



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

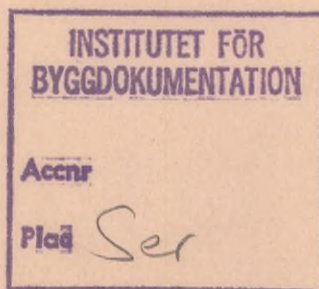
R66:1988

Kontrollerad naturlig ventilation med värmeåtervinning

Utvärdering av ett experimentbyggnadsprojekt

Bengt-Olof Hecktor
Gert Rämner

IR/TL



BYGGDOK

Sankt Eriksgatan 46

112 34 Stockholm

tel: 08-617 74 50

fax: 08-617 74 60

Byggeforskningsrådet

R66:1988

KONTROLLERAD NATURLIG VENTILATION
MED VÄRMEÅTERVINNING

Utvärdering av ett experiment-
byggnadsprojekt

Bengt-Olof Hecktor

Gert Rännér

Denna rapport hänför sig till forsk-
ningsanslag 850662-5 från Statens råd för
byggnadsforskning till Bostadsstiftelsen
Kalmarhem, Kalmar.

REFERAT

Rapporten behandlar en årslång utvärdering av ett nytt ventilationssystem benämnt SPAR-VE NSystemet. Systemet är speciellt utformat och anpassat för varsam ombyggnad av äldre flerbostadshus inom ROT-sektorn, vilka ventileras enligt självdragsprincipen. Utvecklingen av systemet har tidigare redovisats i BFR-rapport R67:1986.

Grundprincipen för systemet är att ursprungligt självdragssystem bibehålles, men kompletteras med utrustning för styrning av både tilluft och frånluft. Därigenom bibehålles självdragssystemets fördelar, samtidigt som dess nackdelar, såsom bakdrag och över året kraftigt varierande luftflöde, elimineras. I systemets grundutförande ingår även värmeväxlare, vilka kan anslutas till en värmepump för återvinning av värme ur frånluften. Värmeåtervinningen kan installeras senare vid valfri tidpunkt utan merkostnad.

Det kompletta systemet inklusive värmepump installerades våren 1986 i en fastighetsenhet med sammanlagt 50 lägenheter fördelade på tre hus med gemensamt uppvärmningssystem. I rapporten redovisas mätningar och erfarenheter av systemet i praktisk drift under en årslång provperiod. Utvärderingen har omfattat installation, funktion och ekonomi samt allmängiltiga slutsatser som kan dras därav.

Sammanfattningsvis kan konstateras att systemet i stort uppfyllt ställda förväntningar vad gäller såväl ventilation som värmeåtervinning. Mätningarna har visat att efter ombyggnaden har ett stabilt och kontrollerat luftflöde erhållits över hela året. De boende har även i en enkät bekräftat att man upplevt en klar förbättring av ventilationen efter ombyggnaden.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R66:1988

ISBN 91-540-4922-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

		sida
1.	INLEDNING	6
1.1	BAKGRUND	6
2.	PROJEKTBEKRIVNING	8
2.1	PROJEKTETS OMFATTNING	8
2.2	FASTIGHET OCH BEFINTLIGT VENTILATIONSSYSTEM	8
2.2.1	Fastigheten	8
2.2.2	Befintligt ventilationssystem	10
2.3	KOMPLETTERANDE VENTILATIONSSYSTEM, SPAR-VENSYSTEMET	12
2.3.1	Funktionsprincip	12
2.3.2	SPAR-VENTilen; ett självverkande tilluftsdon	13
2.3.3	SPAR-VENburen; vinddämpare, tryck- utjämnare och frånluftsvärmeväxlare	14
2.3.4	Brinesystemet	16
2.3.5	Värmepumpen	16
3.	FSS-SYSTEMET I KV DAMPEHAMMAR	17
3.1	PROJEKTERING	17
3.2	OMBYGGNAD	17
3.2.1	Montage i lägenheterna	17
3.2.2	Montage av burarna	18
3.2.3	Montage av brineledningarna	19
3.2.4	Montage och funktion av värmepumpen	19
4.	MÄTNINGARNAS MÅLSÄTTNING OCH ANVÄND MÄTUTRUSTNING	22
4.1	MÅLSÄTTNING	22
4.2	REFERENSMÄTNINGAR FÖRE INSTALLATIONEN	22
4.3	MÄTNINGAR EFTER INSTALLATIONEN	22
4.3.1	Automatiskt insamlade mätvärden	23
4.3.2	Manuellt insamlade mätvärden	24

		sid
5.	MÄTRESULTAT OCH DRIFTERFARENHETER	25
5.1	ALLMÄNT	25
5.2	REFERENSMÄTNINGAR PÅ BEFINTLIGT SYSTEM	25
5.3	VENTILATIONSFUNKTIONEN	27
5.4	ENKÄT BETRÄFFANDE VENTILATIONSFUNKTIONEN	31
5.5	VÄRMEÅTERVINNINGSFUNKTIONEN	32
5.5.1	Drifterfarenheter	32
5.5.2	Mätresultat för det gemensamma systemet	33
5.5.3	Mätresultat från den special-studerade buren	38
5.5.4	Energibesparing	41
6.	EKONOMI	42
6.1	ANLÄGGNINGSKOSTNAD	42
6.1.1	Anläggningskostnad för ventila-tionsdelen	42
6.1.2	Anläggningskostnad för värme-återvinningsdelen	43
6.1.3	Sammanlagd anläggningskostnad	44
6.1.4	Finansiering	
6.2	LÖNSAMHETSBERÄKNING	45
6.2.1	Lönsamhetsberäkning för ventila-tionsdelen	45
6.2.2	Lönsamhetsberäkning för värmeåter-vinningsdelen	45
7.	SAMMANFATTNING-SLUTOMDÖME	55
8.	REFERENSLITTERATUR	57
9	BILAGA 1. ENKÄT MED SVAR	58

FÖRFATTARNAS FÖRORD.

Den årlånga utvärderingen av projektet har gett en rad intressanta och lärrika erfarenheter. Detta gäller såväl erfarenheter av teknisk/ekonomisk art för nyinstallerat och befintligt system som relationer mellan deltagande personer.

Problemen i samband med uppstartning och drift av det nya systemet har inte varit större än förväntat, snarare tvärtom. Driftresultaten har i grova drag motsvarat 80 % av resultaten vid tidigare laboratorieprov. Detta får anses vara ett bra resultat i praktisk drift med de variationer som finns i nyttjandet.

Genom de ingående mätningar som gjorts har ett flertal funktionsfel upptäckts på det befintliga systemet. Dessa kan genomgående härledas till systemets ålder med äldre reglerutrustning, och slitna ventiler mm. Dessa brister finns normalt i alla äldre system men observeras endast i samband med noggranna mätningar. Sannolikt har många av de mindre lyckade resultat som erhållits med exempelvis värmepumpar i äldre installationer sin grund i sådana brister.

Samarbetet mellan de människor som på olika sätt deltagit i projektet har genomgående varit gott. Den väl kända regeln om information och samarbete har fungerat bra även i detta fall. Därmed tackar vi såväl Bostadsstiftelsen Kalmarhem i Kalmar som hyresgäster och anlitade entreprenörer för deras positiva medverkan.

1. INLEDNING.

1.1 BAKGRUND.

Befintliga självdragssystem (S-system) är behäftade med klimatberoende brister som ger låg luftomsättning vid hög utetemperatur och hög omsättning vid kall och/eller blåsig väderlek. Dessa och andra faktorer som påverkar självdragsventilationens funktion har beskrivits och analyserats bland annat i tidigare BFR-rapporter (ref 1 och 2).

Vid ombyggnad av bostäder godtas enligt SBN 80 att befintlig S-ventilation bibehållas. Förutsättningen är att dess ursprungliga funktion bedöms som tillfredsställande och att åtgärder ej vidtagits som försämrat installationens funktion. Dessutom förutsätts att kök i flerbostadshus kompletteras med spiskåpa eller motsvarande med tillräcklig uppfångningsvolym.

Vid ombyggnad av äldre hus är det ej ovanligt att den skett utan tanke på hur ventilationen påverkas. Tilläggsisolering och tätning har därför i många fall lett till "sjuka hus" i någon form, eftersom åtgärder för att förbättra ventilationen ofta slopats eller senarelagts av ekonomiska skäl. I de fallen har man förbisett en väsentliga sak för ekonomin, nämligen att byggnad och installation skall ses som ett totalsystem där sammantagna kostnader och funktioner skall bedömas.

För att undvika fuktskador på byggnaden och dessutom tillgodose komfortkravet på jämnt och av SBN 80 godtaget ventilationsflöde 0,5 oms/h är det normalt sett motiverat att bygga om ventilationssystemet tex i samband med annan ombyggnad.

Vid ombyggnad av självdragssystem har dessa vanligtvis ersatts med frånluftssystem (F-system), eventuellt kombinerade med värmeåtervinning (FX-system).

Installation av F-system drar vanligtvis med sig relativt omfattande byggnadsarbeten inne i lägenheterna, och kräver ganska stort utrymme på vindsplanet. Det senare gäller i hög grad för FX-systemen eftersom kanaldragningen kan bli relativt komplicerad och exempelvis göra ombyggnad av oinredda vindar till lägenheter omöjlig.

Ett alternativ till nämnda system är SPAR-VENTsystemet som kan definieras som ett fläktförstärkt styrt självdragssystem (FSS-system). Systemet som är utvecklat

framför allt för installation i äldre flerbostadshus, och då gärna i samband med ROT-åtgärder, har tidigare redovisats i BFR-rapport R67:1986 (ref 2): "Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning."

Bland SPAR-VENsystemets egenskaper kan nämnas:

- * Små ingrepp i lägenheterna vid montage. De boende kan utan nämnvärda störningar bo kvar under installationstiden.
- * Kontrollerat tilluftsflöde. Tilluften tas in i kontrollerad mängd och på rätt plats.
- * Obetydligt utrymmesbehov i vindsplanet.
- * Förberett för värmeåtervinning medelst värmepump.
- * Vid framtida installation av värmeåtervinning tas inga ytterligare utrymmen i vindsplanet i anspråk. Värmepumpen placeras i befintligt pannrum eller annat lämpligt utrymme.

