätningar har varit att få underlag till värderingen av inomhusklimatet i de olika husdelarna. Ur det lagrade datamaterialet har maximi- och minimitemperaturer, dygnsvariationer, medeltemperaturer, standardavvikelser etc kunnat bestämmas samt varaktighetsdiagram upprättas.

Följande resultatredovisning innefattar de parametrar som ansetts speciellt intressanta för att påvisa skillnader mellan husdelarnas termiska egenskaper. Redovisningen gäller för år 1982 då såväl anmärkningsvärt kyliga som heta perioder förekom. Sommarfallet är särskilt intressant, varför tyngdpunkten i redovisningen koncentrerats till denna period.

Samtliga mätvärden ligger till grund för redovisningen. Detta betyder t ex att vissa belastningsprov har inverkat på de uppmätta värdena. Vidare kan påpekas att direkt solinstrålning i någon mån kan ha påverkat mätgivarna så att högre temperaturer än de verkliga registrerats. Tillgängligheten på mätdata var ca 98 % för perioden.

3.3.1 Uteklimat 1982

Medeltemperatur 6,4 °C
 Max. timmedelvärde 31,8 °C
 Min. timmedelvärde -21,8 °C

Horisontell solinstrålning, medelvärde
 hela året per 24 h 103 W/m²
 Max. timmedelvärde 790 W/m²

Medelvindhastighet 2,0 m/s
 Max. timmedelvärde 8,6 m/s

3.3.2 Inomhustemperatur husdel A-D 1982

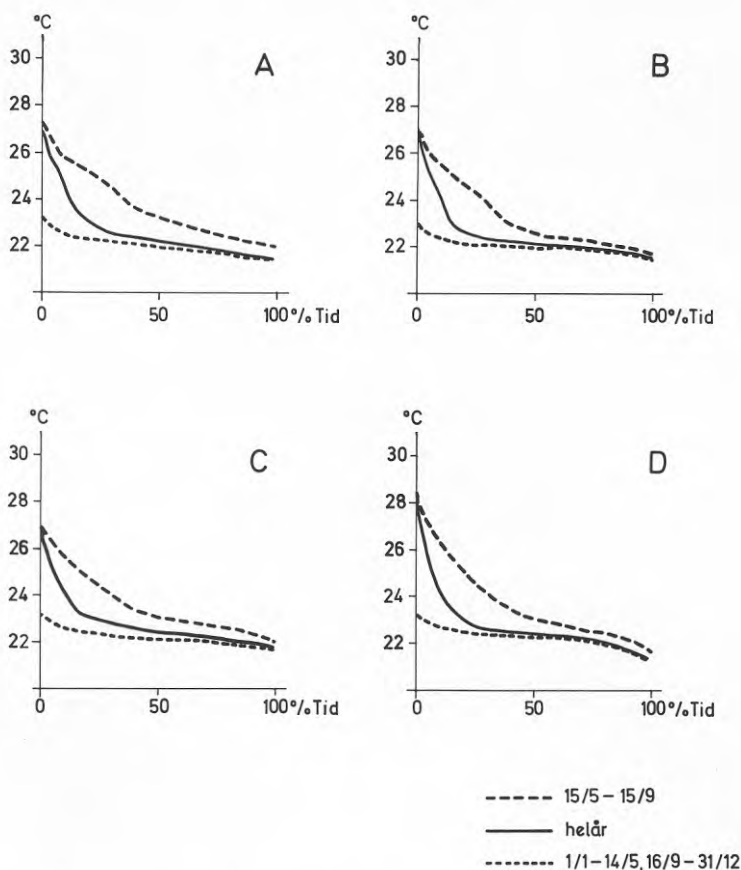
I Spri-råd 5.17 rekommenderas följande inomhustemperaturer i vådrum:

1. Under uppvärmningsperioden 20-24 °C
 Den lägre temperaturen accepteras vid låga utetemperaturer.
2. Under övriga tider av året: 20-26 °C
 För de högsta värdena på solinstrålning och utetemperatur som statistiskt kan förväntas kan rumstemperaturen under några timmar per dygn tillåtas stiga upp till 30 °C

De inomhustemperaturer som redovisas nedan är medelvärde av registrerade temperaturer i två vådrum per husdel, ett SO- och ett NV-rum.

Timmedelvärden, max. och min. samt standardavvikelser för olika tidsperioder 1982

		H u s d e l			
		A	B	C	D
<u>Helår</u>					
medel	°C	22,6	22,5	22,7	22,7
standardavvikelse	°C	1,3	1,1	1,2	1,3
<u>15/5-15/9</u>					
medel		23,9	23,3	23,7	23,7
max.		27,3	27,5	27,8	28,9
standardavvikelse		1,4	1,3	1,3	1,6
<u>1/1-14/5, 16/9-31/12</u>					
medel		21,9	22,1	22,2	22,2
min.		21,5	21,6	21,8	21,4
standardavvikelse		0,5	0,3	0,3	0,4



Figur 3.6 Innetemperatur olika tidsperioder, 1982
Timmedeltemperaturer, varaktighet, A-D

Tabell och varaktighetsdiagram visar inte oväntat att de högsta innetemperaturerna sommartid registrerats i den lätta husdelen D och den lägsta maximitemperaturen i den extremt tunga A-delen. Skillnaden uppgår som mest till 1,6 °C, vilket kan verka beskedligt, men kan betyda att "smärtgränsen" överskrids. Emellertid är topptemperaturerna i D kortvariga, varför medeltemperaturen även sommartid ligger i paritet med de övriga, t o m lägre än i A.

En varm och klar dag svänger temperaturen i D markant mer än i övriga delar. Om flera sådana dagar följer på varandra laddas de tyngre byggnaderna upp så att temperaturnivån i dessa kontinuerligt stiger och framför allt nattetid inte obetydligt överstiger nivån i D. Missköts solavskärmningen får detta inte minst i D obagliga konsekvenser.

Elektrisk drivenergi för tilluft- och cirkulationsfläktar nyttiggörs helt som värme till luftströmmen. Under perioder då uppvärmningsbehov av luften ej föreligger är den "nyttiggjorda" drivenergin en nackdel. Inneklimatet blir då sämre till följd av det önskade värmetillskottet.

I husdel C och D tillförs avsevärt mer drivenergi än i A och B. För C beror detta bl a på den valda systemkonstruktionen, och för D på att injusteringen ej utförts på lämpligt sätt. I A värms tilluften ca 1,4 °C av drivenergin, och i D ytterligare 0,5 °C. Detta innebär sommartid en onödig belastning på patienter och personal som vistas i D, och ett lika onödigt energispill.

En annan onödig tillförsel av värme till tilluften beror på olämpligt vald reglerstrategi för de regenerativa värmeväxlarna. Då uppvärmningsbehov av luften ej föreligger stoppas ej värmeväxlarhjulen helt utan varvas ned till ett minimivarvtal. Detta lägsta varvtal ger ändock en verkningsgrad på 30 à 40 %, som innebär t ex vid ogynnsammaste driftfall att tilluften värms inemot 4 °C trots att kylbehov föreligger.

En bättre reglerstrategi vore att växlarhjulet stoppas helt då utetemperaturen är lika med eller varmare än önskad tillufttemperatur samt tvingas rotera med maximivarvtal vid kylbehov om frånlufttemperaturen är lägre än utetemperaturen. En roterande värmeväxlare bör dock alltid varvas upp någon minut varje timme under stilleståndsperioder för att förhindra igensättning av rotern.

Den styr- och reglertekniska utrustning som installerats i Märsta kan sägas representera 70-talets teknik. Med dagens teknik skulle t ex sval nattluft effektivare kunnat användas för kylning än vad som nu är möjligt. Det termiska klimatet skulle förbättras ytterligare samtidigt som energianvändningen hade minskats genom ett bättre utnyttjande av överskottsvärme.

3.3.3 Innetemperatur vid 18,8 °C ute

I NKB rapport 40 föreslås följande krav avsedda för rum i bostäder, kontor, skolor o dyl:

I rum avsett för lätt aktivitet 1,2 met samt en beklädnad 0,5 clo skall temperaturen i rummets vistelsezon kunna hållas lägre än 26 °C, vid den dygnsmedeltemperatur ute som överskrids genomsnittligt högst 30 dygn per år.

Aktivitetsnivå (metabolism) anges i SI-systemet i W/m^2 hudyta eller met. 1,2 met = $70 W/m^2$, motsvarar ämnesomsättningen i lätt, huvudsakligen stillastående aktivitet.

Klädselns värmemotstånd (isolering) anges i den speciella enheten clo = $0,155 \text{ }^\circ\text{C/W}$. 0,5 clo motvarar normal sommarklädsel för innebruk.

Den dygnsmedeltemperatur som överskrids genomsnittlig högst 30 dygn/år i Stockholm är $18,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

NKB:s kravförslag är ämnat som en dimensioneringsgrund och inte för kontroll genom mätning. Med hjälp av lagrade mätdata har ändå innetemperaturen (medelvärde två vådrum) i sjukhemmet bestämts till följande värden vid dygnsmedel $18,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Husdel	A	B	C	D
Innetemp $^\circ\text{C}$	24,3	24,0	24,4	24,6

Samma dygnsmedeltemperatur kan resultera i vitt skilda innetemperaturer beroende bl a på hur utetemperaturen svängt under dygnet, om det varit soligt och hur uteklimatet varit de närmast föregående dyggen. De högsta uppmätta innetemperaturerna har inte inträffat de varmaste dyggen utan det sista dygnet under en värmebölja.

Vidare bör påpekas att ett vådrum från personalens synpunkt inte kan anses som ett rum för lätt aktivitet.

3.3.4 Fönstervädning

Vid konstruktion och byggnation lades stor vikt vid att få byggnaden optimalt tät, dvs att i görligaste mån begränsa infiltration av uteluft. Senvintern 1980 termograferades byggnaden, ställd under undertryck, med utmärkt resultat. Påpekande gjordes endast mot luftläckage under fönster i husdel B, vilket senare rättades till.

Då verksamheten i sjukhemmet kom igång visade det sig att det vädrades ohejdat. I tid och otid, alla tider på dygnet. Den täta byggnaden läckte alltså som ett såll.

Tekniskt sett borde fönstervädning vara överflödig eller åtminstone ytterst begränsad. Varför vädrades det då så frekvent? I intervjuundersökningen togs på förekommen anledning vädrings(o)vanorna upp.

Svaren på de frågor som då ställdes visar att skälen för vädning sällan beror på dålig luft, för varmt etc utan snarare på att vädning ingår i morgonrutinerna. Inte sällan är anledningen till och behov av öppna

fönster av psykologisk karaktär. Den direktinsläppta uteluften känns frisk och behaglig. Kanske innehåller luften lukter från växtlighet eller hörs ljud utifrån som aktiverar individen till tankeverksamhet, observation och associationer till livet utanför sjukrummet eller arbetslokalen.

Mot bakgrund av de olika svar som gavs vid intervjuerna ter sig många nyare sjukhusbyggnader, där fönstren ej får öppnas av ventilationstekniska skäl, närmast som människofientliga.

Vårdrummen i Märsta är försedda med s k vädringsluckor. Då dessa är öppna döljs de bakom en gardin, varför det är lätt att glömma att stänga dem. Dessutom ger de en så liten vädringseffekt att man inte heller får något incitament att stänga dem. Är vådrummet försett med en radiator med termostat kan effekten t o m bli den att det vid vissa uteklimat blir varmare i rummet under vädring.

Både personal och patienter framförde också att något av de större fönstren borde vara öppningsbart så att en "rejäl utvädring kunde ske under kort tid".

Inför hösten 1981 informerades personal och patienter om vädringens negativa inverkan på energianvändningen och om hur ventilationssystemet fungerade. Resultatet blev ändrade vädringsrutiner som drastiskt förbättrade situationen.

En teknisk och till synes enkel detalj som ett fönsters konstruktion kan alltså i hög grad påverka energianvändning samt trivsel och behaglighetsuppfattning.

Vädringsluckor av den typ som finns i Märsta bör bannlysas i landstingets tekniska norm. I stället bör minst ett "riktigt" fönster i varje rum göras öppningsbart. Denna uppfattning stöds av såväl personal och patienter som tekniker.

3.4 Sammanfattning inomhusklimat

Resultaten från Bygghforskningsinstitutets mätningar är otvetydigt mycket positiva. Intet mätvärde har ens i enstaka fall varit i närheten av de gränsvärden som anges i t ex SBN. Ventilationsluften tillförs vådrummen utan att höga lufthastigheter uppkommer och har hög verkningsgrad, dvs luften används effektivt.

De kontinuerliga temperaturmätningarna i två vådrum per husdel visar att rumstemperaturen, under tider då värmebehov föreligger, legat på en jämn nivå kring fastställda 22 °C. Avvikelsen har inte överskridit +0,2 °C.

Sommartid har temperatursvängningarna naturligtvis varit betydligt större. I den lätta husdelen, D, har inte oväntat de högsta temperaturerna registrerats, max 2 °C högre än i den tunga husdelen, A, men topparna har varit kortvariga. Natttid har temperaturen i husdel D snarare varit lägre än i de övriga. Dagnsmedeltemperaturen i de fyra husdelarna har nära nog varit densamma.

Intervjuundersökningen verifierar i stort sett den positiva bild av klimatet som analyser av de tekniska mätningarna frambringar. Klagomål har dock framförts, främst på luftkvaliteten. Förekommande besvär, som t ex andningsbesvär, huvudvärk, halsirritation etc, upplevdes ha samband med luften. Dylika klagomål är vanligt förekommande i nya byggnader. Dess bättre tycks besvären ha avtagit i antal och styrka allteftersom tiden har lidit. Orsaken till besvären, som företrädesvis tycks ha drabbat personalen, utreddes inte närmare men kan bl a ha berott på alltför hög lufttemperatur. Första vintern hölls temperaturen avsiktligt hög, drygt 22,5 °C.

Persienner och gardiner används endast i ringa utsträckning medvetet och systematiskt för att förhindra solinläckning och därav höga rumstemperaturer.

Detta kan synas bekräfta att höga temperaturer ej har varit till besvär, men kan också peka på att mer information och instruktion till brukarna behövs.

Att med ledning av mät- och intervjuresultat kunna påstå att klimatet är bättre eller sämre i en husdel jämfört med de övriga är ogörligt. Vissa skillnader kan dock noteras.

Skillnader i temperaturhållningen mellan husdelarna uppträder heta, soliga sommar dygn. I D uppkommer den högsta maximitemperaturen men å andra sidan är temperaturen efter midnatt här lägre än i de övriga husdelarna. Vilket är att föredra?

Den tunga stommen i husdel A begränsar effekten av eventuellt "slarv" med solavskärmningen då den kan absorbera överskottsvärme bättre.

Vårdrumsventilationen i B och D är dubbelt så stor som i de två andra. Detta medför högre hygienisk standard.

Vårdrummen i C saknar lokala värmare, varför rumstemperaturen ej kan regleras efter patienternas individuella önskemål.

Ovanstående exempel har i fallet Märsta marginell betydelse. Klimatet i de fyra vårddelarna måste i stort anses som jämbördigt och betecknas som mycket gott.

Byggnadens kraftigt markerade takfot avskärmar effektivt högt stående sol. Med en annorlunda designad takfot, mindre utskjutande, skulle den solavskärmning som de olika fönsterkonstruktionerna ger och husdelarnas varierande värmekapacitet få större betydelse.

Med de förutsättningar som finns i Märsta kan generellt påstås att de styr- och reglertekniska installationernas funktion och personalens beteende, t ex vad gäller handhavande av solavskärmningarna, betyder mer än husdelarnas värmetröghet för att upprätthålla ett tolerabelt klimat.

Generellt kan också sägas att VÄL PLANERADE ENERGIBESPARANDE ÅTGÄRDER ÖKAR FÖRUTSÄTTNINGARNA FÖR ETT GOTT INOMHUSKLIMAT.



Bild 6 Registrering av temperaturer med datalogger

3.4.1 Resultatutdrag från vintermätningarna 1981

Tabell 1 Mättdagar: 1981-01-14 och -15
 Väderlek: 0 - -2 °C, delvis kraftigt
 snöfall, måttlig vind
 (Ord- och teckenförklaring följer efter
 Tabell 2)

Rum		A3	A9	B4	B10	C4	C10	D2	D8
☑ute	°C	-1,9	-2,0	+0,1	-1,4	-1,6	-1,3	-0,4	+0,3
☑1,2	°C	22,6	22,8	22,2	22,1	22,4	22,1	22,0	21,8
☑till	°C	22,5	22,6	24,0	24,2	21,9	20,9	24,5	24,3
☑från	°C	22,8	23,5	21,3	20,4	23,4	23,1	22,3	22,2
☑golv	°C	21,4	21,7	21,2	20,9	22,0	21,9	21,5	21,2
☑tak	°C	21,9	22,7	22,9	23,1	23,1	22,9	22,8	22,9
☑y.vägg	°C	21,6	22,1	22,2	22,2	21,8	21,0	22,3	21,8
☑fönst.m	°C	18,2	22,5	20,6	19,5	18,8	19,2	19,9	20,5
☑fönst.B	°C	18,0	18,5	19,5	18,3	19,5	18,7	19,3	19,5
☑rad	°C	41,5	42,7	-	-	-	-	-	-
☑giv	°C	21,9	22,1	22,1	21,8	22,6	22,3	22,2	21,9
Δ☑-1,2	°C	1,4	1,5	1,5	1,6	1,2	1,1	1,2	1,3
Δ☑-1,8	°C	1,5	1,6	1,6	1,7	1,4	1,3	1,4	1,3
Δ☑ [→] op	°C	0,7	0,4	0,7	0,5	0,8	0,6	0,5	0,6
q _{nom} T/F	m ³ /h	40/40	40/40	80/80	80/80	40/40	40/40	80/80	80/80
f	oms/h	0,98	0,99	1,98	2,28	1,32	1,29	2,12	1,99
η _{vent}	%	100	88	78	86	122	111	96	100
v	cm/s	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ρ	%	32	32	27	33	34	33	28	29
☑torr	°C	22,1	22,5	21,6	21,8	-	22,6	22,1	21,9

3.4.2 Resultatutdrag från sommarmätningarna 1981

Tabell 2 Mättdagar: 1981-08-05 -- -07
 Väderlek: +15 - +25 °C, klart, svag vind

Rum		A9	B10	C10	D2	D8
☑ute	°C	21,4	25,6	23,7	24,4	19,0
☑1,2	°C	23,9	23,8	24,7	24,7	25,5
☑till	°C	23,8	25,6	23,4	26,4	23,6
☑från	°C	23,7	23,8	24,6	24,3	25,4
☑golv	°C	22,9	22,7	23,9	23,7	25,1
☑tak	°C	23,4	23,5	24,3	24,5	25,2
☑y.vägg	°C	23,3	23,2	24,3	24,2	25,4
☑fönst.m	°C	24,4	24,4	25,5	26,0	24,9
☑fönst.B	°C	24,2	24,0	24,6	25,8	24,9
☑rad	°C	23,3	-	-	-	-
☑giv	°C	23,5	23,4	24,5	24,2	25,2
Δ☑-1,2	°C	1,3	1,0	1,1	1,1	0,4
Δ☑-1,8	°C	1,3	1,0	1,2	1,2	0,4
Δ☑ [→] op	°C	1,4	0,4	0,7	0,4	1,0
q _{nom} T/F	m ³ /h	40/40	80/80	40/40	80/80	80/80
f	oms/h	1,00	2,11	1,25	1,96	2,12
η _{vent}	%	97	101	124	97	102
v	cm/s	<10	<10	<10	<10	<10
φ	%	50	51	48	49	47
☑torr	°C	24,4	24,4	26,0	26,6	26,0

3.4.3 Ord- och teckenförklaring till Tabell 1 och 2

t_{ute}	Utetemperatur
$t_{1,2}$	Lufttemperatur 1,2 m över golv, medelvärde i vistelsezon
t_{till}	Tillufttemperatur
$t_{från}$	Frånlufttemperatur
t_{golv}	Golvtemperatur
t_{tak}	Taktemperatur
$t_{y.vägg}$	Ytterväggtemperatur
$t_{fönst.m}$	Fönstertemperatur, det mindre fönstret
$t_{fönst.B}$	Fönstertemperatur, snitt B
t_{rad}	Radiatortemperatur
t_{giv}	Temperatur vid givare
$\Delta t_{-1,2}$	Maximal temperaturskillnad 0,1 - 1,2 m över golv
$\Delta t_{-1,8}$	Maximal temperaturskillnad 0,1 - 1,8 m över golv
$\Delta \overrightarrow{t}_{op}$	Maximal skillnad i riktad operativ temperatur
$q_{nom} T/F$	Nominellt luftflöde T/F
f	Luftväxlingsfrekvens (luftomsättning)
η_{vent}	Ventilationseffektivitet i vistelsezon
v	Maximal medellufthastighet
ρ	Relativt ångtryck (relativ luftfuktighet)
t_{torr}	Torr temperatur

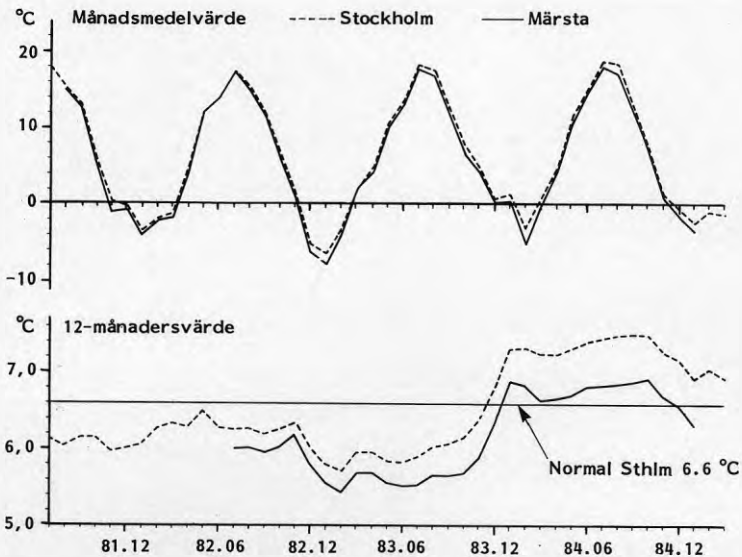
4 UPPVÄRMNING OCH VENTILATION

I detta kapitel redovisas energianvändningen för uppvärmning och ventilation av sjukhemmets olika husdelar. Uppdelningen mellan energi för uppvärmning respektive ventilation definieras nedan:

- o "Uppvärmning"
Energi för att täcka transmissionsförluster och infiltration, dvs energi till radiatorer och eleftervärmare samt till värmebatterier för övervärmning av tilluft.
- o "Ventilation"
Energi primärt till ventilation, dvs till värmebatterier för uppvärmning av tilluften till rumstemperatur, 22 °C, samt drivenergi till fläktar och värmeväxlare. (I husdel G värms tilluften till 21 °C.)

4.1 Uteklimat

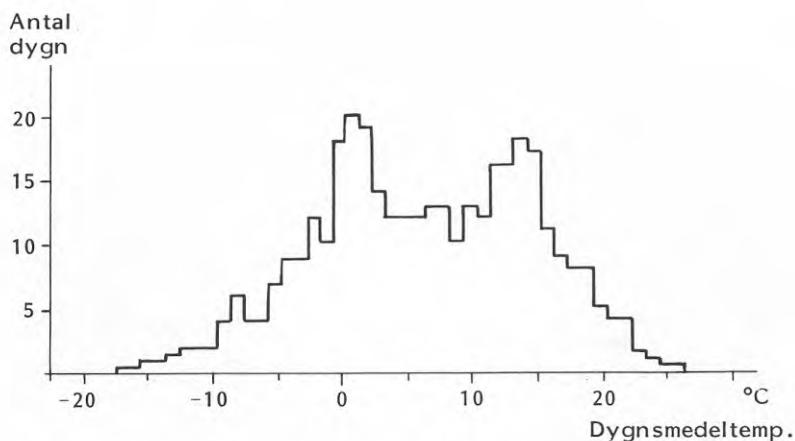
Norr om husdel B har utetemperaturen registrerats i en sk SMHI-bur. Vindens riktning och styrka har uppmätts i toppen av en 14 m hög mast i direkt anslutning till SMHI-buren. Solinstrålningen har registrerats med en horisontellt placerad givare på husdel G:s taknock.



Figur 4.1 Utetemperatur, medelvärde per månad och 12-månadersvärde för Märsta och Stockholm

Märsta, som ligger 45 km N om Stockholm, har framför allt vintertid lägre utetemperatur än Stockholm. Under mätperioden har det varit en kall vinter, 1981/82, och två varma somrar. Årsmedeltemperaturen för Stockholm som normalt är 6,6 °C, har underskridits under första halvan av mätperioden och överskridits under andra halvan.

Under mätperioden har årsmedeltemperaturen i Märsta, räknat per 12 löpande månader, varierat mellan 5,2 och 7,2 °C. Vid tre tillfällen har medeltemperaturen under sådana 12-månadersperioder varit lika, 6,4 °C. Eftersom dessa perioder ligger i början, mitten och slutet av mätningarna kan intressanta jämförelser göras för tre olika år med samma medeltemperatur. Temperaturfördelningen över åren ges nedan som medelantalet dagar med samma dygnsmedeltemperatur.



Figur 4.2 Antal dygn med samma dygnsmedeltemperatur

- o Under 70 % av uppvärmningsperioden var dygnsmedeltemperaturen över 0 °C.
- o Medeltemperaturen har bara under 8 à 10 dygn per år varit lägre än -10 °C.
- o Under 10 à 15 dygn per år översteg medeltemperaturen 20 °C.

Under dygnet uppträder extremtemperaturer som påverkar högsta effektbehov respektive inneklimat. Den lägsta timmedeltemperatur som registrerats är -22,0 °C i januari 1982 och den högsta +33,0 °C i juli 1983.

Solinstrålning och vindhastighet samt utetemperatur redovisas i följande tabell för de tre "jämförelse-åren".

Uteklimat	Märsta	Stockholm	Normalt Stockholm
År 81 82 83			
Årsmedeltemperatur (°C)	6,2 6,4 6,4	6,4 7,0 7,2	6,6
Lägsta timtemperatur (°C)	-19,5 -22,0 -21,0	-18,4 -18,4 -12,5	-14,4
Högsta timtemperatur (°C)	27,3 31,8 33,0	28,7 33,0 34,2	27,6
Soltid (h)	- - -	1 680 1 790 1 730	1 840
Solinstrålning (W/m ²)	98 103 98	- - -	-
Vindhastighet (m/s)	- 2,1 2,2	3,6 3,5 3,7	3,6

4.2 Mätresultat, klimat, effekt och energi, 1980-1984

Lokaluppvärmningen sker företrädesvis med övervärmad tilluft, kompletterad med elvärme i vissa delar.

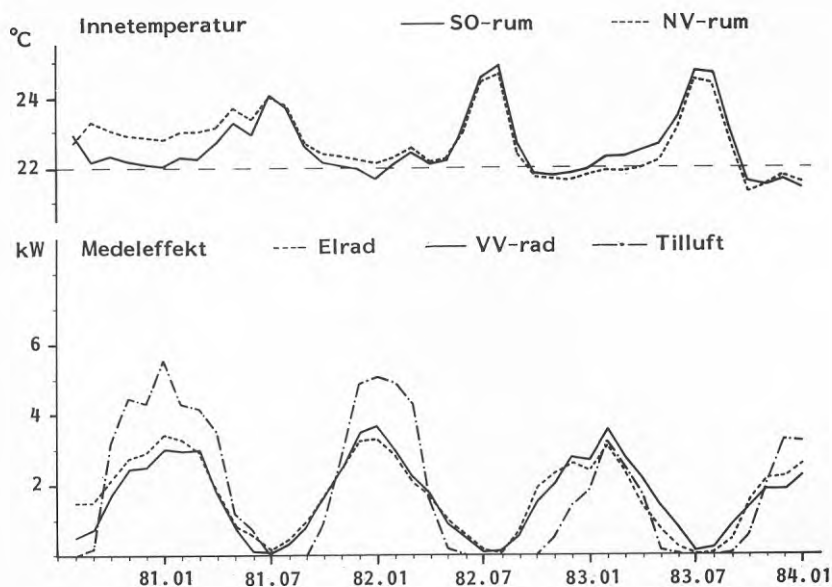
Under den första uppvärmningsperioden prioriterades funktion före energianvändning varför innetemperaturen snarare tilläts över- än understiga önskade 22 °C. Genom noggrann injustering av värmesystemen minskades innetemperatur och därmed energianvändning under efterföljande uppvärmningsperioder.

4.2.1 Husdel A

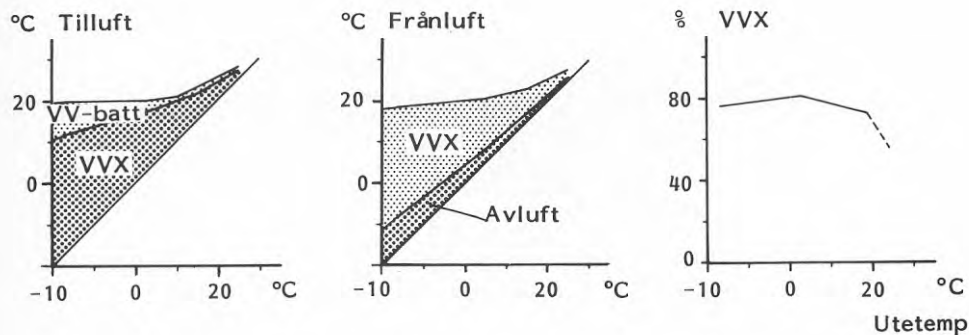
Denna s k referensdel värms upp med värmevatten- och elradiatorer. Tilluften har isotermisk temperatur. Innetemperatur i två rum och uppvärmningseffekter för tilluft och radiatorer redovisas i figur 4.3.

Den första vintern karaktäriseras av ojämna och något höga innetemperaturer och av ojämna värmeeffekter. Effektbehovet för uppvärmning av tilluft sänktes radikalt tredje vintern. Under de två första vintrarna

har en olämpligt placerad givare lett till onödigt hög inblåsningstemperatur, vilket orsakat de högre effektbehoven.



Figur 4.3 Innetemperatur och effekt för primär uppvärmning, husdel A



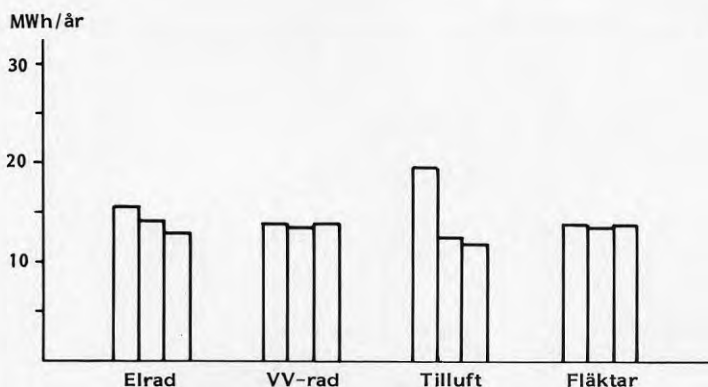
Figur 4.4 Tillufttemperatur, från- och avlufttemperatur samt verkningsgrad för värmeväxlare som funktion av utetemperaturen, husdel A

Temperaturen på tilluften redovisas dels efter värmeväxlaren dels efter värmebatteriet. Det framgår att värmebatteriet används vid utetemperaturer under 10 °C. Det framgår också att tilluften värms 3 à 5 grader även då utetemperaturen överstiger 20 °C. Detta är främst en följd av att den regenerativa värmeväxlaren även vid lägsta varvtal höjer tilluftens temperatur med 2 - 4 °C. Till detta skall läggas en höjning med ytterligare 1 °C när tilluften passerar fläkten. Detta bidrar till den höga inne-temperaturen sommartid.

Frånluftens temperatur sjunker relativt innetemperaturen vid utetemperaturer under 15 °C. Vid utetemperaturer omkring 0 °C kyls frånluften 3 - 4 grader i frånluftkanalerna.

Ett mått på effektiviteten för värmeväxlaren är dess medeltemperaturverkningsgrad. För A ligger den vid 80 % för utetemperaturer under 10 °C. Vid utetemperaturer över 15 °C regleras roterns varvtal ned, resulterande i en verkningsgrad på mellan 40 och 50 %.

Energianvändningen redovisas i figur 4.5 för de tidigare definierade "jämförelseåren" med en utetemperatur av 6,4 °C.



Figur 4.5 Energi för uppvärmning och ventilation, husdel A, 1981 - 82 - 83

Uppvärmningen av husdelen sker med radiatorer, vilka använder ungefär hälften av den totalt tillförda energin. Elradiatorernas minskande energibehov kan till viss del förklaras med injustering av termostater samt sparsammare användning av vädringsluckorna. De värden avseende energiflöden som erhållits gör det inte möjligt att påvisa någon skillnad i energianvändning för de två provade radiator typerna.

Hälften av den tillförda energin används för ventilation. Efter korrigerig av reglerutrustningen för tilluftstemperaturen minskade motsvarande energi-användning med en tredjedel.

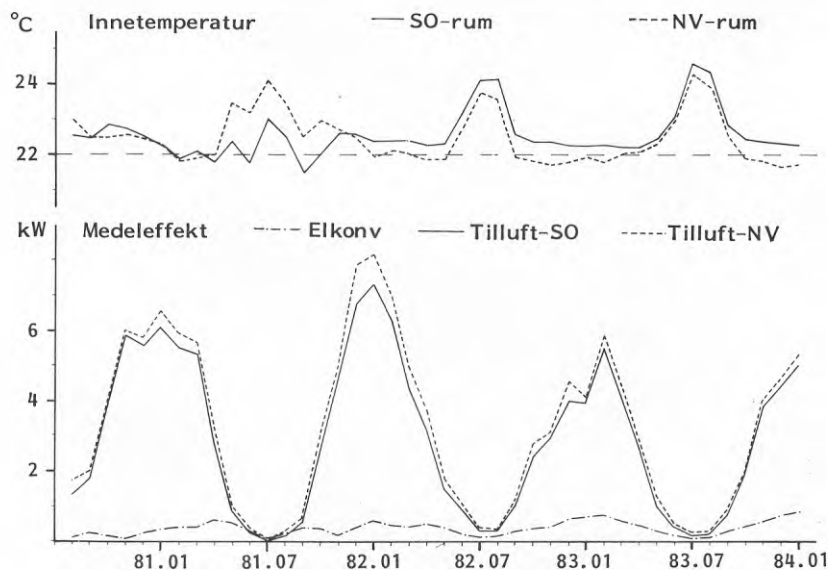
För ett normalår används ca 120 kWh/m², varav 50 % för uppvärmning och 50 % för ventilation.

4.2.2 Husdel B

Denna halvtunga husdel med lägre k-värden än i referensdelen A värms huvudsakligen med övervärd tilluft. Innetemperatur och uppvärmningseffekt redovisas i figur 4.6.

Efter det att reglersystemet modifierats i januari 1981 kunde innetemperaturen sänkas till 22 °C. Under 1981 års vår och höst varierade ändå innetemperaturen något bl a till följd av reglerproblem och obalanserade luftflöden. Efter injustering och byte av reglercentraler under vintern 1981/82 blev innetemperaturerna jämnare.

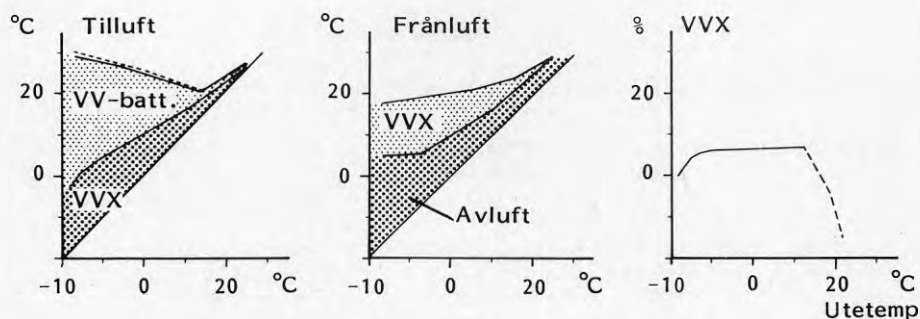
Effektbehoven för värmebatterierna (ett per fasad) är i stort sett lika, där skillnader främst beror på olika luftflöden. Den tredje och fjärde vintern sänktes effektbehoven eftersom luftflödena reducerades med 25 % i oktober 1982.



Figur 4.6 Innetemperatur och effekt för uppvärmning, husdel B

Elkonvektorernas effektuttag har ökat något år från år som en följd av att av övrig värmeförsörjning minskat.

De första två somrarna är innetemperaturen i B 1-2 °C lägre än i A som följd av lägre inblåsningstemperatur och större luftflöde samt av att solbelastningens inverkan minskas med frånluftfönstren. Den tredje sommaren blir skillnaden till A mindre p g a av lägre luftflöden totalt och genom frånluftfönstren, vilket minskat fönstrens förmåga att reducera solbelastningen.



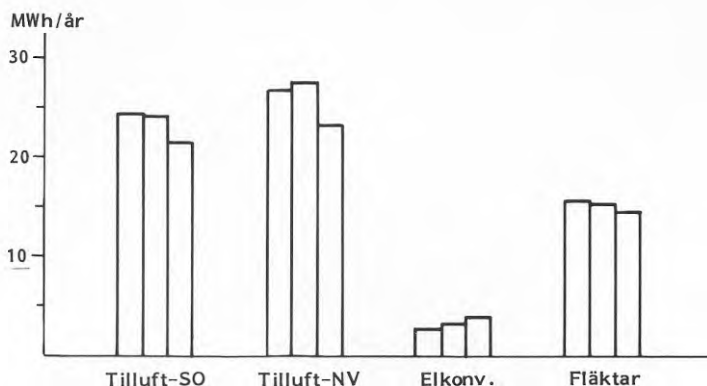
Figur 4.7 Tillufttemperatur, från- och avlufttemperatur samt verkningsgrad för värmeväxlare som funktion av utetemperaturen, husdel B

I B provades en rekuperativ värmeväxlare, vilket är den främsta orsaken till den i jämförelse med A lägre verkningsgraden efter växlaren. Vid temperaturer under -10 °C leds en del av tilluftflödet förbi värmeväxlaren p g a frysrisk, vilket leder till kraftigt ökat effektbehov. I diagrammet redovisas temperaturen på tilluften även efter uppvärmning i värmebatterierna. Sommartid höjs inte tilluftens temperatur lika mycket som i A eftersom värmeväxlaren reglerar "ned till noll" vid utetemperaturer över 20 °C.

Frånluftens temperatur är lägre i B än i A eftersom värme avges i frånluftfönstren. Transmissionen från rummen till fönstren minskar eftersom fönstertemperaturen hålls hög. En ökad transmission erhålles däremot från fönstren och ut.

Den rekuperativa värmeväxlarens verkningsgrad är ungefär 50 % vid utetemperaturer mellan -10 och +15 °C, vilket är 30 % lägre än för A. Under -10 °C sjunker verkningsgraden ytterligare som en följd av regleringen enligt ovan.

Energianvändningen redovisas i figur 4.8 för de tre "jämförelseåren", vid 6,4 °C utetemperatur.



Figur 4.8 Energi för uppvärmning och ventilation, husdel B, 1981 - 82 - 83

De modifieringar av reglersystemet som gjorts har inneburit att det termiska inneklimatet förbättrats under vår och höst. För NO-fasadens värmebatteri innebär detta att energibehovet ökat från första till andra året fastän värmesystemet injusterats. Den minskning som sker det tredje året beror på den 25-procentiga reduceringen av luftflödena.

Energi för elkonvektorer har ökat kontinuerligt men utgör ändå bara omkring 5 % av energianvändningen. Drift av fläktar kräver energi motsvarande 20 % av energianvändningen.

Den totala energianvändningen för husdel B är 165 kWh/m² och år, vilket är nära 40 % mer än för referensdelen A. Den stora skillnaden förklaras av den rekuperativa värmeväxlarens lägre verkningsgrad. Med en regenerativ värmeväxlare skulle energianvändningen reduceras till ca 125 kWh/m². Detta är fortfarande något mer än för A, men luftflödet i B är 25 % större än i A.

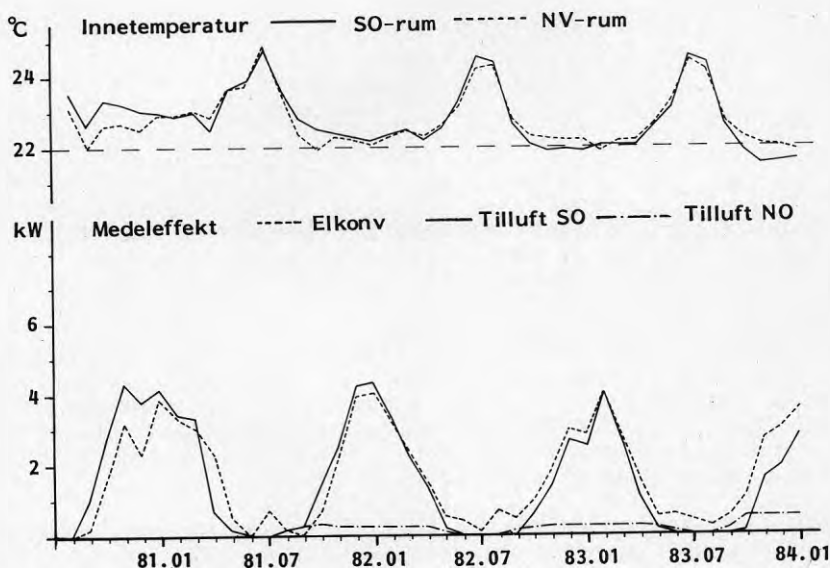
För uppvärmning fordras 33 kWh/m², vilket endast är hälften av vad som fordras i A. Mindre än en tredjedel täcks då med elvärme.

För ventilation används 80 % av den tillförda energin, dvs 132 kWh/m². Vid byte till regenerativ värmeväxlare skulle energibehovet kunna minskas med 30 % till ungefär 90 kWh/m².

Genom att frånluften passerar mellan glaset i frånluftfönstret minskas värmetransmissionen från rummet. I gengäld ökar energianvändningen för ventilation eftersom frånluften förlorar värme vid passagen genom fönstret. Den varma glasrutans betydelse för den operativa temperaturen i rummet har inte utnyttjats för sänkning av rumstemperaturen.

4.2.3 Husdel C

Denna halvtunga husdel som har k-värden jämförbara med dem i husdel B värms upp av ett genom golv- och takbärlag cirkulerande luftflöde. Luften värms i fönstren av solstrålning, när sådan är tillgänglig, och/eller av två värmebatterier (se kap 2.1.3).



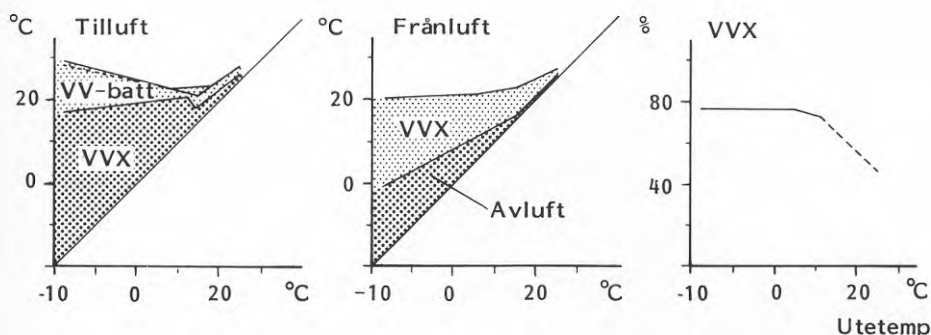
Figur 4.9 Innetemperatur och effekt för uppvärmning, husdel C

Första vintern måste temperaturen i hela husdelen hållas uppe för att det inte skulle bli kallare än 22 °C i de två gavelrummen. Inför den andra vintern installerades elvärmare i dessa rum så att värmetillförseln totalt kunde minskas.

Under den första våren och sommaren var innetemperaturen högre i C än i de tre övriga vårdflyglarna då möjligheten till kylning genom cirkulation av kall nattluft inte fungerat. Efter att detta åtgärdats i

slutet av juli sänktes innetemperaturen till samma nivå som för de övriga vårdflyglarna. Tröghet i regler-systemet leder dock till att tilluften under vissa perioder kyls för SO-fasaden samtidigt som den värms för NV-fasaden.

Vintern 1983/84 fungerade regleringen av värmeförseln dåligt till SO-fasaden, vilket medförde att innetemperaturen tidvis blev något låg.



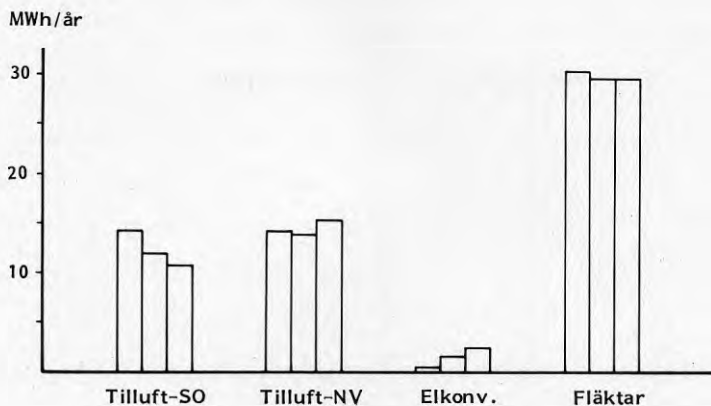
Figur 4.10 Tillufttemperatur, från- och avlufttemperatur samt verkningsgrad för värmeväxlare som funktion av utetemperaturen, husdel C

Tilluftens temperatur efter värmeväxlaren är i stort sett jämförbar med den i A förutom att nattkylningen medför en sänkning av temperaturen vid utetemperaturer mellan 12 och 18 °C. Den övervärmda tilluftens temperatur ligger något lägre än i B, vilket beror på cirkulationsluftens större flöde.

Frånluftens temperatur är i stort sett lika den i A, men "sänks" inte lika mycket när det är kallt ute.

Den regenerativa värmeväxlaren har en verkningsgrad som är några procent lägre än i A. Vid utetemperaturer över 12 °C varierar verkningsgraden med 5-8 % vid samma utetemperatur beroende på "graden av nattkylning".

Justeringar av regler-systemet har lett till en minskning av energianvändningen för SO-fasaden och en ökning för NV-fasaden. Den elvärme som installerades i gavelrummen har använts mer det tredje året eftersom energitillförseln till SO-fasaden tidvis varit otillräcklig.



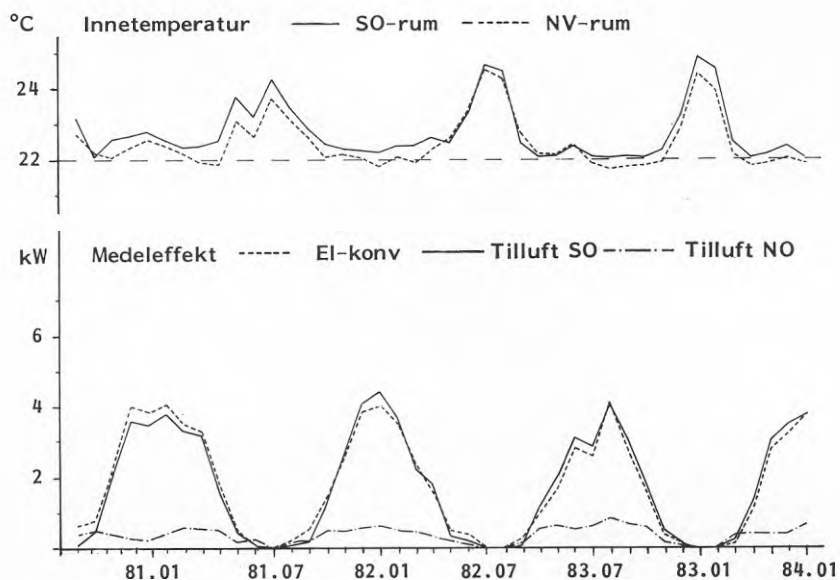
Figur 4.11 Energi för uppvärmning och ventilation, husdel C, 1981 - 82 - 83

Den dominerande energianvändningen är drift av fläktar, 30 MWh per år. Det är mer än dubbelt så mycket som i A och är en följd av den "extra" fläkt som cirkulerar luftflödet i byggnadsstommen. Av den totala energianvändningen går nära 50 % till drift av fläktar.

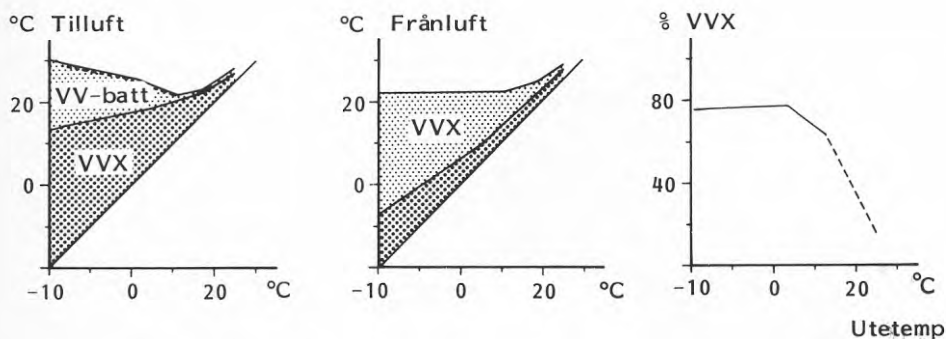
Den totala energianvändningen uppgår till 138 kWh/m² och år, vilket är 15 % mer än för husdel A. Fördelningen mellan uppvärmning och ventilation är ungefär 50/50. Energi för uppvärmning överstiger A:s med 20 %, eftersom energin till cirkulationsfläkten värmer tilluften hela året, dvs även då uppvärmningsbehov inte föreligger.

4.2.4 Husdel D

Denna helt lätta byggnad med mycket låga k-värden värms huvudsakligen med övervärmad tilluft.



Figur 4.12 Innetemperatur och effekt för uppvärmning, husdel D



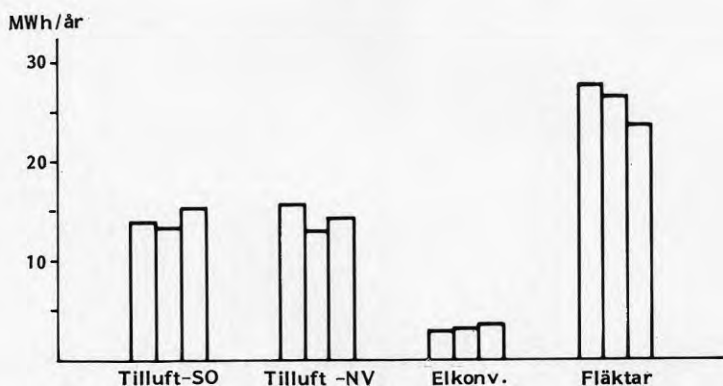
Figur 4.13 Tillufttemperatur, från- och avlufttemperatur samt verkningsgrad för värmeväxlare som funktion av utetemperaturen, husdel D

Tillluftens temperatur redovisas dels efter värmväxlaren och dels efter värmebatterierna. Temperaturen efter värmväxlaren är jämförbar med den i A och temperaturen efter värmebatterierna med den i B.

Temperaturen på frånluften är nära 22 °C även vid utetemperaturer under 0 °C. Nedkylningen i frånluftkanalerna är som mest 0,5 - 1 grad till skillnad från i A där den kan uppgå till 4 grader. Orsaken till detta ligger företrädesvis i kanalernas förläggning och isolering.

Även i D finns en regenerativ värmväxlare med en verkningsgrad på drygt 75 %. Regleringen fungerar dock bättre än i A men verkningsgraden är ändå ca 20 % vid utetemperaturer över 20 °C.

Energianvändningen redovisas nedan för de tre "jämförelseåren" som tidigare.



Figur 4.14 Energi för uppvärmning och ventilation, husdel D, 1981 - 82 - 83

Genom injustering reducerades energianvändningen för uppvärmning av tilluften från första till andra året. Ökningen det tredje året är en följd av att drivenergin för fläktarna reducerats. Under perioder med uppvärmningsbehov måste därför mer energi tillföras primärt i värmebatterierna eftersom uppvärmningen i tilluftfläkten minskat.

Energi för elvärme utgör bara omkring 5 % av den totala energianvändningen. En viss ökning har skett från första till tredje året då övrig värmeförsörjning minskat.

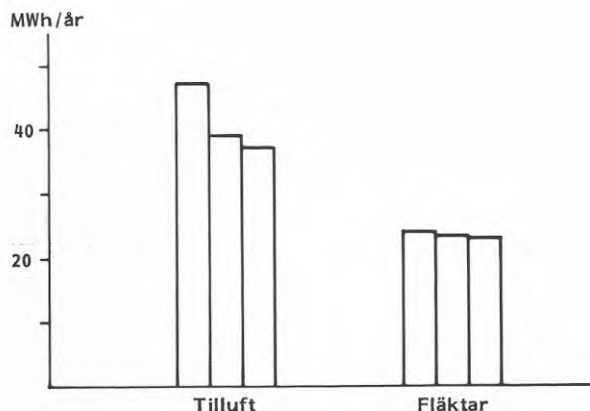
Det största energibehovet är för drift av fläktar och uppgår till 40 %. Det första året användes 28 MWh vilket skall jämföras med de 16 MWh som användes i B med

lika stora luftflöden. Det större energibehovet i D är orsakat av att en olämplig injusteringsmetod använts som här medfört större tryckfall. Under andra och tredje året har behovet av drivenergi reducerats till 23 MWh.

Den totala energianvändningen uppgår till 135 kWh/m² vilket är drygt 10 % mer än för A, bl a till följd av högre luftflöden. Energin för uppvärmning är avsevärt lägre än för A.

4.2.5 Husdel E

Dagrumsdelen, E, har k-värden för golv- och takbärlag enligt SBN 75 och värms med övervärd tilluft. Tre ytterväggspartier utgörs nästan helt av frånluftsfönster.



Figur 4.15 Energi för uppvärmning och ventilation, husdel E, 1981 - 82 - 83

Genom justering av tillufttemperaturen har energianvändningen för uppvärmning reducerats med 20 %. Tilluften har vintertid värmts till omkring 25 °C för den del som ligger i SO och till omkring 18 °C i den del som ligger i NV. Dessa temperaturer har visat sig "lämpliga" för verksamheten. Verkningsgraden för den regenerativa värmeväxlaren har vid fullt utnyttjande varit 78 %.

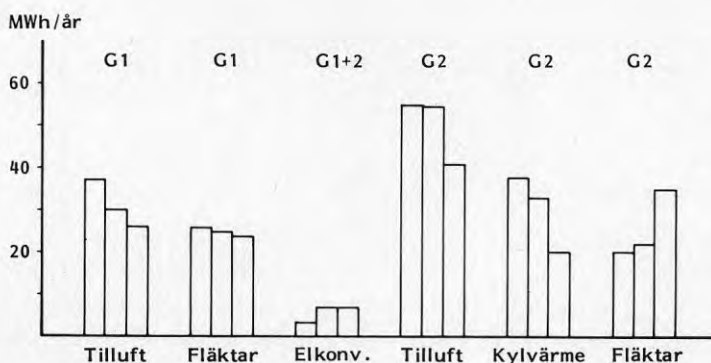
Den totala energianvändningen per år uppgår bara till 71 kWh/m² varav all energi hänförs till "ventilation". Transmissionsförlusterna täcks helt av värme från personer och belysning.

4.2.6 Husdel G

Försörjningsdelen G är som tidigare beskrivits uppdelad i två delar, en administrativ del och en köksdel. Redovisningen av energianvändning följer denna uppdelning.

Energianvändningen för G1 har under mätperioden kunnat minskas genom justering av värmesystemet. Verkningsgraden för värmeväxlaren har uppgått till 80 %.

Den totala energianvändningen för G1 uppgår till 93 kWh/m², varav 30 % för uppvärmning.



Figur 4.16 Energi för uppvärmning och ventilation, husdel G, 1981 - 82 - 83

Energibehovet för husdel G2, köksdelen, är högre eftersom luftflödena är större och värmeåtervinningen ur frånluften mindre. Värme återvinns från de kylkompressorer som tillhör kökets kyl- och frysrum, vilket leder till mindre primärt energibehov för tilluftuppvärmning. Den återvunna energin minskade det tredje året därför att två kylrum var avstängda för reparation under tre månader.

För uppvärmning av tilluften tillfördes primärt 55 MWh både första och andra året. Tredje året minskades behovet med 25 % genom att återluft användes nattetid. Minskningen hade blivit 45 % om inte återvinningen av kylvärme samtidigt varit lägre.

Möjligheten att använda återluft infördes i samband med att luftflödena ökades med 50 %. Denna ökning av luftflödena är orsaken till att fläktenergin ökat med 75 % under sista året.

Tilluften värms vintertid maximalt till ca 28 °C och verkningsgraden för den regenerativa värmeväxlaren är då ca 70 %.

Den totala energianvändningen för husdel G2 uppgår till 209 kWh/m² och år, varav 35 % för uppvärmning.

4.3 Jämförelser mellan husdelarna A-D

De fyra husdelarna jämförs här med varandra, främst med avseende på energianvändning. Det sista mätåret, 1983, har valts eftersom värmesystemen då var injusterade och sköttes med normal kontroll och tillsyn.

4.3.1 Innetemperaturer

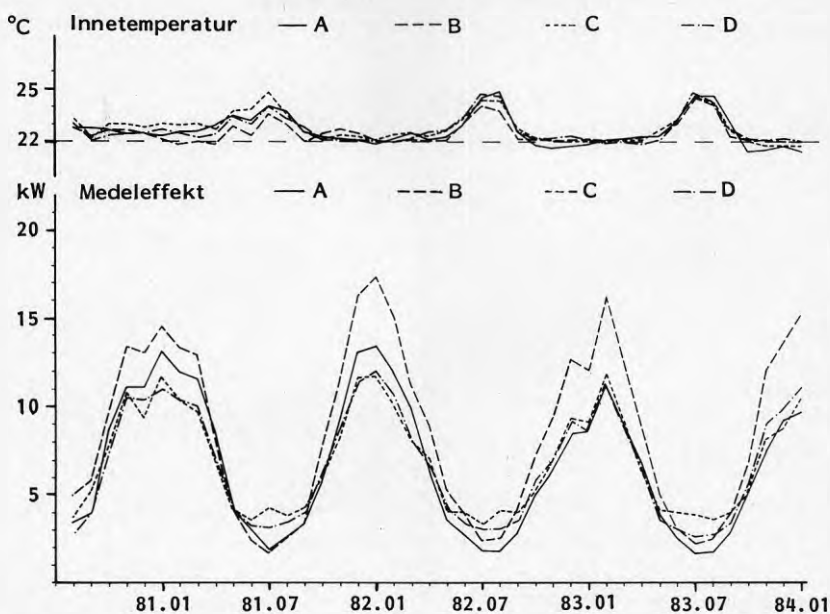
Som en indikation på att inneklimatet varit i stort sett lika för de fyra husdelarna ges innetemperaturns medelvärde för uppvärmningsperioden september-maj.

Innetemperatur i °C	A	B	C	D	Ute
Under uppvärmningsperiod	22,0	22,2	22,1	22,1	+2,9

Skillnaden mellan husdelarna är så liten att man kan anse att den ej har någon betydelse vid jämförelse av energianvändningen.

4.3.2 Effektbehov

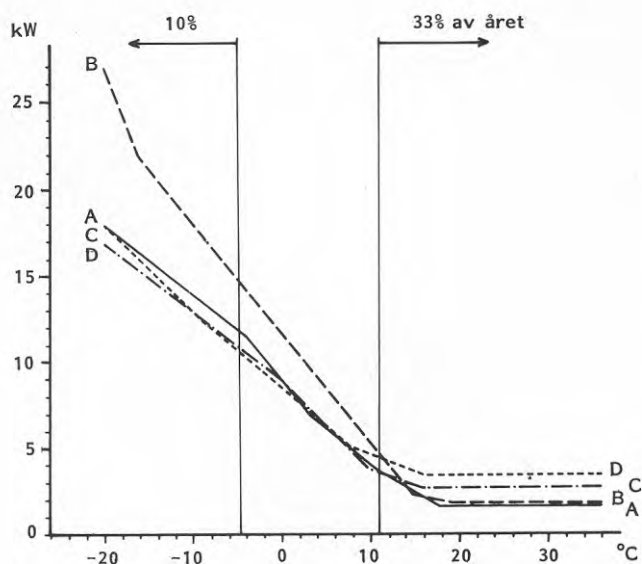
I redovisningen i figur 4.19 har effektbehovet delats upp på värmevattenbatterier, elvärme och fläktar. I figur 4.17 redovisas effektbehovet, A-D, som summan av dessa, samt innetemperaturen som medelvärde för två rum per flygel.



Figur 4.17 Medelvärde per månad för innetemperatur och uppvärmning, husdel A-D

- o Skillnaden i innetemperatur mellan husdelarna har successivt minskat samtidigt som innetemperaturen sänkts till 22 °C.
- o Sommartid varierar minsta effekt mellan 1,7 och 4,2 kW huvudsakligen beroende på fläktarnas effektbehov.
- o Vintertid har husdel B det största effektbehovet främst till följd av den rekuperativa värmeväxlarens låga verkningsgrad och by-pass reglering.

I figuren redovisas månadsmedelvärden för hela mätperioden. För att kunna göra mer generella bedömningar anges nedan effektbehovet som funktion av utetemperaturen. (Dygnsmedelvärden)



Figur 4.18 Total effekt för uppvärmning av hus A-D som funktion av utetemperatur

- o Vid utetemperaturer över 11 °C, dvs 35 % av året, är behovet av driveffekt för fläktar dominerande.
- o Under 55 % av året, vid dygnstemperaturer mellan -5 och 11 °C, ligger huvuddelen av energianvändningen (75 %). Effekterna för A, C och D är här i stort sett lika. B har 20-25 % högre effektbehov.
- o Bara 10 % av årets dagar har dygnstemperaturer under -5 °C. C och D har lägst effektbehov, A något högre och B avsevärt högre till följd av den rekuperativa värmeväxlarens reglering.

4.3.3 Energianvändning

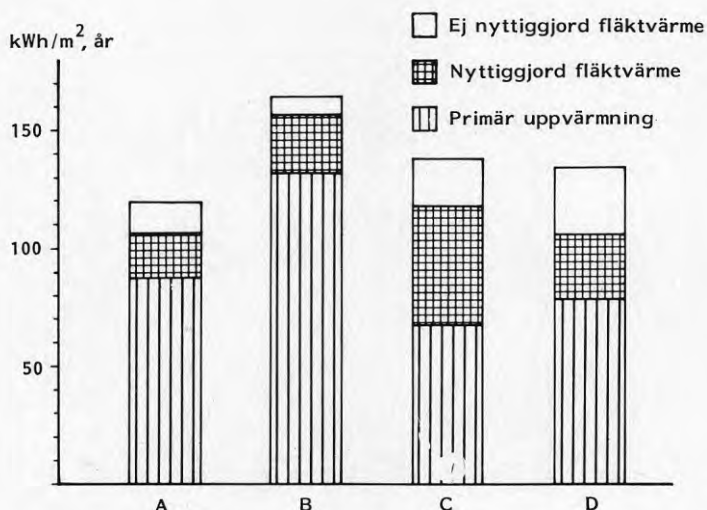
Vid jämförelse av energianvändningen för uppvärmning mellan husdelarna används här måttet kWh/m². Den totala arean begränsad av ytterväggarnas yttersta del utgör jämförelsemått.

	A	B	C	D
Byggnadsarea m ²	433	450	422	423

Den största skillnaden är 6 %, mellan husdelarna B och C, vilket har viss betydelse i de jämförelser som görs.

I figuren anges energianvändningen i tre olika nivåer:

- o Total energianvändning: värmebatterier, radiatorer, konvektorer samt drivenergi till fläktar.
- o Tillförd värme: radiatorer, konvektorer och värmebatterier samt uppvärmning i tilluft-fläkten.
- o Primär värme: radiatorer, konvektorer och värmebatterier.

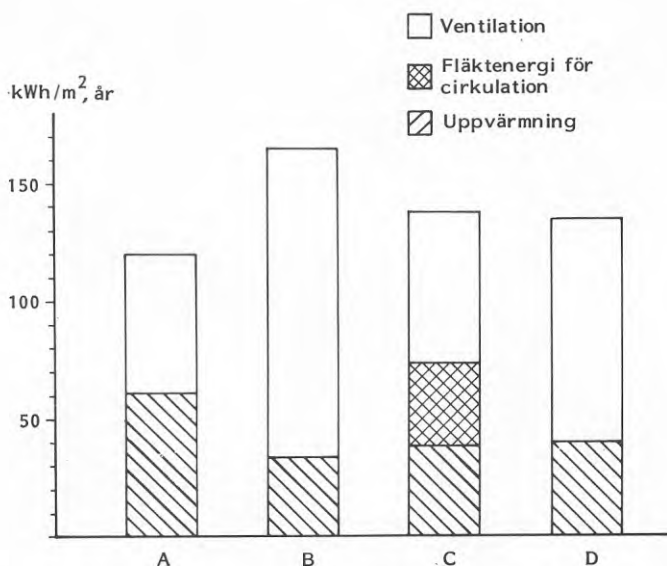


Figur 4.19 Energianvändning för uppvärmning och ventilation, husdel A-D

A har en total energianvändning på 120 kWh/m² där 72 % tillförs med radiatorer och värmebatteri. Resterande 28 % är energi till fläktarna varav ungefär hälften nyttiggörs sekundärt som värme. 13 % av den totala energin nyttiggörs ej som värme utan förloras med frånluften.

B har en total energianvändning på 165 kWh/m² där 80 % tillförs i värmebatterier och som elvärme. Fläktenergin utgör här 20 %. 5 % av den totala energin förloras med frånluften.

- C har en total energianvändning på 138 kWh/m^2 där endast 50 % tillförs i värmebatterier och som elvärme. Fläktenergin utgör här hela 50 %. 15 % av den totala energin förloras med frånluften.
- D har en total energianvändning på 135 kWh/m^2 där 57 % tillförs i värmebatterier och som elvärme. Fläktenergin utgör 43 % varav hälften utnyttjas. 22 % av den totalt tillförda energin förloras i frånluften.



Figur 4.20 Energianvändning för uppvärmning och ventilation, husdel A-D

Av den tillförda energin används mellan 20 och 50 % för uppvärmning medan resten åtgår för ventilation. Skillnader i värmeväxlarens verkningsgrad, olika stora luftflöden samt olika energibehov för fläktar har därför mycket stor betydelse för det totala energibehovet.

I husdel A, där uppvärmningen sker med radiatorer, är energibehovet för uppvärmning och ventilation ungefär lika stort.

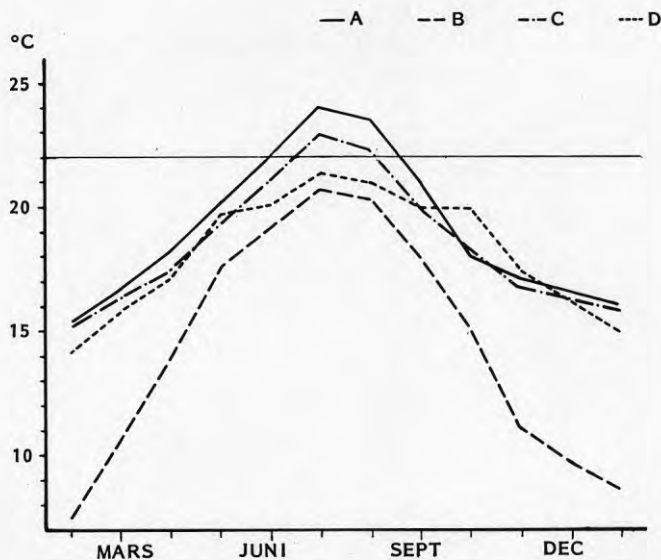
I husdel B är förhållandet mellan uppvärmning och ventilation 20/80, främst till följd av att värmeväxlaren har avsevärt lägre verkningsgrad än i A. Den energi som används för uppvärmning är enbart hälften av den i A.

I husdel C är det svårare att dela upp energianvändningen för uppvärmning resp ventilation. I figuren inkluderas den energi som används för att cirkulera luft i stommen i uppvärmning. Den energi som används för uppvärmning är 20 % högre än i A, varav viss del tillförs sommartid.

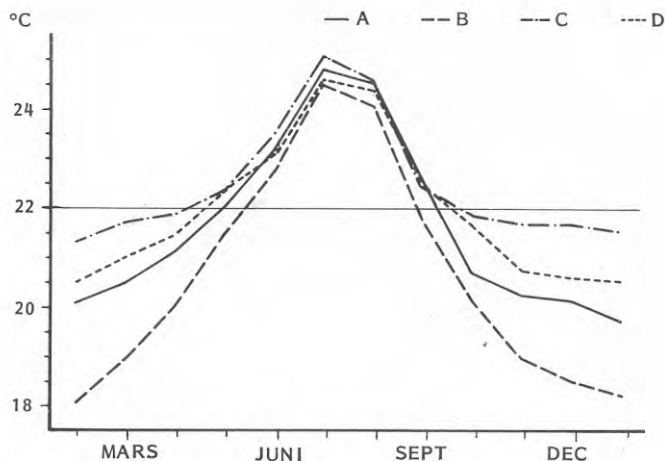
I husdel D används 20 % mer energi för uppvärmning än i B, vilket beror på något högre inblåsnings-temperaturer.

4.3.4 Värmeväxling från-/tillluft

I föregående avsnitt konstaterades att de skilda energibehoven för ventilation, bortsett från luftflödernas storlek, företrädesvis beror på hur effektiva värmeväxlarna är.



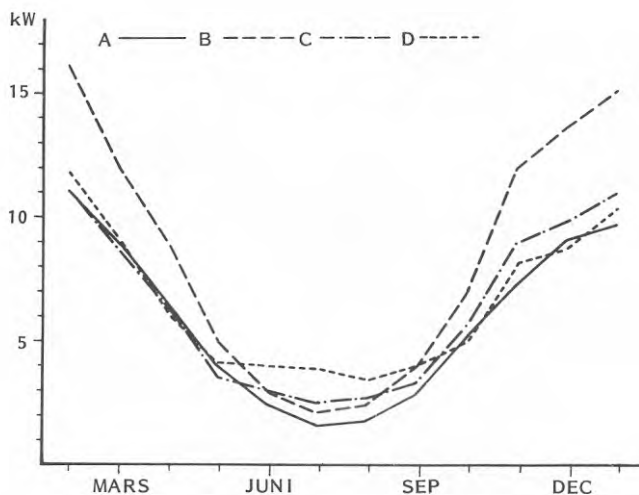
Figur 4.21 Tillufttemperatur efter vvx, husdel A-D, 1983



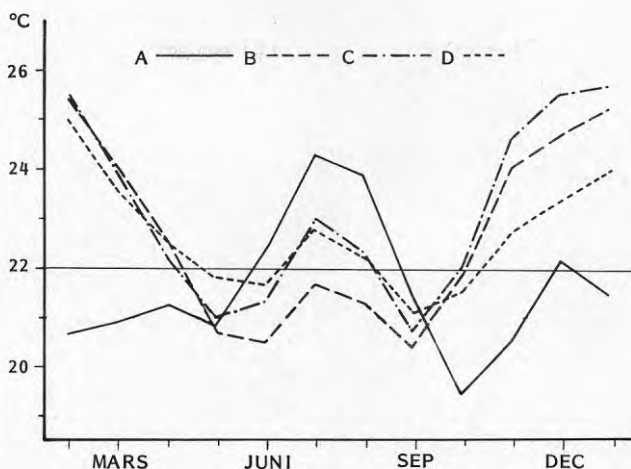
Figur 4.22 Frånluftstemperatur, husdel A-D, 1983

Tillluftens temperatur efter värmeväxlaren är ungefär lika för A, C och D under uppvärmningsperioden. B har en avsevärt lägre temperatur till följd av sämre verkningsgrad och lägre frånluftstemperatur. En av orsakerna till de skilda energibehoven för ventilation ligger alltså i tillluftens temperatur efter värmeväxlaren.

Även i C och D är dock tillluftens temperatur något lägre än den i A fastän frånluften är varmare. Också här beror detta på lägre verkningsgrad vid värmeväxlingen.



Figur 4.23 Effekt för uppvärmning och ventilation, husdel A-D, 1983



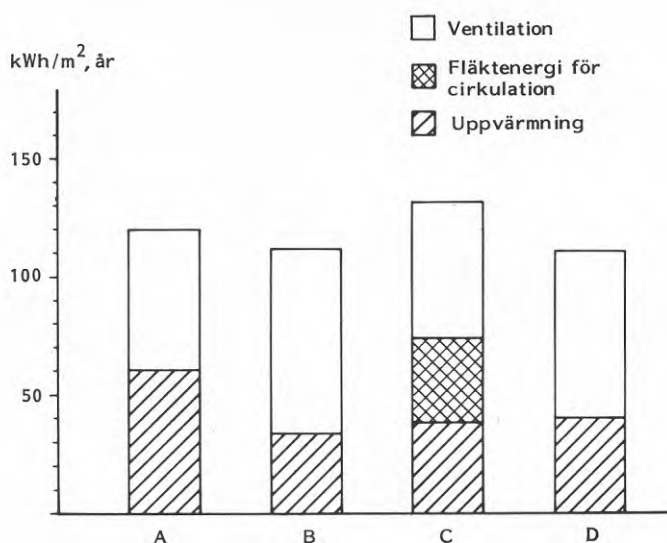
Figur 4.24 Inblåsningstemperatur, husdel A-D, 1983

Inblåsningstemperaturen i A ligger under uppvärmningsperioden vid 22 °C medan den är 2 till 5 grader högre i de övriga husdelarna eftersom tilluften här skall täcka transmissionsförlusterna. Under hösten är skillnaderna mellan husdelarna större än under våren till följd av att tillsynen av anläggningen då är mer normal än tidigare. Bl a återförs inte längre resultat från mätvärdesinsamlingen till driften. Detta medför också att effekterna varierar mer. I tabell nedan anges medelvärden för sista mätårets uppvärmningsperiod.

Uppvärmningsperiod 1983	A	B	C	D
Temperatur °C				
Frånluft	20,9	19,6	21,3	21,9
Tilluft efter vvx	17,8	12,6	17,5	17,4
Värmd tilluft	22,0	24,2	23,8	24,5
Verkningsgrad för värmväxling, %	80,8	53,2	77,3	76,2

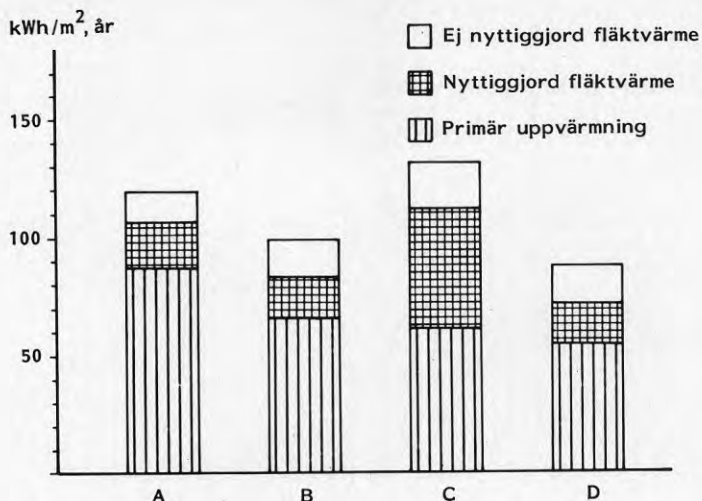
4.3.5 Korrigerad energianvändning

Genom att räkna om energianvändningen för ventilation i B, C och D med antagande att värmväxlingen sker med samma verkningsgrad som i A, kan en mer adekvat jämförelse uppnås.



Figur 4.25 Energianvändning för uppvärmning och ventilation med likvärdiga värmeväxlare, husdel A-D

Under sista året reducerades luftflödet i B med 25 % utan att tillufttemperaturen höjdes. Detta innebär inte några nackdelar för det termiska inneklimatet under vare sig uppvärmningsperioden eller sommaren. I figur 4.26 redovisas energianvändningen med detta lägre luftflöde för B. Samma reduktion görs för D där också antagandet görs att ett rätt injusterat ventilationssystem ej behöver mer fläktenergi än i husdel B.



Figur 4.26 Energianvändning för uppvärmning och ventilation med likvärdiga värmeväxlare och reducerade luftflöden i B och D, husdel A-D

Energianvändningen i figuren representerar de mest jämförbara värden som kan tas fram utgående från mätningarna. C har högst energibehov, 132 kWh/m², främst beroende av det höga behovet av fläktenergi. Referensdelen A ligger på 120 kWh/m². Husdel B har energibehov lägre än 100 kWh/m² och D lägre än 90 kWh/m². Eftersom D är mest välisolerad borde inblåsningstemperaturen i varje fall inte vara högre än i B, som den varit under sista året. En sänkning med 0,3 °C ger en reducering av energibehovet till 85 kWh/m².

Energianvändningen för husdelarna B, C och D kan ställas i relation till den för referensdelen A. Eftersom den rekuperativa värmeväxlaren borde ha installerats i referensdelen i överensstämmelse med då tillämplig teknisk standard omräknas dess energianvändning som om så vore fallet.

Energianvändning	A	B	C	D
kWh per m ²	120	90	132	85
Relation till A, %	100	75	110	71

Med husdel D skulle då målsättningen "att sänka energianvändningen med 50 %" vara uppfylld.

4.4 Hela sjukhemmet

Sjukhemmet är uppdelat i sju olika delar med separata uppvärmnings- och ventilationssystem. Den faktiska energianvändningen för det sista mätåret redovisas nedan med uppdelning på uppvärmning och ventilation. (Årsmedeltemperatur 6,4 °C)

Energianvändning kWh/m ² ,år	Totalt	Uppvärmning	Ventilation
A	120	61	59
B	165	33	132
C	138	74	64
D	135	42	93
E	71	0	71
G1	91	27	66
G2	209	74	135

Energianvändningen varierar mellan 70 och 210 kWh/m² främst till följd av att energibehovet för ventilation är så olika för husdelarna.

Eftersom man normalt inte bygger ett sjukhem med olika hustyper i vård delen redovisas sjukhemmets totala energianvändning med de fyra vård delarna byggda som antingen A, B, C eller D. Husdel A redovisas med två alternativ där det högre gäller för rekuperativ värmeväxling. För övriga system anges lägsta energibehovet efter kompensering med avseende på värmeväxling och luftflöden.

Energianvändning kWh/m ² ,år	Totalt	Uppvärmning	Ventilation
AAAA+EG	142	43	99
AAAA+EG	106	43	63
BBBB+EG	97	26	71
CCCC+EG	111	49	62
DDDD+EG	90	28	62

De två mest välisolerade alternativen B och D har de lägsta energibehoven för uppvärmning. B har högre energibehov för ventilation till följd av lägre frånlufttemperatur.

4.5 Slutsatser

Till att börja med kan det vara befogat att framhålla att få anläggningar blivit så omsorgsfullt injusterade som i detta fall. Efter det att byggnaden var klar termograferades den, vilket enbart ledde till tätning under fönstren i en husdel. Vid kontroll av k-värden i ytterväggar och vindsbärlag framkom att de var bättre än de projekterade värdena.

Installationerna för värme och ventilation var där-
emot inte felfria. Under första vintern åtgärdades ett flertal felaktiga funktioner samtidigt som systemen injusterades, vilket uppskattningsvis innebar att energianvändningen kunde reduceras med 10 % eller totalt 40-50 MWh per år. Det kan bl a pekas på följande:

- o Felaktiga luftflöden
- o Olämpliga reglerstrategier
- o Olämpligt placerade givare för reglering
- o Dåliga reglercentraler
- o Höga fläkteffekter p g a onödigt höga tryckfall
- o Felaktigt inställda reglerkurvor
- o Öppna vädringsluckor
- o Otäta spjäll
- o Dåligt fungerande termostater.