Inledande provningar av systemet har utförts med medel från BFR och redovisats i nämnd BFR-rapport R 67:1986. Uppnådda resultat bedömdes vara så uppmuntrande att ytterligare medel beviljades av BFR, dels som experimentbyggnadslån för installation av systemet i en lämpligt fastighet, dels som projektanslag för en årslång utvärdering av denna installationen.

Utvärderingen, som omfattat installation, funktion och ekonomi samt allmängiltiga slutsatser, har utförts av personal från K-Konsult, Kalmar och redovisas i föreliggande rapport.

2. PROJEKTBEKRIVNING.

2.1 PROJEKTETS OMFATTNING.

Projektet omfattar en årslång utvärdering av ett komplett SPAR-VENTsystem. Systemet har i anslutning till utvärderingen installerats i en fastighet bestående av tre byggnader med gemensamt uppvärmningssystem. Byggnaderna representerar ett typiskt utförande av hus med självdragsventilation byggda under 1950-60 talen. Den utförda installationen och därmed utvärderingen omfattar ett komplett system med värmeåtervinning.

Projektet omfattar utvärdering av följande huvuddelar:

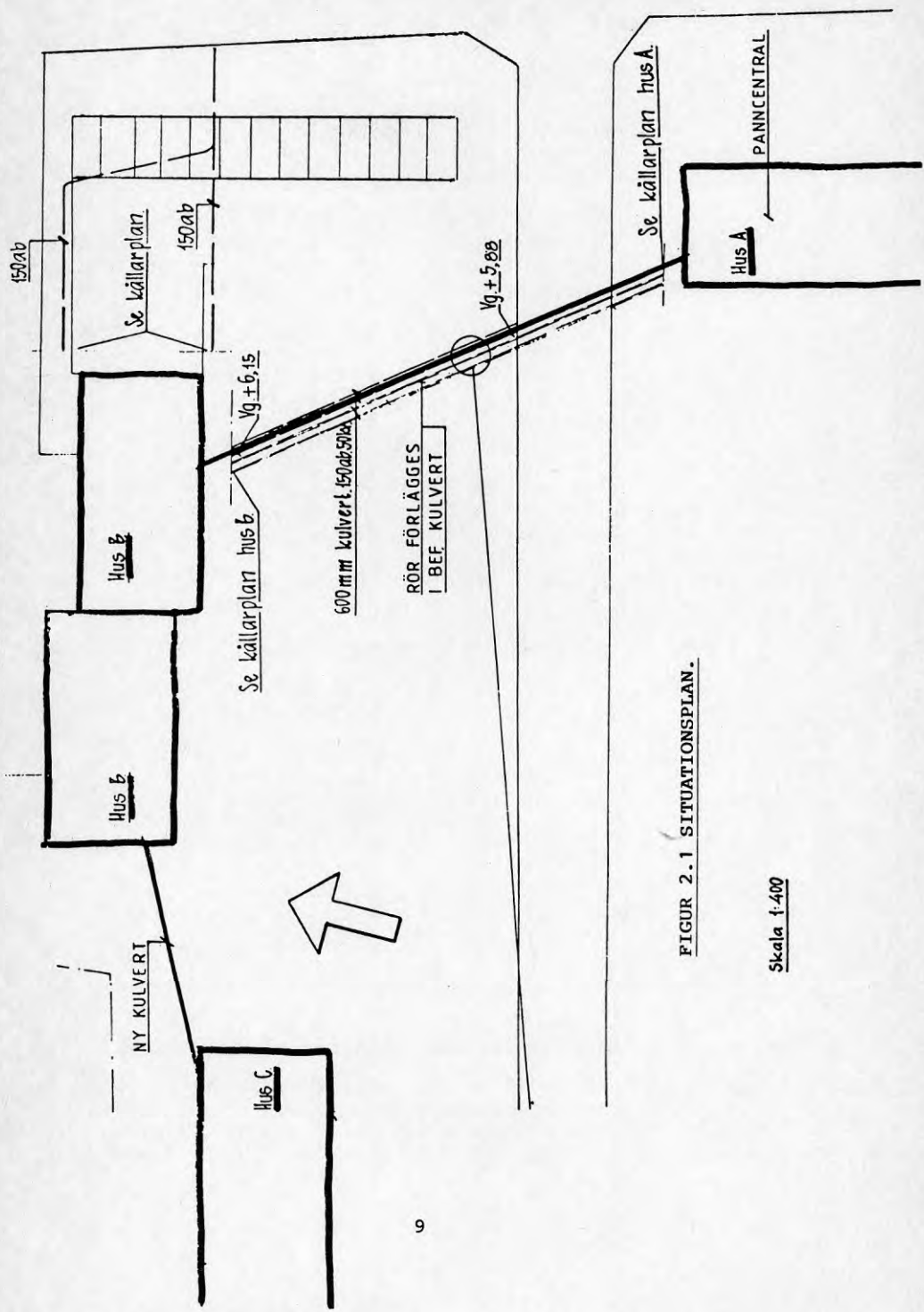
- Erfarenheter från installationen av systemet.
- Installation av mätutrustning.
- Drifttekniska erfarenheter.
- Mätningar och beräkningar avseende ventilationsfunktionen.
- Mätningar och beräkningar avseende värmeåtervinningsfunktionen.
- Hyresgästernas synpunkter före och efter installationen.
- Anläggningskostnad och ekonomiska lönsamhetsberäkningar.

2.2 FASTIGHET OCH BEFINTLIGT VENTILATIONSSYSTEM.

2.2.1 Fastigheten.

Fastigheten där installationen utförts är belägen 15 km norr om Kalmar i samhället Rockneby, kvarteret Dampehammar. Fastigheten ingår i Stiftelsen Kalmarhems bostadsbestånd och består av tre friliggande trevåningshus med källare och vindsvåning, se situationsplan figur 2.1.

Byggnaderna, utförda med murad stomme och uppförda 1959-61, representerar ett typiskt utförande av hus med självdragsventilation. Byggnaderna inrymmer totalt 50 lägenheter samt ett mindre bageri, det sistnämnda beläget i källaren i hus A. Sammanlagd lägenhetsyta är 2 841 m². Total uppvärmd yta inklusive källare, trapphus



FIGUR 2.1 SITUATIONSPLAN.

Skala 1:400

och varmgarage är 3 458 m².

Lägenheterna har följande storlek:

- 10 st 3 rum o kök
- 26 st 2 rum o kök
- 10 st 1 rum o kök
- 4 st 1 rum o kokvrå

I hus A och C är hela vindsplanet inrett till lägenheter. Hus B har endast lägenheter vid gavlarna i vindsplanet medan mellanliggande vindsutrymmen utnyttjas som förråd mm. Badrum med och utan fönster förekommer.

Byggnaderna försörjs med värme och tappvarmvatten från en gemensam panncentral belägen i källaren i hus A. Distributionen mellan husen sker via markförlagd 4-rörs kulvert. Radiatorsystemet är utfört som 2-rörs system med öppet expansionskärl. Samtliga radiatorer är försedda med termostatventiler.

Byggnaderna är energimässigt väl kartlagda och åtgärdade. Detta har delvis skett genom att anläggningen tjänat som pilotanläggning för SABO:s långtgående satsningar på energibesparing. Sålunda har följande åtgärder vidtagits:

- 1982 Tätning av fönster, inreglering av värmesystem, montage av termostatventiler.
- 1983 Byte av oljebrännare, byte av reglerutrustning för tappvarmvatten.
- 1984 Installation av elpanna för avbrytbar el.

För åren 1980-1985 har nedan angivna energiförbrukning för uppvärmning och tappvarmvatten noterats. Värdena är normalårskorrigerade bruttoförbrukningar.

År	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Förbrukning kWh/m ² år	273	280	266	245	209	186

2.2.2 Befintligt ventilationssystem.

Varje byggnad är försett med ett konventionellt självdragssystem med murade frånluftskanaler. Kanalerna är samlade i trapphusväggarna och mynnar ovan yttertak. Totalt finns 19 ventilationsskorstenar. Varje skorsten

betjänar två lägenheter och i förekommande fall även källarutrymmen såsom tvättstuga, torkrum, samlingslokal etc. Antalet kanaler per skorsten varierar mellan 4 och 11.

Tillförseln av tilluft sker i samtliga lägenheter via tallriksventiler som är placerade i källskafferiet. Frånluftsdon finns ovanför spisen i kök, i badrum, och i lägenheter med 2 respektive 3 rum, i vissa fall även i sovrum.

När husen byggdes 1959-61 fanns inga normer för lägsta godtagbara luftmängd vid bostäder. Självdragssystem accepterades under förutsättning att de var utförda enligt gällande föreskrifter med avseende på frånluftskanaler och tilluftsöppningar mm.

Klagomål på ventilationen har förekommit under lång tid, även före det att de i avsnitt 2.2.1 ovan redovisade energisparåtgärderna vidtogs. Omfattningen av klagomålen ökade sedan tätning av fönster utförts. Klagomålen gällde i huvudsak följande:

- Dålig, dvs otillräcklig ventilation speciellt sommartid.
- Osproblem vid matlagning.
- Kallt i badrummen främst under vinterhalvåret.
- Överföring av lukter från andra lägenheter.

Problemen enligt de två sistnämnda punkterna orsakas av att bakdrag, dvs omvänd flödesriktning på luften, uppstår i vissa frånluftskanaler och då vanligtvis i badrumskanalerna. Ovälkomna lukter från andra lägenheters frånluftskanaler blandas därvid med den kalla uteluften och tillförs således till lägenheten via den frånluftskanal där bakdrag råder. För att undvika dessa problem stängde flera av de boende frånluftskanalen i badrummet vintertid. Följden därav blev fuktproblem vid dusch, bad och torkning av tvätt.

Av de ovan redovisade klagomålen på den befintliga ventilationen framgår att det fanns klara motiv att genomföra en ombyggnad av det befintliga självdragssystemet. Ombyggnaden gjordes som nämnts genom komplettering med SPÄR-VENTsystemet. En kortfattad beskrivning av systemet lämnas nedan. För ingående beskrivning hänvisas till ref 2.

2.3 KOMPLETTERANDE VENTILATIONSSYSTEM, SPAR- VENSYSTEMET.

2.3.1 Funktionsprincip.

SPAR-VENsystemet utnyttjar S-systemets enkla tekniska funktionsprincip men undanröjer dess nackdelar med hjälp av vissa styrande komponenter. Dessa grundkomponenter utgörs av:

- * Självverkande tilluftsdon, typ springventiler, som monteras i överkant av fönsterbågarna. Tryckfallet över donet styrs av rådande väderleksförhållanden.
- * Burar, dvs huvar som placeras på toppen av de befintliga ventilationsskorstenarna. Huven har en tryckutjämnande och vinddämpande funktion och innehåller även en enkel hjälpfläkt. Fläkten tas i drift sommartid då det naturliga självdraget blir otillräckligt. Det vinddämpande konstruktionselementet som ingår kan genom sin speciella utformning vid behov användas som värmeväxlare.

Dessa styrande komponenter är utformade för att ge minsta möjliga förändring av totaltryckfallet för det befintliga S-systemet. SPAR-VENsystemet kan därmed betraktas som ett "fläktförstärkt styrt självdrags-system" (FSS-system).

Förutom installation av ovannämnda styrande komponenter erfordras följande åtgärder i lägenheterna:

- Anordnande av överluftsöppningar mellan rummen där sådana saknas.
- Igensättning av eventuellt befintliga tilluftsöppningar.
- Demontering av eventuellt befintliga punktut-sugningsfläktar i kök och/eller badrum.
- Installation av kolfilterfläkt i kök ovan spis för kompletterande uppsamling av os och fett vid matlagning.

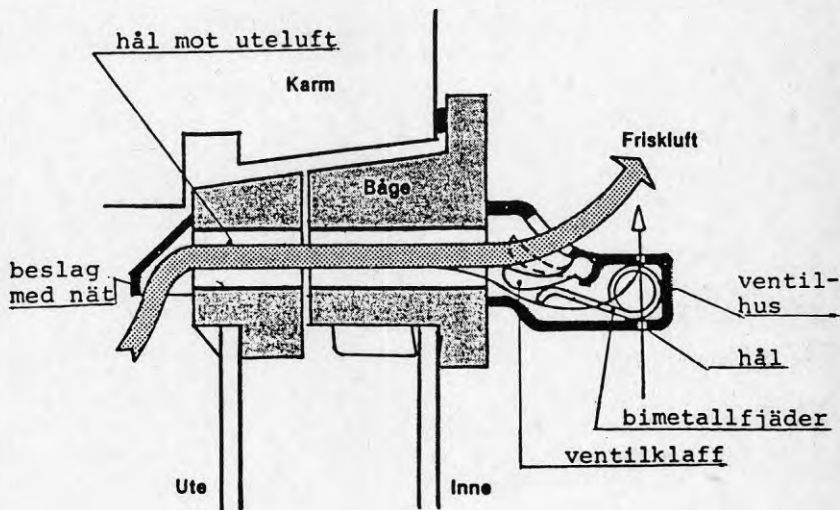
Om värmeåtervinning skall installeras krävs dessutom:

- Montering av värmepump och varmvattenackumulator samt anslutning av denna till tappvarmvatten-systemet och/eller uppvärmningssystemet.

- Anslutning av värmväxlarelementen i SPAR-
VENhuvarna till värmepumpen.

2.3.2 SPAR-VENTilen, ett självverkande tilluftsdon.

Det självverkande tilluftsdonet figur 2.2 har redovisats ingående i ref 2 och ref 3 och beskrivs därför endast kortfattat nedan.



FIGUR 2.2 AUTOMATISKT TEMPERATURSTYRT TILLUFTSDON

SPAR-VENTilen är ett tilluftsdon av sk springventiltyp. Den monteras i överkant på insidan av ett fönster antingen i fönsterbågen eller i karmen. Luften kommer in till ventilen genom en rad hål som borras i bågen, alternativt i karmen. På utsidan döljs hålen av ett beslag med droppkant och insektsgaller. Ventilen har en rörlig klaff som påverkas av en temperaturkänslig bimetallfjäder. Fjädern utsätts i första hand för uteluftens temperatur, men påverkas även av ett flöde av rumsluft förbi fjädern. Vid mildt och lugnt väder styr bimetallfjädern ventilklaffen mot större öppning, så att tillräckligt uteluftflöde kan passera in genom ventilen. Vid kallt och/eller blåsig väderlek, då den termiska drivkraften är stor, styr bimetallfjädern ventilklaffen

mot mindre öppning, dock inte mindre än att tillräcklig luftmängd fortfarande kan passera.

Den sammanlagda arean av de hål som borraras i fönsterkarmen, alternativt bågen, väljs så att tilluftsdonet ger dimensionerande luftmängd vid lägsta förekommande drivtryck. Hållarean blir därmed en funktion av den rumsvolym som ventileras med ventilen och lägenhetens höjdläge i byggnaden, samt det totala motståndet från luftintaget till ventilationsskorstenens utlopp.

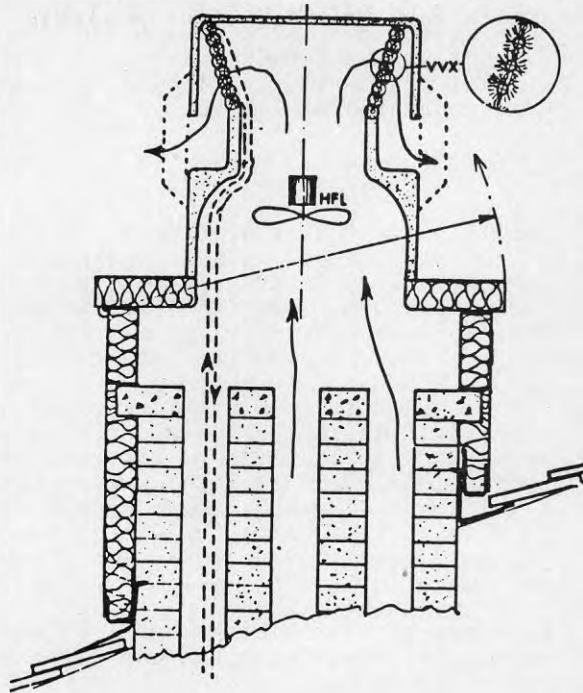
2.3.3 SPAR-VENburen; vinddämpare, tryckutjämnare och frånluftsvärmeväxlare.

Den styrningen av tilluftsflödet som sker med det ovan beskrivna tilluftsdonet störs då byggnaden utsätts för vindens påverkan. Vinden ger sålunda dels upphov till ett övertryck på fasaden mot vindsidan, dels till ett undertryck på husets läsida. Dessutom erhålls ett vindsug (ejektorverkan) vid skorstenstoppen. Under vissa omständigheter uppstår dessutom virvelbildning kring skorstenstoppen, vilket kan ge tryckstörningar i en eller flera av skorstenens kanaler.

Tidigare undersökningar, (ref 1), visar att vindtryck mot fasaden har liten betydelse för luftomsättningen vid vindhastigheter lägre än ca 3 m/s. Vid högre vindhastighet ökar dock luftomsättningen något genom att övertrycket på vindsidan tenderar att bli större än undertrycket på läsidan.

Vindsuget (ejektorverkan) över skorstenstopparna åstadkommer däremot en märkbart större luftomsättning redan vid låg vindhastighet (ref 2). Denna ökning av luftomsättningen kan ej kompenseras enbart med tilluftsdonen. En "turbulensbildande komponent" som ingår i huvkonstruktionen eliminerar däremot vindsuget i stort sett totalt. Huvens konstruktion visas i figur 2.3.

Virvelbildningen kring skorstenstoppen kan ge övertryck i vissa kanaler och undertryck i andra. Dessa tryckvariationer elimineras helt av huven. Detta åstadkommes genom att huven är försedd med en för samtliga kanaler gemensam samlingskammare, som är utformad så, att samma tryck råder vid samtliga kanalens utlopp vid skorstenstoppen. Huvens medverkar därmed även till att undanröja risken för bakdrag, dvs omvänd flödesriktning i frånluftskanalerna.



FIGUR 2.3 SPAR-VEN-BUR.

Vid stigande utetemperatur avtar den naturliga drivkraften vid självdragsventilation. När temperaturskillnaden inne - ute blir lika med noll, då blir även drivkraften noll. För att kunna upprätthålla godtagbar luftomsättning även vid hög utetemperatur finns en termostatstyrd fläkt monterad i huven. Hjälpfläkten är försedd med en vanlig enhastighetsmotor men styrs i två steg av utetemperaturen. Ett av stegen ger fullt varvtal och det andra ger via en tyristor ett inställbart reducerat varvtal. Den temperatur vid vilken fläkten skall starta med reducerat varvtal varierar något med byggnadens specifika egenskaper, men ligger normalt mellan +3 till +7 °C. Omkoppling till fullt varvtal sker vid cirka + 15 °C.

inbyggda värmeväxlare för återvinning av värmen i frånluften. Värmeväxlaren är av typ luft/vätska och som brinelösning används glykolblandat vatten. Brineledningarna är närmast huven tillverkade av plastslang varigenom huvens överdel med värmeväxlare kan fällas upp för rengöring. Varje värmeväxlare är dimensionerad för ca 1,2 kW effekt vid luftflöde 200 m³/h och ca 15 oC temperatursänkning på luften.

2.3.4. Brinesystemet.

Den i huven inbyggda värmeväxlaren ansluts som nämnts till brinekretsen med plastslang. Brineledningarna i övrigt utgörs av PEM-rör. Vid övergången mellan PEM-rör och plastslang monteras avstängningsventil och avstängbar injusteringsventil så att flödet kan injusteras och huven även vid behov kan stängas av från brinekretsen.

PEM-rören från respektive skorsten dras vanligtvis i vertikal led till källarplanet via en frånluftskanal som ventilerar källarplanet. Där ansluts rören till de gemensamma köldbärrledningarna. Alternativt kan samlingsledningarna förläggas på vindsplanet, om utrymme och andra skäl talar för detta. De gemensamma ledningarna dras sedan i vertikal led genom en frånluftskanal enligt ovan.