Injusteringsarbetet innebar inte bara en reduktion av energibehovet utan medförde också att inneklimatet blev bättre och mer jämförbart mellan husdelarna.

Under den första vintern användes en del av den tillförda energin för uttorkning av stommar. För husdel A, med tyngst stomme, beräknas denna process första året ha krävt 5 kWh/m².

Energianvändningen har delats upp i två kategorier:

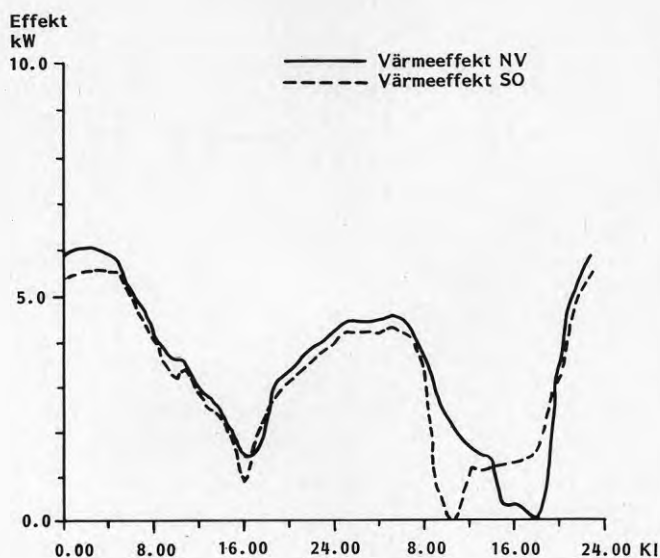
- o Uppvärmning: energi till radiatorer och övervärmning av tilluft
- o Ventilation: uppvärmning av tilluft till rumstemperatur samt el för drift av fläktar.

Av den sammanlagda energianvändningen, 460 MWh, utnyttjas hela 70 % för ventilation och resterande 30 % för uppvärmning.

Orsaken till skillnaderna mellan husdelarna ligger huvudsakligen i skilda luftflöden, olika värmeväxlare och olika stora värmeförluster i frånluftkanalerna. Skillnaden i verkningsgrad mellan en rekuperativ och en regenerativ värmeväxlare kan medföra en skillnad i energibehov motsvarande 50-60 kWh/m². I husdel B uppskattas att avkylningen i frånluftfönster och frånluftkanaler ökar energibehovet för ventilation med 10 kWh per m² och år. Samtidigt minskar dock energibehovet för uppvärmning. Det är av största vikt att val av värmeväxlare, luftflöden och frånluftkanalisation sker med eftertanke.

Med roterande regenerativ värmeväxlare sker nedreglering sommartid till ett lägsta varvtal. Detta kan ändå medföra en temperaturhöjning av tilluften på 2 till 5 °C, vilket tillsammans med temperaturhöjningen över tilluftfläkten utgör en stor belastning på inneklimatet. Regleringen borde tillåta att värmeväxlarhjulet stannas helt och bara renblåses under någon minut per timme. Genom bättre reglering sommartid kan inneklimatet förbättras ytterligare. (Se kapitel 3.3.2)

Tillförseln av primär energi är i B och D uppdelad fasadvis med reglering av tilluftens temperatur efter "utetemperaturen". Utetemperaturen registreras med en givare placerad på ytterväggen i nivå med halva fönstret. När givaren solbelyses sänks därför tillufttemperaturen, vilket uppskattningsvis reducerat energibehovet med 10 kWh/m² och år.



Figur 4.27 Effekt för de två tilluftbatterierna i husdel B. Dag 2 skiner solen varför utegivarna på resp fasad registrerar en fiktiv, förhöjd utetemperatur varvid tillufttemperatur och effekt minskar.

De reglercentraler som ursprungligen installerades hade en spridning på 3 °C för tilluften vid samma utetemperatur. Efter byte av reglercentraler reducerades denna spridning till 1 °C. (Givaren för ärvärdet var också felplacerad, för nära värmebatteriet.) Ytterligare en funktion som är betydelsefull är inställningsmöjligheterna på reglercentralerna. Ratten för börvärdet hade en upplösning på 5 grader och var svår att ställa in noggrannare än +2 grader p g a hystereses och parallaxfel. För att kunna optimera system med luftvärme krävs en bättre och mer genomtänkt reglerutrustning. Därigenom kan säkert uppvärmningsenergin reduceras med ytterligare ca 10 %.

I husdel C medförde trögheter i regleringen en onödig energianvändning på ca 5 kWh/m² och år. Under kylning av en fasad kan uppvärmning samtidigt ske av den andra trots att också den har kylbehov. Genom att ett stort luftflöde cirkuleras i stommen krävs 2 à 3 ggr mer fläktel i C än för de övriga husdelarna. Denna drivenergi kan bara delar av året utnyttjas för uppvärmning.

I C har 30 % återluft (inläckning av avluft) förekommit då ett spjäll ej varit helt tätt. Det bör även framhållas att den uppvärmningsprincip som

provats i C inte är särskilt lämplig i en enplansbyggnad. Bärlagen värms för att tillföra värme till rummen, men i en enplansbyggnad tillhör båda bärlagen klimatskalet, vilket bidrar till ökade värmeförluster. Vidare fordras dubbelt så mycket kanaler i bärlagen per våning i en enplansbyggnad som i en mellanvåning i ett flervåningshus, vilket bidrar till hög fläktenergi per m^2 golvyta.

I husdel A kan någon radiatortyp inte från energisynpunkt förordas framför den andra. En nackdel med här installerad elradiatortyp har varit dess höga ytemperatur som lett till att den försetts med beröringsskydd.

Energianvändningen för uppvärmning och ventilation för de 4 alternativen varierar mellan 90 och 110 kWh/m^2 , vilket motsvarar 320 till 400 MWh per år för hela sjukhemmet. Hälften av energin används då i vård delen och hälften i försörjningsdelen. Med bättre reglersystem skulle energianvändningen för uppvärmning sannolikt kunna reduceras med ytterligare 10 %.



Bild 7 Datorrum med datateknisk utrustning

5. VATTEN

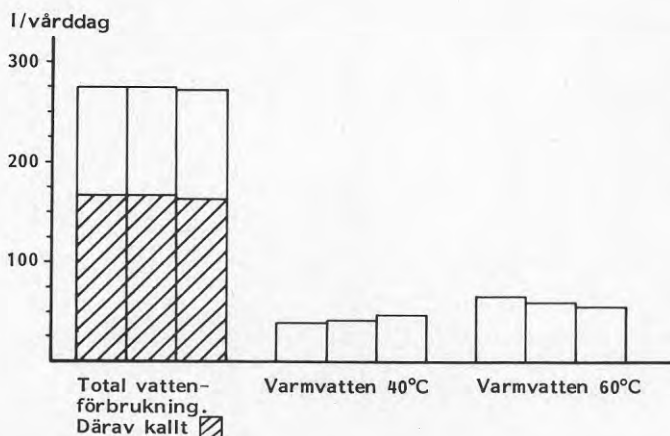
I sjukhemmet distribueras tappvatten med tre olika temperaturer:

- o Kallvatten - KV
- o Varmvatten 40 °C - VV40
- o Varmvatten 60 °C - VV60

Redovisningen gäller för samma tre jämförelseår som definierats i kapitel 4.

5.1 Vattenförbrukning

Mätning av vattenflöden är osäkrare och resulterar i större felmarginal än mätning av temperaturer. Vattenmätare för varmvatten (till rimlig kostnad) har en felvisning på mellan 2 och 10 % beroende på aktuellt flöde i förhållande till mätarens kapacitet. Varje varmvattenledning har en återledning till en cirkulationspump så att en konstant temperaturhållning erhålls. Förbrukningen av varmvatten har uppmätts som skillnaden mellan in- och utgående flöde i cirkulationskretsarna. Förbrukningen utgörs därmed av skillnaden mellan två stora tal, mätta med en noggrannhet av $\pm 2-10\%$. De värden för varmvatten som redovisas kan ändå anses som goda approximationer.



Figur 5.1 Total kall- och varmvattenförbrukning, 1981 - 82 - 83

- o Medelförbrukningen per vårddag för de tre mätåren har varit lika, 270 liter.
- o Fördelningen mellan kallt och varmt vatten har under samma tid varit 60/40.

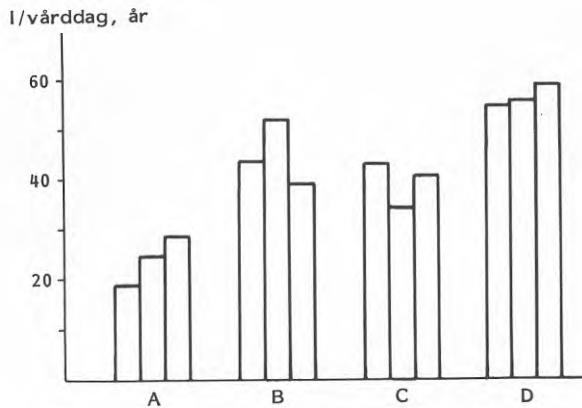
- o Förbrukningen av VV40 har ökat med 20 % medan VV60 har minskat 10 %.
- o I vård delen förbrukas 50 % av kallvattnet, 50 % av VV40 och 40 % av VV60.

5.1.1 Kallvatten

Kallvatten används i toaletter, handfat, duschar, diskbänkar, spoldesinfektorer m m. Den totala förbrukningen är 8 m³ per dygn, dvs 165 liter per vård dag. Förbrukningen kan delas upp på 4 ungefär lika stora ändamål:

- o Vård delen (allmänt)
- o Vård delen (spoldesinfektorer)
- o G1 (inkl tvättmaskin)
- o G2 (inkl diskmaskin).

I vård delen har olika tvättställsblandare provats i varje husdel samt snålspolande toaletter i C. Förbrukningen av kallvatten redovisas i figur 5.2.



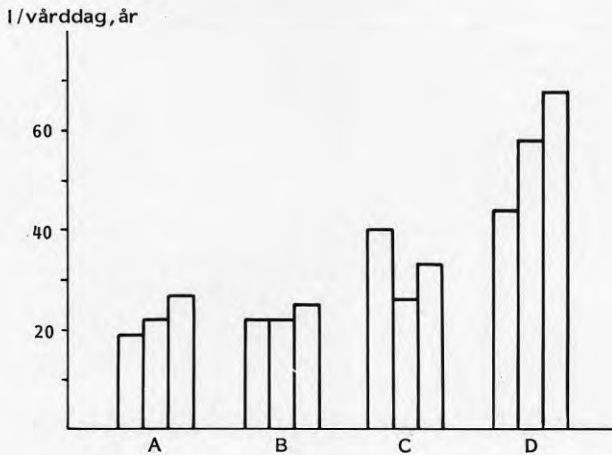
Figur 5.2 Kallvattenförbrukning i husdel A-D, 1981 - 82 - 83

Den skillnad i utrustning som förekommit har inte resulterat i någon påvisbar skillnad i vattenförbrukning. Att det förbrukas dubbelt så mycket kallvatten i D som i A förklaras bl a av att det i D's förbrukning ingår ett avdelningskök. Med ett så litet underlag, 12 patienter per husdel, inverkar patienternas beteende alltför mycket för att eventuella skillnader i förbrukning mellan olika blandare skall kunna kvantifieras. Det har därför ej varit möjligt att dra några slutsatser om de olika blandarnas vattenbesparing.

De läckage som alltid uppträder i alla anläggningar, t ex rinnande toaletter, har här kunnat upptäckas och åtgärdas inom ett par dagar. Ändå har ca 500 m³/år, motsvarande 10 liter per vård dag, förlorats genom läckage i främst toalettstolar och spoldesinfektorer. Dessa läckage uppgår till 6 % av den totala kallvattenförbrukningen.

5.1.2 Varmvatten 40 °C

Varmvatten 40 °C distribueras i en separat krets för handfat, duschar och diskbänkar. Förbrukningen som till 80 % är koncentrerad till vård delen har ökat från 39 till 47 liter per vård dag under de tre mät-åren (2 m³ per dygn).



Figur 5.3 Varmvattenförbrukning 40 °C i husdel A-D, 1981 - 82 - 83

I A, B och C har det förbrukats ungefär lika mycket VV40. Förklaringen till att det förbrukats nästan dubbelt så mycket varmvatten i D ligger främst i avdelningskökets förbrukning.

Det är inte heller i detta fall möjligt att dra några slutsatser av blandarnas varmvattensnålhet.

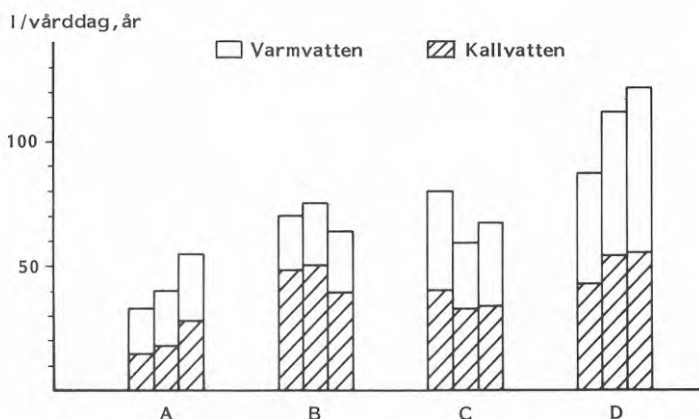
5.1.3 Varmvatten 60 °C

VV60 distribueras i en separat krets till spoldesinfektorer, städ- och tvättstuga samt kök. Förbrukningen är störst för köket, 50 %, följt av spoldesinfektorerna, 35 %. Totalt har förbrukningen minskat från 66 till 58 liter per vård dag (3 m³ per dygn).

En orsak till att förbrukningen minskat är att flertalet spoldesinfektorer byggts om så att el- och vattenförbrukningen påtagligt reducerats. (Se kapitel 7.7).

5.1.4 Total vattenförbrukning i husdel A-D

Vattenförbrukningen i vårdflyglarna är som tidigare påpekats mer brukarberoende än armaturberoende. Under våren 1982 finjusterades flödet i tvättställsblandare till 0,05 l/s och i toalettstolar till 6 respektive 3 liter per spolning. Förbrukningen av kallt och varmt vatten redovisas i figur 5.4.



Figur 5.4 Kall- och varmvattenförbrukning i husdel A-D, 1981 - 82 - 83

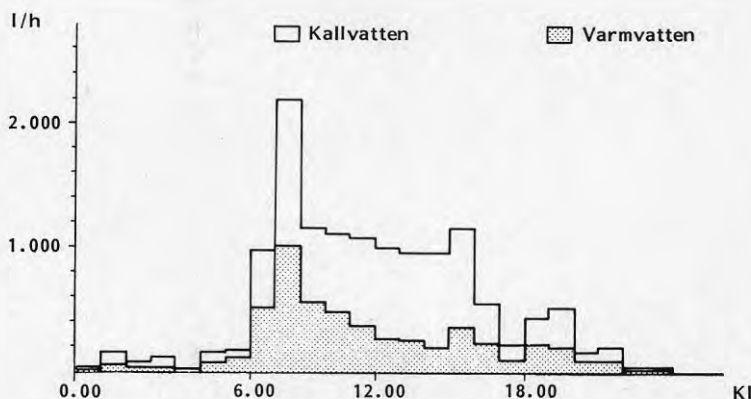
- A Vattenförbrukningen har ökat från 33 till 55 liter per vårddag. Förhållandet kallt/varmt vatten har varit ungefär 50/50 för alla tre åren. Under 1982 byttes blandarna både i handfat och duschar, vilket till viss del kan förklara ökningen.
- B Vattenförbrukningen har varit omkring 70 liter per vårddag varav 60-70 % kallt vatten.
- C Vattenförbrukningen har minskat från 80 till 70 liter per vårddag. Förhållandet mellan kallt och varmt vatten är, i likhet med A, 50/50 för alla tre åren.

D Vattenförbrukningen har ökat med 40 % från 87 till 122 liter per vård dag. Förhållandet mellan kallt och varmt vatten har varit 50/50. Även i D byttes blandarna under 1982, vilket till viss del kan förklara den ökade förbrukningen.

Någon jämförelse av blandarna från förbrukningssynpunkt har alltså ej kunnat göras. Däremot har erfarenheter gjorts av deras olika kvalitet och brukarvänlighet. (Se kapitel 5.4.) De blandarbyten som gjorts i A och D är en följd av att de ej fungerade tillfredsställande.

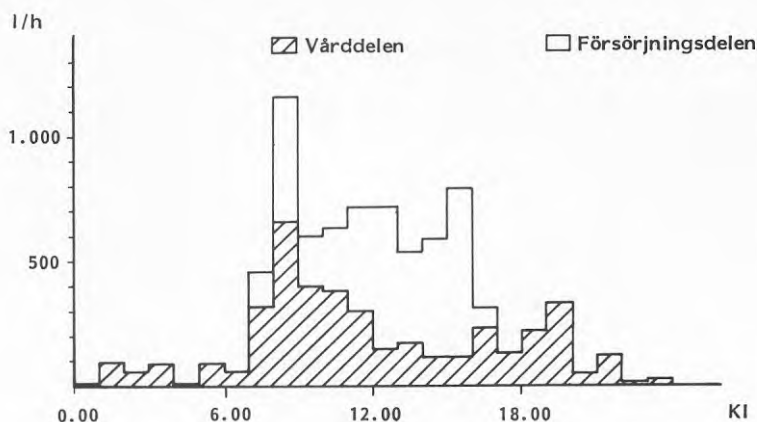
5.1.5 Timvärden

I figur 5.5 redovisas verklig förbrukning för ett normalt dygn baserat på timmedelvärden.



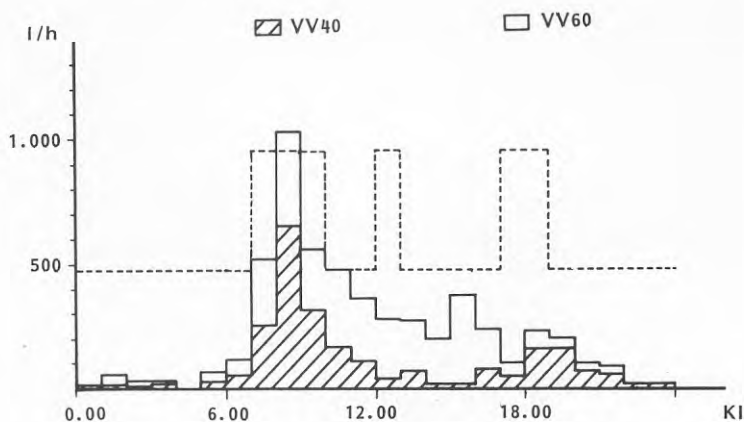
Figur 5.5 Total vattenförbrukning, normaldygn

Under natten förbrukas maximalt 200 liter per timme, varav omkring en tredjedel är varmvatten. Från 07 fram till 17 ligger huvuddelen av vattenförbrukningen, 800 till 1 200 liter per timme. Mellan 08 och 09 förbrukas mest vatten eftersom patienterna då tvättas och går på toaletten samtidigt som spoldesinfektorerna används flitigt.



Figur 5.6 Kallvattenförbrukning, normaldygn

Kallvattenförbrukningen sker till dominerande del mellan klockan 07 och 20 med en topp på morgonen mellan 08 och 09. På förmiddagen förbrukas merparten i vård delen och på eftermiddagen i försörjningsdelen.

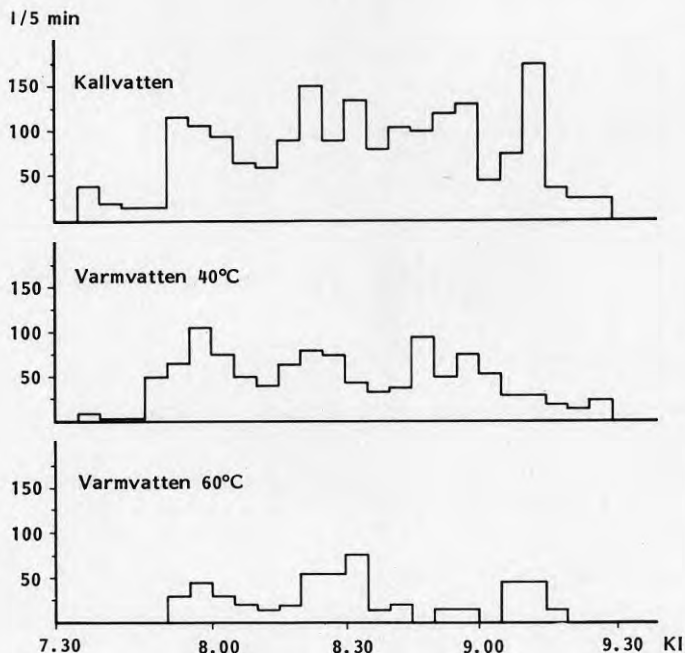


Figur 5.7 Varmvattenförbrukning, normaldygn

Vid projekteringen av sjukhemmet gjordes en uppskattning av tappvarmvattenförbrukningen under dygnet. Denna uppskattning (streckad linje) är för nästan hela dygnet avsevärt större än den verkliga förbrukningen. Per dygn uppskattades behovet till 300 liter per vård dag medan den faktiska förbrukningen endast varit 100 liter.

De kvalificerade gissningar som låg till grund för uppskattningen av varmvattenbehovet var tre gånger för höga. Detta har bl a lett till överdimensionering av vissa installationer.

Den högsta vattenförbrukningen förekommer på morgonen mellan 07.30 och 09.30. I figur 5.8 framgår förbrukningen av KV, VV40 och VV60 per 5 minuter under morgontimmarna.



Figur 5.8 Vattenflöde per 5 minuter, normaldygn

Utgående från denna vattenförbrukning diskuteras i 5.3 effektbehovet för uppvärmning.

5.1.6 Totalt

Nedan ges en sammanfattande tabell över vattenförbrukningen, 1981 - 82 - 83.

Liter per vårddag	A-D	Spolos	G1	G2	Övrigt	Totalt
o Kallvatten-81	40	53	32	40	2	167
-82	41	41	33	41	1	167
-83	41	42	36	41	2	162
o Varmvatten	31	-	1	6	1	39
40 °C	33	-	2	6	1	42
	38	-	2	5	2	47
o Varmvatten	-	24	4	35	5	66
60 °C	-	23	3	33	3	62
	-	20	4	32	2	58
o Totalt	71	77	36	81	8	272
	74	74	38	80	5	271
	79	69	42	78	6	267

5.2 Vattentemperaturer

I vattensystemen har temperaturer registrerats på ca tio punkter för att bli underlag för energibalanser. Det inkommande kallvattnet har vintertid haft en temperatur av ca 4 °C och sommartid ca 13 °C. Nedan anges vissa årsmedeltemperaturer i vattensystemen.

Temperaturer °C	1981	1982	1983
o Kallvatten	8,3	8,5	8,4
o Förvämt d:o	23,6	22,4	21,6
o Varmvatten, 40 °C	46,5	45,1	42,4
o Varmvatten, 60 °C	63,7	64,0	65,2
o Spillvatten	27,7	26,9	26,8

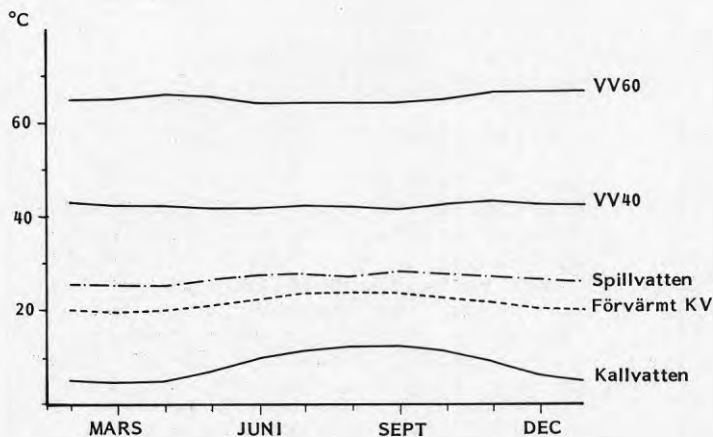
Inkommande kallvatten har värmes ut med spillvattnet och då värmts upp ca 14 °C, från 8 till 22 °C. Sista mätåret har det förvämda vattnets temperatur minskat 2 grader i jämförelse med första året till följd av lägre energiinnehåll i spillvattnet. Se kap 7.4.

Efter uppvärmning i spillvattenvärmes utlaren leds huvuddelen av det förvämda vattnet till tre ackumulatörer. Vattnet värms sedan ytterligare ett steg med sol- och/eller fjärrvärme innan det slutuppvärms till tappvarmvatten.

Varmvattenkretsarnas temperaturer har varit några grader över 40 respektive 60 °C. VV40-kretsens temperatur har sänkts några grader efter byte av viss utrustning och injustering. Några blandare läckte in kallvatten i tappvarmvattnet och sänkte därmed den maximala temperaturen till i värsta fall 30 °C. VV60-kretsens medeltemperatur har höjts något efter det att temperaturhållningen förbättrats sommartid. De första två somrarna orsakade reglersystemet i kombination med låg framledningstemperatur på fjärrvärmen att temperaturen tidvis underskred 60 °C.

5.2.1 Vattentemperaturer under 1983

Under det sista mätåret har vattentemperaturernas månadsmedelvärden varierat enligt fig 5.9.



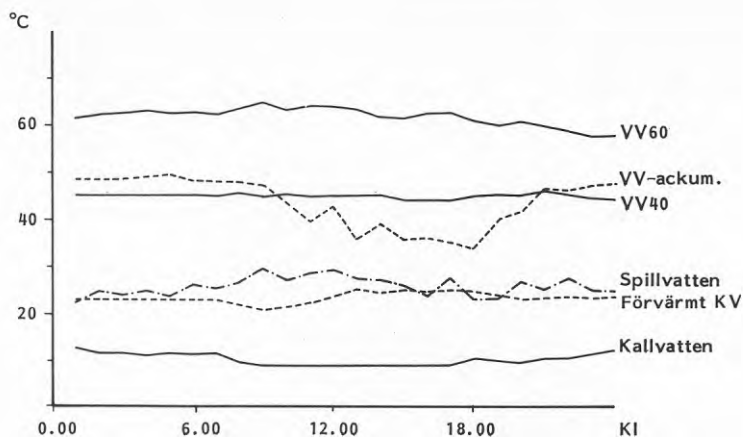
Figur 5.9 Vattentemperaturer 1983

Kallvattnets temperatur har varierat mellan 4 och 13 °C medan det förvärmdas temperatur bara varierat mellan 19 och 24 °C.

Spillvattnets temperatur varierade inte så mycket över året utan mer över dygnet. I augusti sjönk temperaturen med 1,5 °C till följd av en läckande toalett.

5.2.2 Vattentemperaturer under ett dygn

På motsvarande sätt som för vattenförbrukningen redovisas temperaturerna för ett dygn (821117).



Figur 5.10 Vattentemperaturer, normaldygn

Under perioder med låg vattenförbrukning värms kallvattnet ett par grader i kulverten. Under perioder med frekvent tappning ligger kallvattnets temperatur vid 9 °C. Efter spillvattenvärmeväxlaren ligger temperaturen vid 23 °C under perioder med liten vattenförbrukning. På morgonen då varmvattenförbrukningen är som störst sjunker temperaturen till 20 °C. Efter ett par timmar stiger sedan temperaturen till 25 °C.

På morgonen är temperaturen i varmvattenackumulatörerna omkring 48 °C. Efter morgonens stora tappning sjunker temperaturen till omkring 35 °C eftersom de ej återvärms förrän klockan 18. Detta leder i sin tur till att VV60-kretsens temperatur sjunker något under 60 °C på eftermiddagen och kvällen.

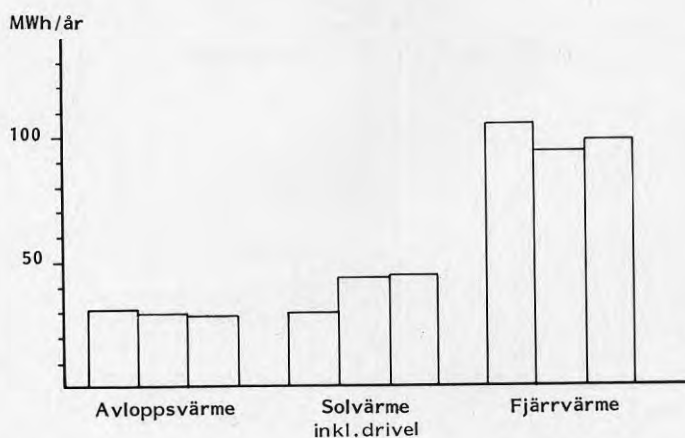
5.3 Uppvärmning av tappvarmvatten

Uppvärmning av vatten för respektive tappvarmvattens krets sker i tre steg:

- o Avloppsvärme
- o Solvärme
- o Fjärrvärme

Till detta skall adderas drivenergi för cirkulationspumpar samt för lokal slutuppvärmning med el i spol-desinfektorer, disk- och tvättmaskin.

5.3.1 Tillförd energi



Figur 5.11 Energianvändning för uppvärmning av varmvatten, 1981 - 82 - 83

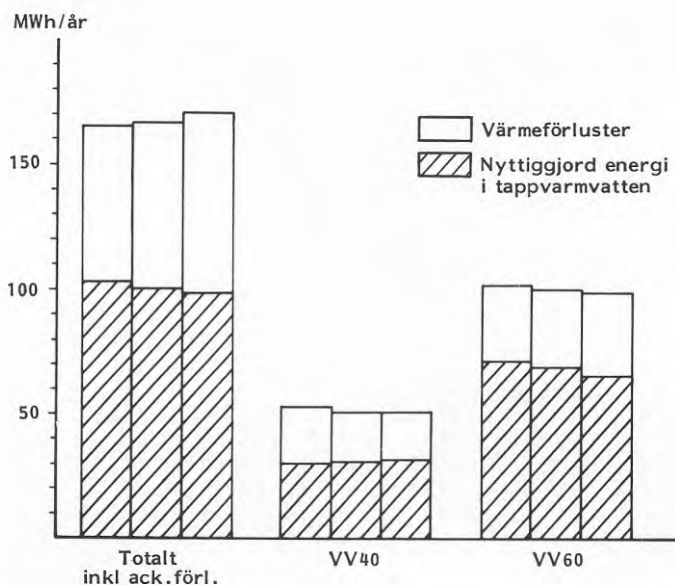
Totalt används ca 170 MWh/år för beredning av tappvarmvatten, vilket motsvarar 10 kWh per vårdag. Härtill kommer el för cirkulationspumpar och lokal slutuppvärmning.

Energitillskotten från spillvatten och sol var sista mätåret vardera omkring 30 MWh och fyllde därmed ca 40 % av energibehovet. Avloppsvärmen har minskat något under mätperioden till följd av lägre energiinnehåll i spillvattnet (kapitel 7.4). Infångad solvärme har ökat sedan systemet byggts om och injusterats (kapitel 7.5). Utöver sol- och avloppsvärme används årligen inemot 100 MWh fjärrvärme samt 14 MWh drivel för varmepumpen i solvärmeanläggningen.

Förutom primär uppvärmningsenergi används 8 MWh el för pumpar och 5 MWh el för tillsatsvärme i spol-desinfektorer. Dessutom slutvärms vatten i tvätt- och diskmaskinerna med el, uppskattningsvis 15 MWh per år.

5.3.2 Använd energi

Av den tillförda energin på omkring 200 MWh/år används 170 MWh för central uppvärmning av tappvarmvatten. Det motsvarar den energi som tillförts från avlopps-, sol- och fjärrvärme.



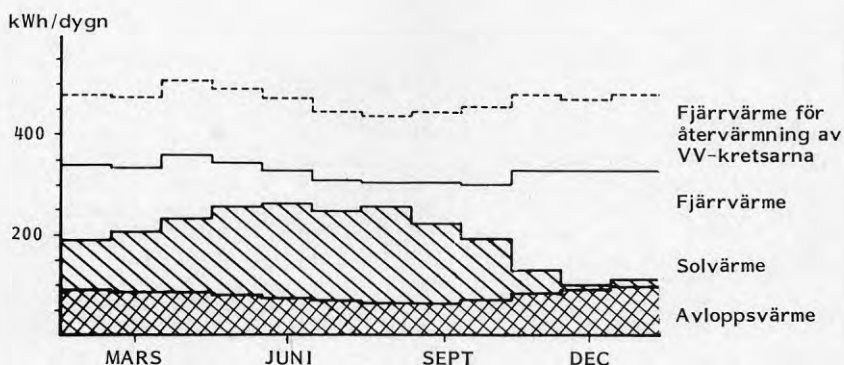
Figur 5.12 Primärt tillförd energi samt värmeförluster, 1981 - 82 - 83

Av tillförd 170 MWh/år erfordras endast 60 % till förbrukning av tappvarmvatten. Resterande hela 40 % av den tillförda energin utgörs av värmeförluster till kulvert och apparatrum etc. Av dessa förluster på 70 MWh per år kommer 50 MWh från de två VV-kretsarna och 20 MWh från ackumulatorer och annan utrustning. De totala förlusterna har ökat från 60 till 70 MWh som en följd av högre temperatur i ackumulatorerna.

VV40-kretsen tillförs omkring 50 MWh per år varav 40 % för att kompensera för värmeförluster. I VV60-kretsen är motsvarande 100 MWh per år respektive 30 %.

5.3.3 Energi för varmvattenuppvärmning 1983

Med avloppsvärme förvärms vattnet med energi motsvarande 60 till 100 kWh/dygn. Återvinningen är lägst i augusti-september då kallvattnets temperatur är högst. Med solvärme tillförs ytterligare maximalt 200 kWh/dygn så att energitillskottet från sol och spillvatten sammanlagt utgör 100 till 260 kWh/dygn. Resterande energibehov tillförs med fjärrvärme; 50-120 kWh/dygn för primär uppvärmning samt ytterligare 130-160 kWh/dygn som kompensation för värmeförluster.

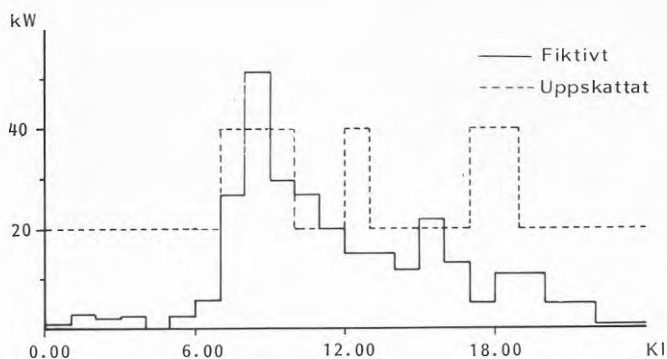


Figur 5.13 Tillförd energi för uppvärmning av varmvatten 1983

Från maj till och med september står sol- och avloppsvärme för mer än 75 % av den primärt tillförda energin för uppvärmning av tappvarmvatten (dvs exkl distribution och förluster). Under de tre "sämsta" månaderna november-januari utgör sol- och avloppsvärmen ändå 30-35 %.

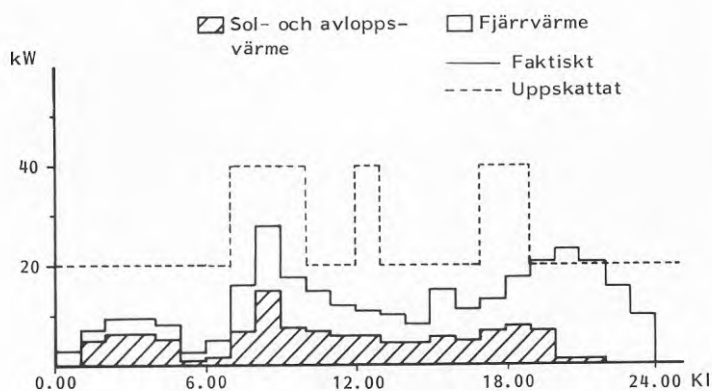
5.3.4 Effekt för varmvattenuppvärmning

För redovisning av effekten under ett dygn väljs samma dygn som tidigare (821117). I figur 5.14 anges dels det effektbehov som motsvaras av den uppskattning av tappvarmvattenförbrukning som gjordes vid projekteringen, dels det fiktiva behovet ett normalt dygn baserat på faktisk varmvattenförbrukning. Effektbehovet är beräknat för momentan uppvärmning av kallvatten till varmvatten (exkl värmeförluster).



Figur 5.14 Uppskattat och fiktivt effektbehov för uppvärmning av varmvatten

Det fiktiva, dvs beräknade, effektbehovet är större delen av dygnet avsevärt mindre än det uppskattade, främst beroende av att vattenförbrukningen är lägre än väntat. Uppskattat effektbehov och faktiskt tillförd effekt jämförs nedan för motsvarande period.



Figur 5.15 Uppskattat och faktiskt effektbehov för uppvärmning av varmvatten

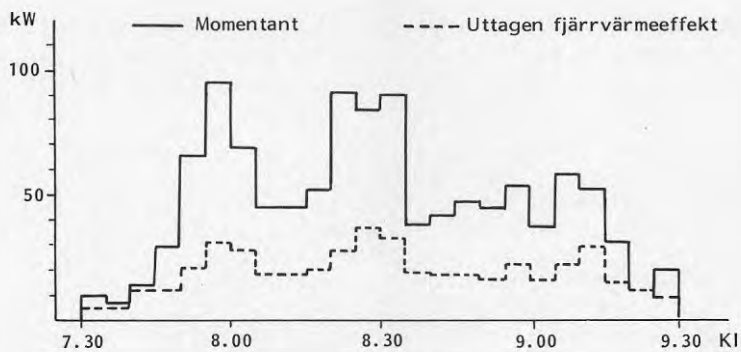
Den faktiska effekten är betydligt jämnare över dygnet än vad det "fiktiva behovet" var i föregående figur. Det högsta effektbehovet på över 50 kW möts med en faktisk tillförd effekt på 28 kW, varav 14 kW är fjärrvärme.

Skillnaden mellan fiktivt effektbehov och faktisk tillförd effekt, 22 kW, täcks med tidigare uppvärmt

vatten i ackumulatorerna. Från kl 19 återvärms ackumulatorerna, vilket förklarar att det tillförs värme även när det ej tappas varmvatten.

Utöver dessa effektbehov för primär uppvärmning finns ett effektbehov på ca 8 kW för återvärmning av tappvattnet i kretsarna för VV40 och VV60. För detta effektbehov, som ej kan täckas av sol- eller avloppsvärme såsom systemet är uppbyggt, används fjärrvärme.

Vid dimensionering av vårdanläggningar finns intresse för hur vatten- och uppvärmningsbehovet ser ut under kortare tidsintervaller.



Figur 5.16 Varmvattenvärmning; effektbehov och effektuttag per 5 minuter

Vid ett "momentant effektbehov" på upp till 100 kW, beräknat utifrån aktuell uppmätt varmvattenförbrukning, tillförs ändå bara omkring 30 kW fjärrvärme. Av de 70 kW som ytterligare behövs ger avloppsvärmeväxlaren 25 och ackumulatorerna 45 kW. Dessa installationer har alltså en stor nytta som effektbegränsare.

5.4 Slutsatser

I sjukhemmet förbrukas 270 liter vatten per vård dag, vilket skall jämföras med ett genomsnitt på 800 liter i landstingets vårdbyggnader. Den låga vattenförbrukningen är främst en följd av genomtänkt utrustning.

Omkring 40 % av det vatten som förbrukas är tappvarmvatten. För uppvärmning används 170 MWh per år varav hela 40 % förloras till byggnaden som värme. Genom att slopa VV40-kretsen och minska temperaturen till 50 °C i VV60-kretsen och där så erfordras slutvärma med el kan dessa förluster reduceras påtagligt.

I varmvattensystemen används totalt omkring 200 MWh per år, varav 30 MWh är el för pumpar och för tillsatsvärme i spoldesinfektorer, tvätt- och diskmaskiner. Omräknat blir totala vattenkostnaden, inklusive 10 kWh per vård dag för uppvärmning, ungefär 5 kr per vård dag.