Inom byggnaden isoleras synliga köldbärrledningar mot kondens. Ledningar i frånluftskanaler liksom eventuella markförlagda ledningar kan förläggas utan särskild kondensisolering.

2.3.5 Värmepumpen.

Brinesystemet ansluts till värmepumpen och återvunnen värmemängd utnyttjas för värmning av tappvarmvatten och/eller för byggnadens värmesystem. Värmepumpen som ju är gemensam för alla värmeväxlarna väljs efter fabrikanternas standardsortiment och dimensioneras normalt för cirka 1,0 kW återvunnen effekt per växlare.

3. FSS-SYSTEMET INOM KVARTERET DAMPEHAMMAR.

3.1 PROJEKTERING

Ombyggnaden av ventilationssystemet och värmeåtervinningssdelen med värmepump föregicks av normal projektering av konsult, varefter objektet lämnades ut på anbudsräkning. Entreprenaden var utformad som totalentreprenad. Beställaren, Stiftelsen Kalmarhem, deltog aktivt såväl vid val av material som val av utförande.

Under projekteringsskedet togs kontakter med bland annat sotningsväsendet och stadsarkitekten. Med sotarmästarens bistånd kontrollerades samtliga ventilationskanaler och frågor kring åtkomlighet för rensning och underhåll av burar och kanaler klarades. Med stadsarkitektens hjälp konstaterades att byggnadslov kunde beviljas utan särskild prövning för den förändring av byggnadernas exteriör som burarna medför.

3.2 OMBYGGNAD.

3.2.1 Montage i lägenheterna.

En av grundtankarna kring systemet är att de boende obehindrat skall kunna bo kvar under montagetiden. För att störningarna skall bli så små som möjligt ställs därför stora krav på samordning av de installationer som skall göras. Därför ingick även i entreprenörens åtagande att i god tid informera de boende om installationsarbetet. Några klagomål på störningar har ej heller framförts av de boende, vilket visar att samarbetet mellan installatörer och hyresgäster fungerade friktionsfritt.

Arbetet i lägenheterna omfattade följande moment:

- Montage av tilluftsdon (springventiler).
- Montage av överluftsanordningar.
- Montage av kolfilterfläktar.
- Kontroll och eventuell tätning av skafferidörrar.

Montaget av tilluftsdonen gick i stort sett planenligt. Entreprenören åsamkades dock vissa merkostnader eftersom en del av hyresgästerna ej flyttat undan möbler och blommor såsom överenskommits. Efterstädning av borkkax efter montaget ombesörjdes av entreprenören.

Överluftsanordningarna har en betydelsefull funktion i systemet och måste därför noga beaktas. Inom fastigheten fanns en godtycklig blandning av utföranden. I vissa lägenheter saknades överluftsringor i dörrkarmar och trösklar helt eller delvis, medan erforderliga ringor fanns i andra lägenheter. Att på ett enkelt sätt åstadkomma erforderliga överluftsöppningar var inledningsvis något komplicerat.

En metod att fräsa spår i karmen övergavs på grund av högt maskinljud och problem med spridning av damm samt med hänsyn till att efterlagning av målning krävdes.

En enklare och billigare metod visade sig vara att borra och såga ut för ventilationsgaller i dörrbladet. I hålet monterades en vanlig tallriksventil av plast. Eventuella sprickor i dörrfanéret doldes därvid av gallrets flänsar.

Ventilationsgallrena monterades konsekvent i dörrarnas nedre del med avsikten att åstadkomma en gynnsam diagonal luftströmning upp mot frånluftsventilen. Detta är väsentligt, speciellt vid våtrummen, där en snabb upptorkning av golvet är viktigt, se (ref 4).

Montaget av kolfilterfläktarna medförde vissa problem eftersom befintliga köksskåp varierade i mått och placering. Ovanför kolfilterfläktarna monterades överskåp med kryddhylla. Dessa gick i likhet med övriga köksskåp upp mot taket, varvid den befintliga frånluftsventilen i köket i vissa fall täcktes för. I dessa fall kompletterades kryddhyllan med överluftsdon på samma sätt som dörrarna.

För att uppnå den önskade styrningen av luftflödet som FSS-systemet eftersträvar måste befintliga äldre springventiler tätas varaktigt och luftflödet från skafferiventiler till köket stoppas. Det är dock väsentligt att bibehålla ventilernas uppgift att åstadkomma ett kallskaffereri. Därför valdes att tätas skafferidörrarna med tätningslister i de fall där dörrarna var otäta.

3.2.2 Montage av burarna.

Samtliga 19 ventilationsskorstenar försågs med SPAR-VEN-buror. Ett förberedande moment var montering av fästordningar för burarna på respektive skorsten. Burarna, som var individuellt måttanpassade, lyftes därefter på plats med en mobilkran och förankrades. Skorstenen isolerades därefter utvändigt med 50 mm mineralull vilken täcktes med 0,6 mm plastbelagd tunnplåt som ytbeläggning.

Allt plåtmaterial, såväl runt skorsten som tillhörande buren, färganpassades till takteglet, för att smälta in i miljön så väl som möjligt.

3.2.3 Montage av brineledningar.

Vid förläggningen av brineledningarna användes båda de i avsnitt 2.3.4 beskrivna förläggningsalternativen med samlingsledningen förlagd i källarplanet respektive på vinden.

Distribution av värme och tappvarmvatten mellan de tre byggnaderna sker via en befintlig 4-rörskulvert, se figur 2.1. Mellan husen A och B utgörs kulverten av betongrör med invändig diameter 600 mm. Då erforderligt fritt utrymme fanns i denna kulvert förlades brineledningarna inne i denna. Ledningarna drogs därvid genom kulverten med hjälp av vinsch och draglina. Styva PVC-rör användes som hölje för PEM-rören för att styra dessa genom kulverten.

Kulverten mellan husen B och C är också av betongrör men med inre diameter 250 mm. Något utrymme för brineledningarna fanns ej i denna kulvert. Mellan husen B och C förlades därför ledningarna oisolerade i mark i anslutning till den befintliga kulvertledningen.

3.2.4 Montage och funktion av värmepumpen.

Värmepumpen placerades i den gemensamma panncentralen i källaren till hus A. Pumpen av typ HELPAC EVE 2.50 är en standardpump med följande data:

- Köldmedium R 22
- Avgiven värmeeffekt 25 kW
- Inkommande köldmedietemperatur 8 °C.
- Värmebärartemperatur 50 °C.

Principen för inkopplingen framgår av flödesschemat figur 3.1. Köldbärarmediet, dvs brinen, utgörs av glykolblandat vatten. Brineledningarna är anslutna direkt till värmepumpens förångare. Kondensorn är inkopplad direkt på uppvärmningssystemets returledning. Värmeöverföringen till tappvarmvattnet från värmepumpen sker indirekt genom en till uppvärmningssystemet kopplad tappvarmvattenväxlare. För att få hög utnyttjningsgrad

för värmepumpen kompletterades tappvarmvattensystemet med 6 ackumulatortankar, vardera med 500 liters volym.

Anläggningen fungerar enligt följande: När tappvarmvattentemperaturen vid temperaturgivaren GT1 i varmvattenackumulatortankarna sjunker under + 40 oC startar laddningspumparna P2 och P3 samt brinepumpen P1. Efter tidsfördröjning startar sedan värmepumpens kompressor. Vid laddning av varmvattenackumulatortankarna håller SV2 temperaturen konstant vid cirka 50 oC. Värmepumpen stannar då ackumulatortankarna blivit fullt laddade.

Pannrummets reglercentral styr i sekvens värmepumpens steg 1, steg 2, elpannan och oljepannan. Prioriteringen kan väljas mellan tappvarmvattensystemet respektive radiatorkretsen.

4. MÄTNINGARNAS MÅLSÄTTNING OCH ANVÄND MÄTUTRUSTNING.

4.1 MÅLSÄTTNING.

Avsikten med mätningarna var att klarlägga hur systemet fungerar i praktisk drift under normala driftförhållanden. Dessutom skulle en jämförelse göras med hur ventilationen fungerade före ombyggnaden. Av ekonomiska skäl koncentrerades mätningarna på frånluften efter ombyggnaden till en ventilations skorsten.

Målsättningen är att mätningarna skall ge information om;

- luftomsättningen före ombyggnaden.
- luftomsättningens storlek och variation efter ombyggnaden.
- hur mycket energi som kan sparas genom att luftflödet styrs.
- återvunnen energimängd med värmeväxlarna samt växlarnas effektivitet.
- värmepumpens energiekonomi, dvs förhållandet mellan återvunnen energi i förhållande till tillförd drivenergi.
- anläggningens totala energibalans.

4.2 REFERENSMÄTNINGAR FÖRE INSTALLATIONEN.

Att genomföra en långtidsmätning av ventilationsflödets storlek och variation före ombyggnaden var naturligtvis ej möjlig. Istället valdes att göra referensmätningar av tryckfallet över fasaden samt av luftflödet i frånluftsdonen i vissa lägenheter. Mätningarna genomfördes dels i de lägenheter som var anslutna till den skorsten som skulle specialstuderas, dels i två godtyckligt valda lägenheter i en av de andra byggnaderna. Vid mätningarna användes U-rörsmänometer samt varmtrådsanemometer.

4.3 MÄTNINGAR EFTER INSTALLATIONEN.

SPAR-VENTsystemet bygger som tidigare nämnts på de naturliga drivkrafter som råder vid en självdragsventilerad byggnad. Dessa drivkrafter påverkas i hög grad av klimats variationer. För att klarlägga systemets funktion erfordras kontinuerlig mätning av ett antal variabler

över årets fyra årstider. För att göra detta på ett praktiskt hanterbart sätt användes automatisk insamling av mätvärden via dataloggar för dessa variabler. För vissa andra parametrar erhöles tillräcklig noggrannhet med periodisk avläsning.

Att installera mätutrustning i samtliga 19 burar var givetvis ej möjligt av ekonomiska skäl. Mätningarna koncentrerades därför planenligt till en bur samt till mätningar på det gemensamma värmeåtervinningssystemet.