I sjukhemmets vård del används 25 % av totala kallvattnet och 85 % av det 40-gradiga varmvattnet, 40 liter per vård dag kallt respektive varmt vatten. Med bara 12 patienter per vård flygel har det ej varit möjligt att skilja ut någon blandare som mer vattensnål än övriga. I sjukhemmet installerades ursprungligen fyra olika tvättställsblandare, en för varje vård flygel. Tre av dessa var av sk ettgreppstyp och den fjärde en handikappanpassad tvågreppare. Två av ettgreppsblandarna har senare bytts ut. Den ena beroende på att den "läckte" in kallvatten även vid fullt varmvattenpådrag, vilket resulterade i att varmvattnet endast höll ca 34-35 °C. Den andra, som i och för sig fungerade tekniskt, för att patienterna ansåg den vara svårhanterlig. Även på tvågreppsblandaren har det kommit klagomål. Städpersonalen anser t ex att den är jämförelsevis svår att hålla ren. Inga klagomål har framförts på det förhållandevis låga vattenflödet, 0,05 l/s, dvs halva normalflödet. Med tanke på bl a dessa erfarenheter rekommenderas blandare med följande egenskaper:

1. Ettgreppstyp
2. Ingen överläckning från kallt till varmt eller tvärtom får förekomma. (Detta är även väsentligt vid en ev framtida värmepumpinstallation.)
3. Begränsat maxflöde
4. Möjlighet till temperaturbegränsning, mekaniskt utan termostat

Det har ej heller varit möjligt att bedöma den vattenbesparing som de snålspolande toaletterna medfört. Efter de läckageproblem som förekom i början, som berodde på "skitigt" kallvatten, har de snålspolande fungerat lika bra som fullspolande toalettstolar.

Av kallvattenanvändningen, 170 liter per vårdag, har omkring 5 % eller nära 10 liter förlorats genom läckage i toalettstolar och spoldesinfektorer. Dessa läckage har vanligtvis upptäckts inom ett par dagar varefter de snarast åtgärdats. Utan den bevakning som mätsystemet här gett möjlighet till skulle läckagen inte upptäckts och åtgärdats lika snabbt, varför de förmodligen är betydligt större i normala fall.

Under projektets första år kontrollerades och justerades vattensystemet noga. Under detta arbete spårades ett flertal felaktigheter i komponenter och i systemet. Efter åtgärdande har vattensystemet fungerat som planerat. Ett exempel är de duschpaneler som installerats i avtvättningsrummen. I dessa läckte kallvatten över till varmvattenkretsen på grund av undermåliga backventiler, vilket ledde till att temperaturen sänktes samtidigt som mätning av vattenförbrukningen omintetgjordes. Andra problem som uppkom var bl a att vattnet vid störttappning gick "baklänges" i cirkulationsledningen varför mätningarna omöjliggjordes.

Efter ombyggnad av spoldesinfektorer har förbrukningen kunnat sänkas. Ombyggnaderna gav först inte alls de resultat som utlovats, t o m högre förbrukningar, vilket dock registrerades och kunde sedermera åtgärdas. Ombyggnader av spolos kräver att man lokalt kan kontrollera resultatet för att vara säker på förbättring. Efter en ombyggnad bör resultatet kontrolleras apparat för apparat.

En annan iakttagelse av stor betydelse är att 40 % av den energi som tillförs för uppvärmning av varmvatten går förlorad till byggnaden som värme. Under delar av året med uppvärmningsbehov kan dessa förluster nyttiggöras, men under resten av året är de en belastning. Uppskattningsvis 40 MWh kan ej nyttiggöras per år. Genom att sänka temperaturen till 50 °C minskas förlusterna samtidigt som värmepumpdrift underlättas.

Avloppsvärmeväxlaren och ackumulatorerna har radikalt begränsat effektbehovet för uppvärmning av tappvarmvattnet. Vid ett högsta "momentant effektbehov" av 100 kW, bräknat utifrån aktuell varmvattenförbrukning, tillförs ändå bara 30 kW fjärrvärme.

Det är också glädjande att kunna konstatera att hela 40 % av energianvändningen för uppvärmning av varmvatten täckts med "återvunnen" energi. Varken sol- eller avloppsvärmesystemen dimensionerades för optimal återvinning utan snarare att samla erfarenheter. Med de erfarenheter som gjorts bör det vara möjligt att konstruera system som ännu bättre passar denna typ av verksamhet.



Bild 8 Interiör från vårdrum

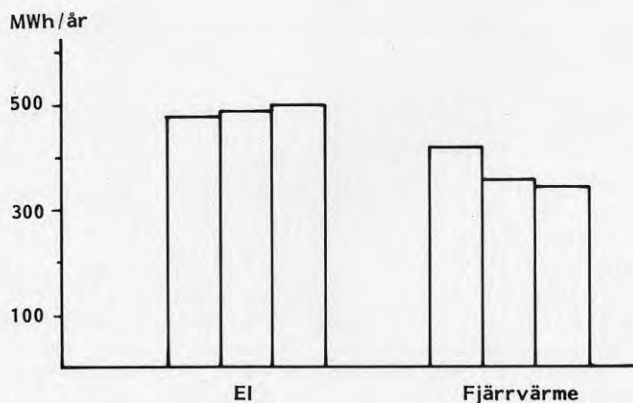


Bild 9 Midsommarfirande

6. EL OCH FJÄRRVÄRME

Sjukhemmet försörjes med el och fjärrvärme från kommunen. I kapitel 2.2 beskrivs för vilka ändamål el resp fjärrvärme används.

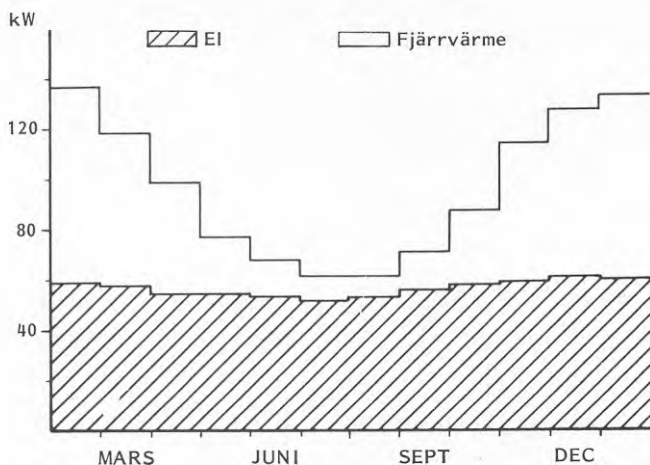
Under mätperiodens tre jämförelseår har användningen av el kontinuerligt ökat medan användningen av fjärrvärme minskat.



Figur 6.1 El och fjärrvärme totalt, 1981 - 82 - 83

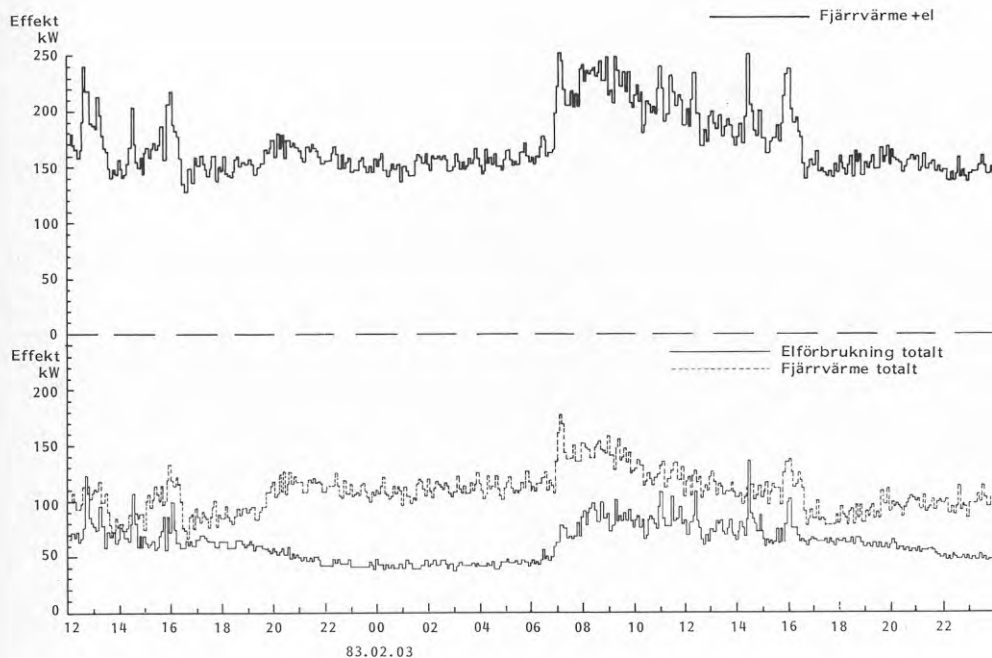
- o Sjukhemmet har primärt tillförts 845-900 MWh/år, vilket motsvarar 48 kWh per vård dag, 1983.
- o Elanvändningen uppgick 1983 till 495 MWh/år och har ökat med 4 % bl a till följd av att sjukhemmet blivit "inbott", dvs antalet apparater har ökat, främst i kök och vårdrum.
- o Användningen av fjärrvärme har minskat med 20 % och var för det tredje året 350 MWh. Minskningen är bl a en följd av att anläggningen injusterats och att solvärmens andel för uppvärmning av varmvatten ökat.
- o Förhållandet mellan el och fjärrvärme var i början 50/50 för att mot slutet bli 60/40.

Medeleffekten för el var relativt konstant över året, den varierade bara mellan 52 och 61 kW, motsvarande 25 till 30 kWh per vård dag. Medeleffekten för fjärrvärme däremot varierade avsevärt mer, mellan 10 och 80 kWh, motsvarande 5 till 40 kWh per vård dag.



Figur 6.2 Tillförd effekt, månadsmedelvärde, 1983

Medeleffekten per månad är enbart ett mått på energianvändningen och hur den varierar över året. För att bedöma effektbehov vid dimensionering av liknande anläggningar redovisas effektbehov per 5 minuter. Exemplet är taget från en och en halv februaridag, när utetemperaturen var $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, klockan 06.00.



Figur 6.3 Effektbehov under 5-minutersintervaller vid utetemperatur ca $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Den sammanlagda effekten av el och fjärrvärme är maximalt uppe i 240 kW under sex 5-minutersperioder. Den abonnerade effekten är nästan 2,5 gånger högre, 565 kW, 200 kW el resp 365 kW fjärrvärme. Vid dimensionering brukar 15 minuter vara en normal tidsenhet, vilket här ger en maximal sammanlagd effekt på 230 kW, dvs endast 40 % av abonnerad effekt.

Av stort intresse är de maximala effekterna för el och fjärrvärme.

Effekt, kW	5 minuter	15 minuter	60 minuter
El	135	105	90
Fjärrvärme	165	160	140

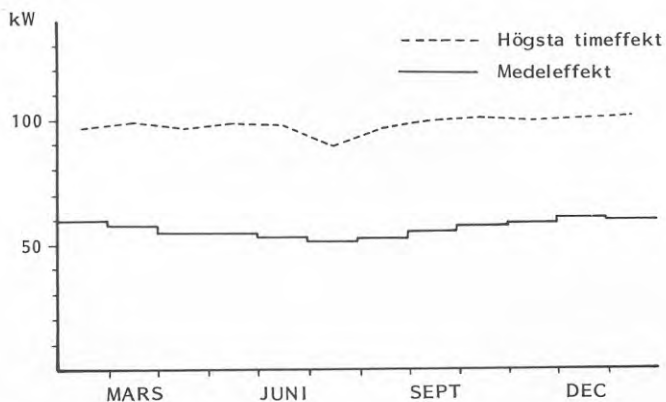
Under 36 timmar med en lägsta utetemperatur på $-21,7^{\circ}\text{C}$ var el- och fjärrvärmeeffekterna, per 15 minuter, maximalt 53 resp 44 % av de abonnerade effekterna. Maxtimeffekterna var ca 15 % lägre än effekterna per 15 minuter.



Bild 10 Märsta sjukhem en kall januaridag 1981

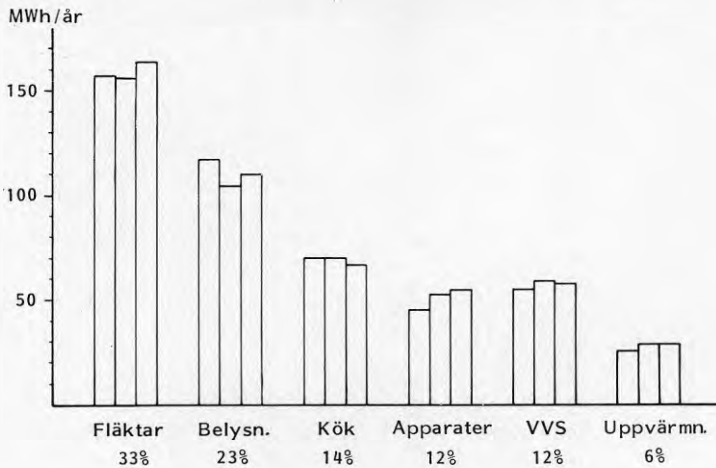
6.1 El

Under projekteringsarbetet bedömdes enligt gängse metod det maximala eleffektabonnemanget till 200 kW. Under de tre och ett halvt år som mätningarna har pågått är 105 kW den högsta timeffekt som registrerats. Utgående från redovisningen av eleffekten per 15 minuter ovan kan man anta att den dimensionerade effekten ej överstigit 130 kW eller 65 % av den abonnerade effekten. I figur 6.4 visas medeleffekten och högsta timeffekten per månad för 1983.



Figur 6.4 Medeleffekt och högsta timeffekt per månad för el under 1983

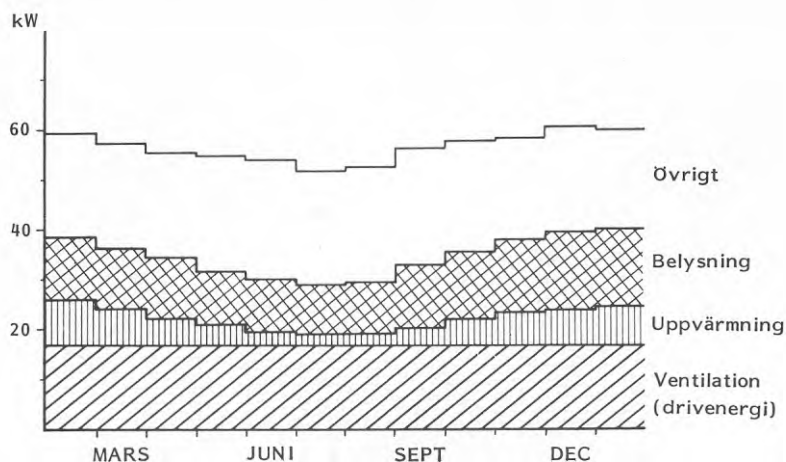
Oberoende av månad på året (utom juli) ligger den högsta timeffekten vid ca 100 kW. Över huvud taget är utnyttjandet av el mycket jämnt fördelat över året.



Figur 6.5 Användning av el till olika ändamål, 1981 - 82 - 83

- o 160 MWh/år används för drift av fläktar, dvs 33 % av all el.
- o Fläktars och elvärmens elbehov är sammanlagt 40 %, vilket tillsammans med el för VVS innebär att hälften av all el används för uppvärmning och ventilation.
- o El för uppvärmning och ventilation har ökat under de tre åren som följd av att övrig värmetillförsel minskat.
- o 110 MWh/år används för belysning, dvs 23 %. Det minskade behovet är främst en följd av effektivare tidsstyrning m m.
- o Den resterande fjärdedelen används för köksutrustning, spoldesinfektorer och övriga apparater anslutna till vägguttag. Energianvändningen har ökat eftersom antalet apparater blivit fler.

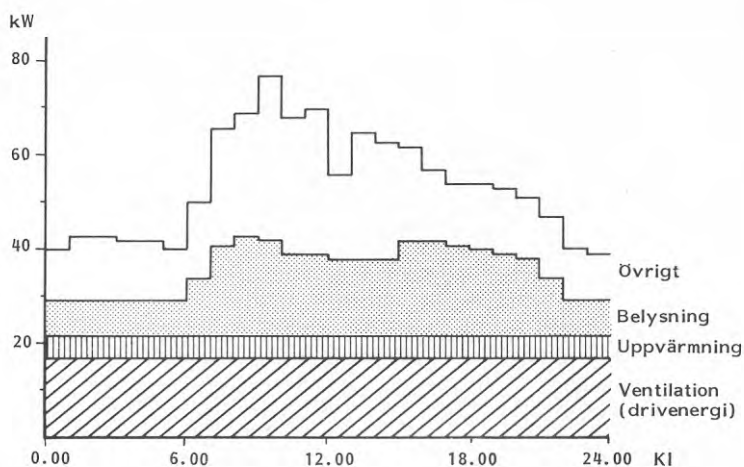
Under det sista mätåret har månadsmedeleffekterna förändrats för de olika ändamålen enligt figur 6.6.



Figur 6.6 Elanvändningen uppdelad på fyra ändamål, 1983

El för ventilation, dvs drivenergi till fläktar, var konstant över året med ca 10 kWh/vårddag. Belysningen hade lägst energibehov i juli med 5 och högst i december med 8 kWh/vårddag. Övrig elanvändning uppgick till drygt 10 kWh/vårddag.

Samma uppdelning av elanvändningen som gjorts för hela 1983 redovisas i figur 6.7 för ett normaldygn (821128).



Figur 6.7 Elanvändningen uppdelad på fyra ändamål under ett normaldygn

Effektbehovet för uppvärmning och ventilation var konstant under hela dygnet. Belysningseffekten varierade däremot från 7 kW nattetid (22-06) till nästan 20 kW på förmiddagen och kvällen. Övrig el har en effekt av ca 10 kW nattetid och maximalt 35 kW under dagen.

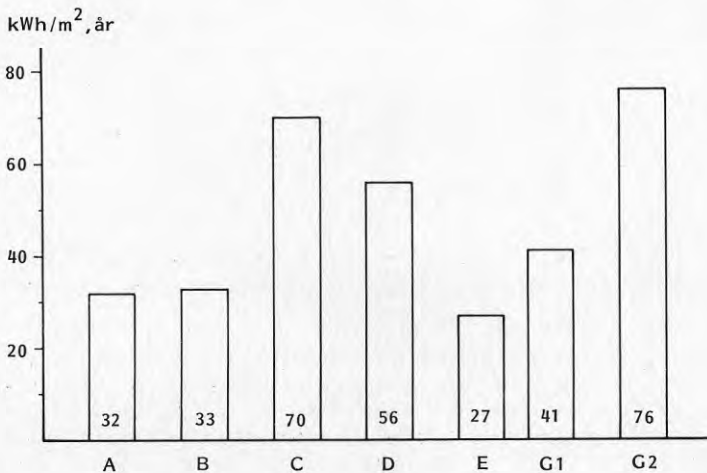
6.1.1 Ventilation

För drift av fläktmotorer i sju fläktrum har använts ca 160 MWh/år, vilket utgör 33 % av all elanvändning. Eftersom fläktarna går dygnet runt innebär det att deras effekt utgör en baslast av 18-19 kW.

Fläktenergin kan också anges som genomsnittligt 45 kWh/m² lokalyta. I figur 6.8 anges energianvändningen/m² för de sju olika husdelarna.

Fläktenergin är hög i C, D och G2. Elbehovet i D borde kunna sänkas till samma nivå som för B. I köksdelen är elbehovet stort till följd av en ökning i efterhand av luftflödet. För C gäller att systemlösningen ej är särskilt lämpad för enplansbyggnader eftersom den där ger ett stort elbehov per ytenhet.

Vid en korrekt projektering av ett nytt Märsta uppskattas att elbehovet för fläktar kan begränsas till 110 MWh/år, dvs 30 kWh/m² lokalyta. Baslasten skulle kunna sänkas med 30 % till 12 kW.



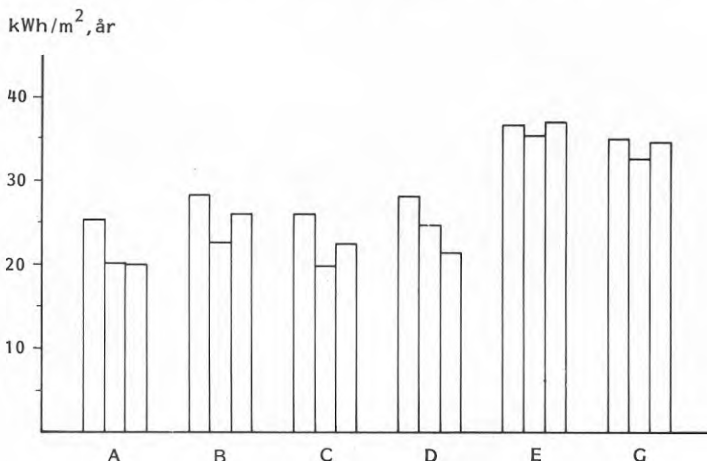
Figur 6.8 Elenergi för fläktdrift per husdel 1983

6.1.2 Belysning

Belysning är det ändamål som förbrukar näst mest el, 110-115 MWh/år, 30 kWh/m² lokalyta.

Den minskning som skett från första till andra året, 118 till 105 MWh, är en följd av att personalen delvis kopplade bort automatiken och i stället styrde belysningen manuellt. Då minskade samtidigt klagomålen om huvudvärk som påstods orsakas av för stark belysning. Under den mörkaste delen av året har totala effektbehovet minskat från 17 till 15 kW. Under den ljusa perioden har motsvarande minskning varit från 11 till 10 kW.

Ökningen av el för belysning under sista mätåret kan till viss del förklaras av en mycket solfattig vår.

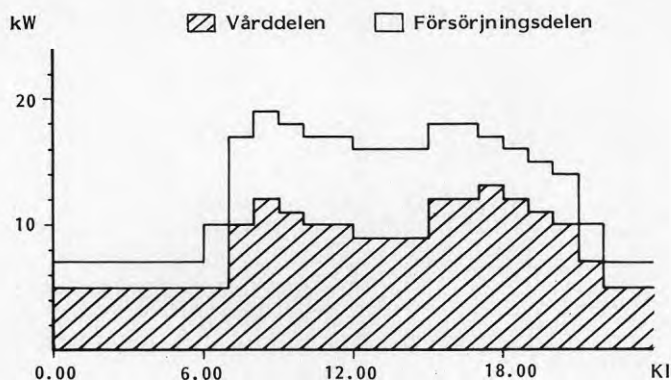


Figur 6.9 Belysningsel per husdel, 1981 - 82 - 83

Av den totala belysningsenergin används omkring 65 % i vård delen och 30 % i försörjningsdelen. Resterande används i kulvert, på vindar och externt.

En uppdelning av belysningsanvändningen på de olika husdelarna visar att den är större (i kWh/m²) i E och G än i vårdflyglarna. Förändringarna i vårdflyglarna emellan från andra till tredje året förklaras bl a av en personalrotering i februari. Personalen som arbetar i vårdlag har tagit med sig sitt beteende, vilket bl a påverkar belysningsanvändningen.

Uppskattningsvis 70 % av belysningsanvändningen föreligger under perioder med uppvärmningsbehov. Det innebär i sin tur att 15-20 kWh/m² nyttiggörs som värme i lokalerna, vilket skall jämföras med den primära energianvändningen för uppvärmning, genomsnittligt 35 kWh/m²,år.



Figur 6.10 Belysning, effekt under ett normaldygn

I vårdflyglarnas mättrum har belysningstiderna registrerats för de fyra armaturerna:

- o Takbelysning
- o Miljöbelysning
- o Sängbelysning
- o Spegelbelysning

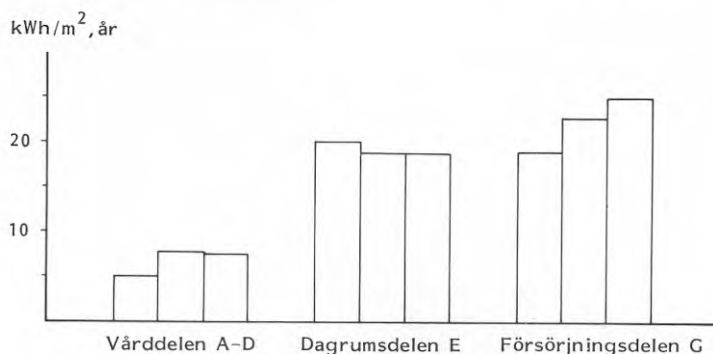
Den armatur som användes mest var miljöbelysningen som utgörs av en nedsänkt armatur över ett bord vid fönstret. Den är tänd upp till 6 timmar per dygn under de mörkaste vintermånaderna. Spegelarmaturen används ca 3 timmar och rondbelysningen i tak bara 10 till 20 minuter per dygn.

6.1.3 Elvärme

För hela sjukhemmet används endast ca 30 MWh/år för eluppvärmning. Under de tre år som mätningarna pågått har den ökat 10-15 %, när övrig energitillförsel för uppvärmning minskat. Hälften av elvärmens gick till elradiatorer i husdel A. I B, C, D och G finns elkonvektorer i anslutning till vissa tilluftdon, vilka tillförts den andra hälften, dvs ca 15 MWh per år. Det högsta effektbehovet för elvärme har ej överstigit 10 kW under någon timme för hela mätperioden.

6.1.4 Övrig el

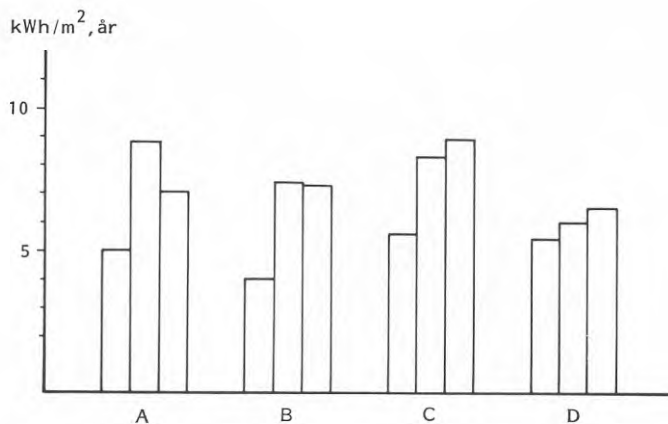
Hit räknas all apparatur ansluten till vägguttag, dvs ej spoldesinfektorer. I figur 6.11 anges energianvändningen för s k övrig el.



Figur 6.11 Användning av övrig el, dvs apparater, 1981 - 82 - 83

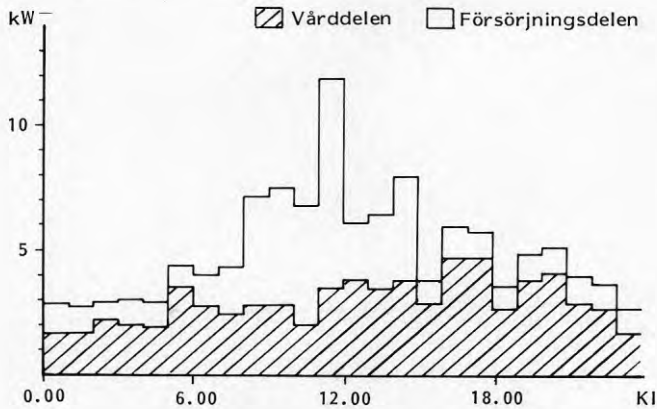
Som tidigare påpekats har elenergianvändningen ökat eftersom sjukhemmet försetts med allt fler apparater, framför allt i försörjningsdelen.

För de fyra vårdflyglarna kan en jämförelse göras som visar hur brukarnas beteende påverkar energianvändningen.



Figur 6.12 Användning av övrig el i vård delen A-D, 1981 - 82 - 83

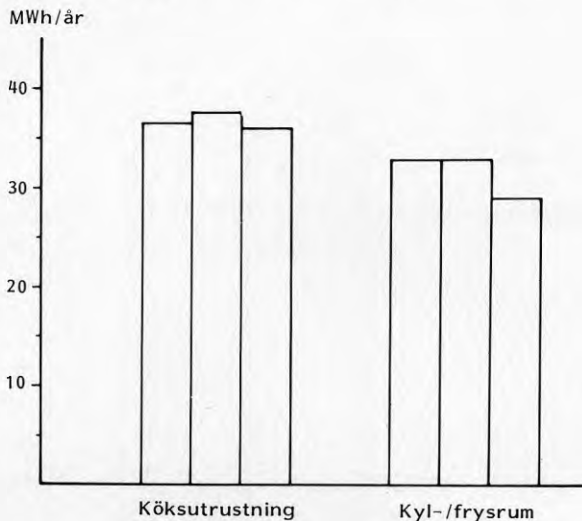
Första året tillfördes genomsnittligt 5 kWh/m² till vårdflyglarna. Efter det att sjukhemmet "botts in" steg energianvändningen till mellan 7 och 9 kWh/m² samtidigt som skillnaderna mellan flyglarna minskade. Tidvis användes t ex torkskåpen för att värma upp duschrummen.



Figur 6.13 Elanvändning för apparater ett normaldygn, 1981 - 82 - 83

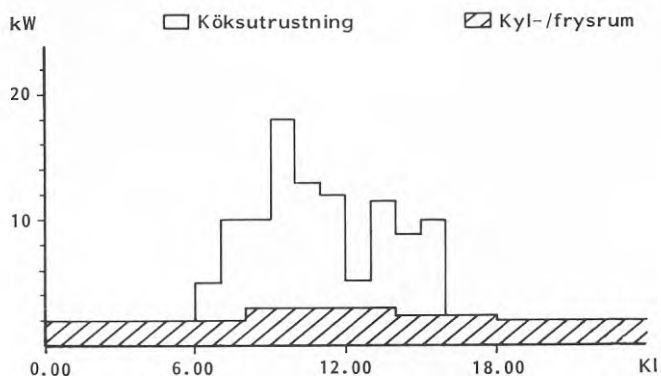
6.1.5 Kök

Förutom den el som används för apparater anslutna till vanliga vägguttag har den el registrerats som använts för kyl- och frysrum samt för övrig specifik köksutrustning.



Figur 6.14 Elanvändning för särskild köksutrustning, 1981 - 82 - 83

För köksutrustningen används ca 37 MWh/år och för kyl- och frysrum 33 MWh/år. Minskningen det tredje året är orsakad av att 2 kylutrymmen var avstängda för reparation under 2 månader.

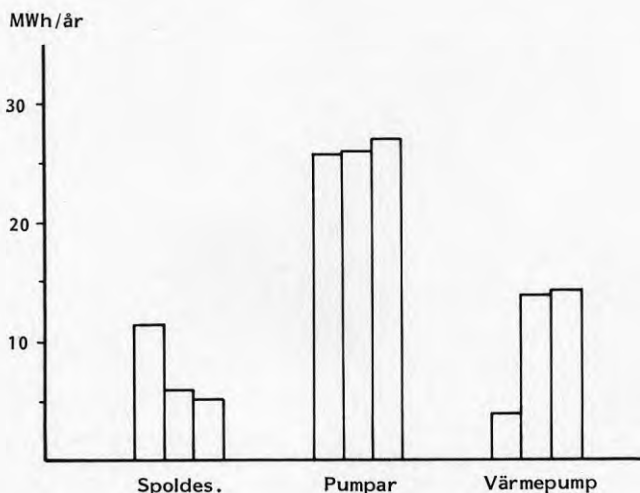


Figur 6.15 Elanvändning i kök ett normaldygn

Effektbehovet för kyl- och frysrum är relativt konstant över dygnet, 2 till 3 kW. För köksutrustningen är situationen helt annorlunda. Där används utrustningen vanligtvis enbart mellan 06.30 och 16.00. Effektbehovet varierar mycket från timme till timme och inte minst under varje timme. Detta beror naturligtvis av att viss utrustning med hög effekt bara används intermittent.

6.1.6 VVS

För drift av pumpar, värmepump, uppvärmning av vatten/ generering av ånga i spoldesinfektorer m m används el för "VVS". Energianvändningen för de tre mätåren redovisas i figur 6.16.



Figur 6.16 Elanvändning för viss VVS-apparatur, 1981 - 82 - 83

Användningen av el för spoldesinfektorer har mer än halverats efter de ombyggnader till lokal ånggenerering som gjorts. Användningen uppgår efter ombyggnad till 0,3 kWh per vård dag (kap 7.7).

För drift av pumpar används ca 26 MWh/år varav 25 % till uppvärmning och ventilation, 25 % till tappvarmvattensystemet och 50 % till solvärmesystemet (kap 7.6).

Till solvärmesystemet hör också en värmepump vars energibehov efter ombyggnad ökat till 14 MWh/år (kap 7.5).

6.1.7 El totalt

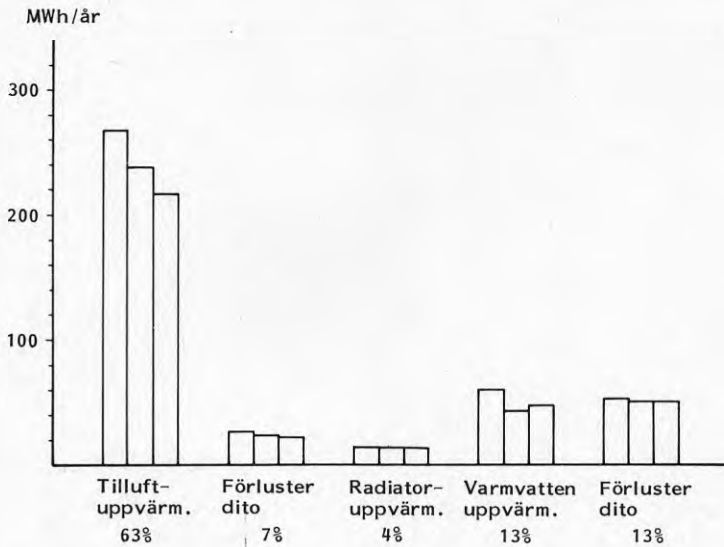
En sammanfattning av elenergianvändningen redovisas i följande tabell.

Elanvändning MWh/år 1981 - 82 - 83	Vårddel	Försörj- ningsdel	Totalt
Fläktel	111	46	157
	109	47	156
	105	59	164
Belysning	78	39	117
	68	37	105
	70	40	110
Elvärme	22	4	26
	22	7	29
	20	9	29
Övrig el	25	20	45
	29	24	53
	29	26	55
Spoldesinfektorer	12	-	12
	6	-	6
	5	-	5
Kök, kyl- o frysrum	-	70	70
	-	71	71
	-	67	67
VVS			45
			53
			52
Totalt			480
			488
			495

I totalsumman ingår vissa smärre förbrukare, t ex mätdatautrustningen, som ej finns medräknade i specificeringen.

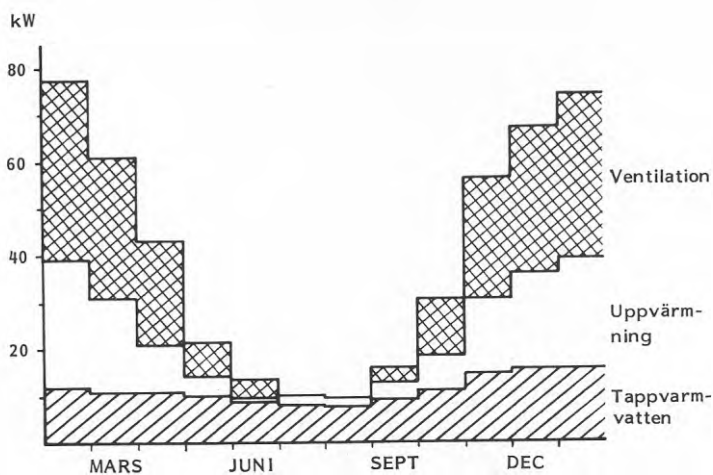
6.2 Fjärrvärme

Under projekteringen bedömdes enligt gängse tillämpade regler det maximala effektbehovet till 365 kW. Under de tre och ett halvt år som mätningarna pågått är 157 kW den högsta timeffekt som registrerats. I början av detta kapitel visas att den dimensionerande effekten per 15 minuter vanligtvis är 15 % högre än timeffekten. Det innebär att högsta 15-minuterseffekt förmodligen ej överstigit 180 kW, dvs 50 % av den abonnerade effekten.

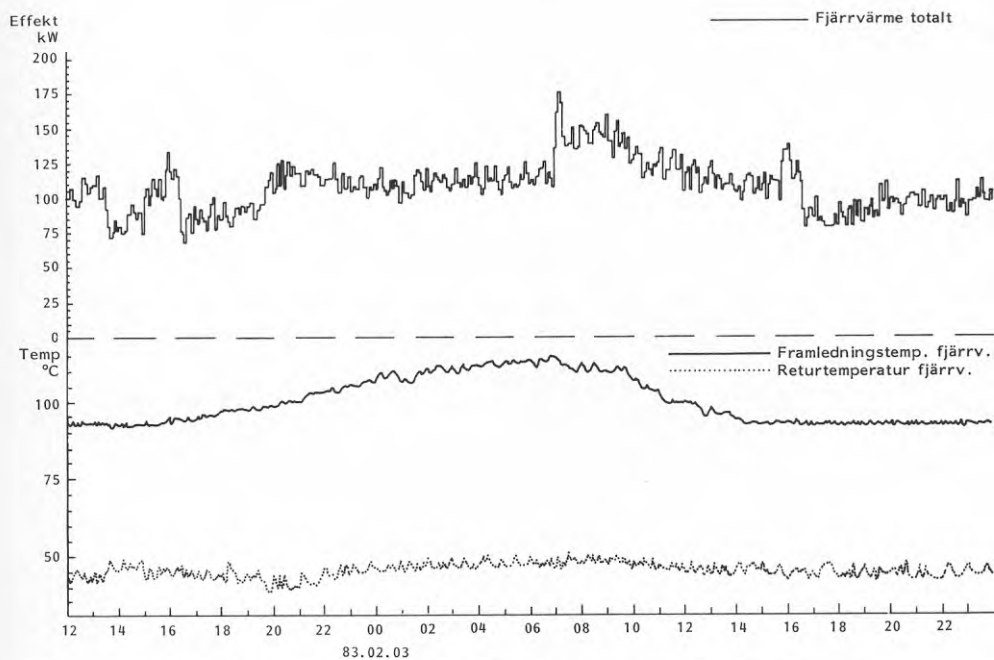


Figur 6.17 Fjärrvärmeanvändning för olika ändamål samt distributionsförluster, 1981 - 82 -83

- o 74 % används för uppvärmning och ventilation. Under de tre mätåren har energianvändningen minskat med 20 % efter injustering av systemen.
- o Av det sista årets energibehov för uppvärmning och ventilation på 240 MWh utgör 20 MWh eller 8 % värmeförluster från bl a rörledningar utanför klimatskärmen.
- o För uppvärmning av varmvatten används ca 100 MWh/år. Genom att solvärmeutnyttjandet ökat under de tre åren har total fjärrvärmeenergi reducerats med 14 %.



Figur 6.18 Fjärrvärme uppdelad på tappvarmvatten, uppvärmning och ventilation, månadsmedelvärden, 1983



Figur 6.19 Fjärrvärmeeffekt under ett dygn med utetemperatur ned till -20 °C

Under ett av de kallaste dygnen, 1983-02-03, med en lägsta nattemperatur på $-21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, varierade fjärrvärmeeffekten per 5 minuter mellan 65 och 165 kW. Den främsta orsaken till att det skedde en markant höjning mellan klockan 07.00 och 17.00 var att köksventilationen ställs om från återluft till friskluft.