4.3.1 Automatiskt insamlade mätvärden.

Totalt har 15 parametrar registrerats och bearbetats automatiskt. Mätningarna hänför sig dels till den enskilda buren, och dels till det gemensamma systemet.

Mätparametrar som avser den enskilda buren är;

- brineflöde.
- temperatur på brine före buren.
- temperatur på brine efter buren.
- temperatur på avluft före buren (2 givare).
- temperatur på avluft efter buren (2 givare).
- temperatur på uteluft.
- indikering av drift med hjälpfläkt.
- indikering av avluftflöde.

Vid bearbetning av mätdata i inledningsskedet visade det sig att avluftsflödet var synnerligen stabilt oavsett vindriktning och vindhastighet. Detta bekräftade de tidigare erfarenheterna, se ref 2. Som konsekvens härav registrerades ej vindhastighet och vindriktning, såsom ursprungligen planerats.

Mätparametrar som avser det gemensamma systemet är;

- energi från köldbärarsystemet till värmepumpen.
- energi från värmepumpen till tappvarmvattnet.
- energi från värmepumpen till radiatorsystemet.
- temperatur på kallvatten.
- temperatur på tappvarmvatten.

För den automatiska insamlingen användes fyra dataloggar av fabrikat Mitec. Varje logg kan maximalt registrera fyra mätpunkter. En av loggarna utnyttjades för att samla in pulser från integreringsverk och flödesmätare, de övriga var temperaturloggar. Till- och frånslag av hjälpfläkten samt avluftflöde indikerades också på en temperaturlogg genom förändring av ett motstånd. Loggen registrerade därmed detta som en temperaturändring. Loggarna har inbyggda modem och är godkända av televerket.

Mätdata från varje mätpunkt har registrerats med entimmasintervall och temperaturerna som medelvärde under den gångna timmen. Dataloggarna har tömts med omkring 9 dagars mellanrum.

Vid uppstartningen av mätprojektet i april 1986 fanns ännu inte själva dataprogrammet för behandling av insamlade data. Fram till december 1986 utfördes därför avläsning från loggarna med bärbar skrivare. Såväl listor som diagram kunde produceras med denna skrivare. Datorprogrammet EF 2000 (utvecklat av Stubinen AB Stockholm) utnyttjades i en IBM-AT persondator så snart det färdigställdes. Programmet visade sig vara mycket kraftfullt och användbart.

4.3.2 Manuellt insamlade mätvärden.

Totalt har 11 mätparametrar avlästs och noterats för hand. Avlästa parametrar hänför sig genomgående till det gemensamma systemet. Avläsning har skett en gång per månad.

Följande parametrar har avlästs:

- Summa elenergi till systemet.
- Elenergi till värmepumpen.
- Tid under vilken värme levererats från värmepumpen till tappvarmvattensystem respektive radiatorsystem (2 gångtidsmätare).
- Tid under vilken kompressorerna varit i drift (2 gångtidsmätare).
- Förbrukad oljemängd (2 volymmätare).
- Elenergi till elpanna för avbrytbar drift (dag-och nattaxa).
- Drifttid för elpanna.
- Tappvattenmängd till varmvattenberedare.

5. MÄTRESULTAT OCH DRIFTERFARENHETER.

5.1. ALLMÄNT.

Mätningarna har under hela mätperioden givit representativa värden och kunnat ske planenligt. Genom att mätningarna pågick under ett helt år samt att uppföljningen skedde successivt kunde uppkomna fel i systemet snabbt upptäckas och åtgärdas. Med den kontinuerliga uppföljningen kunde också vissa parametrar kontrolleras genom beräkningar.

När anläggningen i kv Dampehammar startades upp i mars 1986 upptäcktes omedelbart vissa driftstörningar. Under april månad pågick också viss intrimning samt vissa justeringsarbeten, huvudsakligen gällande värmepump, brineflöde samt laddningskrets till ackumulatorerna.

När anläggningen väl blev intrimmad i alla avseenden, så blev också driftresultaten i stort sett de förväntade, dvs bra. Att driftresultaten inte helt uppnått de "teoretiska" som redovisats i ref 2 beror till mycket stor del på de driftstörningar som inträffat i den befintliga rörinstallationen.

5.2 REFERENSMÄTNINGAR PÅ BEFINTLIGT SYSTEM.

Som tidigare nämnts var det ej möjligt att genomföra några långt gående referensmätningar på den befintliga installationen före kompletteringen med SPAR-VENTsystemet. En värdering av systemets tidigare funktion bedömdes dock kunna göras genom en enkel referensmätning, samt genom jämförelse mellan tidigare energiförbrukning och energiförbrukningen under provåret, med beaktande av uppmätt luftomsättning och återvunnen energi.

Referensmätningarna utfördes i de lägenheter vilka var anslutna till den ventilationsskorsten som utvalts för montage av den speciella mätutrustningen. Dessutom mättes i två godtyckligt valda lägenheter. Resultatet av mätningarna redovisas i tabell 5.1.

Mätningarna genomfördes med varierande öppningsgrad av befintliga frånluftsdon. Vid mättillfället var utomhustemperaturen 0 °C och vindhastigheten lägre än 1 m/s.

Av tabellen kan utläsas en vanligt förekommande spridning av tryckfall över fasad samt luftomsättningens variation i olika lägenheter. Tidigare nämnt bakdrag fanns i ett par av de uppmätta lägenheterna. Vidare framgår hur det därigenom mindre luftflödet över fasaden inverkar på tryckfallet över denna.

ÖPPNINGSGRAD FRÅNLUFTSDON KÖK/WC	100/100						50/0						0/0							
	BV		1tr		2tr		BV		1tr		2tr		BV		1tr		2tr			
	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G		
VÄNINGSPLAN																				
LÄGENHET	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G	REF	G
TRYCKFALL ÖVER FASAD Pa	8,5	-	7,0	3,5	3,0	2,0	7,5	-	5,0	3,5	2,5	1,0	4,5	-	1,0	2,0	2,0	0	0	0
LUFTHÖG KÖK m ³ /h	65	-	40	75	15	40	55	-	50	50	20	40	0	-	0	0	0	0	0	0
LUFTHÖG WC m ³ /h	0 ⁺	-	15	-25 ⁺	45	25	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
LUFTHÖG NING/h	0,37		0,31	0,53	0,38	0,48	0,31	-	0,28	0,53	0,13	0,30	0	-	0	0	0	0	0	0

REF. LÄGENHET = LÄGENHET ANSLUTEN TILL DEN SPECIALSTUDERADE SKORSTENEN.

G. = GODTYCKLIGT VALD LÄGENHET I HUS A.

+ = BAKDRAG.

TABELL 5.1 REFERENSMÄTNING AV BEFINTLIGT SJÄLVDRAGSSYSTEM FÖRE OMBYGGNAD.

5.3 VENTILATIONSFUNKTIONEN.

Att installera mätinstrument på samtliga skorstenar var ej möjligt av ekonomiska skäl, varför som nämnts en bur utvaldes för specialstudier. Eftersom burarna var funktionsmässigt lika, valdes buren så att kabeldragningen mellan mätpunkter och dataloggar blev enkel, och dessutom så att buren var lättillgänglig för manuella kontroller via befintlig stege.

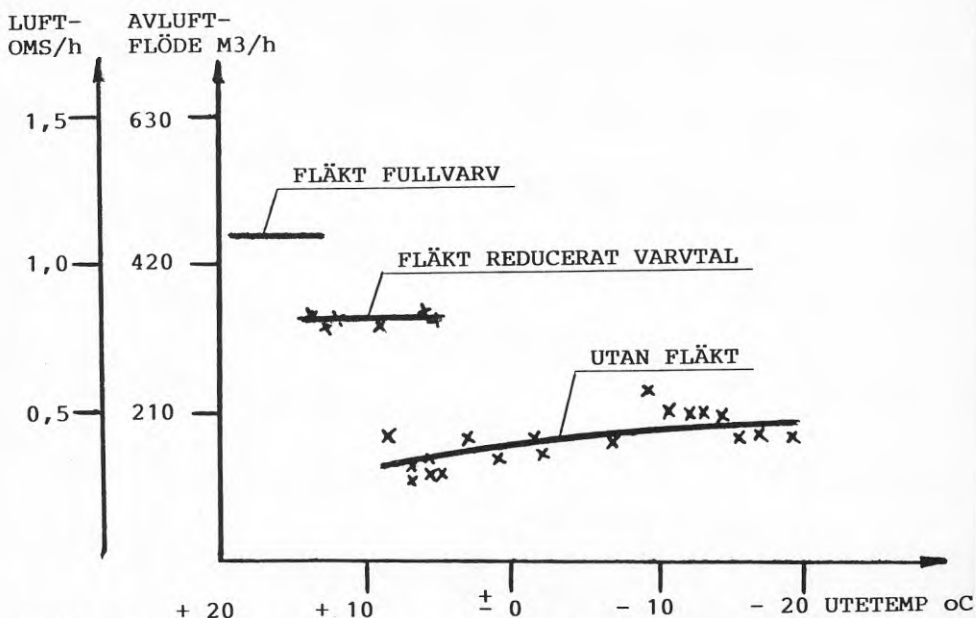
Mätningarna gjordes på hela flödet genom buren. Uppmätta resultat är därmed ett medelvärde för samtliga lägenheter som ventileras via denna bur. Detta kan vara en fördel, eftersom det enskilda brukarmönstret ej slår igenom så hårt utan en viss medelvärdesbildning erhålles.

Avluftflödet från buren har beräknats genom kännedom om luftens temperatursänkning i värmeväxlaren och i växlaren återvunnen värmemängd. I figur 5.1 visas ett representativt urval av momentana flöden som funktion av utomhustemperaturen. Beräkningar har genomförts på mätvärden som noterats från stiltje till storm. Sålunda har under december 1986 och januari 1987 förekommit vindhastigheter över 24 m/s vid flera tillfällen. Att frånluftflödet ej ökat ens vid dessa extrema vindstyrkor beror sannolikt på att de automatiska tilluftsdonen stänger ytterligare något vid anblåsning, samt att klimatskärmen är mycket tät. Dessutom är de boendes benägenheten att öppna fönster för vädring inte stor vid stormvindar.

I figur 5.1 har även lagts in en axel som visar luftomsättningen per timma. Av figuren framgår att utan hjälpfläkt varierar luftomsättningen mellan ca 0,30 och 0,55 oms/h beroende på utomhustemperaturen. Med hjälpfläkten i drift på lågvarv var luftomsättningen i stort sett konstant ca 0,8 oms/h oberoende av utetemperatur. Vid högvarv på fläkten var luftomsättningen ca 1,1 oms/h.

En mindre ökning av flödet vid låg utomhustemperatur kan vara motiverad. Detta kan enkelt ske genom att hållarean i fönsterkarmen ökas något.

Fläkten var normalt inställd för start vid +5 à +7 oC. Lämpligare starttemperatur hade i detta fall varit omkring +2 oC. Ett något lägre värde på fläktens inställda lågvarvtal hade dessutom varit motiverat i denna installation. En efterjustering av dessa parametrar är mycket enkel att utföra, vilket är en stor fördel eftersom varje byggnad ofta har sina specifika egenheter.

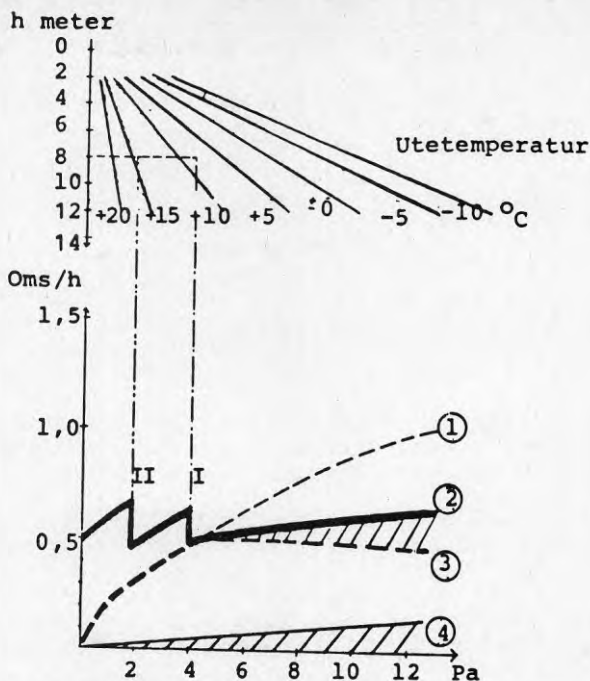


FIGUR 5.1 AVLUFTFLÖDE SOM FUNKTION AV UTETEMPERATUR.

Luften inomhus i våra byggnader har sommartid en hög relativ fukthalt vilket kan vara besvärande. Den force-erade luftomsättningen vid fullt varvtal, ca 1,1 oms/h, kan därför ses som en klar fördel sommartid då ingen värme erfordras för uppvärmning av luften. Någon risk för dragkänsla finns ej heller under den årstiden.

De i figur 5.1 redovisade mätresultaten kompletterar och i viss mån bekräftar de tidigare fältförsöken som redovisats i ref 2. Ett par skillnader finns dock mellan nu uppmätta värden och värden enligt figur 5.2 som är hämtad ur ref 2.

En skillnad är att flödet med fläkten på lågvarv i nu genomförda mätningar blir i stort sett konstant, oberoende av utetemperaturen. Att den termiska drivkraften minskar påverkar således ej luftflödet. Detta kan tydas som att hjälpfläktens tryckuppsättning är väsentligt större än den termiska drivkraften, vilket även framgår av nedanstående exempel.



1. Läckagekurva + helt/delvis manuellt öppna tilluftsdon (exempel).
2. Summa tilluftsflöde 3+4, samt fläktdrift i 2 steg, I och II.
3. Automatiskt reglerande tilluftsdon (med viss inbyggd överreaktion).
4. Ofrånkomligt läckage efter tätning (exklusive tilluftsdon).

FIGUR 5.2 LUFTOMSÄTTNING MED ETT KOMPLETT SPAR-VENTILSYSTEM BASERAD PÅ FÄLTFÖRSÖK (REF 2)

Som exempel kan man utgå från att det termiska drivtrycket är 4 Pa vid +7 °C och att fläkten startar på reducerat varvtal vid den temperaturen. Enligt kurvan i figur 5.1 ökar flödet då från 0,35 oms/h till 0,8 oms/h. Detta betyder att drivtrycket ökat till ca 21 Pa, eftersom trycket är proportionellt mot flödet i kvadrat. Fläkten kan därmed beräknas ge omkring 17 Pa.

När ute- och innetemperatur är lika finns därmed fortfarande en drivkraft som är ca 17 Pa och som då ger drygt 0,7 oms/h. Med lägre varvtal på fläkten skulle luftomsättningen ligga närmare normflödet 0,5 oms/h och dessutom skulle kurvan bli mera lik kurvan vid fläkt-drift enligt figur 5.2.

En annan skillnad är att luftflödet i nuvarande installation visar en tendens att minska vid mycket låg utetemperatur. Totala flödet följer således i stort sett kurva 3 i figur 5.2. Detta tyder på att läckageflödet, kurva 4, är mindre än beräknat i denna installation. En orsak kan vara att klimatskärmen är mycket tät, beroende på de tätningåtgärder som genomförts tidigare. En annan orsak kan vara att tilluftsdonen stryper flödet något kraftigare än förväntat vid kall och blåsig väderlek.

Några driftstörningar av betydelse för ventilationsfunktionen konstaterades ej vare sig mättekniskt eller visuellt under provåret.

Burarna har ej heller visat sig vara känsliga för snö. Påslag av snö konstaterades vid kraftigt snöfall med hård blåst. Maximalt var 30-40 % av burens yta täckt av snö, som då låg på den sida varifrån vinden kom. Snön tinade dock snabbt bort även vid låg utomhustemperatur. Snöpåslaget hindrade dock ej märkbart luftströmningen från burens.

Visuell kontroll har utförts av två burar efter ett års drift. Ut- och invändigt plåtarbete uppvisar inte någon förändring. Värmeväxlare och anslutningsdetaljer har inte heller påverkats, och försmutsning av växlaren kunde ej heller ses.

Av ovanstående framgår att fastighetens ventilations-system nu fungerar med ett jämnt ostört luftflöde utan bakdrag under årets alla timmar. Erfarenhetsmässigt kan man konstatera att ventilationen blivit klart bättre även om det är svårt att exakt kvantifiera hur stor förbättringen är. En indikation på förbättringen fås av i avsnitt 5.5 redovisas beräkningar gällande energiförbrukningen för ventilationen. Av där redovisade resultat framgår att normalårsbesparingen beräknas vara 40 000 - 50 000 KWh/år om ventilationsflödet kan hållas vid 0,5 oms/h när uppvärmningsbehov föreligger. Detta indikerar klart att flödet tidigare var för stort vintertid. Naturlagarna och flödet som erhållits med fläkt visar å andra sidan att flödet tidigare var för litet sommartid.

5.4 ENKÄT BETRÄFFANDE VENTILATIONSFUNKTIONEN.

Att mäta hur ventilationen förändras vid en ombyggnad och dessutom värdera förbättringen i energi- och kostnadsbesparing är uppenbarligen svårt. En betydelsefull värderingsgrund kan emellertid vara de boendes uppfattning om funktionen före och efter ombyggnaden.

Redan i projektets inledande stadium beslöts därför att man skulle be de boende att besvara ett formulär med frågor om hur man utnyttjade lägenheternas utrymmen och hur man upplevde luftmiljön före och efter ombyggnaden. För att få så många svar som möjligt, och förhoppningsvis uppriktiga svar, valde man att låta uppgiftslämnarna vara anonyma. För att få med uppgifter om funktionen såväl före som efter ombyggnaden sändes enkäten ut i mitten av september 1986. Anläggningen hade då varit i drift sedan månadsskiftet februari - mars samma år.

Enkät och inkomna svar redovisas som bilaga 1. Av de 50 hushållen svarade 24 på enkäten. Materialet är således relativt litet vilket medför att endast begränsade slutsatser kan dras av svaren. En ej alltför vetenskaplig utvärdering visar dock följande resultat:

- * Mer än 50 % av de som upplevt besvär med hög luftfuktighet vid bad, dusch och torkning av småtvätt i badrummet ansåg att besvären blivit klart mindre efter ombyggnaden.
- * Omkring 70 % av de som upplevt besvär med matos vid egen eller andras matlagning ansåg att en klar förbättring erhållits efter ombyggnaden.
- * Omkring 35 % av de boende upplevde att ventilationen var allmänt dålig före ombyggnaden. Drygt hälften av dessa uppgav att ventilationen blev bättre. Större delen av de övriga, som redan tidigare ansett att ventilationen var acceptabel eller bra, ansåg att den blev ändå bättre efter ombyggnaden.
- * En boende anmärkte på besvärande ljudnivå. Vid kontroll visade det sig att en hjälpfläkt vibrerade något. Felet åtgärdades enkelt och har ej återkommit.
- * Några anmärkningar utöver ovan nämnda fanns ej i svaren. Således förekom inga anmärkningar om drag eller andra obehag efter ombyggnaden.

5.5 VÄRMEÅTERVINNINGSFUNKTIONEN.

5.5.1 Drifterfarenheter.

Mätningarna på både ventilations- och värmeåtervinnings- sidan genomfördes planenligt under hela mätperioden. Erhållna värden bedöms vara representativa för anläggningen. Uppföljning och analys av mätningarna gjordes succesivt varigenom uppkomna fel i systemet snabbt kunde upptäckas och åtgärdas. Detta visade sig vara av mycket stort värde, eftersom ett flertal driftstörningar uppstod under provperioden. Störningarna var genomgående lokaliserade till de konventionella delarna av anläggningen och ej till SPAR-VENburen med tillhörande köldmediekrets.

Mera väsentliga driftstörningar som noterades redovisas i det följande.

När anläggningen togs i drift i mars 1986 upptäcktes omedelbart en del driftstörningar. Under april månad utfördes därför vissa intrimnings- och justeringsarbeten i huvudsak på värmepumpen och köldbärarsystemet samt på laddningskretsen till ackumulatorerna. Speciellt kan nämnas att en läckande expansionsventil gav vissa driftstörningar. Dessutom krävdes ett flertal luftningar av köldbärarsystemet innan driften blev stabil.