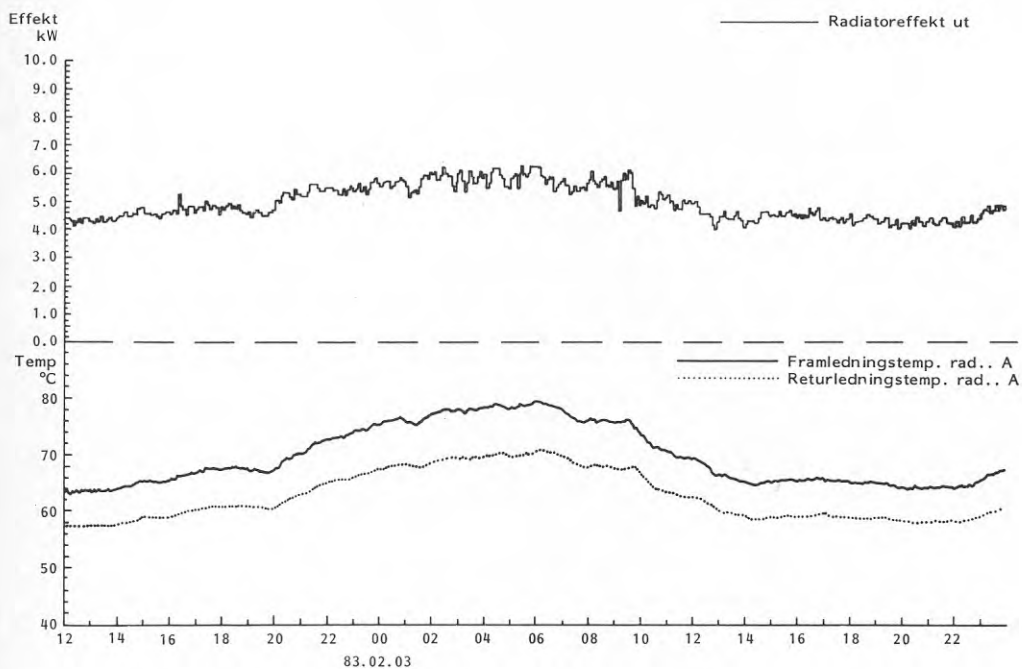
Fjärrvärmens framledningstemperatur följer utetemperaturen och var $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ när det var $-21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ute. Tidigare vintrar var framledningstemperaturen mellan 100 och $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ för att vintern 83/84 ligga vid $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ som högst, vilket i sin tur lett till ökat primärvattenflöde. Returtemperaturen var samtidigt omkring $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, men steg sommartid till $50-55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Returtemperaturen är bl a beroende av temperaturen i ackumulatorerna eftersom fjärrvärmens retur används för uppvärmning av vattnet i dessa. När ackumulatortemperaturen stiger, vid solinfångning, leder det till att returtemperaturen inte kan sänkas lika mycket. Se kapitel 7.5.

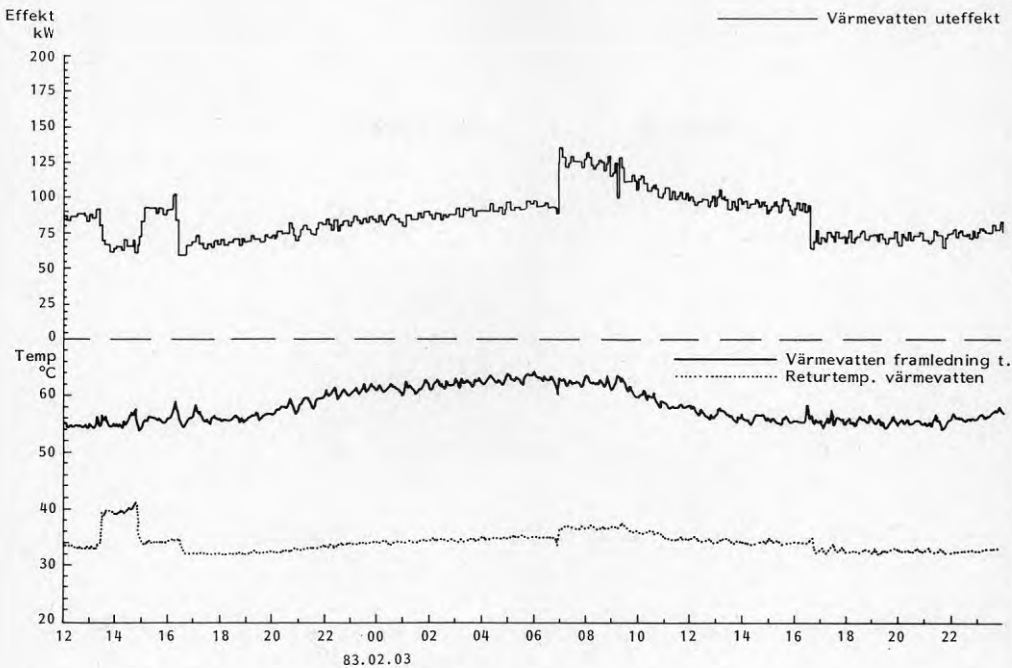
6.2.1 Uppvärmning och ventilation

För uppvärmning och ventilation av lokalerna finns värmevattenkretsar för radiatorer i A respektive värmebatterier i tilluft för alla husdelar. För lokaluppvärmning användes sista mätåret 240 MWh för värmebatterier och 15 MWh för radiatorer.

Under samma dygn som tidigare med en lägsta temperatur av $-21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ har effekten för de sex radiatorerna varit 4 till 6 kW. Fram- och returtemperaturen har då varit $80/71$ till $64/57\text{ }^{\circ}\text{C}$. Främsta orsaken till att temperaturerna ej blev $80/60$ som beräknat är att kretsen är dimensionerad för 12 radiatorer men bara 6 är påkopplade.



Figur 6.20 Radiatorkretsen husdel A det kalla dygnet
830203



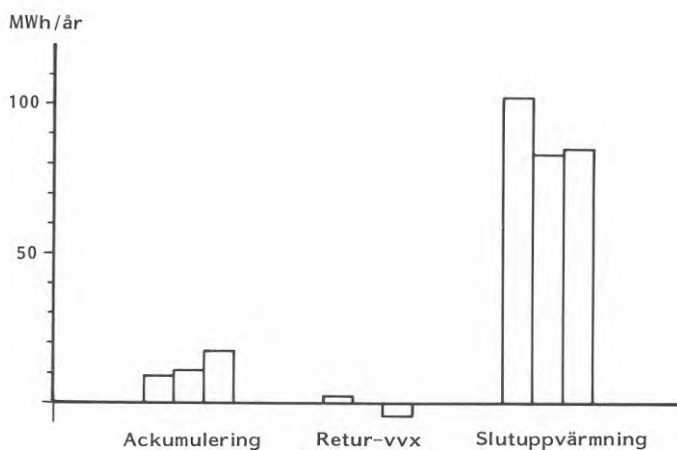
Figur 6.21 Fjärrvärme för uppvärmning av all tilluft 830203

Högsta effekt per 5 minuter är 125 kW, vilket också är högsta registrerade timeffekt. I figuren framgår hur effektbehovet ökar med 40 kW när kökets återluft kopplas bort.

Värmevattnet distribueras i långa rörledningar med "normal" isolering. Värmeförlusterna i kretsen uppgår vintertid till 5-7 kW, motsvarande 6-8 % av den levererade effekten. Sommartid med intermittent effektbehov uppgår förlusterna till 20 %. Den första vintern uppgick förlusterna till ca 30 MWh/år, vilka så småningom kunde minskas till 20 MWh för det tredje året. Det motsvarar 10 % av energibehovet för uppvärmning av tilluften. Sista året installerades ett pumpstopp, så att pumpen slås av då utetemperaturen överstiger 17 °C.

6.2.2 Tappvarmvatten

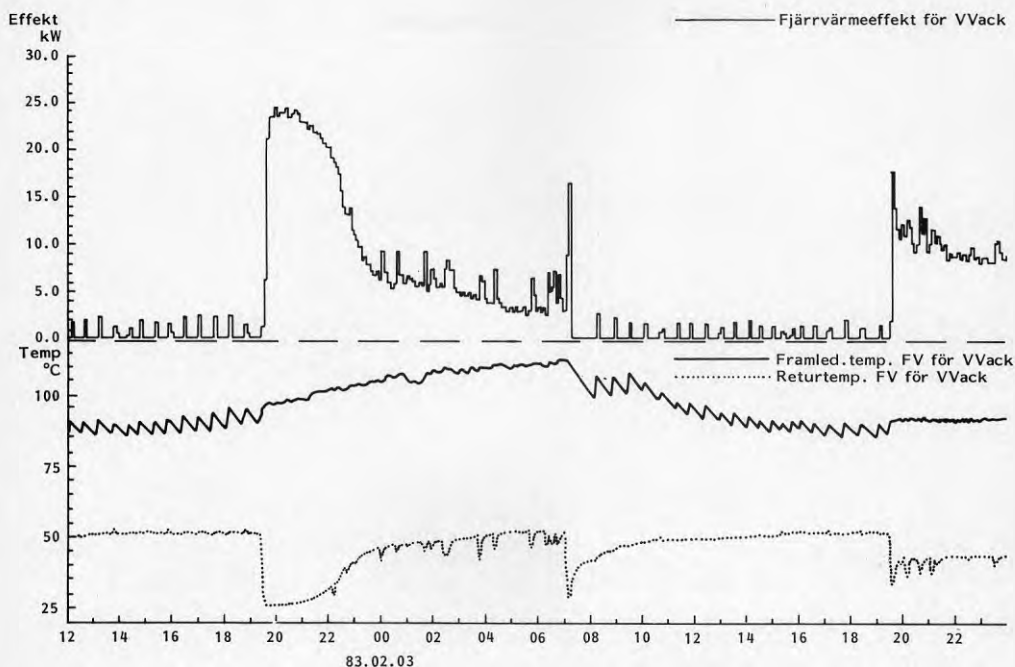
Varmvattnet värms först med avlopps- och solvärme, därefter med fjärrvärme för slutuppvärmning.



Figur 6.22 Fjärrvärme för primär uppvärmning av tappvarmvatten, 1981 - 82 - 83

Fjärrvärmeenergi för uppvärmning av vatten i ackumulatorerna uppgick första och andra året till omkring 10 MWh. Det tredje året ökade energianvändningen till 17 MWh, men samtidigt värmdes fjärrvärmens returkrets med redan uppvärmt vatten från ackumulatorerna p g a ofullkomligheter i styrutrustningen. Netto användes ca 10 MWh/år för ackumulering.

De två första vintrarna var effektbehovet för ackumulering 15 kW under några timmar per dygn. Kretsen var då inkopplad mellan 10 och 24 timmar per dygn, dvs under den tid då solvärmesystemet ej arbetade. I mars 1982 installerades tidur som begränsade laddningen av ackumulatorerna till mellan kl 20.00 och 06.00. Det ledde till att det högsta effektuttaget per dygn ökade till ca 30 kW.



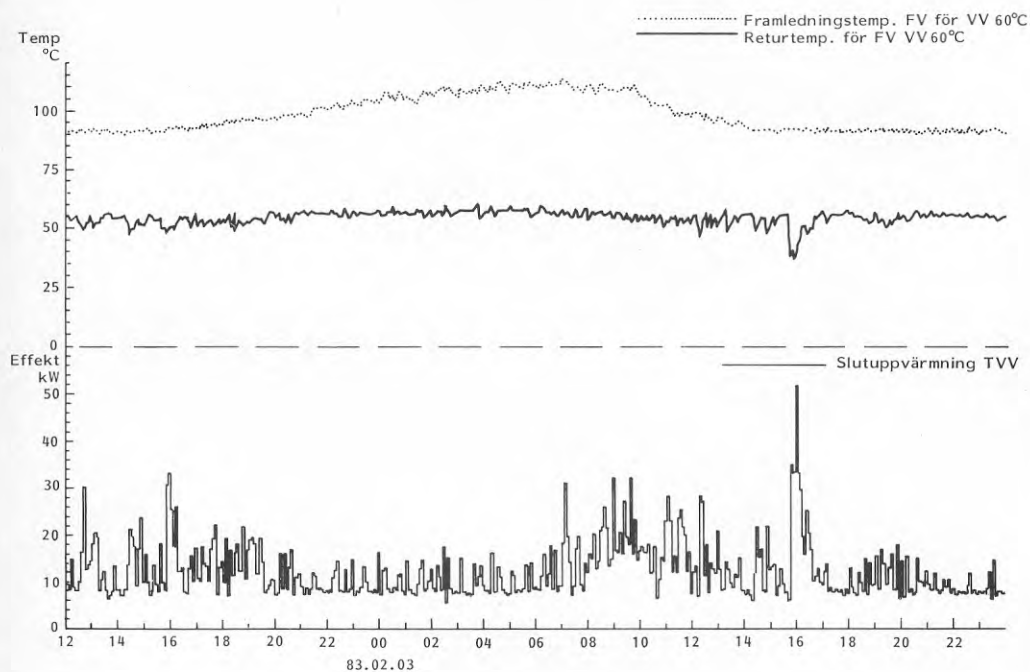
Figur 6.23 Fjärrvärme för TVV-ackumulering

När tiduret kopplar in kretsen blir effektuttaget initialt 23 kW för att så småningom sjunka till 5 kW. Samtidigt har varmvattnet i ackumulatorerna återvärmats från 30 till 45 °C.

Orsaken till att energianvändningen i slutsteget kunnat bli negativ är en dåligt fungerande reglercentral.

I kretsen för slutuppvärmning av varmvattnet har energibehovet kunnat sänkas med 20 MWh/år eller 20 % efter det att solvärmeutnyttjandet kunnat ökas. Det högsta timeffektbehovet under ett dygn har varit ca 30 kW.

Figur 6.24 visar hur effektbehovet varierar över ett och ett halvt dygn. Högsta effekt per 5 minuter var 50 kW, vilket underbygger slutsatsen att den normalt ligger vid 30 kW per 60 minuter. Baslasten på 6-8 kW är för återvärmning av vattnet i cirkulationskretsarna.



Figur 6.24 Fjärrvärme för slutuppvärmning av TVV

6.2.3 Fjärrvärme totalt

Fjärrvärmeanvändning MWh/år	1981	1982	1983
Tilluftbatterier	295	261	238
därav värmeförluster	27	23	16
Radiatorer	14	13	14
Summa uppv. + vent.	309	274	252
Varmvattenackumulering	9	11	17
Slutsteg till ackum.	3	0	-4
Slutuppvärmning	102	83	85
därav värmeförluster	56	54	54
Summa varmvattenuppv.	114	94	98
Totalt fjärrvärme	423	368	350
därav värmeförluster	83	77	70

6.3 Slutsatser

Sjukhemmets primära energianvändning i form av köpt el och fjärrvärme uppgår till 845 MWh/år, dvs 48 kWh per vård dag.

Av den energi som tillförs används mer än hälften för uppvärmning och ventilation av lokalerna. Omkring 15 % används för vardera varmvatten och belysning. Resterande 10-15 % används för apparater, köksutrustning, kyl- och frysrum m m.

Efter injustering har energi från fjärrvärme kunnat reduceras med 20 %. Samtidigt har elanvändningen ökat så att förhållandet el/fjärrvärme ändrats från 60/40 till 50/50. Den totala energianvändningen har dock minskat med 4 %.

För både el och fjärrvärme gäller att installationer och effektabonnemang dimensionerats för stort. Elabonnemanget är på 200 kW medan högsta timeffekten ej har överstigit 105 kW. Motsvarande för fjärrvärme är 365 respektive 157 kW.

Genom att låta personalen påverka belysningsautomatiken har energianvändningen kunnat minskas med 10 % till ca 30 kWh/m². Detta kan jämföras med energibehovet för uppvärmning (dvs transmission) som genomsnittligt varit 35 kWh/m²,år.

Brukarnas beteende har stor inverkan på belysningsanvändningen och mellan vårdflyglarna har skillnader på 30 % kunnat registreras. Vårdrummens rondbelysning används dock lika begränsat i alla vårdflyglar, ca 15 minuter per dygn, företrädesvis vid städning.

I rum utan lokal temperaturreglering leder "ohämdad" belysningsanvändning snarare till förhöjd innetemperatur än till lägre energibehov för uppvärmning.

El för drift av fläktmotorer har en konstant effekt på 20 kW motsvarande 45 kWh/m²,år, varför det är av största vikt att ventilationen projekteras och injusteras på ett korrekt sätt. Om så ej sker kan behovet av drivenergi öka drastiskt.

Eftersom elradiatorerna har lokala termostater placerade i närhet av fönstren går de in med full effekt vid vädring även sommartid trots att värmebehov ej föreligger.

Av den köpta fjärrvärmens har 70 MWh eller 20 % per år "förlorats" till byggnaden som värme. En stor del av denna kommer ej lokalerna till godo.

Värmeväxlaren för sänkning av fjärrvärmens returtemperatur har haft ringa betydelse eftersom det inkommande kallvattnet redan förvärmats med avlopps- och solvärme.

Normalt brukar uppvärmningsenergin utgöra ca 80 % av den totalt tillförda energin och elenergin resterande 20 %. I Märsta är bilden helt annorlunda då andelen el av den totala energianvändningen här är nästan tre gånger så hög som normalt. Även i absoluta tal, t ex i kWh/m³ byggnadsvolym, är elanvändningen något högre än normalt. Av detta kan man bl a dra följande slutsatser.

- o Då man hushållar med energi är det framför allt på uppvärmningssidan det går att spara.
- o För att spara uppvärmningsenergi får man ofta uppoffra el, för drift av värmepumpar och värmeåtervinningsanläggningar, för slutuppvärmning av varmvatten m m.

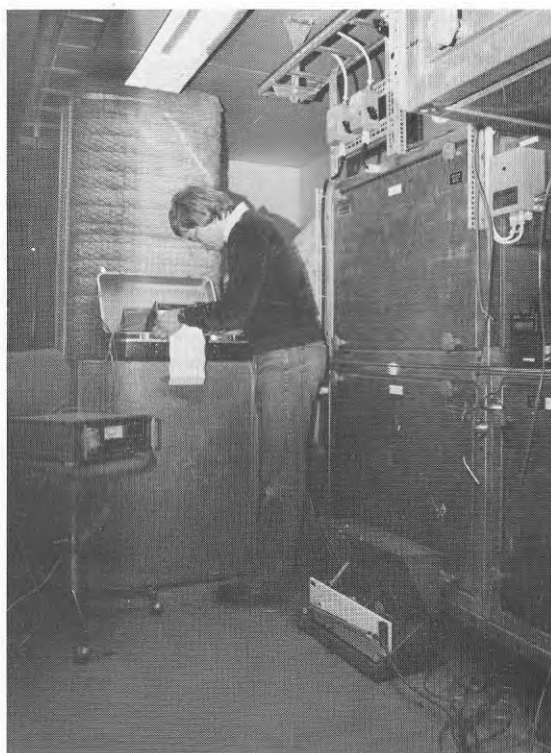


Bild 11 Mätning av spårgaskoncentration för kontroll av luftflöde och ev överströmning mellan från- och tilluft

7. DELSYSTEM

I detta kapitel redovisas vissa särskilt intressanta delsystem mer ingående än i de tidigare avsnitten.

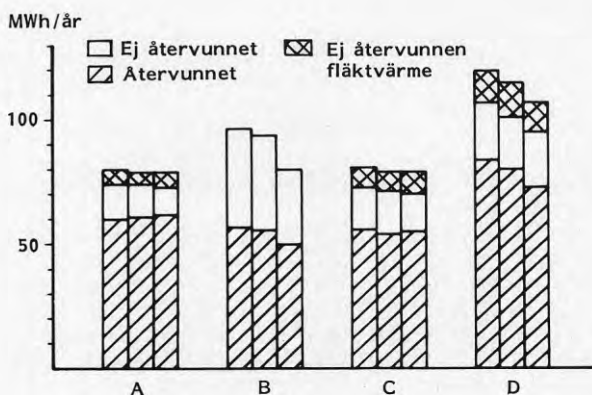
7.1 Värmeåtervinning - Frånluft

I kapitel 4 redogörs för husdelarnas energianvändning för uppvärmning och ventilation. Behovet av energi för uppvärmning av luft är avsevärt större än behovet av energi för kompensation av transmissionen. Det är också stora skillnader mellan husdelarnas energianvändning huvudsakligen beroende av effektiviteten hos värmeåtervinningsutrustningarna.

Frånluftens energiinnehåll är i det följande beräknad utifrån luftens flöde och temperatur mätt i fläktrummet i relation till utetemperaturen.

7.1.1 Husdelar A-D

I figur 7.1 visas hur mycket av energin i frånluften som återvinns för husdelarna A-D.



Figur 7.1 Värmeåtervinning ur frånluft, husdel A-D, 1981 - 82 - 83

- o I A har frånluften ett energiinnehåll av 74 MWh/år före värmeväxlaren, varav ca 61 MWh återvinns. I avluften är energiinnehållet 20 MWh eftersom frånluftfläktens drivenergi tillkommer.
- o I B är frånluftfläkten placerad före värmeväxlaren varför dess drivenergi därmed kan återvinnas till viss del. Eftersom luftflödet reducerats har från-

luftens energiinnehåll minskat till 80 MWh sista året. Därav har 50 MWh kunnat återvinnas. I avluften har energiinnehållet minskat till 30 MWh/år.

- o I C är förhållandena ungefär lika med de i A, dvs ca 70 MWh/år i frånluften, varav ca 55 MWh återvinns. I avluften är energiinnehållet ca 25 MWh/år.
- o I D är både frånluftflödet och -temperaturen högre än i de andra husdelarna. Frånluftens energiinnehåll är därmed också högre, 95 MWh sista året, varav 73 MWh har återvunnits. I avluften är energiinnehållet ca 36 MWh/år, bl a till följd av frånluftfläktens höga energibehov som tillförs avluften.

Den återvunna energin uppgick till 50-60 MWh/år för A, B och C, vilket motsvarar 115-140 kWh/m², år. För D är motsvarande värden 70 MWh/år respektive 155 kWh/m², år. Värmeåtervinningen ur frånluften är därmed större än den primära energianvändningen för ventilation. Förlusterna med avluften motsvarar 50 till 70 kWh/m², år för A-C och 80 kWh/m², år för D.

7.1.2 Husdelar E-G

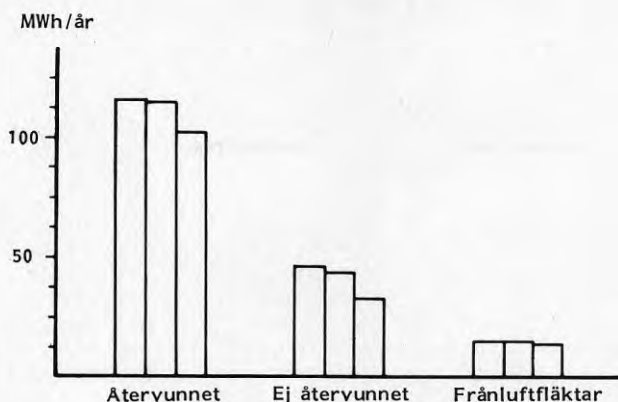
För E är energiinnehållet i frånluften ca 90 MWh/år, varav 65-68 MWh/år återvunnits, dvs ca 80 kWh/m², år. Försörjningsbyggnadens frånluft hade de första åren ett energiinnehåll på ca 220 MWh/år, varav ca 150 har återvunnits. I och med att återluft infördes nattetid i köksdelen har energiinnehållet i frånluften sjunkit till 160 MWh sista året, varav 130 MWh återvunnits. I dessa värden ingår ej de separata spisutsugen där 25-35 MWh/år ej återvinns.

7.1.3 Hela sjukhemmet

Frånluften för hela sjukhemmet uppgår till ca 18 000 m³/h med ett totalt energiinnehåll av 650 MWh första året. Detta motsvarar ca 180 kWh/m² och år.

Med huvudsakligen regenerativa värmeväxlare återvanns ca 70 % av frånluftens energiinnehåll de första åren 460-470 MWh/år motsvarande ca 130 kWh/m². Det är mer energi än vad som primärt tillförts för uppvärmning och ventilation.

Det sista året har reduktion av luftflöden och andra förändringar medfört att den återvunna energin blivit 410 MWh eller 115 kWh/m². Samtidigt har den totalt tillförda energin naturligtvis också minskat.



Figur 7.2 Total värmeåtervinning ur frånluft, 1981 - 82 - 83

Ventilationsförlusterna räknat som ej återvunnen energi har minskat från 185 till 135 MWh/år. I de totala förlusterna med avluften ingår också elenergi till frånluftfläktarna, 55-60 MWh/år. Med avluften förloras alltså ca 200 MWh sista året till vilket också skall läggas 25-30 MWh från kökets spisutsug.

7.2 Återluft i kök

Under projekteringsarbetet diskuterades möjligheten av att prova återluft i någon husdel. En möjlighet skulle kunna vara att ha en viss andel återluft, vid värmebehov, i någon av vårddelarna, exempelvis B eller D som har störst luftflöden. Då det ej ansågs tillrådligt att prova detta i en vårdanläggning genomfördes det ej, men förbereddes till viss del. Däremot ansågs det att man i köksdelen enbart behövde ventileras dagtid när verksamhet pågår. Nattetid borde det vara möjligt att enbart cirkulera luften och värma den så mycket att transmissionsförlusterna täcks. Under projekterings hektiska slutskede "försvann" dock denna variant.

I början av 1982 förekom klagomål gällande luften i köket, vilket ledde till ombyggnader för att öka luftflödet. I samband med dessa ombyggnader gavs då en möjlighet att införa återluft nattetid. Systemet byggdes om så att tilluften dagtid sattes till 4 500 m³/h och nattetid till 3 000 m³/h. Dagtid fördelas frånluften mellan spisutsug och ordinarie frånluftsystem och nattetid återgår 100 % av frånluften som tilluft. Ombyggnaderna började i december 1982 och slutfördes under februari 1983. Till att börja med gick ventilationen med friskluft ungefär 10 timmar per dygn, vilket så småningom minskades till 8 timmar per dygn.

Nattetid, när det är som kallast ute, tas således ingen tilluft utifrån, varför återluften enbart behövs värmas några grader innan den återförs till lokalerna. Dagtid värms luften först med frånluft i en värmeväxlare och sedan med kyl- och/eller fjärrvärme. Eftersom tilluftflödet är ungefär dubbelt så stort som frånluftflödet blir temperaturhöjningen högst ca 10 grader i värmeväxlaren.

Under natten återvärms luften som mest till ca 28 °C. Eftersom luftflödet dagtid ökas med 50 % samtidigt som uppvärmningsbehovet för ventilation ökar, blir värmeeffekterna avsevärt högre dagtid än nattetid. Följden blir att effektbehovet vintertid går upp till 30 kW, av vilket ungefär en tredjedel kan täckas av värme från kylkompressorerna. Från maj till och med september är effektbehovet mellan 5 och 8 kW, vilket huvudsakligen kan täckas med kyl- och fläktvärme. Nattetid, med återluft, varierar effektbehovet mellan 2 och 10 kW, där merparten täcks med drivenergi för fläktar samt värme från kylkompressorer.

Sommartid ackumuleras värme successivt i stommen, eftersom det ännu inte finns möjlighet att kyla lokalerna med kall nattluft. Under natten tas frånluften från lokalerna, värms i fläktarna och med kylvärme innan den förs tillbaka. På så sätt erhålls en inblåsningstemperatur nattetid av 27-28 °C när man med uteluft skulle kunna komma ned till 20 °C. Det bör alltså finnas möjlighet att koppla ur återluften när frånlufttemperaturen exempelvis överstiger 21 °C.

Stora delar av natten borde fläktarna kunna stängas av. En optimerenhet kan koppla på anläggningen så att det är varmt kl 07.00.

Med en väl genomtänkt reglering ger användningen av återluft i köket enbart fördelar. I det här fallet har ännu ej vissa ofullkomligheter hunnit rättas till. En besparing på 22 MWh per år har införandet av återluft ändock resulterat i.

7.3 Värmeåtervinning - Kylkompressorer

I köksdelen av försörjningsbyggnaden, G2, finns kyl- och frysrum samt kylutrymmen för riskavfall och avlidna, betjänade av fyra kylkompressorer. Värmet från dessa kompressorer tas tillvara i ett kondensorbatteri placerat i tilluftaggregatet för köksdelen. Detta batteri sitter före värmevattenbatteriet och skall leverera värme till tilluften när behov föreligger. I annat fall förs överskottsvärmet till en kondensor som kyls med uteluft på konventionellt vis.

De fyra kompressorerna arbetar mot olika temperaturer och har olika drifttider.

(kW)	Kyleffekt	Driveffekt	Värmeeffekt
KA 1	3.0	2.2	5.2
KA 2	4.4	1.5	5.9
KA 3	1.5	0.75	2.25
KA 4	3.1	1.1	4.2

Av de fyra kylkompressorerna är en, KA 1, i drift betydligt mer än de övriga. Sommartid har den drifttider på upp till 55 minuter per timme och vintertid 40 minuter per timme. Hösten 1982 framkom att det fanns fel i isoleringen för kyl- och frysrummen, vilket ledde till att de fick stängas av för reparation. Det är orsaken till att KA 1 och KA 2 ej användes under 3 månader vintern 1982/83. KA 2 används normalt mellan 10 och 16 minuter per timme, med något längre drifttider sommartid.

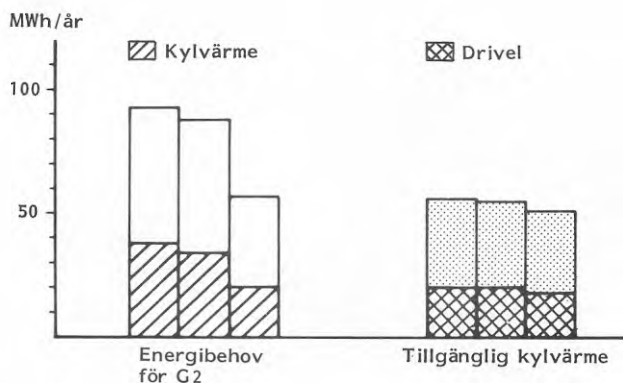
KA 3 och KA 4 används för att kyla utrymmen för riskavfall och avlidna. Där har KA 3's drifttid kontinuerligt ökat under projektets gång, från 15 till 25 minuter per timme, oberoende av årstiden. För KA 4 gäller att användningen varit beroende av årstiden med drifttider upp emot 35 minuter per timme. Vintertid går kompressorn bara 5 till 8 minuter per timme.

En summering av den avgivna effekten från de fyra kylkompressorerna ger en medeleffekt av ca 5 kW vintertid och upp till 9 kW sommartid. Mellan december 1982 och maj 1983 var två aggregat avstängda, vilket ledde till att effekten inte översteg 2 kW. Räknat per år fanns till en början omkring 56 MWh "kylvärme" tillgänglig för uppvärmning av tilluften. Under reparationstiden 1982/83 minskade den tillgängliga kylvärmens till 42 MWh.

Effektbehovet för uppvärmning av tilluft till G2 var de första två vintrarna ca 20 kW. Sommartid minskade effektbehovet till 2 kW. Effektbehovet blev avsevärt lägre från hösten 1982 när köksventilationen byggdes om. Detta har i sin tur medfört att energianvändningen, efter att de två första åren ha varit omkring 90 MWh per år, reducerats till 55 MWh per år.

Den andel av "kylvärmens" som överförs till tilluften ligger vintertid mellan 90 och 100 % av den tillgängliga. Sommartid sjunker effektbehovet för uppvärmning av tilluft samtidigt som tillgänglig kylvärme ökar. Då tillgodoses hela behovet med kylvärme, trots att bara 20 % nyttjas. Räknat per år innebär detta att 40 MWh eller två tredjedelar av den tillgängliga kylvärmens har återvunnits. Ombyggnaden i köket ledde

till en halvering av den återvunna energin, från 39 till 20 MWh per år. Ombyggnaden med återluft medförde alltså att effektbehovet och möjligheten att utnyttja kylvärme minskade.



Figur 7.3 Energibehov för uppvärmning av tilluft i G2 och värmeåtervinning från kylkompressorer, 1981 - 82 - 83

Av figuren framgår att vid samma årsmedeltemperatur

- o Energianvändningen för uppvärmning av tilluften till köksavdelningen, G2, har minskat från 90 till 57 MWh/år. Den främsta orsaken är införande av återluft nattetid.
- o Tillgänglig värme från kylkompressorer har minskat från 56 till 51 MWh per år till följd av reparationer i kyl- och frysrum. Energin från kyl- och frysrummen har minskat från 36 till 33 MWh/år.
- o Nyttiggörandet av kylvärme har minskat från 38 till 20 MWh per år, eller från 67 till 40 % av den tillgängliga kylvärmens.
- o Andelen kylvärme vid uppvärmning av tilluften har minskat från 40 till 36 %.

7.4 Värmeåtervinning - spillvatten

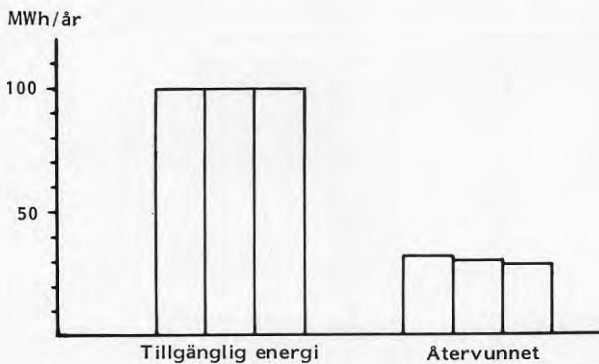
Värme återvinns från spillvattnet i en värmeväxlare som arbetar efter den s k värmerörsprincipen (se kapitel 2.3.1).

Mängden spillvatten är svår att mäta men kan uppskattas utgående från den mängd vatten som tas in i sjukhemmet. För de tre jämförelseåren har det använts 4 800 m³ vatten/år som antas gå ut som spillvatten.

Den vattenmängd som primärt skall värmas värmväxlas med spillvattnet, första året 1 800 m³ och sista året 1 900 m³. Förhållandet mellan spill- och varmvatten har därmed varit ca 2,6:1.

Eftersom flödesförhållandet är ungefär 2,6 liter spillvatten per liter förvämt kallvatten kommer temperaturförloppet att bli det omvända. Med en temperatursänkning av en grad för spillvattnet förväms kallvattnet omkring 2,7 grader. Pumpenergi tillförs med 0,4 kW i tre cirkulationskretsar. Temperaturnivån på det varma spillvattnet sjönk från 27,7 °C till 26,8 °C för andra och tredje året. Vid värmväxlingen sänktes sedan spillvattnets temperatur till 21,9 °C för alla tre åren. Temperatursänkningen på spillvattnet var 5,8 grader första året för att andra och tredje året vara ca 5 grader. En av orsakerna till att spillvattnets temperatur har minskat är bl a att förbrukningen av VV40 ökat medan VV60 minskat. Mängden 90-gradigt vatten har också minskat.

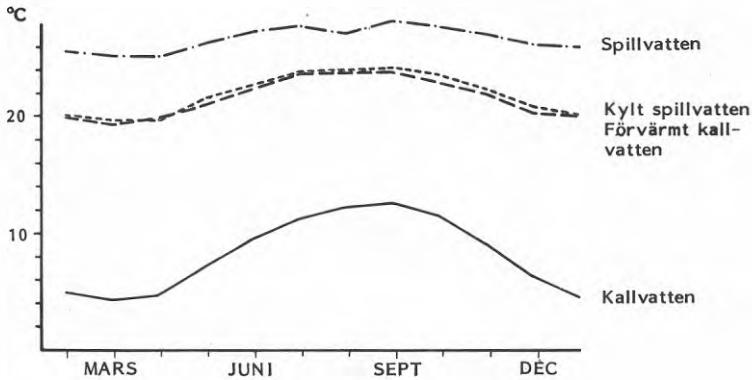
På färskvattensidan har det inkommande vattnets årsmedeltemperatur varit konstant 8,4 °C. Det första året höjdes temperaturen till 23,6 °C, andra året till 22,4 °C och tredje året till 21,6 °C. Temperaturhöjningen har minskat från 15,2 till 13,3 grader, vilket kan förklaras med ökat förhållande spill-/varmvatten och med sänkt spillvattentemperatur.



Figur 7.4 Värmeåtervinning ur spillvatten, 1981 - 82 - 83

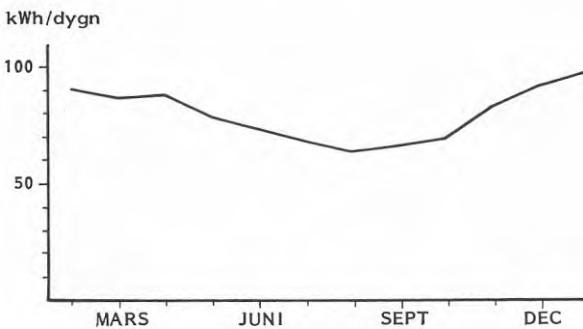
Med antagande av att mängden spillvatten är densamma som mängden inkommande kallvatten har spillvattnets energiinnehåll varit 100 MWh/år. Första året återvanns 32 MW eller ungefär 32 %, vilket för andra och tredje året sjönk till 30 respektive 29 MWh. Återvinningen har därmed minskat med 3 MWh under de tre år som värmväxlaren varit i drift.

För att kunna diskutera värmeväxlarens effektivitet finns det flera alternativ. Till att börja med finns det en systemverkningsgrad utgående från drivenergin till pumpar på 4 MWh/år. Detta ger en systemverkningsgrad som sjunker från 7,9 första året till 7,4 sista året.



Figur 7.5 Spillvattenvärmeväxlaren, temperaturer 1983

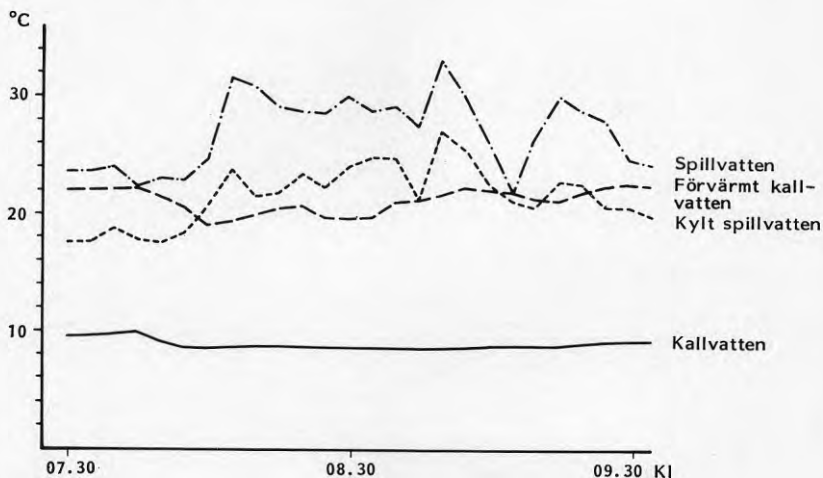
Eftersom det inkommande kallvattnets temperatur förändras över året medan avloppsvattnets temperatur är jämnare blir temperaturhöjningen lägre på sommaren än på vintern. Det förvärmade vattnets temperatur varierar med ca 5 grader under året.



Figur 7.6 Återvunnen spillvattenvärme 1983

Under vintermånaderna november till och med april återvinns i medeltal mellan 80 och 100 kWh/dygn. När kallvattnets temperatur stiger under våren och sommaren minskar återvinningen till 60 à 70 kWh/dygn.

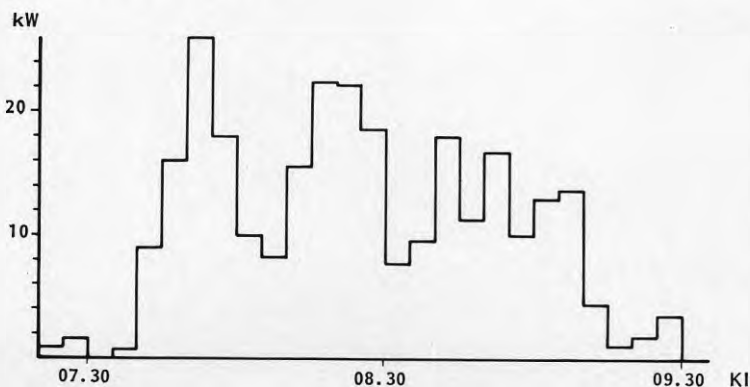
Under två timmar på morgonen, 07.30 till 09.30, sker en stor del av värmeåtervinningen. Temperaturförloppet ges nedan per 5 minuter.



Figur 7.7 Spillvattenvärmeväxlaren, temperaturer 2 morgontimmar en normaldag

Det förvärmade vattnets temperatur varierar inte mycket trots spillvattnets stora temperaturvariationer eftersom det i värmeväxlaren finns en buffertvolym på ca 300 liter.