I juni upptäcktes att värme gick ut på värmesystemet, trots att shuntventilen till värmesystemet stod i stängt läge. Dessutom fungerade inte den befintliga automatiken som skulle stoppa shuntpumpen vid hög utetemperatur. Felen åtgärdades genom att automatiken justerades och den gamla trevägs shuntventilen byttes mot en tvåvägsventil. Dessutom stängdes shuntventilen manuellt men ej avstängningsventilerna på värmesystemet i övrigt.

Trots de åtgärder som vidtogs under juni fortsatte energiförbrukningen på värmesystemet under juli månad. Förbrukningen visade sig bero på att värmepumpen automatiskt kopplade över till uppvärmningssystemet när ackumulatorerna blivit uppladdade. Detta inträffade även då varmvattenproduktionen var prioriterad. Cirkulationen i radiatorsystemet skedde via värmebärarpumpen och ut i radiatorsystemet.

Under augusti upptäcktes ett fel i den befintliga variatorcentralen vilket medförde att shuntventilen fick regleras manuellt under en tid. Därigenom blev värmesystemets framledningstemperatur tidvis högre än vad som erfordrades.

Under september konstaterades att värmepumpen ej lämnade förväntat energitillskott. Detta visade sig bero på fel

strömningsriktning genom en shuntgrupp för radiator-systemet. Felet hade uppkommit när rördragningen ändrades i samband med att den tidigare nämnda trevägs-ventilen byttes mot en tvåvägsventil. Felet avhjälpes omgående.

Under november havererade cirkulationspumpen för laddningskretsen till varmvattenackumuleringen.

I början av februari 1987 upptäcktes dessutom en funktionsstörning i laddningsväxlaren till tappvarmvattenkretsen. I mitten av månaden blev det totalstopp i växlaren. Stoppet orsakades av föroreningar som i huvudsak bestod av kalk. Så småningom kostaterades att kalkavlagringar lossnat i två befintliga dubbelmantlade beredare. Kalkavlagringarna hade bildats i ett tidigare skede då en annan vattentäkt användes. Troligtvis har de lossnade avlagringarna följt med vattnet runt i laddningskretsen. Genom att laddningspumpen gick med intermittent drift sedimenterade föroreningarna i växlaren under stilleståndsperioderna med igensättning som följde.

Av ovanstående sammanställning framgår att de driftstörningar som uppstod i systemet var relativt många, att de genomgående kunde hänföras till det "konventionella systemet", och att de dessutom i de flesta fallen var svåra att upptäcka utan noggranna mätningar. Liknande brister finns sannolikt på många av de anläggningar som byggs om. En värdefull erfarenhet av projektet vid sidan om huvuduppdraget är, att det visat att en seriös och kontinuerlig uppföljning av en installation kan vara av stor betydelse för såväl funktion som ekonomi. Detta är i och för sig känt från andra sammanhang men förtjänar att påpekas igen.

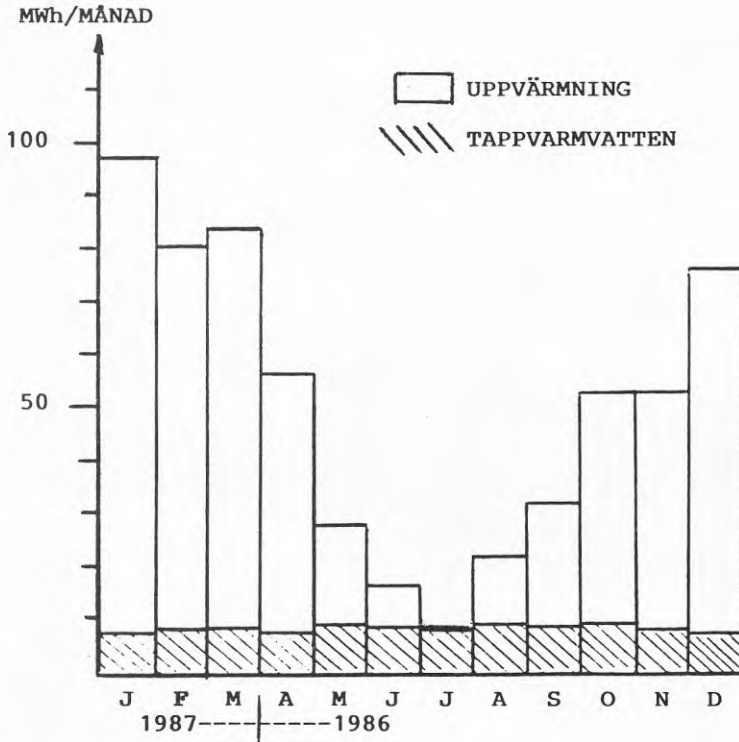
5.5.2. Mätresultat för det gemensamma systemet.

Mätningarna pågick under ett helt år varför det finns ett omfattande statistikmaterial. För att kunna redovisa materialet på ett överskådligt sätt har bearbetningen skett på månadbasis. De manuella avläsningarna har inte alltid sammanfallit med månadsskiftet. Därför har i vissa fall erforderliga värden beräknats genom interpolering. Eventuella fel på grund av detta beräknings-sätt är dock försumbara.

Generellt gäller att inga värden har normalårskorrigerats eftersom detta kan medföra oklarheter vad gäller fördelningen mellan de olika energislagen. Angivna energimängder avser bruttovärden. Verkningsgrader för exempelvis el-och oljepanna har således ej beaktats, eftersom det är den totala energiförbrukningen för uppvärmning och tappvarmvatten som är av intresse.

Fastighetens allmänförbrukning av el liksom förbrukad hushållsel har ej heller medtagits, eftersom denna elförbrukning ej nämnvärt förändras genom ombyggnaden.

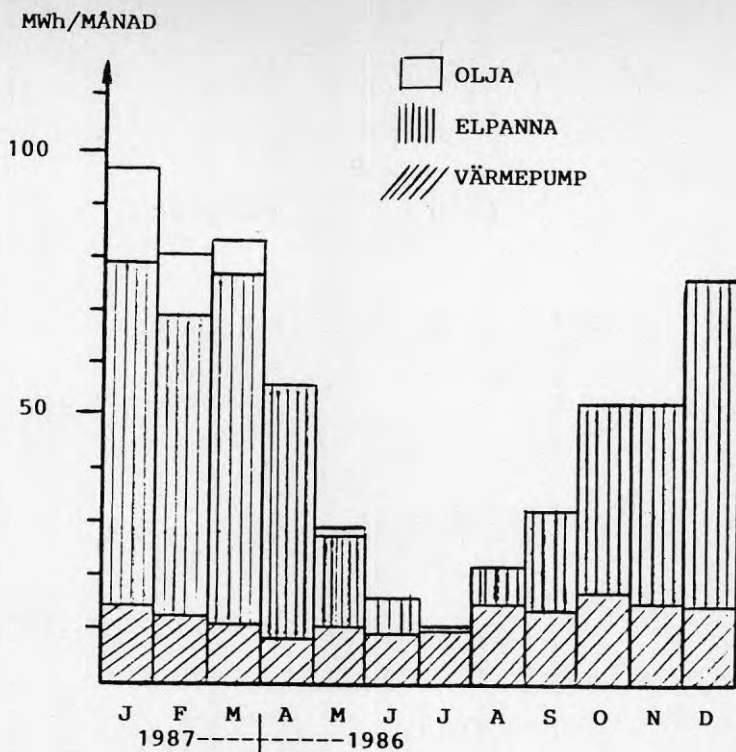
Fastighetens energiförbrukning för tappvarmvatten och uppvärmning visas i figur 5.3.



FIGUR 5.3 ENERGIFÖRBRUKNING FÖR TAPPVARMVATTEN OCH UPPVÄRMNING

Energiförbrukningen för uppvärmning i juni, juli och delvis även i augusti hänförs till de ovan redovisade felen på shuntventil och variatorcentral.

Fördelningen av den i figur 5.3 redovisade energin på de tillgängliga energislagen olja, el och värmepump visas i figur 5.4.