När effektuttaget redovisas per 5 minuter uppgår högsta effekten till 30 kW, men timeffekten överstiger däremot sällan 15 kW. Värmeväxlaren har förutom värmeåtervinningen en funktion som effektdämpare för primär fjärrvärme.



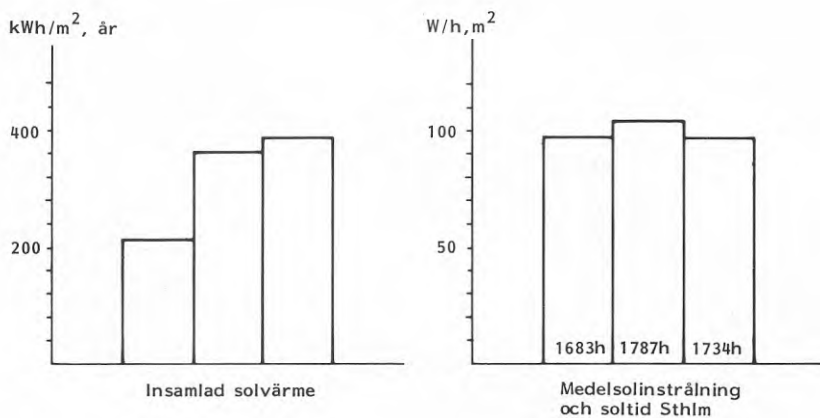
Figur 7.8 Spillvattenvärmeväxlaren, effekt per 5 minuter

7.5 Solvärmesystem

I sjukhemmet finns ett solvärmesystem för uppvärmning av tappvarmvatten. Se kapitel 2.3.2.

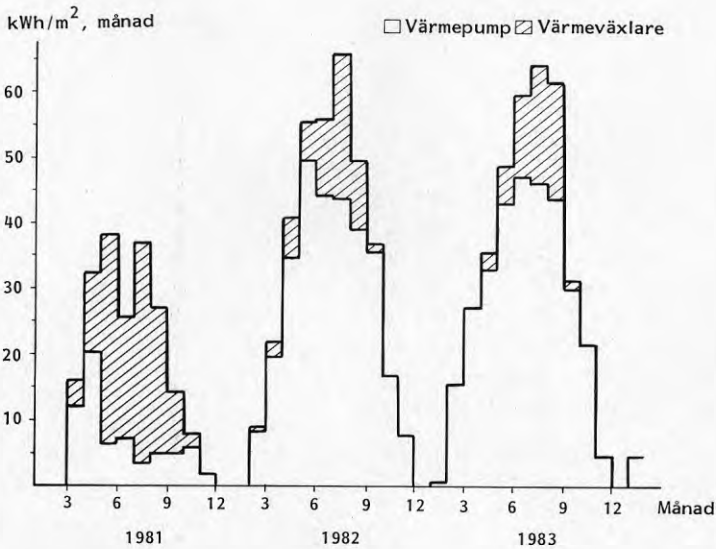
7.5.1 Infångad solvärme

Systemet togs i drift våren 1981 och har sedan successivt modifierats och förbättrats.



Figur 7.9 Insamlad solvärme, medelsolinstrålning per timme horisontellt och antalet soltimmar i Stockholm 1981 - 82 - 83

Den infångade solvärmen har kontinuerligt ökat från 228 kWh/m², för 1981, till 390 kWh/m² 1983 trots att den tillgängliga solenergin i stort sett var lika stor dessa år. Ökningen är ett resultat av dels vissa smärre tekniska modifieringar, dels att en bättre kunskap om systemet utnyttjats för optimering av styrning och reglering.



Figur 7.10 Till tappvarmvatten överförd solvärme, 1981 - 82 - 83

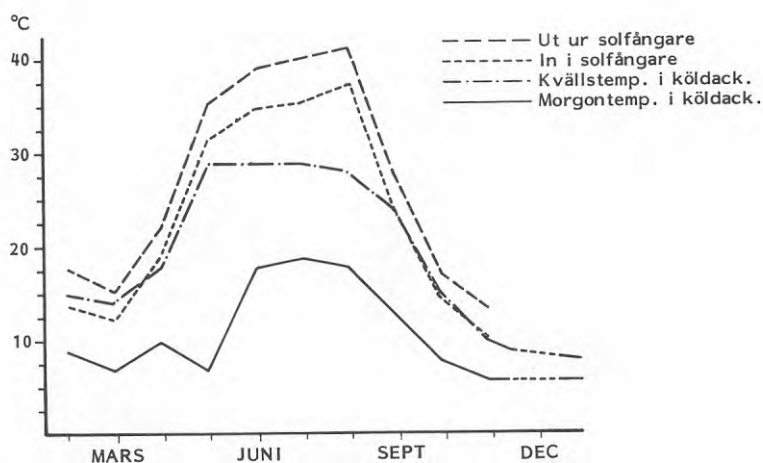
Orsaken till att det infångades mindre solenergi första än andra och tredje året beror främst på problem med värmepumpen. Merparten av solvärmen överfördes därför under det första året med direktvärmewäxling.

De två somrar då systemet fungerat tillfredsställande har det sommartid infångats ca 60 kWh/m² och månad. 70-80 % av infångad solvärme har sedan överförts till tappvarmvattnet med värmepumpen.

Temperaturen in i solfångarna är vid värmepumpdrift någon grad lägre än temperaturen i köldackumulatorerna. Starttiden på morgonen beror bl a på hur mycket värme som värmepumpen överfört under natten, dvs på temperaturen i köldackumulatorerna relativt ute/solfångartemperaturen.

Det första året var temperaturen i köldackumulatorerna morgon och kväll 18 respektive 19 °C, dvs de utnyttjades ej i någon högre grad. Samtidigt försenades

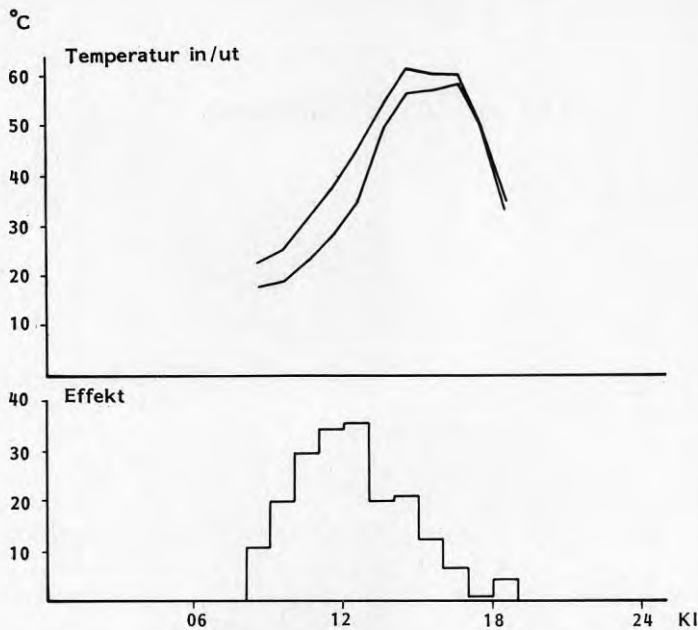
uppstartningen på morgonen eftersom det tog viss tid innan solfångarna värmdes till över 20-21 °C. Sista året var motsvarande ackumulatortemperatur ca 13 respektive 21 °C, dvs temperaturdifferensen har ökat.



Figur 7.11 Solfångarsystemet, temperaturer 1983

Under perioder med god tillgång på solvärme begränsas uppvärmningen av köldackumulatort till 30 °C. Natte-tid sänks sedan temperaturen i köldackumulatorerna så långt som möjligt (minimum 5 °C). Sommartid uppgick ändå temperaturen på morgonen till 17-18 °C, eftersom värmepumpen inte har kapacitet att överföra mer energi.

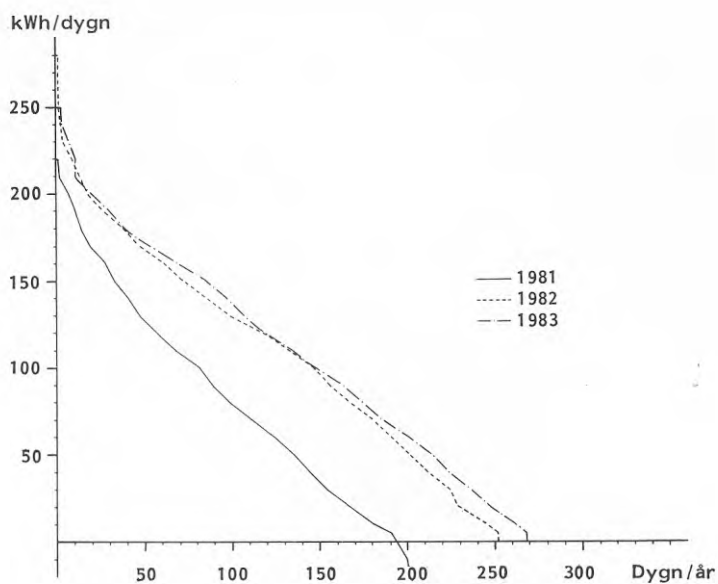
Solvärmesystemets funktion en "vanlig" dag i maj framgår av följande figur.



Figur 7.12 Solfångarsystemet, effekt och temperaturer en majdag

Systemet startade kl 8 på morgonen med en temperatur på 19 °C i köldackumulatorerna. Fram till och med kl 12.30 överfördes insamlad solvärme till varmvattnet med värmepump. Därefter kopplades värmeväxlaren in varvid temperaturen steg men effekten sjönk eftersom förlusterna ökade. Återkoppling till värmepump skedde kl 17.15.

När styrsystemet kopplar om från värmepump till direktvärmväxling och vice versa ändras temperaturområdena för energiöverföringen. Då temperaturen i köldackumulatorerna överstiger ca 28 °C stängs värmepumpen av och vattnet recirkuleras i solfångarkretsen, förbi ackumulatorerna, tills det är några grader högre än i tappvarmvattenackumulatorerna. Detta kan ta avsevärd tid, upp till två timmar, under vilken tid ingen solvärme alls överförs. Denna dag insamlas ca 225 kWh solvärme, vilket är ett bra värde eftersom växlingen mellan värmepump och värmeväxlare gått relativt snabbt.



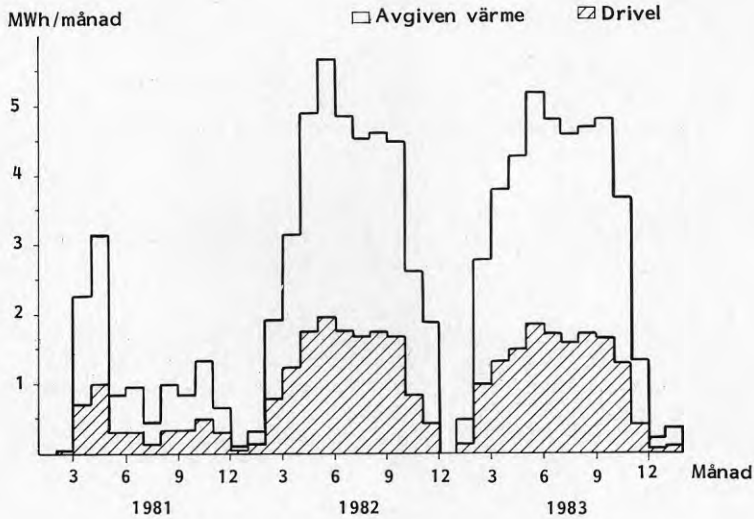
Figur 7.13 Insamlad solvärme, dygnsvärden

Det är bara under 20 dagar per år som det insamlats mer än 200 kWh solvärme. I övrigt framgår att drifttiden ökat från 200 till 270 dagar per år.

Första året förekom det under några dagar att förlusterna var större än insamlad solenergi, vilket var en följd av ofullkomlig reglering.

7.5.2 Värmepumpen

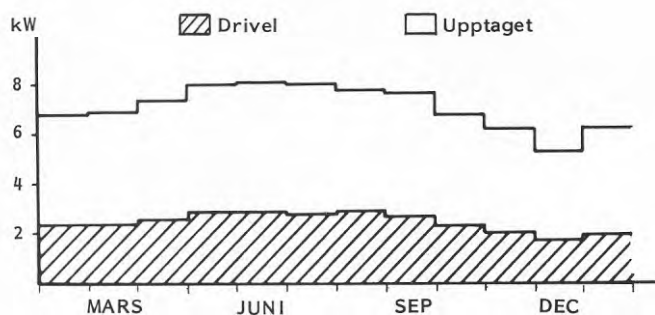
Värmepumpens funktion är att överföra energi från de två köldackumulatorerna till tappvarmvattnet.



Figur 7.14 Värmepumpen, drivel och avgiven värme, 1981 - 82 - 83

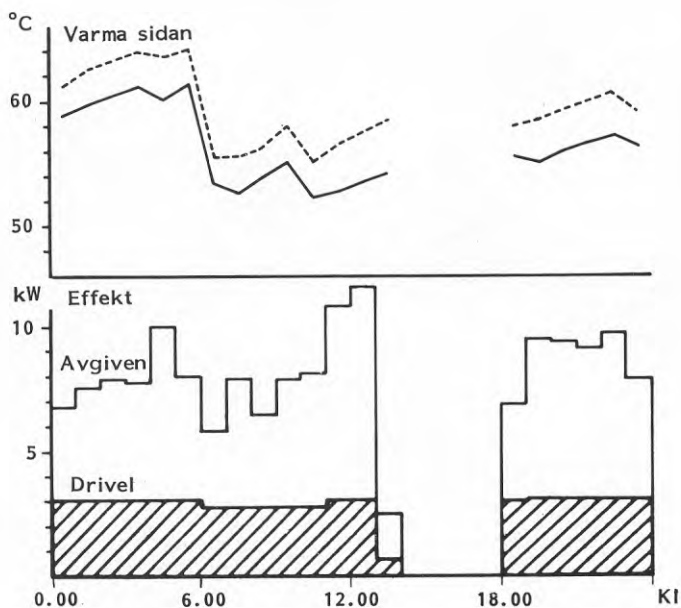
Som tidigare påpekats fungerade värmepumpen dåligt under det första året. Orsaken var att köldmediet (R22) begränsade dess användning till en högsta temperatur i varmvattenackumulatorerna till 50 °C. Efter byte av köldmedium till R12 ökades högsta temperaturen till 65 °C, vilket gav en bättre funktion.

Under första året var värmefaktorn 2,9 för att efter byte av köldmedium minska till 2,7 för de senare två åren. Köldmediebytet ledde också till betydligt lägre värmeeffekter och något lägre eleffekter, vilket innebär att förmågan att överföra energi minskade. Detta är en av orsakerna till att drifttiden för värmepumpen ökat från 1 240 timmar 1981 till 5 480 timmar 1983.



Figur 7.15 Avgiven effekt från värmepumpen, uppdelad på drivel och från köldackumulatorerna upptaget värme; 1983

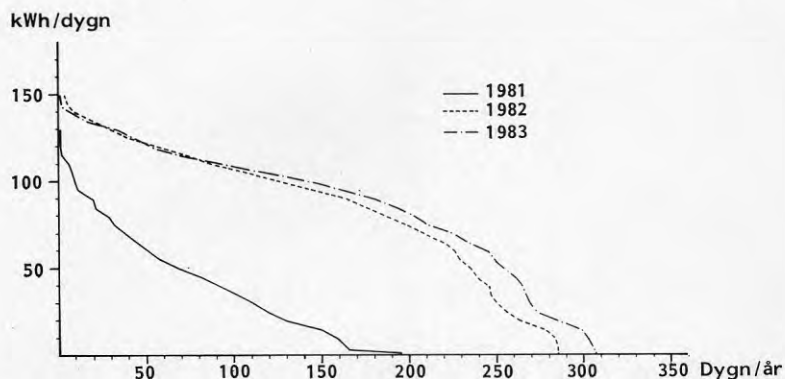
Eleffekten varierar mellan 1,7 och 2,9 kW beroende på belastning. Den avgivna värmeeffekten har samtidigt varierat mellan 5 och 8 kW, vilket medfört en värmefaktor på mellan 2,7 och 3,3.



Figur 7.16 Värmepumpen, effekt och temperatur ett "vanligt" dygn

Under natten, när förbrukningen av varmvatten är låg, höjs temperaturen i tappvattenackumulatorerna successivt med lagrad solvärme via värmepumpen. När sjukhemmets vattenförbrukning ökar på morgonen tillförs kallare vatten och temperaturen sänks, därmed får värmepumpen nytt temperaturarbetsområde. Värmeeffekten från värmepumpen sjunker och värmefaktorn minskar. Efter ett par timmar stiger effekt och värmefaktor igen. Samtidigt har temperaturen på kalla sidan ökat från 19 till 28 °C eftersom värmepumpen ej kan överföra lika höga värmeeffekter som infångas av solfångarna. Mellan kl 14 och 18 överförs infångad solenergi med direktvärmväxling varför värmepumpen är ur drift.

Ett dygn som detta med ca 20 timmars värmepumpdrift överfördes 105 kWh solvärme till tappvarmvattnet, 160 kWh totalt inkl 55 kWh el, 2,9 värmefaktor.



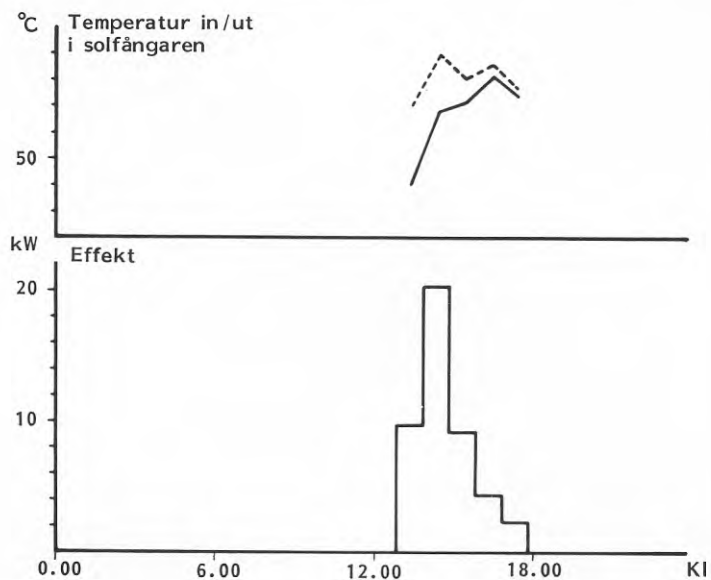
Figur 7.17 Värmepump, avgiven energi; dygnsvärden

Under de tre år som värmepumpen varit i drift har dess drifttid successivt ökat från 200 till 300 dagar per år. De sista två åren har 100 kWh eller mer överförts under 170 dagar per år.

7.5.3 Värmeväxlaren

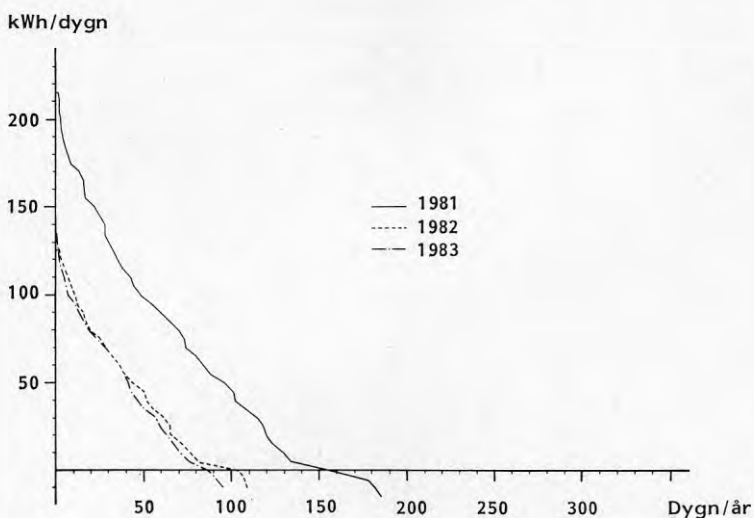
Solvärmen kan även överföras till tappvarmvattnet med direktvärmväxling. Då måste solfångarkretsen upp i en temperatur som ligger några grader över temperaturen i varmvattenackumulatorerna, vilket medför att det finns ett visst tidsglapp i fasen mellan de två överföringsalternativen. Under uppvärmningsfasen är det 15-25 minuter, men nedkylningen går långsammare, 45-60 minuter. Detta innebär att under dagar, då båda alternativen används, förloras totalt 1 till 1,5 timme vid övergången dem emellan. Det är en av

orsakerna till att användningen av direktvärmväxling minskats. En annan är att förlusterna vid direktvärmväxling blir oproportionerligt stora på de högre temperaturerna i solfångarkretsen.



Figur 7.18 Värmeväxlaren en vanlig dag

Under dygnet används värmeväxlaren normalt bara ett par timmar, med en effekt upp till 25 kW. Detta dygn överfördes ca 45 kWh.



Figur 7.19 Värmeväxlare, överförd energi; dygnsvärden

Första året då värmeväxlaren ibland användes under hela dygn överfördes upp till 200 kWh/dygn. Det fanns också dygn då värmeväxlaren gick även på natten vilket resulterade i en "negativ" värmeöverföring. Fjärrvärmereturen värmdes då upp med energi från tappvarmvattenackumulatorerna.

7.5.4 Drivenergi

I solsystemet finns det tre pumpar som används för att

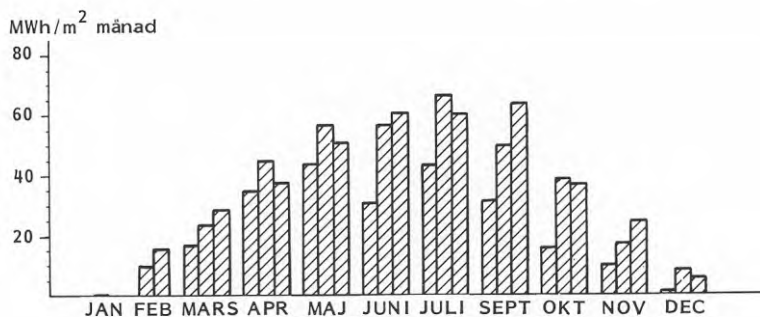
- o pumpa glykolhaltigt vatten genom solfångarna och köldackumulatorerna, 1,1 kW
- o pumpa tappvarmvatten genom värmepumpen, 0,2 kW
- o pumpa tappvarmvatten genom värmeväxlaren, 0,2 kW.

Till detta kommer den drivenergi som tillförs värmepumpen, vilken har en effekt på 2-4 kW beroende på belastning.

Eftersom solvärmesystemets drifttid ökat har också energibehovet för pumpar ökat, från 5 MWh första året till 7,7 MWh sista året. Totalt, inklusive värmepumpen, har 22 MWh el använts för solvärmesystemet sista året.

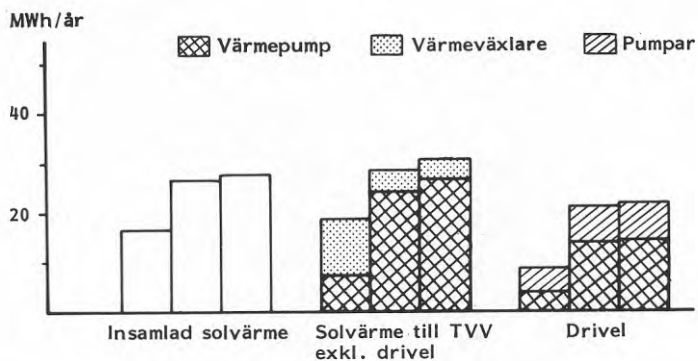
7.5.5 Solvärme totalt

Efter redovisning av hur solvärmesystemet fungerat kan man få uppfattningen att systemet ej varit helt genomtänkt. Det är väl också riktigt till viss del, men man skall komma ihåg att det saknades erfarenheter från liknande anläggningar. Den utrustning som användes i slutet av 70-talet var också ett par "generationer" före den som är tillgänglig idag.



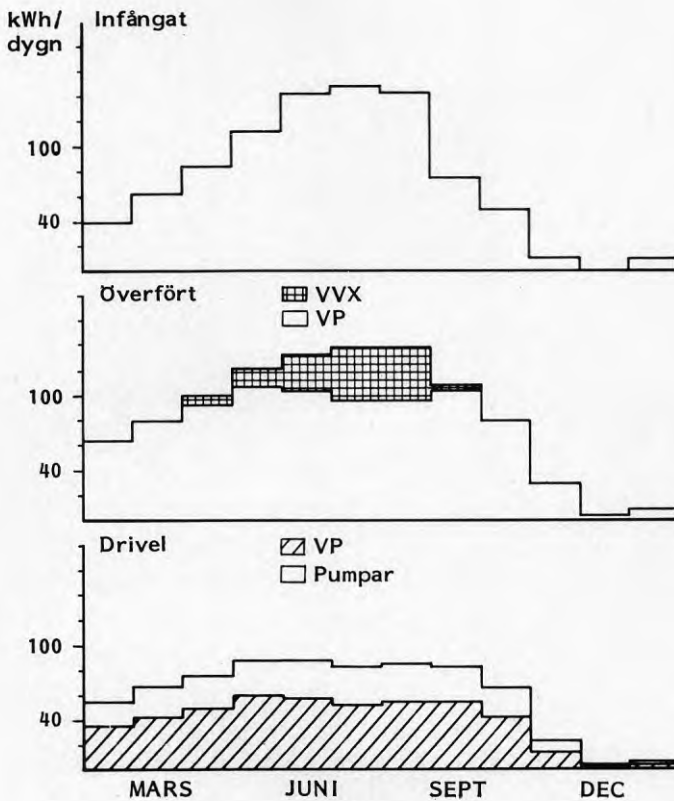
Figur 7.20 Insamlad solvärme månadsvis, 1981 - 82 - 83

I figur 7.20 redovisas infångad solvärme för varje månad under de tre mätåren. Första årets värden är generellt sett lägre än de senare två årens.

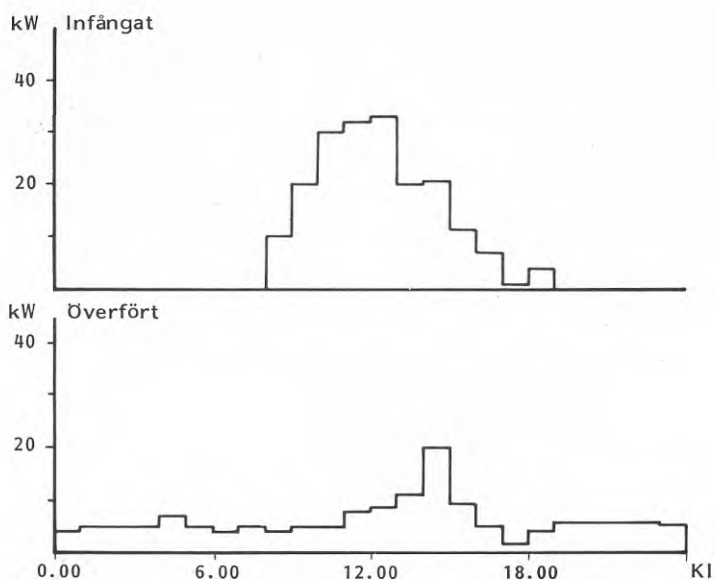


Figur 7.21 Solvärmesystemet, energiflöden, 1981 - 82 - 83

Infångandet av solvärme har ökat från 16 till 28 MWh/år genom att systemet anpassats och förbättrats. Med värmepump och direktvärmväxling har överföringen av "solvärme" till tappvarmvattnet ökat från 19 till 31 MWh. Det överförs 3 MWh mer än som infångas i solfångarna. Extravärmen kommer från pumpar och kulvert. För att driva systemet uppförades el till pumpar och värmepump, 9 MWh första året och 22 MWh sista året. Pumpenergin har ökat från 4,5 till 7,6 MWh och drivenergin till värmepumpen har ökat från 4 till 14 MWh. Systemverkningsgraden för 1983 var 2,0.

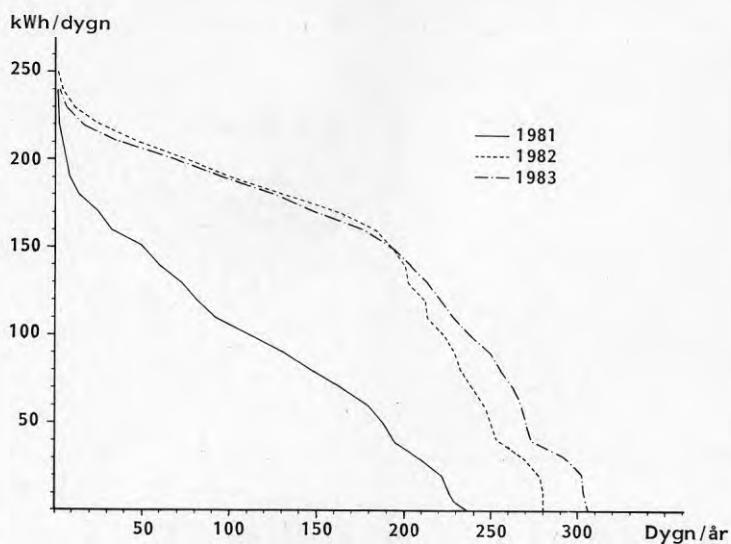


Figur 7.22 Solfångarsystemet under 1983



Figur 7.23 Solfångarsystemet ett "vanligt" dygn

Infångandet av solvärme är koncentrerat till 8-10 timmar per dygn och ca 200 kWh har insamlats för dygnet i figuren. Överföringen till tappvarmvattnet sker under 24 timmar och 150 kWh har överförts, dvs 50 kWh har lagrats i köldackumulatorerna. Totalt har varmvattnet tillförts 200 kWh eftersom 50 kWh el tillsatts i värmepumpen.



Figur 7.24 Solfångarsystemet, överförd solvärme; dygnsvärden

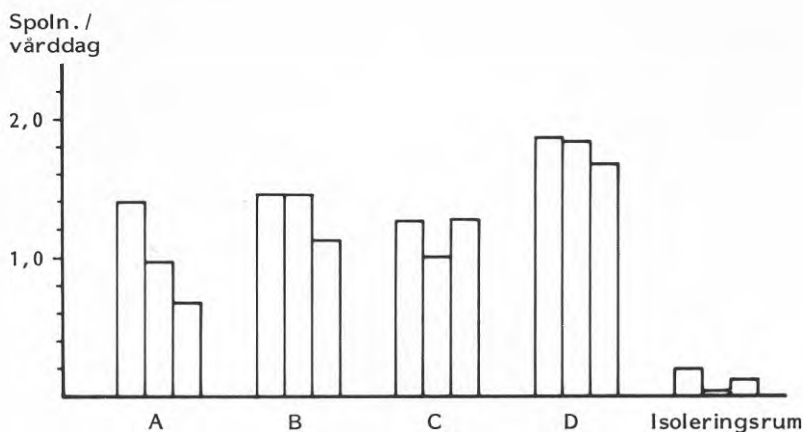
Totalt (inklusive el) har det maximalt till varmvattnet överförts 250 kWh under ett dygn. Under 200 dygn per år tillförs mer än 150 kWh från solvärmesystemet.

Med en anläggning som skräddarsys för ett liknande sjukhem vore det möjligt att avsevärt öka mängden solvärme för primär uppvärmning av varmvatten. I den här anläggningen torde det med några enkla förändringar gå att öka solinfångandet med 40 % till 550 kWh/m². Det skulle bl a innebära att värmepumpen fick möjlighet att överföra energi till tappvattnet även när värmeväxlaren används. Vidare förutsätts att reglersystemet förses med någon form av mikroprocessorbaserad reglerutrustning för en mer intelligent styrning av systemet.

7.6 Spoldesinfektorer

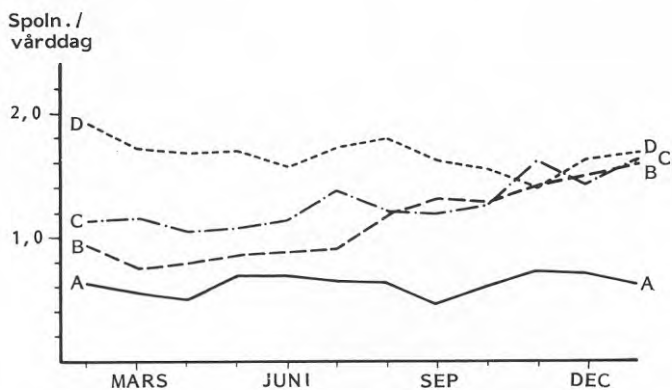
I sjukhemmet finns sex spoldesinfektorer (bäckenspolare) av två olika fabrikat. Fyra stycken finns i sköljrummen, ett i varje vårdflygel, och två är placerade i direkt anslutning till de isoleringsrum som finns i husdel A och B.

7.6.1 Spoloanvändning



Figur 7.25 Spoloanvändning per husdel, 1981 - 82 - 83

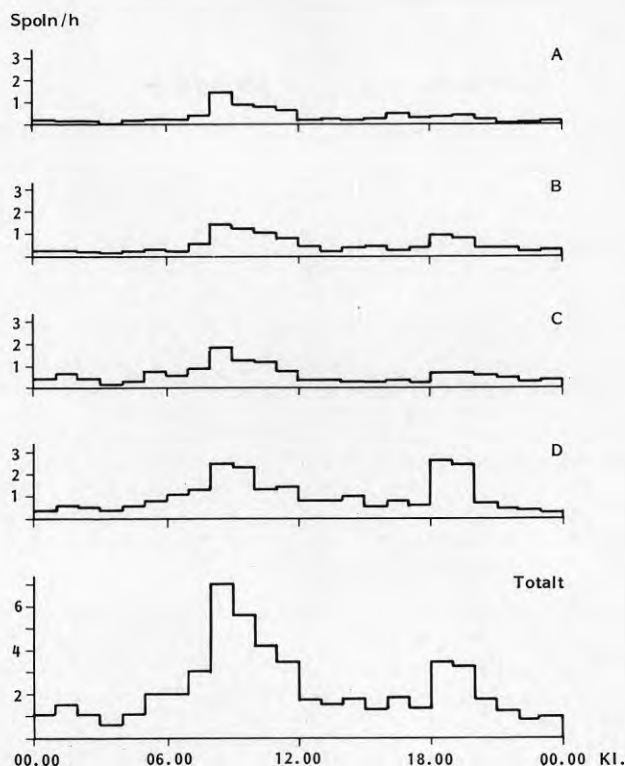
Spoloanvändningen skiljer med över 50 % mellan husdelarna och i tre av dem har desinfektorerna använts i minskande omfattning. Medelvärdet har minskat från 1,4 spolningar per vård dag första året till 1,2 sista året.



Figur 7.26 Spoloanvändning per husdel 1983

Skillnaderna mellan husdelarna beror helt av patienternas "behov" och personalens beteende.

För att få ett mått på hur desinfektorerna används under ett normalt dygn har ett medeldygn beräknats utifrån 100 dagar i början av 1983.



Figur 7.27 Spolö användning ett normaldygn

Spoldesinfektorerna används huvudsakligen på förmiddagar, kl 08-12, och tidiga kvällar, kl 18-20. Under övrig tid däremot endast någon gång per timme totalt sett.

7.6.2 Ombyggnad av spoldesinfektorer

Under mätperioden har tre av de "ordinarie" apparaterna, i A, B och D, byggts om och försetts med inbyggda elångalstrare för desinfektion med ånga i stället för med lokalt producerat hetvarmvatten. Ombyggnaden som syftade till energi- och vattenbesparing ägde rum 1982. El- och vattenförbrukningen för de tre åren redovisas nedan.

	År	A	B	C	D
Kallvatten	-81	53	35	45	35
liter/spolning	-82	42	34	45	34
	-83	26	34	45	31
Varmvatten VV60		16	20	10	22
liter/spolning		28	18	8	18
		12	18	14	18
El, kWh/spolning		0,5	0,5	0,4	0,4
		0,2	0,2	0,4	0,2
		0,2	0,2	0,4	0,2

Apparaten i A fick byggas om två gånger innan resultatet blev tillfredsställande. Efter första ombyggnaden minskade kallvattenförbrukningen från 53 till 42 liter, men varmvattenförbrukningen ökade samtidigt från 16 till 28 liter. Efter justering sänktes kallvattenmängden ytterligare, till 26 liter; medan varmvattenmängden nu blev 12 liter (16 före ombyggnad). Elbehovet gick ned från 0,5 till 0,2 kWh redan efter första ingreppet.

För apparaterna i B och D har kall- och varmvattenförbrukningen minskat något, men först efter många justeringar, medan elbehovet reducerats med drygt 50 %.

Apparaten i C har ej byggts om, men väl justerats eftersom varmvattenförbrukningen var för låg (höjdes från 8 till 14 liter).

För att tydligare påvisa skillnaderna mellan de olika spoldesinfektorerna, före och efter ev ombyggnad och nödvändiga justeringar, har årlig förbrukning av kall- och varmvatten samt el beräknats vid en spolfrekvens av 1,3 per vård dag, dvs 22 800 spolningar per år. I följande tabell redovisas förbrukningen totalt för hela sjukhemmet vid spolo enligt A, B, C eller D.

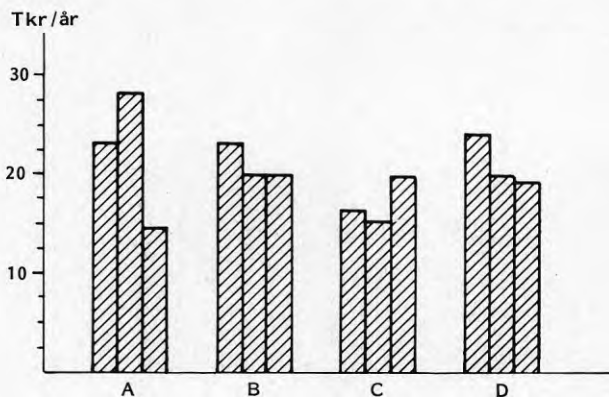
	År	A	B	C	D
Kallvatten, m ³	-81	1 210	800	1 030	800
	-82	960	780	1 030	780
	-83	590	780	1 030	710
Varmvatten VV60, m ³		370	460	230	500
		640	410	180	410
		270	410	320	410
El, MWh		11,4	11,4	9,1	9,1
		4,6	4,6	9,1	4,6
		4,6	4,6	9,1	4,6

Kallvattenförbrukningen varierar mellan 1 210 och 590 m³, båda värdena för A, och varmvattenförbrukningen mellan 640 och 180 m³ per år. Efter ombyggnaderna har elbehovet kunnat reduceras från 11,4 MWh per år till 4,6, dvs med 60 %, för A, B och D.

Resultatet av spoloombyggnaden och de justeringar kan också redovisas i dels kostnad per spolning, dels total årlig kostnad vid 22 800 spolningar per år enligt ovan baserat på 6 kr/m³ kallvatten, 24 kr/m³ varmvatten VV60 och 0,3 kr/kWh el. Den faktiska kostnaden för varmvatten VV60 är emellertid 35 kr/m³, varav 11 kr/m³ utgörs av distributionsförluster.

	År	A	B	C	D
Kostnad per spolning, kr	-81	0,85	0,84	0,63	0,86
	-82	0,98	0,70	0,58	0,70
	-83	0,50	0,70	0,73	0,68

Som synes varierar kostnaden påtagligt både före och efter ombyggnaden, men också efter ett antal justeringar. Fabrikanternas specifikationer stämmer också dåligt överens med de uppmätta värdena.



Figur 7.28 Spoldesinfektorer, årlig total driftkostnad vid 1,3 spolningar per vård dag och 48 pat, 1981 - 82 - 83

7.6.3 Slutsatser

Användningen av spoldesinfektorerna har varierat påtagligt mellan vårdflyglarna. Skillnaderna beror helt på patienternas "behov" och personalens beteende. Spolfrekvensen är i genomsnitt 1,3 spolningar per vård dag. Huvudsakligen används desinfektorerna på förmiddagar, kl 08-12, och tidiga kvällar, kl 18-20.

För att spara energi och vatten har tre av spoldesinfektorerna byggts om och försetts med inbyggda elångalstrare för desinfektion med ånga i stället för med lokalt producerat hetvarmvatten. Resultatet av ombyggnaderna var till en början helt otillfredsställande - besparingen blev i ett fall t o m negativ. Efter ett antal justeringar kunde dock en viss besparing konstateras. Fabrikanternas specifikationer stämde i stort sett dåligt överens med de uppmätta förbrukningarna, såväl före som efter ombyggnad. Efter ombyggnad måste resultatet kontrolleras apparat för apparat, för att säkerställa att en förbättring verkligen uppnåtts.

I Märsta försörjs spoldesinfektorerna med varmvatten 60 °C, där distributionsförlusterna motsvarar en kostnad av 11 kr/m³. Vanligare är, eller har varit, att desinfektorerna är anslutna till ett hetvattensystem, 90 °C, där distributionsförlusterna är än större. Om sådana desinfektorer byggs om enligt ovan och hetvattensystemet därvid kan slopas torde det ekonomiska utfallet av ombyggnaden bli mycket gott och avsevärt bättre än i Märstafallet.

Det bör slutligen påpekas att den utvärdering av vidtagna spoloombyggnader som här redovisats endast avser att påvisa hur bra eller dåligt det ekonomiska utfallet kan bli av en ev ombyggnad. I första hand gäller emellertid att kontrollera att ombyggnaden ej menligt påverkat desinfektorns hygieniska funktion.

8. ENERGIBALANSER

För att ge en bild av energianvändningen i sjukhemmet redovisas i detta kapitel en balans mellan tillförd och bortförd energi.

Generellt gäller att ju fler variabler som är kända desto bättre förutsättningar finns att analysera det mycket komplexa samspelet mellan byggnaden och dess installationer, byggnadens drift och brukarnas beteende etc, som bestämmer energibehovet. Många variabler är dock ofta osäkra och svåra att uppskatta. Trots mycket omfattande mätningar kan därför ändå obegripliga fenomen förekomma.

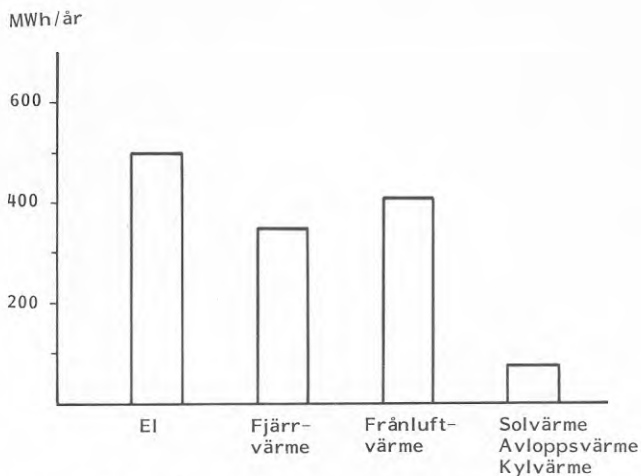
Sekundära värmestillskott, t ex från personer och solenergi genom fönstren, ingår i det följande ej i posten för tillförd energi. Anledningen härtill är bl a att dessa tillskott är svåra att kvantifiera och att det är svårt att uppskatta hur de påverkar behovet av primär energi.

I Märsta är möjligheterna att flytta värme från lokaler med överskott till lokaler med energibehov ytterst begränsade. Likaså är möjligheterna att utnyttja de tunga stommarnas förmåga att absorbera, lagra och avge energi begränsade vid 24-timmarsdrift med konventionell reglerutrustning och en målsättning om konstant inomhustemperatur (kap 3).

De sekundära värmestillskotten nyttiggöres naturligtvis till viss del, men torde huvudsakligen ventileras och vädras bort. De utgör emellertid en potential för besparing av primär energi, men då måste mer avancerad teknik installeras.

8.1 Energiomsättning

Energiomsättningen är den totala energi sjukhemmet använder, dvs summan av primärt tillförd och återvunnen energi. Det är alltså denna energimängd som måst tillföras om inga återvinningsssystem funnits.

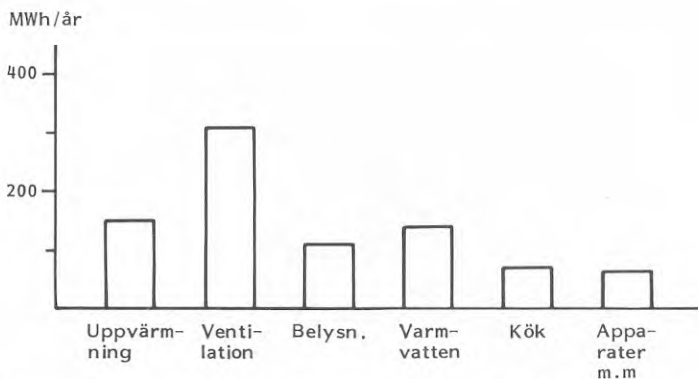


Figur 8.1 Energiomsättning 1983

Under 1983 var energiomsättningen 1 340 MWh, varav köpt energi i form av el och fjärrvärme utgjorde ca 60 % eller 845 MWh. Den återvunna energin, 495 MWh, utgörs till största delen av frånluftvärme.

8.2 Primärt tillförd energi

Den tillförda köpta energin, dvs summan av el och fjärrvärme men exklusive solvärme, var 845 MWh 1983 och användes för de ändamål som specificerats i fig 8.2.



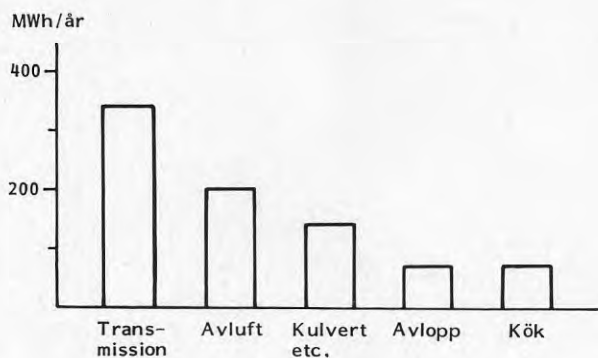
Figur 8.2 Uppdelning av tillförd energi på 6 olika ändamål 1983

Mer än hälften av den primärt tillförda energin används för uppvärmning och ventilation. För ventilation, som är den största enskilda posten, tillförs 310 MWh primär energi, 160 MWh för drift av fläktar och 150 MWh för luftuppvärmning (410 MWh återvunnen energi tillförs utöver detta).

För beredning och lokal slutuppvärmning av varmvatten tillförs primärt 140 MWh, varav 45 MWh används för pumpar, i spolos, diskmaskin m m (60 MWh sol- och avloppsvärme används utöver detta).

8.3 Bortförd energi

Energi förs bort från sjukhemmet genom transmission, avluft, spillvatten, värmeförluster i kulvert och apparatrum m m. De största förlustposterna har kvantifierats i fig 8.3.



Figur 8.3 Bortförd energi 1983

Transmissionen omfattar förluster genom klimatskärmen, dvs transmission, vädring och infiltration, dvs sk ofrivillig ventilation. För 1983 beräknas denna post utgöra 340 MWh motsvarande 40 % av den bortförda energin.

Avluft är "nettoförlusten" mellan till- och frånluft i fläktrummen, vilken 1983 var 200 MWh. Ytterligare energi förloras i cirkulationskretsar för tappvarmvatten och varmvatten förlagda i kulvert och på vindar, genom avloppet samt spiskåpa och kylkondensorer i köksavdelningen.

Det måste här påpekas att det är svårt att entydigt åtskilja transmissions- och ventilationsförluster, framför allt i system där ventilationsluften är värmebärare. I ett frånluftsfönster t ex kyls frånluft och tappar energiinnehåll varför den återvinningsbara

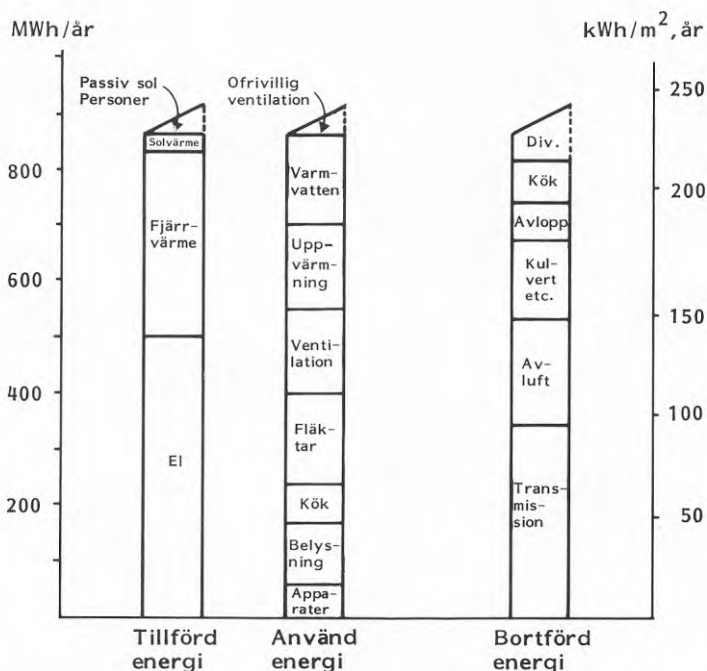
"frånluftvärmen" reduceras. Mer prima värme måste då tillföras ventilationsluften, men behovet av uppvärmningsenergi minskar samtidigt eftersom fönstrets transmissionsförluster täcks av energi ur frånluften (se def kap 4).

8.4 Energibalans

För de tre mätåren redovisas primärt tillförd, köpt, energi och bortförd energi (förluster). Förlusterna har kvantifierats genom beräkningar baserade på uppmätta data.

	1981	1982	1983
Tillfört MWh	921	884	845
Bortfört MWh	890	855	830
Netto MWh	31	29	15

Nettot utgör ca 2 - 3 % av den totalt tillförda energin, vilket innebär att minst 97 % av den primärt tillförda energin kan förklaras med motsvarande bortförd energi.



Figur 8.4 Tillförd energi, uppdelad i energislag och olika ändamål, samt bortförd energi, 1983

Det kan synas märkligt att den uppvärmningsenergi som tillförs för att täcka transmissionsförlusterna endast utgör ungefär hälften av de beräknade förlusterna. En förklaring härtill är att en stor del av den energi som primärt tillförs för belysning och apparater m m sekundärt också används för uppvärmning.

8.5 Husdelarna A-D

Som jämförelse till den uppmätta energianvändningen i husdelarna A-D har de teoretiska förlusterna beräknats. Beräkningarna har baserats på de k-värden som husdelarna konstruerats för och aktuella inomhus- och utomhustemperaturer timme för timme. I redovisningen ingår ej det värmetillskott som erhållits på grund av högre utetemperatur än innetemperatur. Ingen hänsyn har tagits till solinstrålning eller värmetröghet i stommarna. Ventilationsförlusterna har beräknats ur aktuella luftflöden, utetemperaturer och avlufttemperaturer. Energiåtervinning p g a kondensation av vattenånga ur frånluften har här försumrats.

Följande k x A-värden gäller för beräkningarna:

Husdel	A (kW/°C)	B (kW/°C)	C (kW/°C)	D (kW/°C)
Väggar	0,0340	0,0300	0,0250	0,0210
Fönster	0,0764	0,0580	0,0490	0,0610
Dörrpartier	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150
Tak	0,0787	0,0433	0,0414	0,0326
Golv	0,1287	0,0110	0,0140	0,0910

För beräkning av transmissionsförlusterna genom golvbärlagen har aktuell krypgrundstemperatur använts.

Energiförlusternas fördelning vid låg utetemperatur, då solinstrålningen har ringa påverkan, exemplifieras nedan med uppgifter från januari månad 1982 som var en mycket kall månad. Medeltemperaturen ute var $-7,7^{\circ}\text{C}$.

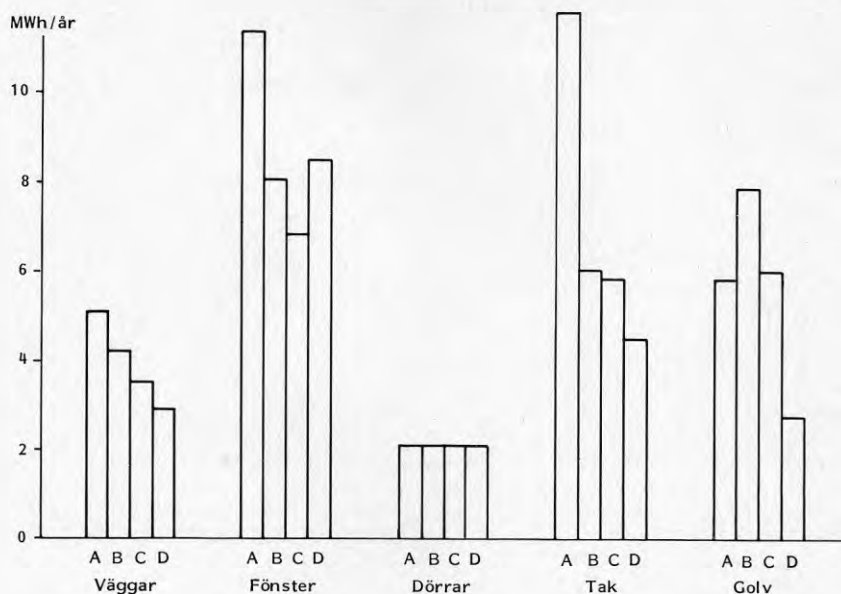
Av tabellen framgår värmeförlusternas fördelning på väggar, fönster, dörrpartier, tak, golv och ventilation. Även den uppmätta, tillförda värmeeffekten och total tillförd effekt (som månadsmedelvärde) redovisas. I den tillförda effekten ingår belysning och el till olika apparater men ingen personvärme.

Beräknade och uppmätta medeleffektbehov för januari 1982 (medeltemperatur $-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Flygel	A (kW)	B (kW)	C (kW)	D (kW)
Väggar	1,01	0,90	0,75	0,63
Fönster	2,73	1,74	1,47	1,82
Dörrpartier	0,45	0,45	0,45	0,45
Tak	2,33	1,30	1,24	0,97
Golv	1,10	1,16	0,81	1,01
Ventilationsförlust	4,82	10,41	7,54	8,15
Totalt beräknat medeleffektbehov	12,44	15,96	12,26	13,03
Totalt uppmätt tillförd värmeeffekt	13,33	17,28	11,73	11,99
Totalt uppmätt tillförd effekt (värme + övrig)	14,85	18,92	13,24	13,66
Differens mellan uppmätt och beräknad effekt	2,41	2,96	0,98	0,63

Differensen mellan beräknat och uppmätt medeleffektbehov är för A 2,4 kW (16 %), för B 3,0 kW (16 %), för C 1,0 kW (7 %) och för flygel D 0,6 kW (5 %). I samtliga fall är den beräknade effekten lägre. En stor del av differensen kan säkert förklaras med inverkan av faktorer såsom vädring och infiltration. I slutänden kvarstår också osäkerhet i verkligt och teoretiskt k-värde, mätfel m m.

Fördelningen av de beräknade årliga transmissionsförlusterna (1983) på olika byggnadsdelar framgår av fig 8.5.



Figur 8.5 Beräknade årliga transmissionsförluster i husdelarna A-D

De totala årliga transmissionsförlusterna blir för A 36 MWh, B 28 MWh, C 24 MWh och för D 20 MWh. Transmissionsförlusterna genom golvbärlagen är inte direkt proportionella till deras k-värden utan de aktuella kryppgrundtemperaturerna inverkar här på resultatet.

Förlusterna genom transmission kan jämföras med tillförd energi i form av uppvärmning, belysning och apparater. Personvärme och solbelastning har ej kvantifierats.

	A	B	C	D
Tillfört MWh	38	30	32	28
Transmission (beräknat, exkl vädring o infiltration)	36	28	24	20

För både A och B föreligger god överensstämmelse mellan tillförd och förlorat. För C tillförs mer än vad som förloras genom transmission. Det bör dock betonas att beräkningarna här är besvärliga eftersom stommen aktivt korttidslagrar energi. Därmed blir värmeströmmarna svåra att kvantifiera.

8.6 Sammanfattning

I sjukhemmet omsattes 1 340 MWh 1983, varav 845 MWh eller ca 60 % köptes i form av el och fjärrvärme. 410 MWh återvanns i frånluften och 70 MWh från avloppsvatten, kyl- och frysrum. 30 MWh tillfördes ytterligare genom solvärme.

Av den primärt tillförda energin på 845 MWh/år användes mer än hälften, 55 %, för uppvärmning och ventilation (18 respektive 37 %). För varmvatten och el till belysning behövdes vardera ca 15 %. Resterande 15 % användes för apparater, köksutrustning, kyl- och frysrum m m.

Energien bortförs från lokalerna främst genom transmission, 40 %, och avluft, 23 %. Resten förloras genom kökets spiskåpa och kylkondensorer, i cirkulationskretsar för tappvarmvatten och varmvatten förlagda i kulvert och på vindar samt genom avloppet.

De största transmissionsförlusterna sker genom vindsbärlag och fönster.



Bild 12 Husdel D är extremt välisolerad

9. EKONOMI

Syftet med projektet var främst att prova olika konstruktioner för att få ett extra kunnande och nya erfarenheter som kan tillämpas vid ny- och ombyggnad. Detta framstår klart ur en av förutsättningarna:

- o Energilönsamhetskalkyler skall baseras på det dubbla för varje tillfälle gällande energipriset. Primärt gäller dock att pröva energisparande lösningar varför lönsamhet ej behöver redovisas.

I de tidigare kapitlen redovisas energianvändningen för hela sjukhemmet och uppdelad för olika ändamål. För att kunna göra en bedömning av de olika tekniska lösningarnas ekonomi uppdrogs åt Byggnadsekonomi AB att ta fram en efterkalkyl baserad på gjorda erfarenheter under byggnadsskedet.

Kalkylen är en produktionskalkyl baserad på ingående material och arbetsinsatser med kostnadsläge 1981-12-31.

Vid bedömning av ekonomin för de olika tekniska lösningarna används nuvärdekalkyler i de jämförelser som görs. A används liksom tidigare som referensdel och dess investerings- och driftkostnad jämförs med dem för B, C och D. Investeringskostnaden för B, C och D dras ifrån den för A. Denna jämförelse med A ger en "besparing" om skillnaden blir positiv. På samma sätt görs en omräkning för driftkostnaden. Praktiskt går det till så att driftkostnaden för B, C och D dras från driftkostnaden för A. En positiv skillnad innebär sålunda en förmånligare (lägre) driftkostnad. Driftkostnadsskillnaderna diskonteras för anläggningens livslängd med en kalkylränta. Det diskonterade beloppet adderas till besparingen i investeringskostnad enligt ovan och summan utgör nuvärdet av den totala "besparingen".

En lönsamhetskalkyl kan utföras antingen i fast eller löpande penningvärde. Vid korrekt utförd kalkylering skall en kalkyl i löpande penningvärde ge exakt samma resultat som en kalkyl i fast penningvärde. Det extra arbete som en kalkyl i löpande penningvärde för med sig ligger i att göra en uppskattning av den framtida inflationstakten. Det är betydligt enklare att använda sig av den underliggande reala prisutvecklingen som uppvisar en högre grad av stabilitet på lång sikt.

Vid användande av nuvärdekalkyler inom energiområdet brukar den optimala kalkylräntan uttryckas som ett vägt genomsnitt av konsumtionsräntan, kapitalavkastningen på marginalen i andra delar av den offentliga sektorn och i den privata sektorn samt av den marginala (högsta) låneräntan på utländska lån. Enligt de flesta bedömare är en real avkastning - avkastning

utöver inflationen - på 4-6 procent en rimlig nivå för samhällsekonomisk investeringsbedömning inom energiområdet. Dessutom kan hänsyn tas till att kostnaderna för personal och energi erfarenhetsmässigt ökar snabbare än inflationen. Tas hänsyn till detta motsvarar det en sänkning av kalkylräntan och sålunda att skillnader i driftkostnad värderas högre. Här har sådana hänsyn inte tagits. Skulle de tas skulle slutsatserna i detta kapitel förstärkas.

Den andra parametern av betydelse är den tid över vilken kalkylen sträcker sig. Livslängden för byggnader sträcker sig över 50 år eller mer medan vissa tekniska apparaters livslängd ej överstiger 10 år. I görligaste mån används teknisk livslängd vid kalkyleringen, annars lämnas flera alternativa kalkyler för olika livslängder.

9.1 Totalkostnad

Kostnaderna har beräknats för uppförande av fyra lika vårdflyglar med samma konstruktion som A, B, C resp. D. Kalkylen omfattar bygg, rör, ventilation, värme, VA, el, styr- och regler samt fast inredning. Den sammanlagda kostnaden innefattar därmed vård delen fullt utrustad för 48 patienter. I följande tabell redovisas investeringskostnaden uppdelad på olika delentreprenader, där kostnaderna också sätts i relation till referensbyggnaden A.

4 husdelar som	A	B	C	D
Kostnad tkr				
Bygg	7 150	6 910	6 870	6 740
VVS	1 530	1 590	1 850	1 540
El, styr	950	1 010	1 020	1 000
Summa	9 630	9 510	9 740	9 280
Relation till A	100	99	101	96

Kostnaden för fyra vårdflyglar med totalt 48 vårdplatser hamnar mellan 9,2 och 9,8 Mkr för de fyra alternativen. Om kostnaden för A sätts till 100 kommer relationen till B att bli 99 och till C 101, skillnaden till D blir något större. Totalt sett skiljer sig kostnaderna med 1-4 procent i jämförelse med A. Skillnaderna blir större för de särredovisade investeringskostnaderna, där det exempelvis skiljer 20 procent mellan VVS-kostnaden för A och C. En mer omfattande kostnadsredovisning med förklaring av differenser mellan husdelarna följer.

För att erhålla ett mått på ekonomin i de olika lösningarna jämförs besparing, investerings- och uppvärmningskostnad för B, C och D med A.

Husdel	A	B	C	D
Energianvändning kWh/m ² , år	175	165	138	135
Besparing kapital tkr	-	120	-110	350
Besparing energi/år tkr	-	5,6	19,7	21,3
Nuvärde 30 år, 6 %	0	197	161	643

Investeringskostnaden för 48 vårdplatser blir lägre för B (120 tkr) och D (350 tkr) jämfört med A, men högre för C (110 tkr). De olika konstruktionerna har olika stor kostnad för uppvärmning och ger olika stor besparing i jämförelse med A. För B blir kostnaden ca 6 000 kr lägre per år och för C och D ca 20 000 kr lägre.

En utvärdering av de olika konstruktionerna kan göras genom att beräkna nuvärdet för B, C och D relativt A. Nuvärdet beräknas för en tidsperiod av 30 år och med en realränta på 6 procent. Resultatet blir att D framstår som det bästa alternativet följt av B och C.

I uppvärmningskostnaden ovan inräknas enbart kostnaderna för energi i form av värme och drivel till fläktar. Kostnader för underhåll ingår ej, varken för byggnaden som sådan eller för befintliga värmeinstallationer. När det gäller byggnadskropparna finns en diskussion i kapitel 9.4-5. Därav framgår att kostnaden för underhåll troligen kommer att bli störst för B. Vad gäller installationerna antas underhållet vara proportionellt mot antalet installationer. Ett sådant antagande medför att C får högst underhållskostnader.

I och med att skillnaden i nuvärde mellan A och B resp C ej är av avgörande betydelse kan man anta att den blir än mindre om underhållsaspekten tas med vid bedömningen. Det talar för att D är det alternativ som ger bäst ekonomi under dessa givna antaganden.

Med de erfarenheter som mätprojektet givit kan driftkostnaderna för uppvärmning sänkas jämfört med resultatet. För referensbyggnaden kan även investeringskostnaden sänkas om varmvattenradiatorerna byts ut mot elradiatorer. Det visar sig också att investeringen i stort sett är lika stor vare sig man installerar regenerativa eller rekuperativa värmeväxlare. Eftersom de regenerativa har avsevärt högre verkningsgrad förutsätts de användas i alla fyra husdelarna i räkneexemplet nedan. Ytterligare en faktor av betydelse är luftflödena i ventilationen, vilka här antas vara lika stora.

Husdel	A	B	C	D
Energianvändning, kWh/m ² , år	120	99	132	85
Besparing kapital tkr	-	30	-200	260
" energi/år tkr	-	11,3	-6,5	18,9
Nuvärde, 30 år 6 %	0	186	-290	520

Dessa nya förutsättningar leder till att skillnaden i investeringskostnad mellan alternativen blir mindre. En bättre projektering, injustering och styrning av värmesystemen leder också till mindre skillnader i uppvärmningskostnad. En nuvärdekalkyl med samma förutsättningar som tidigare visar att C då blir det dyraste alternativet. Om även det framtida underhållet tas med i bedömningen visar det sig att C blir dyrast följt av A och B. Alternativ D visar bäst lönsamhet även här.

Ovanstående diskussion bygger på de fyra konstruktioner som finns i Märsta sjukhem. Det är troligt att en kombination av olika delkonstruktioner från husdelarna A-D ger ännu bättre ekonomi. Därför kan det vara av värde att närmare studera kostnader och energibehov för husdelarna.

9.2 Byggkostnad

I kapitel 8 redovisas hur stor del av den tillförda energin som bortförs genom transmission och ventilation. Av intresse är en jämförelse mellan transmissionsförluster och kostnad för tak, väggar, golv och fönster.

9.2.1 Husunderbyggnad

Kostnaden för husunderbyggnad utgör ungefär 15 procent av den totala byggkostnaden. Skillnaden i kostnad är som mest 215 tkr mellan A och D, vilket till stor del beror på olika pålning eftersom byggkropparna har olika tyngd.

Grundkostnad tkr	A	B	C	D
Schaktning	94	94	94	94
Pålning	272	242	245	227
Grundkonstruktion	446	360	360	337
Pålägg	281	241	240	228
Summa	1 100	937	939	886

Den tyngre stommen i A krävde 200 pålar medan de halvtunga stommarna i B och C ej behövde mer än 176 pålar. D:s lätta konstruktion behövde ännu något färre pålar, 164 stycken, vilket är huvudorsaken till att grundkostnaden för D är 19 procent lägre än för A.

9.2.2 Inner- och ytterväggar

Kostnaden för väggar i de olika husdelarna uppgår till ungefär 30 % av den totala byggkostnaden. Fördelningen mellan inner- och ytterväggar framgår nedan.

Väggkostnader, tkr	A	B	C	D
Innerväggar	1 085	786	730	713
Ytterväggar	709	706	727	842
Pålägg	456	383	373	405
Summa	2 250	1 875	1 830	1 960

Väggkostnaden är högst för A följt av D, samt B och C, vilkas kostnader ligger knappt 20 procent under A:s. Förhållandet mellan inner- och ytterväggar sträcker sig från 60/40 för A till 45/55 för D. Orsaken till att innerväggarna i A är 300-375 tkr dyrare än för de andra alternativen är den tunga stommen. För att få en utpräglad tung stomme med hög värmekapacitet är även innerväggarna platsgjutna i 170 mm betong. Detta medför att kostnaderna för innerväggarna ligger nära 50 procent högre än för alternativen med gips- eller lättbetongväggar.

Kostnaden för ytterväggar är i stort sett densamma för A, B och C medan D är omkring 20 % dyrare. En kostnadsuppdelning visar vari skillnaden ligger.

Ytterväggar	A	B	C	D
Stomme	229	192	159	346
Uppregl. + isol.	136	145	215	152
Fönster	191	216	200	191
Utv. ytskikt	153	153	153	153

Kostnaden för stommen varierar med nära 200 tkr mellan de fyra alternativen. D är dyrast eftersom stommen består av stålpelare och -balkar, vilkas uppgift även är att bära taket. De övriga alternativen har ett gjutet pelardäck, varför ytterväggen ej behövs för bäringen. A och B har en högre stomkostnad än C till följd av att ytterväggarna är i betong respektive lättbetong, vilket är dyrare än C:s utfackningsvägg.

Man kan relatera kostnaden för uppregling och isole-ring till transmissionsbehovet och på så vis få ett nuvärde för de olika alternativen.

Ytterväggar	A	B	C	D
k-värde $W/m^2, ^\circ C$	0,28	0,23	0,21	0,18
Transmission, tkr/år	6,2	5,1	4,2	3,5
Investering år 0 tkr	136	145	215	152
Nuvärde 50 år, 6 %	0	8,3	-48	27

De merkostnader som konstruktionerna i B och D medför relativt A är lönsamma i och med att de ger ett positivt nuvärde. För C blir nuvärdet negativt då merkostnaden för investeringen ej ger samma förbättrade k-värde som för B och D. I C går en luftström genom en spalt i väggen under fönstret, vilket ger en merkostnad som kanske snarare skall hänföras till fönstertypen än till isoleringsgraden.

Detta för in diskussionen på olika fönstertyper, för vilka samma jämförelse kan göras som för ytterväggarna.

Fönster, tkr	A	B	C	D
k-värde $W/m^2, ^\circ C$	2,0	1,4	1,4	1,6
Transmission tkr/år	13,7	9,7	8,2	10,2
Investering, bågar år 0 tkr	175	200	190	180
Nuvärde, 30 år 6%	0	30	61	43

Den minskning av transmissionen som de dyrare fönsterkonstruktionerna ger visar på lönsamhet för alla tre alternativen B, C och D i jämförelse med A. I B och C används frånlufts- respektive genomluftsfönster med k-värden som anges till $1,4 W/m^2, ^\circ C$. Om detta värde i praktiken ej uppfylls är transmissionsförlusterna troligen större och nuvärdet följaktligen mindre. Då en del av kostnaden för ytterväggen i C rätteligen bör belasta fönstren kommer nuvärdet troligen att vara lägre för både B och C. Slutsatsen är att ett bättre (lägre) k-värde i fönstren är lönsamt och att alternativen C och D troligen är bäst. Ett lägre k-värde ger också ett bättre termiskt inomhusklimat, vilket dock svårligen kan kvantifieras i pengar.

Vid en jämförelse av erhållna nuvärden för fönster och ytterväggar visar det sig att lönsamheten är större för bättre k-värden i fönster även vid kortare kalkyltid.

9.2.3 Tak

Kostnaden för inner- och yttertak samt takbärlag uppgår till 24-28 % av byggkostnaden.

Tak, tkr	A	B	C	D
Undertak	78	78	78	78
Yttertak	715	715	715	711
Bjälklag, innertak	522	647	647	471
Isolering	93	132	132	162
Pålägg	357	403	403	366
Summa	1 765	1 975	1 975	1 780

Kostnaden för under- och yttertak är i stort sett densamma för alla fyra alternativen. Bjälklagskostnaderna är högst för B och C i och med att de utgörs av platsbyggda pelardäck. Även takbjälklaget i A är platsgjutet men eftersom innerväggarna är i betong behövs inga pelare. Lägst kostnad har D där, som tidigare påpekats, en stålstomme bär upp både väggar och tak. Kostnaden för isoleringen är lägst i A och nära 75 % högre i D.

För att kunna värdera de olika takens k-värden redovisas en nuvärdekalkyl på samma sätt som tidigare.

Tak	A	B	C	D
K-värde W/m^2 , OC	0,19	0,10	0,10	0,08
Transmission tkr/år	14,2	7,2	7,0	5,4
Investering år 0				
Isolering tkr	93	132	132	162
Nuvärde 50 år, 6 %	0	71	75	70

De bättre k-värden som en ökad isolering i B, C och D medfört ger lönsamhet i jämförelse med A. Skillnaden i k-värde mellan B, C och D är inte stor, varför inte heller nuvärdet skiljer markant mellan dessa alternativ. I jämförelse med nuvärdet för bättre k-värden i ytterväggar och fönster blir lönsamheten bättre för takisolering.

9.2.4 Golv

Kostnaden för golvbärlag och innergolv uppgår till ca 10 % av byggkostnaden.

Golv	A	B	C	D
Innergolv	232	232	232	232
Bjälklag	285	300	300	247
Isolering	80	129	129	169
Pålägg	153	169	169	167
Summa	750	830	830	815

Kostnaden för innergolven är densamma för alla fyra alternativen men för bjälklagen blir D något billigare än de övriga. I D används inte stålglättad betong som golvmaterial utan spånplattor som är billigare. Isoleringen är även den dyrast i D med en kostnad som var dubbelt så hög som för A. En nuvärdekalkyl redovisas nedan.

Golv	A	B	C	D
k-värde W/m^2 , °C	0,30	0,25	0,25	0,22
Transmission tkr/år	7,2	9,0	7,2	4,4
Investering år 0				
Isolering tkr	80	127	127	169
Nuvärde 50 år, 6 %	0	-75	-47	-45

I inget av fallen ovan blir det lönsamt att investera i ett bättre k-värde än i referensdelen. Kostnaden för transmissionen i B och C är ej lägre än för A trots ett bättre k-värde. En anledning härtill kan vara osäkerheter i beräkningarna för transmissionen genom golvet. Förlusterna i D är nära 40 % lägre än för A men nuvärdet blir ändå negativt eftersom skillnaden i investering är så stor.

9.2.5 Ventilation

Kostnaden för ventilationsutrustningen utgör 5-9 % av den totala kostnaden. Kostnaderna kan uppdelas enligt nedan.

Ventilation, tkr	A	B	C	D
Fläktar, VVX m m	143	169	152	148
Till-, frånluftdon	36	47	63	47
Ventilationskanaler	127	119	330	119
Isolering	58	128	171	108
Pålägg	76	97	154	98
Summa	440	560	870	520

Ventilationen sker med olika stora luftflöden i de olika systemlösningarna, vilket till viss del framkommer i kostnadssammanställningen. Kostnaden för fläktar och värmeväxlare är i stort sett lika för de fyra alternativen. Till- och frånluftdonen kostar lika mycket för B och D, är billigare för A och dyrare för C. Kostnaden för ventilationskanaler är nästan två gånger större för C än för de övriga alternativen. Detta är en direkt följd av att det i C finns ett cirkulerande luftflöde genom tak- och golvbärlag som är större än hygienluftflödet, vilket medfört en krångligare och mer omfattande installation.

Isoleringen av ventilationskanalerna är dyrast för C eftersom antal meter kanal är större. Kostnaden för

A är lägst eftersom kanalerna är mindre isolerade än för B och D. Även här skulle en nuvärdekalkyl kunna ge en värdering av rimlig isoleringsgrad av till- och frånluftkanalerna.

9.2.6 Uppvärmning

Kostnaderna för värmesystemen uppgår bara till någon procent av de totala kostnaderna. För uppvärmning av tilluften ligger installationskostnaden för A på 27 tkr och för B, C och D på 31 tkr. Den högre kostnaden kommer av att tilluften värms fasadvis för de senare.

Uppvärmningen i lokalerna sker i A med både vatten- och elradiatorer. Om enbart vattenradiatorer skulle användas blir kostnaden 120 tkr och motsvarande för elradiatorer 50 tkr. De mindre elkonvektorer som finns i B och D kostar ungefär lika mycket som elradiatorerna i A.

9.3 Återvinningssystem

I kapitel 6 redovisas den energi som återvinns i olika system. Här följer en kortfattad bedömning av de olika systemens ekonomi.

9.3.1 Värmeåtervinning ur frånluften

Kostnaden för de olika värmeåtervinningsutrustningarna som används i husdelarna är i stort sett densamma. Det återvinns däremot olika mycket energi i de olika systemen, varför det kan vara av intresse att jämföra nuvärdet av denna energi.

Värmeåtervinning	A	B	C	D
Återvunnet tkr/år	74,4	60,0	66,0	72,4
Investering tkr	20	20	20	20
Nuvärde 20 år 6 %	0	-165	-96	-23

Värdet av den återvunna energin är beräknat utgående från samma luftflöden i de olika alternativen, men med olika verkningsgrad. I och med att kostnaden för värmeväxlaren är samma för alternativen är det skillnaden i återvunnen energi som blir avgörande.

Nuvärdet för B och C blir klart negativt medan det för D blir mindre negativt. Det är uppenbart att verkningsgraden spelar en avgörande roll och har stor ekonomisk betydelse.

9.3.2 Kylvärme

Utrustningen för kylvärme kostade ungefär 30 tkr och gav de två första åren energi för ungefär 10 tkr per år. I en payoff-kalkyl blir då återbetalningstiden 3 år, vilket anses som mycket bra.

I en nuvärdekalkyl med en drifttid på 20 år erhålls ett nuvärde på 85 tkr, vilket är jämförbart med den bästa takisoleringen.

9.3.3 Avloppsvärme

Kostnaden för spillvattenvärmeväxlaren är svår att fastställa eftersom den var en pilotanläggning. En uppskattning har lett till en kostnad av 100 tkr och inklusive installationskostnad blir totalkostnaden 177 tkr.

Värmeväxlaren återvinner omkring 30 MWh per år från spillvattnet under uppoffrande av 4 MWh pumpenergi. Nettovinsten blir då ungefär 8 tkr per år.

I en payoff-kalkyl erhålls en återbetalningstid av omkring 12 år. Med en nuvärdekalkyl över 20 år erhålls ett nuvärde på -85 tkr. För att denna typ av värmeväxlare skall bli intressant fordras att investeringen inte överstiger 60 à 70 tkr.

9.3.4 Solvärme

Kostnaden för solvärmeanläggningen är nästan lika svår att fastställa som kostnaden för spillvattenvärmeväxlaren. En total kostnad har fastställts till ungefär 250 tkr, varav 190 tkr är materialkostnad. En uppdelning av kostnaderna ses nedan.

Solvärmesystemet, tkr	Material	Arbete
72 m ² solfångarpaneler	44	25
2 st ackumulatorer	48	7
1 st dräneringskärl	1,5	0,6
1 st värmepump	16	1
1 st värmeväxlare	8	1
3 st pumpar	10	1
Styr och regler	20	2
Rördragning	26	22
Isolering	10	-
Glykol m pump	6	2

Kostnaderna avser den teknik och utrustning som fanns i slutet av 70-talet och ger utslaget per m² solfångararea 3,5 tkr. Denna kostnad skall sedan ställas i relation till möjlig infångad solenergi på 400-430 kWh/m², år. En ren payoff-kalkyl ger åter-

betalningstider av 25 till 30 år, vilket överstiger anläggningens livslängd med 10 till 15 år.

För att kunna få lönsamhet i denna typ av solvärme-tillämpning krävs att kostnaden kan sänkas till 1,5-1,8 tkr per m² solfångararea. En skärskådning av de angivna kostnaderna visar att möjligheter finns att minska dessa med 50 à 60 tkr. Detta ger en kostnad per m² på drygt 2,6 tkr, vilket skulle kräva att anläggningen levererar energi för 200-220 kr/m² och år för att göra den ekonomiskt intressant. Det kräver i sin tur att energipriset stiger till 45 à 50 öre per kWh eller att anläggningen effektiviseras så att den fångar in 700 kWh/m², år.

9.4 Driftkostnader

9.4.1 Dagliga driftkostnader

Den helt avgörande driftkostnaden utgör det dagliga underhållet, städningen. Denna kostnad är av samma storlek som uppvärmningskostnaden och i nya energisnåla byggnader ofta avsevärt (2 à 3 ggr) högre.

Den byggnadstekniska faktor som i första hand påverkar städkostnaden är ytmaterialet och framför allt då på golv. I viss utsträckning kan köldbryggor och dåligt utförd ventilation ge lokal nedsmutsning.

Det finns knappast något skäl att tro att kostnaden för det dagliga underhållet avviker mellan de fyra husdelarna på Märsta sjukhem. Golvbeläggningar av typ tegelstenar, vilket förekommer i vissa entréer, ger högre städkostnad, men å andra sidan är beständigheten mycket god.

9.4.2 Periodiskt återkommande driftkostnader

Genom att byggnader slits måste dessa, eller delar av dem, med jämna mellanrum ses över, repareras eller bytas ut. I vilken utsträckning detta måste ske beror bl a på

- o vem som nyttjar byggnaden
- o hur byggnaden används
- o hur byggnaden är uppförd

Vid ett skonsamt utnyttjande av en byggnad och ett korrekt byggande kan i många fall alla de material som använts i Märsta sjukhem fungera under så lång tid att det blir andra faktorer, t ex ändrad lokal-disponering, som motiverar ombyggnader.

Tyvär måste man i allt större utsträckning räkna med byggslarv och ovarsamt hanterande i den färdiga byggnaden och detta medför att reparationer erfordras, vilket medför kontinuerliga driftkostnader.

9.5 Byggnadstekniska fel som orsakar driftkostnader

9.5.1 Fukt

Den sannolikt allvarligaste orsaken till skador i hus i dag är fukt. Som en följd av fukt uppstår lätt mögel, röta, allergibesvär och dålig lukt.

Tyvärr verkar det som om den strävan att bygga energisnålt som råder har gett upphov till en hel del fuktskador. Byggnader görs helt täta och kan ej andas. Temperaturen sänks inomhus, vilket gör att ångdiffusionen ibland går åt fel håll och vatten kondenserar inne i väggen.

Denna typ av skador uppstår framför allt i hus med träregelstommar där kondens kan inträffa på insidan av den plastfolie som finns utanför träreglarna. Det finns även en risk att framför allt golvsyllen i ytterväggen antingen kommer i kontakt med den fuktiga betonggolvsplattan, eller att kondenserad vattenånga rinner ned och samlas på den.

En annan vanlig typ av fuktskador uppstår vid läckage i framför allt plana tak. Fuktskador i tak kan också lätt uppstå vid s k varma tak där fukt genom konvektion samlas på undersidan av pappen, kondenserar och kan frysa och skada pappen. Genom den kraftiga lutningen och det kalla ventilerade yttertak i Märsta sjukhem torde dessa skador ej bli aktuella här. Läckage genom tak kan även uppstå till följd av fryssning i kallt placerade ledningar och vattenbehållare i vindsutrymmen.

En tredje fuktorsak som kanske är den svåraste att i efterhand åtgärda är uppträngande fukt genom golv och grund. De värsta skadorna inträffar vid konstruktioner av typ golv på mark. Den lösningen som valts här, dvs ett friberande golvbärlag över ett krypgrundsutrymme, är normalt mycket säkrare. Dock måste vissa förutsättningar uppfyllas:

- Dränering måste ordnas så att fritt vatten ej kan uppstå i kryputrymmet.
- Marken i kryputrymmet skall vara täckt med en plastfolie så att diffusion förhindras från marken.
- Tillfredsställande ventilation av kryputrymmet måste ordnas och ventilationsöppningarna får inte sättas igen för att spara energi.
- Organiskt material får inte finnas i kryputrymmet. I Märsta sjukhem visade det sig att det finns brädbitar kvar i kryputrymmet och dessa bör tas bort.

En fjärde orsak till fuktskador kan vara att vatten t ex vid städning eller översvämning tränger ned i golvet. I dessa fall är golv med övergolv av betong som A, B och C bäst, medan träregelgolv lättare skadas. De skäl som brukar framföras för att motivera träregelgolv är att de upplevs som varmare och mjukare samt behagligare att gå på.

I byggnader med mycket betong och lättbetong byggs mycket fukt in. Fukten måste avdunsta och om t ex en tät matta läggs för tidigt på ett betonggolv kan fukt samlas under mattan och denna lossna. Denna typ av skada uppstår det första året och inträffar inte så ofta vid golv över kryppgrund.

Den fukt som byggs in med lättbetong orsakar att lättbetongen krymper och sprickor uppstår, vilket också har skett i hus B. Även dessa skador sker i huvudsak under första året.

På sikt bör husdel A med stomme helt i betong ha den största beständigheten mot fukt. I husdel B uppkommer krympsprickor, men i övrigt bör beständigheten även här vara god.

Sannolikt kommer även ytterväggarna i hus C och D att klara sig, bl a på grund av ett noggrant utförande och en noggrann kontroll. Risk finns att träregelgolvet i husdel D vid skador på mattan kan skadas.

9.5.2 Slitage, beständighet

Redan nu kan man konstatera att vissa material i utsatta lägen inte klarar det dagliga slitaget. Det märks mest i korridorer och framför allt i utåtgående hörn. Material som lättbetong och gipsskivor skavs av och avbärare har måst sättas upp i efterhand. Det är också svårt att få en permanent infästning av tyngre föremål eller föremål som belastas dynamiskt, som dörrstoppar i korridorerna, att fungera i dessa material. Materialet smulas sönder och infästningen ger vika.

Den bästa beständigheten erhålls i husdel A där betong är det dominerande materialet.

9.5.3 Flexibilitet

En byggnads tekniska livslängd är ofta längre än den tid under vilken den kan fungera med oförändrad lokaldisposition. Detta medför att bl a innerväggar måste rivs och ersättas med nya och att installationer måste bytas eller ändras.

Att utföra innerväggar bärande som i husdel A försvårar och fördyrar framtida ändringar. Övriga byggnadsdelar har en betydligt högre grad av flexibilitet.

9.5.4 Sammanfattning

Den största driftkostnaden utgör den dagliga städningen och ytmaterial bör väljas som ger låga städkostnader, kombinerat med hög livslängd.

Om hänsyn tas till en byggnads beständighet mot bl a fukt och slitage, samt till kostnaden för framtida flexibilitet, finner man sannolikt att följande lösning är bäst:

Golv	- Betong
Yttervägg	- Betong invändigt
Yttertak	- Kraftigt lutande
Innertak	- Lätt demonterbart eller inget
Innerväggar	- Lätta väggar, helst gipsskivor på reglar
Grund	- Krypgrund

De synpunkter som ovan redovisats vad gäller driftkostnader får sedan vägas samman med faktorer som

Byggkostnad
Byggtid
Energianvändning
Nyttjarsynpunkter
Säkerhet i krig

9.6 Slutsatser

Genom att låta göra en ekonomisk efterkalkyl utgående från de erfarenheter som gjorts under projektering och byggnation ges underlag för bedömning av lönsamheten för vissa system.

I en av projektets förutsättningar anges att lönsamhet inte är det primära och behöver alltså inte anges. Det betonades också att man skulle använda det dubbla vid varje tillfälle gällande energipriset. I de ekonomiska kalkyler som gjorts har dock använts gällande energipris för att man skall se lönsamheten som den är i dag.

Det framkommer då att i byggnadsstommen bör främst satsas på bra k-värden i tak och fönster, men även i ytterväggar.

I ventilationssystemen är det av stor ekonomisk betydelse att så mycket värme som möjligt återvinns. Eftersom kostnadsskillnaden mellan provade värmeåtervinningsutrustningar är försumbar kommer verkningsgraden att avgöra lönsamheten.

Ytterligare ett återvinningssystem med bra lönsamhet är kylvärmesystemet i köksavdelningen. Med en enkel lösning ges en bra lönsamhet.

Det är däremot mindre lönsamt att satsa på återvinning av värme ur spillvatten och solvärme med de lösningar som valts i Märsta. Anläggningarnas investeringskostnad måste halveras för att lönsamhet skall uppnås.



Bild 13 72 m² solfångare på taket till dagrumsdelen



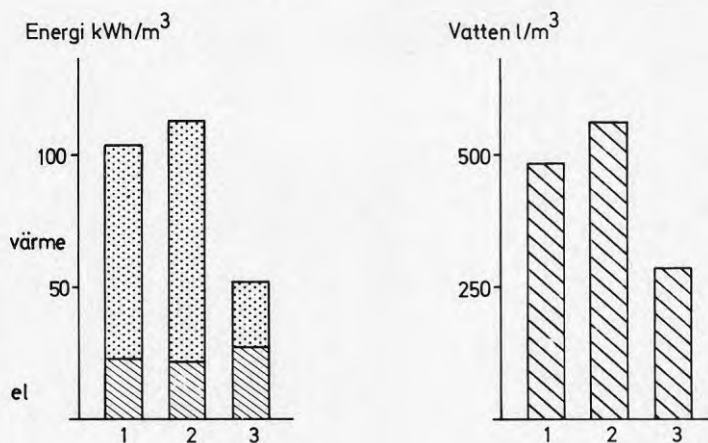
Bild 14 Mätningarna avslutade, 14 m vindgivarmast bärs bort. "Endast" rapportskrivning återstår.

10. ERFARENHETER

Syftet med projektet var att finna en energisnål men ändå funktionsriktig princip för utförande av sjukhusbyggnader. Av denna anledning varierades bygg- och installationssystemen för de skilda husdelarna i avsikt att kunna bedöma hur funktion, energianvändning, byggkostnad m m påverkades av olika lösningar.

Den primära målsättningen att finna en energisnål men ändå funktionsriktig princip synes ha uppnåtts på ett tillfredsställande sätt. Av figur 10.1 framgår att Märsta sjukhem totalt sett har en mycket låg energianvändning i jämförelse med andra sjukhus. Att det dessutom förekommer stora variationer mellan de olika husdelarna i Märsta innebär att erfarenheterna från Märsta gör det möjligt att minska energianvändningen ytterligare en hel del i kommande projekt.

Projektets primära syfte har varit att vinna erfarenheter, som skall kunna användas vid ny- och ombyggnad av både sjukhus och andra byggnader, inte att bygga Märsta sjukhem så energisnålt som möjligt. Detta innebär t ex att även andra lösningar än de mest energisnåla och/eller lönsamma har provats.



1) Hela landet 2) SLL 3) Märsta sjukhem

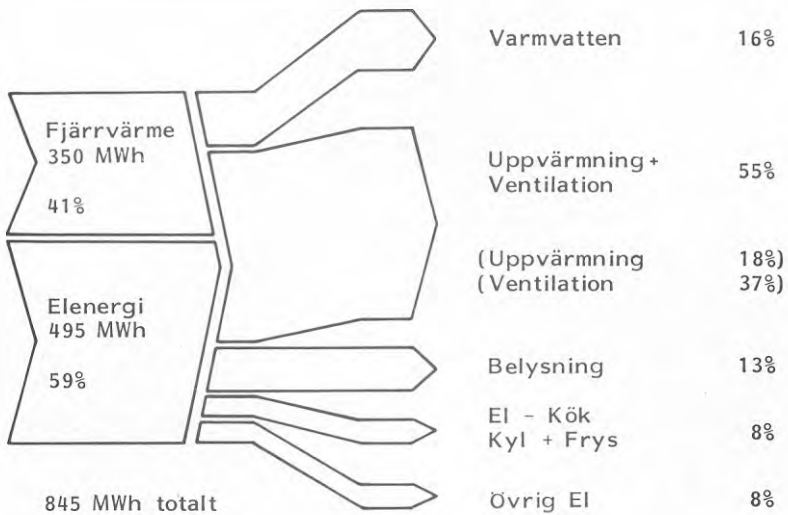
Figur 10.1 Energi- och vattenförbrukning 1981 enligt Spri-statistik

Att byggnader och installationer gemensamt resulterat i en funktionsriktig anläggning framgår av såväl fysikaliska mätningar som av uttalanden från patienter och personal.

Sjukhemmet har varit i drift sedan oktober 1980. Många erfarenheter har erhållits under både byggnads- och brukarskedet.

Energianvändningen har analyserats mycket omsorgsfullt under den tid mätningarna pågått. Dels har behovet av energi jämförts de olika husdelarna emellan, dels har energianvändningen för skilda funktioner studerats.

I figur 10.2 anges i vilken form den köpta energin tillförts sjukhemmet och till vilka funktioner den utnyttjats.



Figur 10.2 Det totala flödet av köpt energi till sjukhemmet, 1983

I sjukhus brukar normalt den s k uppvärmningsenergin, i detta fall fjärrvärmen, svara för ca 80 % av den totalt tillförda energin och elenergi för belysning, elapparater etc för resterande 20 %. I Märsta är fördelningen helt annorlunda. Den energi som tillförts i form av el utgör en större andel än fjärrvärmen. Elanvändningen i Märsta är nästan 3 ggr så stor som normalt i relation till fjärrvärmeanvändningen. Även i absoluta tal, t ex i kWh/m³ byggnadsvolym, är elanvändningen något högre än normalt. Med dess uppgifter som bakgrund kan det vara rimligt att dra följande slutsatser:

1. När insatser görs för energibesparing förefaller åtgärderna bli mest märkbara på värmesidan. Med andra ord, energi för uppvärmning och ventilation synes vara lättast att spara.
2. När åtgärder vidtas för att spara värme ökar ofta elenergianvändningen. Påståendet kan exemplifieras genom att hänvisa till värmepumpar och värmeåtervinningsutrustningar som minskar behovet av energi för uppvärmning men ökar elbehovet för drift av anläggningen. Central ångdistribution eller dito hetvatten slopas numera ofta i såväl nya som i befintliga anläggningar. El åtgår då för slutuppvärmning av varmvatten för diskmaskiner och ångalstrare i spolos etc.

På den högra sidan av figur 10.2 visas vad energin används till för olika ändamål. Uppvärmning och ventilation är den helt dominerande posten med över 50 % av energin. För beredning och lokal slutuppvärmning av varmvatten åtgår 16 % och för belysning nästan lika mycket. 8 % används för specifik köksutrustning och resterande 8 % för övrig el, dvs för apparater m m.

Vid närmare analys av de olika posterna framgår att uppvärmning av luft för ventilation svarar för den klart största posten. I denna post ingår även den energi som erfordras för drift av fläktarna. Den direkta elvärmens via radiatorer och lokala luftvärmare utgör endast ca 5 % av elanvändningen.

Drivenergi för fläktar är en betydande andel av tillförd elenergi som dock nyttiggörs helt eller delvis som värme under uppvärmningsperioden. Under sommarperioden är den däremot till nackdel varför det finns god anledning att försöka minimera den. Genom rätt projektering och riktigt utförd injustering av ventilationssystemen finns stora möjligheter att minska energibehovet för drift av fläktar. Något större kanaldimensioner minskar hastigheten och därmed minskas snabbt luftmotståndet och fläktenergiebehovet. Risken för störande ljud från kanaler och fläktar minskar samtidigt.

Av den energi som tillförs för uppvärmning och ventilation, ca 460 MWh/år, utnyttjas årligen 160 MWh som elektrisk drivenergi för till- och frånluftfläktar, dvs ca 35 % av energibehovet. Drivenergi för till- och eventuella cirkulationsfläktar nyttiggörs helt som värme när fläktmotorn placeras i luftströmmen. Under de perioder då det inte föreligger något uppvärmningsbehov kommer denna energi att bli en belastning på inneklimatet. Drivenergi för frånluftfläktar kan nyttiggöras till viss del under förutsättning att värmeåtervinning är installerad och att frånluftfläkten är placerad före denna. I vissa vårdinrättningar kan det dock finnas risk för smittoöverföring,

varför det kan vara önskvärt att placera fläkten så att frånluft inte överförs till tilluft via värmeåtervinningsutrustningen. Detta torde dock knappast ha någon betydelse i anläggningar där patienter och personal fritt kan röra sig i lokalerna.

Fläktar och motorer bör därför väljas med hög verkningsgrad och kanalsystemen dimensioneras så att tryckfallet och därmed erforderlig drivenergi begränsas. Vidare skall eftersträvas att fläktmotorerna placeras i luftströmmen och att frånluftfläktarna placeras före värmeåtervinningsutrustningen i luftriktningen.

Vid injustering av ventilationsanläggningar, och då särskilt vid flödesreducering i äldre anläggningar, är det viktigt att flödet minskas i första hand genom nedvarvning och ej genom strypning. Strypning medför en onödig uppvärmning av luftströmmen, dvs ett energispill, och föranleder dessutom ofta risk för ljudproblem.

Det har konstaterats att mer än hälften av den primärt tillförda energin används för uppvärmning av lokaler och ventilationsluft. I jämförelser mellan husdelarna framkommer också att användandet av rekuperativa värmeväxlare med lägre verkningsgrad än regenerativa leder till markant högre energibehov. I ett sjukhem med ringa intern värmeproduktion är det ytterst viktigt att välja en värmeåtervinningsutrustning som ger hög verkningsgrad.

En annan störande energitillförsel till tilluften kan bero på olämpligt vald reglerstrategi för regenerativa värmeväxlare. Då uppvärmningsbehov inte föreligger bör växlarhjulet stoppas helt och inte bara varvas ned till ett minsta varvtal. Trots ett mycket lågt varvtal kan en verkningsgrad på 30 à 40 % uppnås, som vid ogymsamma tillfällen leder till att tilluften värms flera grader trots att kylbehov föreligger. Då kylbehov föreligger och utetemperaturer är högre än innetemperaturen bör växlarhjulet tvingas rotera på maximalt varvtal så att kylning erhålles. Under andra perioder bör hjulet stoppas helt, men "motioneras" någon minut varje timme för att förhindra igensättning.

I huvudsak är ventilationsluftflödena i sjukhemmet dimensionerade enligt gällande Spri-råd, men där luftflödet också är värmebärare har flödet ökat. Sammanlagt ventileras patientrummen med ungefär $3\ 000\ m^3$ per timme vilket kan jämföras med hela sjukhemmets ventilationsflöde på $18\ 000\ m^3$ per timme. Mot denna bakgrund, att det endast är 16 % av hela luftflödet som utnyttjas i vådrummen, är det märkligt att det är denna del som ofta ifrågasätts. I vådrummen vistas ju trots allt patienterna den största delen av tiden.

Detta leder intresset till det klimat som råder i sjukhemmet och som kartlagts mycket noga dels genom fysikaliska mätningar, dels genom intervjuer. Resultaten från dessa arbeten är otvetydigt mycket positiva. Inget mätvärde har ens i enstaka fall varit i närheten av de hygieniska och termiska gränsvärden som anges t ex i SBN. Ventilationsluften tillförs vårdrummen utan att höga lufthastigheter uppkommer och med hög verkningsgrad, dvs luften används effektivt.

Att med ledning av undersökningen påstå att klimatet är bättre eller sämre i en husdel jämfört med de övriga är ogörligt. Vissa skillnader kan dock noteras. Framför allt sommartid uppträder skillnader mellan husdelarna. I den lätta husdelen D förekommer t ex den högsta temperaturen. Å andra sidan är temperaturen efter midnatt lägre i D än i de övriga husdelarna. Det är svårt att säga vilket som är att föredra.

Den tunga stommen i husdel A begränsar effekten av eventuellt slarv med solavskärmningen då den kan absorbera överskottsvärme bättre. I de övriga husdelarna är skötseln av persiennerna viktig för att minska risken för övertemperaturer. I B och C blir effekten av persiennernas skötsel särskilt stor eftersom solvärmern som fångas av persiennerna förs bort med luftströmmen genom fönstren.

Med ledning av klimatmätningarna är det inte möjligt att skilja ut en husdel som bättre än de övriga. Om resultatet från alla prov som genomförts skall ligga till grund för en rekommendation framstår den lätta husdelen D som bäst med hänsyn till det låga energibehovet. Med erfarenheterna från Märsta går det sannolikt att sänka energibehovet ytterligare samtidigt som byggkostnaden kan minskas något. Exakt hur dessa förändringar skall utföras är dock svårt att ange. Uppskattningsvis kan energibehovet för uppvärmning och ventilation minskas till 80 kWh/m² och år.

10.1 Generella slutsatser

Erfarenheter från många olika anläggningar visar att det är lätt att med teknikens hjälp uppnå energibesparing, men svårt att vidmakthålla densamma. Otaliga bevis finns för att investeringar i energibesparande syfte efter en viss tids drift visar mindre lönsamhet än de teoretiskt borde och att en anläggnings energianvändning efter hand stiger. Orsakerna här till kan vara flera men konsekvenserna skulle kunna förebyggas om energi- och vattenanvändning kontinuerligt följdes upp. Betydelsen av en noggrann statistik kan härvidlag inte nog betonas. Anläggningen måste vidare vara utformad så att eventuella felaktigheter kan lokaliseras och åtgärdas.

Ett modernt driftövervakningssystem och/eller s k fasta mätuttag kan då både vara nödvändigt och lönsamt.

Till detta kan läggas ytterligare ett par generella slutsatser:

- o Såväl de styr- och reglertekniska installationernas funktion som personalens beteende betyder mer än husdelarnas värmetröghet både när det gäller att hushålla med energi och att upprätthålla ett gott klimat.
- o Väl planerade energibesparande åtgärder ökar förutsättningarna för ett bra inomhusklimat.

10.2 Den ideala flygeln

Om man med ledning av erfarenheterna från Märsta sjukhem skulle rekommendera ett idealiskt utförande av en liknande vårdanläggning anges här några faktorer som bör beaktas.

10.2.1 Byggnaden

Material i stommen bör snarare väljas med utgångspunkt från underhållskostnader än från komfort- och energihushållningssynpunkt. När innetemperaturen inte får variera mer än $+0,5$ °C kan den tyngre stommens värmekapacitet ändå inte utnyttjas till någon betydande energibesparing. Det skäl som återstår för att välja en tung betongstomme i sjukvårdsbyggnader synes vara den trygghet som genom splitterskydd betongväggarna kan ge under krigstillstånd.

Byggnaderna bör isoleras till låga k-värden, lägre än vad SBN kräver. Framför allt gäller detta vindsbärlag och fönster. Det är särskilt viktigt att fönster väljs med omsorg och kvalitetsmedvetande för att ett gott inneklimat skall uppnås. De bör utföras bättre än normala 3-glasfönster.

För att underlätta vädring bör minst ett "riktigt" fönster i varje rum göras öppningsbart så att en rejäl utvädring kan ske under kort tid. Så kallade vädringsluckor bör ej förekomma.

Både från klimat- och energisynpunkt är det angeläget att minimera förekomsten av köldbryggor och otätheter i stommarna.

10.2.2 Uppvärmning och ventilation

Särskilt för byggnader med kontinuerlig drift, 24 timmar om dygnet, är värmedistribution med ventila-

tionsluft ett bra val. Det förutsätter att det i varje lokal finns möjlighet till lokal temperaturstyrning så att man inte centralt måste rätta sig efter den plats som har högsta värmebehovet.

För att energianvändningen för ventilation skall kunna minimeras krävs att ventilationen, då verksamheten så medger, skall kunna begränsas helt eller delvis. Detta innebär att samma ventilationsanläggning inte bör betjäna både lokaler med begränsad drifttid och lokaler som kräver 24 timmars drift. Speciellt viktigt är detta då uppvärmningen är integrerad med ventilationen.

Om radiatorer skall användas för uppvärmning eller för att motverka kallras från fönstren är vid val mellan vatten- och elradiatorer de senare i vart fall billigare. De låga effekter som idag oftast är aktuella är dessutom svåra att reglera med vattenradiatorer. Den nya generationen elradiatorer är avsevärt bättre än de tidigare. Tillämpas fönsterväd-ring av något slag är det viktigt att radiatorernas termostater utföres så att de inte slår på radiatoren när fönstret är öppet.

För att reducera energianvändningen för uppvärmning och ventilation är en väl genomtänkt styr- och reglerutrustning synnerligen viktig.

Moderna metoder att styra ventilationen med hänsyn till det för tillfället rådande behovet har goda förutsättningar att bli lönsamma. De principer som tills vidare kan anses tillförlitliga är styrning med klocka per dygn eller per vecka, styrning med manuellt manövrerad timer, styrning baserad på temperatur, styrning baserad på CO₂-indikering eller IR-teknik.

I sjukvårdsbyggnader med fri kommunikation mellan såväl olika rum som mellan olika avdelningar finns det ingen anledning till restriktioner beträffande återluft om detta är motiverat med hänsyn till ekonomisk temperaturstyrning och/eller erforderliga uteluftflöden. Av samma anledning kan frånluftfläktar placeras före värmeåtervinningsapparater så att frånluftfläktens energi kan återvinnas.

10.2.3 Belysning och apparater

För gamla människor fordras belysning med hög ljusstyrka. Glödljus, som har dåligt ljusutbyte i förhållande till använd energi, bör undvikas. Den dåliga verkningsgraden försämras ytterligare genom att fläktenergi erfordras för att transportera bort värmen. Således rekommenderas från energisynpunkt lysämnesrör både för allmänbelysning och för punkt-belysning. Trivsamteten bör dock ha avgörande betydelse för val av armatur.

Värdet av ljus från fönster skall inte underskattas men solavskärmningar för att undvika bländning och solvärmebelastningar är viktiga komplement. Persienner eller gardiner är dessutom nödvändiga för att förhindra insyn.

Apparater bör också väljas med hänsyn till energibehov och därav följande värmeutveckling. Nya modeller har i allmänhet lägre energibehov och denna fördel bör läggas till andra positiva funktioner och ägnas mera uppmärksamhet vid val av utförande och fabrikat. Krav måste ställas på fabrikanter av dylika apparater så att apparaterna isoleras bättre och får lägre yttemperaturer. Högre yttemperaturer än 30 °C bör inte accepteras.

10.2.4 Värmeåtervinning ur frånluft

Utrustningen bör väljas så att en hög verkningsgrad kan upprätthållas under perioder med värmebehov. Övrig tid skall verkningsgraden kunna reduceras till ett minimum.

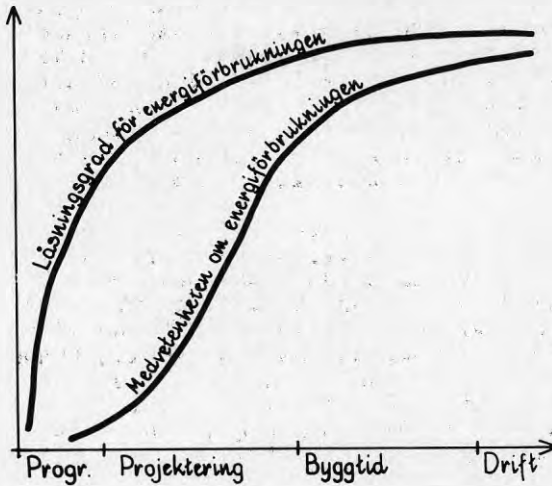
Driftsäkerhet är en viktig egenskap för värmeåtervinningsutrustning. Luftmotståndet är ofta betydande i värmeväxlare. Stort luftmotstånd leder till större fläktar med större energibehov och högre ljudalstring. Luftmotståndet även efter viss drifttid med eventuell nedsmutsning bör därför uppmärksammas. Frånluftfläktarnas värmeavgivning är inte obetydlig och bör kunna återvinnas genom att frånluftfläkten placeras före värmeåtervinningsutrustningen. De hygieniska aspekterna har i allmänhet underordnad betydelse.

10.2.5 Tappvarmvatten

Tappvarmvatten tillhandahålls lämpligen vid 50 °C och slutvärms lokalt där så behövs. Såväl moderna diskmaskiner som spoldesinfektorer fordrar inte mer än 50 °C. Nyare ettgreppsblandare går att mekaniskt begränsa både vad gäller temperatur och flöde. Bäst är om blandarna levereras inställda för önskat flöde och temperatur från fabrik. Halva normflödet (0,05 l/s) respektive 40 °C för tvättställsblandarna har visat sig vara tillfyllest.

10.3 Rekommendationer

Nyttan av en noggrann projektering kan inte nog betonas. Misstag som görs vid projekteringen blir dyrbara. Följden kan bli högre driftkostnader, kanske under byggnadens hela livslängd. Energianvändningen bestäms redan under program- och projekteringskedet, medan medvetenheten om energibehovet däremot ökar, för att bekräftas under driftskedet, då driftkostnaderna i stort sett inte längre kan påverkas.



Figur 10.3 Sambandet mellan "låsningsgrad" och "medvetenheten om energiförbrukningen" under byggprocessen

Det är nödvändigt att de tekniker som skall delta i projekteringen kommer in tidigt i projektet, gärna redan under programskedet. Erfarenheter från drift av tidigare anläggningar måste inhämtas i ett tidigt skede för att kunna beaktas.

I det kommunala upphandlingsreglementet föreskrivs att den förmånligaste konsulten skall väljas, vilket inte alls behöver vara den billigaste. Viktigt är också att projektörerna får den tid de behöver för att göra ett fullödigt arbete.

Beträffande byggkontroll finns alltid risken att dessa tjänster begränsas i kostnadsbesparande syfte varvid kontrollen kan bli ännu sämre. Även detta kan bli mycket dyrt på längre sikt.

Intrimningen är av yttersta vikt, inte bara för energianvändningen utan också för att inneklimatet skall bli gott. I och med att installationerna i nya anläggningar blir allt mer komplicerade får besiktning och intrimning allt större betydelse. Kan inte olika driftfall simuleras vid besiktningstillfället bör besiktningen delas eller skjutas upp till lämplig årstid. En solfångaranläggning kan inte gärna besiktigas vintertid eller en värmeanläggning sommartid t ex.

I Märsta sjukhem har maximalt endast 50 % av den abonnerade el- respektive fjärrvärmeeffekten tagits ut. Både det kommunala energiverket och landstinget har alltså investerat i alltför stora och på så vis oekonomiska anläggningar. En överdimensionerad anläggning är dessutom betydligt svårare att styra, varför energianvändning och klimat kan bli lidande. Erfarenheterna från Märsta gör att liknande överdimensioneringar bör kunna undvikas i framtiden.

Om luftföringen i vård- och hygienrum, och även i övriga utrymmen, kunde effektiviseras, finns förutsättningar för en luftflödesreducering samtidigt som luftkvaliteten skulle kunna förbättras. För att energianvändningen för ventilation skall kunna minimeras krävs också att ventilationen, då verksamheten så medger, skall kunna begränsas helt eller delvis. Detta innebär bl a att samma ventilationsanläggning inte bör betjäna både lokaler med begränsad drifttid och lokaler med dygnet-runt-drift.

En energisnål ventilationsanläggning måste styras och regleras enligt en väl genomtänkt strategi. Dessvärre är erfarenheterna av styr- och reglerutrustningarnas funktion i Märsta mindre goda. Den utrustning som installerats kan sägas representera 70-talets teknik. Den nu tillgängliga "nya" tekniken kan säkert förbättra förhållandena. Givarnas placering bör väljas mer noggrant än vad som idag är brukligt. I sjukhemmet har många givare måst flyttas för att ge relevanta värden.

Av avgörande betydelse för komforten är att såväl sommar som vinter hålla värmeströmmen genom fönstren vid ett minimum och på så sätt reducera verkan av svängningar i utetemperatur och solinstrålning. Väljes ett fönster med lågt k-värde ökas möjligheterna till ett bra inneklimat samtidigt som vistelsezonen i rummet utvidgas. Eftersom den totala byggnadskostnaden i dag är drygt 7 000 kr per m² bör det vara väl använda pengar att kosta på ett så bra fönster att hela golvarean kan användas som vistelsezon.

De sk vädringsluckor som finns i Märsta sjukhem bör inte användas. Ofta döljs dessa bakom en gardin, varför det är lätt att glömma att stänga dem. Dessutom ger de så liten vädringseffekt att det inte finns något incitament att stänga dem. Är vådrummet dessutom försedd med radiator med termostat kan effekten bli den, att det vid visst uteklimat blir varmare i rummet under vädring. För att underlätta vädring bör i stället minst ett "riktigt" fönster i varje rum göras öppningsbart så att en rejäl utvädring kan ske under kort tid. Vädringsluckor bör bannlysas!

Persienner och gardiner installeras ofta för att förhindra solinläckning och därav förhöjda rumstemperaturer. Om solskydden skall bli använda på ett korrekt sätt medvetet måste brukarna noggrant informeras och instrueras.

De enda rum där klagomål på klimatet har förekommit i Märsta är duschrummen. Nyduschade patienter upplever 22 - 23 graders temperatur som kall eftersom de kyls av att vatten avdunstar från kroppen. Ett sätt att lösa detta är att komplettera duschrummen med elektriska strålningsvärmare, som värmer huden som träffas av strålarna och utan att värma luften och helst inte vårdpersonalen.

Av de olika snålspolande armaturer och toalettstolar som provats har ingen kunnat konstateras vara snålare än någon annan. Detta kan till viss del bero på begränsad mätnoggrannhet. Däremot har en kvalitativ bedömning medfört att två av fyra blandare bytts ut eftersom de ej fyllde de krav som ställts. Med ledning av erfarenheterna från Märsta kan följande rekommendationer ges:

1. Ettgreppsblandare bör väljas.
2. Ingen överläckning av kallt vatten till varmt eller tvärtom får förekomma.
3. Ett visst begränsat maxflöde och viss maxtemperatur skall kunna inställas.

Solsystemet, som i och för sig fungerat väl efter ett års provotid, kan av ekonomiska skäl ändå inte rekommenderas med dagens energipriser (inte minst priset på billig sommar-el). Priset för installationen blir för högt.

Detsamma gäller tyvärr också utrustningen för värmeåtervinning ur spillvatten. Den har visserligen fungerat oklanderligt men var alltför dyr i installation (dock en prototyp). För större anläggningar, med större spillvattenflöde, och i kombination med värmepump kan en dylik utrustning dock sannolikt vara lönsam, inte minst om den installeras i samband med nybyggnation. Den i Märsta installerade värmeväxlaren har följts av två senare generationer som installerats i andra sjukhus. Generation tre har installerats i två av våra landstingstvätterier med mycket god lönsamhet. Vidareutvecklingen, generation två och tre, kan sägas vara spin-off effekter av försöken med prototypen i Märsta.

Värmeåtervinning från kylkompressorer för kökskyla kan rekommenderas. Värmen kan antingen användas för uppvärmning av ventilationsluft som i Märsta (okomplicerat och god lönsamhet) eller kanske för beredning av tappvarmvatten (mer komplicerat, lagring erfordras, kapitalkrävande men större utnyttjandetid).

Allmänbelysningen bör inte helt automatiseras utan bör till viss del kunna styras (stegvis upptändning) manuellt av personal och patienter.

Det bör framhållas att lokal temperaturreglering är angelägen. Vissa patienter fryser i varma rum, andra svettas i svala rum, beroende på aktuell sjukdomsbild.

Det kan finnas skäl att framhålla att flera av de tekniska lösningar eller komponenter som använts i Märsta, vilka i dag är mer eller mindre vanligt förekommande, t ex solfångarsystemet med värmepump, spillvattenvärmeväxlaren och olika vattenbesparande utrustningar, vid tiden för projekteringen var direkta nyheter eller t o m prototyper. De hade knappast provats tidigare, i alla fall inte i en vårdanläggning, varför inga erfarenheter fanns som kunde återföras vid projekteringen. Ej heller fanns någon statistik för energianvändning eller vattenförbrukning för någon liknande anläggning vilket försvårade dimensioneringen och framtvingade vissa antaganden.

Konventionella produkter har även provats i kombination med nya tekniska lösningar, t ex gamla beprövade regulatorer för att styra ett komplicerat solfångarsystem, små elkonvektorer har monterats samman med tilluftdon etc. Kombinationen av de skilda tekniska lösningarna måste dock anses som oprövad.

Märsta sjukhem har varit en stor satsning för forskning och utveckling från såväl Byggforskningsrådet som Landstinget. Forskning och utveckling innebär alltid ett visst risktagande och när projektet är stort, som fallet kan anses i Märsta, blir ansvaret för engagerade personer stort.

Ansvaret fördelas inom alla sektorer. Såväl inom ekonomi som inom konstruktion, uppförande, provning, utvärdering och drift föreligger ett betydande ansvar.

Vilka var då de största riskerna med Märsta-projektet?

1. I ett projekt där det finns så goda möjligheter att prova nya lösningar i praktisk drift var det lätt att aptiten blev för stor och att det blev så många nyheter som skulle provas att effekten av den ena inte kunde skiljas från den andra. Den risken framhölls under projekteringsskedet och resultatet visar att avvägningen blivit någorlunda riktig. Det är å andra sidan viktigt att möjligheterna till provning av nya idéer utnyttjas när tillfälle ges.
2. Risk för att mätningarna blir för noggranna och därför för omfattande.

Utvärderingen har tagit längre tid i anspråk än vad som avsågs och detta kan ses som om ambitionerna för mätning och utvärdering hade satts för

högt. Även kostnaderna har överskridit uppgjord budget. En erfarenhet från projektet är således att utvärderingen har blivit mer omfattande än vad som förutsågs. Den erfarenheten är sannolikt inte ovanlig. Här bör dock framhållas att energianvändningen kontinuerligt minskade under de två åren som var planerade som mätperiod. Det var därför nödvändigt att fortsätta mätningen tills fortfarighet uppnåtts.

Registreringen av data har fungerat väl med den utrustning som valts. Bearbetning av data har genomförts med lämpligt urval och utan hänsyn till att många värden aldrig studeras.

3. Risken för att Märsta sjukhem skulle bli en forskningsstation och inte ett sjukhem.

Denna risk har visat sig obefogad. Bortsett från den allra första tiden av brukarskedet har anläggningen relativt ostört fungerat som sjukhem.

Den funktion som byggnader och installationer varit avsedda för har sannolikt mer än vad som är vanligt blivit uppfyllda i Märsta. Intrimningen har varit mycket omfattande och noggrann med målsättningen att all utrustning skall utnyttjas och fungera på avsett sätt.

4. Risken för att erfarenheterna från Märsta inte kommer att utnyttjas.

Den risken är troligen stor, vilket bl a föreliggande rapport ger en antydning om. Rapporten har blivit så omfattande att den sannolikt inte kommer att läsas från pärm till pärm av särskilt många. Förhoppningsvis har den upplagts och sammanställts så att den kan utgöra ett uppslagsverk till stöd för val av utförande i samband med planering av sjukhusbyggnader där byggnader, system och utrustning som provats i Märsta på nytt kan vara aktuell.

Den personal som varit engagerad i projektering och provning i Märsta har fått en betydande kunskap om de provade alternativens funktion. De har anledning att sprida denna kunskap. I synnerhet klimatförhållanden och driftkostnader är så fördelaktiga i Märsta att det är väl motiverat att tillämpa liknande lösningar i kommande projekt.

LITTERATUR

Abrahamsson T, Norin F,
Energibesparing med värmeåtervinning i ventilations-
anläggningar, BFR R9:1979

Andersson M, Lindén NA, Sjöblom G, 1979,
Energisparprojektet Märsta sjukhem, Lägesrapport
BFR R122:1979

Andersson M, Lindén A, Södergren D,
Trials of Energy-Saving Systems in a Nursing Home,
IEA, New Energy Conservation Technologies, Springer
Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Volume 1,
pp 1118-1134, 1981

Berndtsson L, Nordenadler I, Udd B, 1982,
Energisnåla VVS-anläggningar i kontors- och
sjukvårdsbyggnader, BFR T19:1982

Gefwert M, Södergren D,
Årliga energiförluster genom frånluftsfönster,
BFR R82:1980

Heap T, Bergström S, Secher D, 1980,
Energistyrning i byggprocessen, BFR R158:1980

Jansson S, Oskarsson L-G, Södergren D,
Individuell och flexibel temperaturanpassning i rum
och byggnader med små energibehov, BFR R116:1983

Knoll W,
Ventilation - the balance between Energy Efficiency
and Well-Being, 6th AIC Conference Report,
Air Infiltration Review, Vol. 7, No. 1, Nov. 1985

Lindén A, 1984,
Regionala Energikonferensen, Spri 106 T/82

Lindén A, 1984,
Energisparande och bra ventilation,
VVS & Energi nr 6/84, 3 s

Liedberg K, 1982,
Energibesparingens effekt på inomhusklimatet -
exemplet Märsta sjukhem, KTH, Byggnadsfunktionslära,
A6:1982

Löfstedt B,
Klimathygien, Byggforskningens informationsblad
B8:1976

Magnusson L,
Vad är bra inomhusklimat och hur mäter man det?,
VVS 7/8-82, 5 s

Svensson A, Blomqvist C, 1974,
Avvägd tilluft - inget drag, Byggforskningens
informationsblad B13:1974

Södergren D m fl,
Värmekapacitet i byggnadsstommar, BFR R76:1985

Södergren D,
Fullskaleprov av ventilationsprincip med frånluftsfönster och elvärmare i tilluft, BFR R42:1970

Södergren D,
Windows and Climate Factors in Märsta Nursing Home,
Windows in Building Design and Maintenance, Göteborg,
Sweden 1984, Proceedings appendix, part 2, p 486,
BFR 1984

NKB-rapport nr 40, 1981, Inomhusklimat

Lindén A m fl,
AVDELNINGEN FÖR ENERGIVÅRD (En informationsfilm för
vårdpersonal om energifrågor, video), Spri, 1983



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780044-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms
läns landsting, Stockholm.**

R45: 1987

ISBN 91-540-4732-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art.nr: 6707045
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 63 kr exkl moms