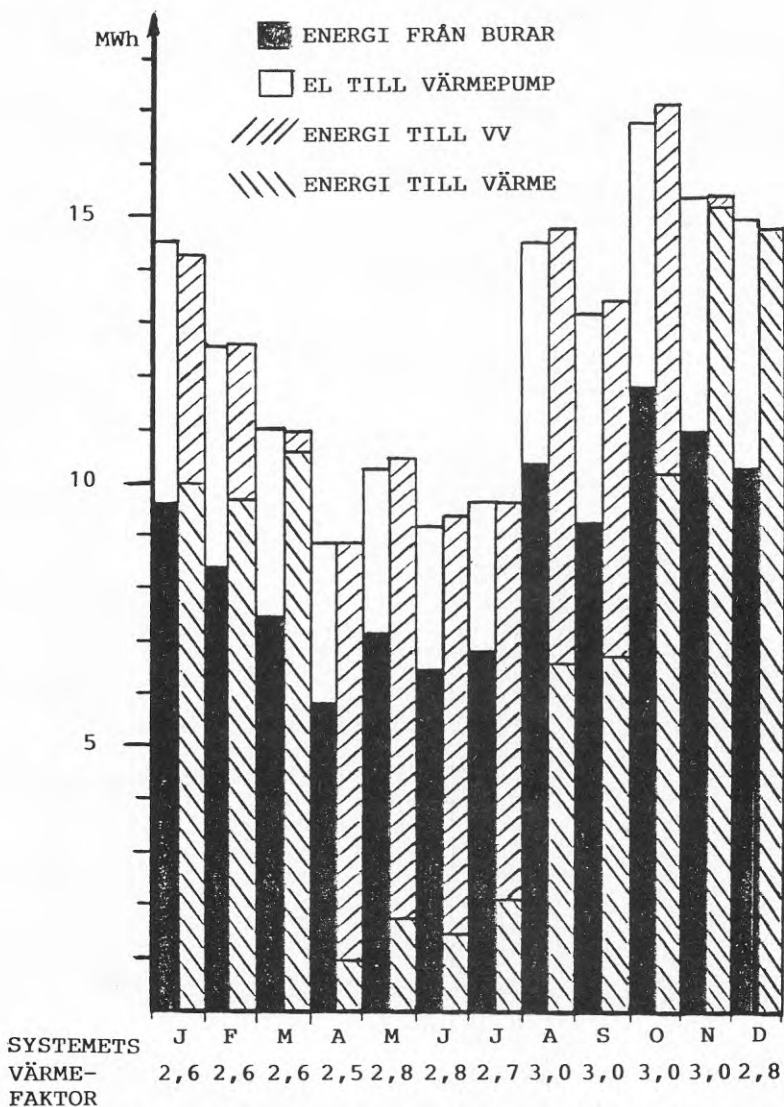
FIGUR 5.4 ENERGIFÖRBRUKNING FÖRDELAD PÅ ENERGISLAG

Den något låga produktionen med värmepumpen under maj och juni beror på de tidigare nämnda intrimnings- och funktionsproblemen. Det låga produktionsvärdet under juli beror, som även framgår av figuren, på att fastighetens energibehov ej var större. Någon annan produktionsenhet har således ej varit i drift under månaden. Under oktober gav återvinningssystemet näst intill maximal energiproduktion. Under månaderna december 1986 till och med februari 1987 förekom perioder med för årstiden osedvanligt låg utetemperatur och kraftig blåst. På grund av otäta kanalrensningssluckor i vindsplanet medförde detta att avlufttemperaturen före burens tidvis var lägre än normalt. I kombination med att brinetemperaturen också sjönk några grader kom värmepumpen vid vissa tider att ligga på en något sämre driftpunkt än normalt med lägre verkningsgrad som följd. Energiproduktionen i februari och mars 1987 har dessutom påverkats av den tidigare nämnda igensättningen av värmeväxlaren för tappvarmvattnet.

Av figuren 5.4 framgår vidare att den med värmepumpen

producerade energimängden, trots driftstörningarna, alltid räckt till för att täcka behovet av varmvatten och dessutom täckt en del av värmebehovet. Andelen energi producerad med olja har som synes varit mycket liten beroende på god tillgång på el.

I figur 5.5. visas värmepumpens energiproduktion månadsvis samt fördelningen mellan återvunnen energi och drivenergi till värmepumpen.

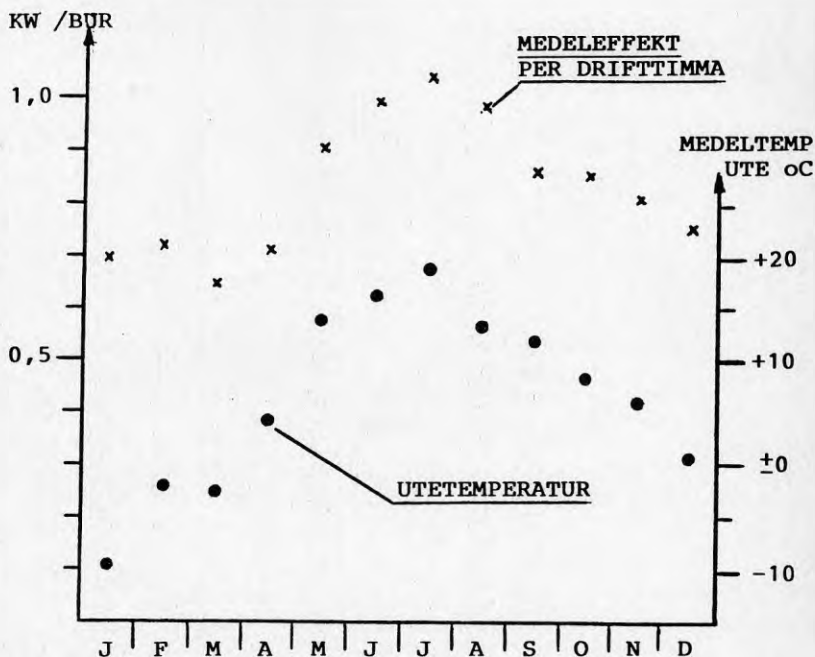


FIGUR 5.5 ENERGIPRODUKTION MÅNADSVIS MED VÄRMEPUMPEN SAMT FÖRDELNING AV AVGIVEN ENERGI.

Eftersom viss energiförlust finns i värmepumpens kompressorer och elmotorer skall summan av till värmepumpen tillförd energi vara omkring 3 % större än den nyttiga energin från pumpen. Att de uppmätta och beräknade värdena ej uppvisar denna skillnad beror dels på tidigare nämnda fel vid interpolering till jämna månader, dels på toleransfel i mätutrustningen. Variationerna saknar dock praktisk betydelse.

I figuren 5.5 har även noterats månadsmedelvärdena av den totala värmefaktorn för återvinningssystemet. Det bör observeras att i tillförd energi ingår även elförbrukningen för cirkulationspumparna.

Återvunnen medeleffekt per bur redovisas månadsvis i figur 5.6.



FIGUR 5.6 ÅTERVUNNEN MEDELEFFEKT PER BUR OCH DRIFTTIMME

Med begreppet medeleffekt avses här medeleffekt under de timmar som värmepumpen varit i drift under respektive månad. Det skall således observeras att figur 5.6 ej ger information om månadsvis återvunnen energimängd. Angiven medeleffekt avser effekt till värmepumpen och innehåller förutom återvunnen effekt från burarna även det effekttillskott som köldbäraren tillförs genom att transportledningarna har lägre temperatur än omgivningen. Tillskottet som beräknas vara cirka 0,1 kW per bur tillförs dels genom de vertikala oisolerade ledningarna i frånluftskanalerna och dels genom den markförlagda oisolerade förbindelseledningen mellan byggnaderna. Övriga ledningar är isolerade varför tillskottet från dessa är försummbart. Effekttillskottet är därmed i stort sett "gratisvärme", det vill säga att denna effekt ökar ej det totala effektbehovet för fastigheten.

I figuren 5.6 redovisas även utomhustemperaturen som månadsmedelvärden. Hjälpläkten har normalt startats på lågvarv vid ca +7 °C. Den stigande medeleffekten per bur under de varma månaderna beror på det större luftflödet som erhålles med fläkten i drift. Den vid lägre utetemperatur sjunkande effekten beror sannolikt dels på en något lägre frånluftstemperatur, dels på att luftflödet enligt figur 5.1 sjunker med temperaturen.

5.5.3. Mätresultat från den specialstuderade buren.

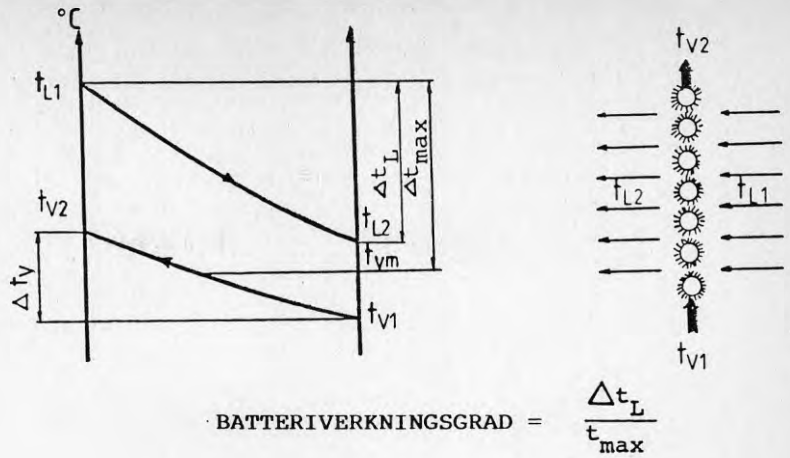
Fastighet i kv. Dampehammar kan ses som ganska representativ med varierande antal frånluftkanaler anslutna till ventilationsskorstenarna, dvs olika luftflöden i de olika skorstenarna. Vid andra fastigheter med andra luftflöden per skorsten kan man dock få såväl bättre som sämre energiutbyte.

Genom de mätningar som genomförts på en bur finns dock goda möjligheter att mera ingående beräkna energiutbytet vid varje specifik installation där luftflödet från varje bur kan beräknas.

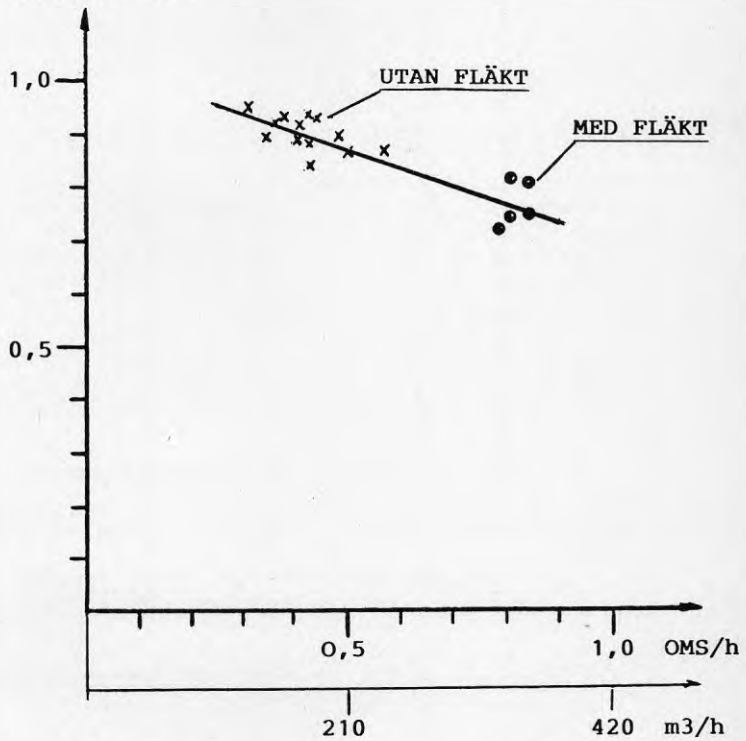
De mätresultat som erhållits visar att det även i praktisk drift finns förutsättningar att i stort sett uppnå de värden som uppnåtts vid provningar enligt ref 2.

I figur 5.7 redovisas batteriverkningsgraden för värmeväxlaren som funktion av luftflödet.

Enligt ref 2 har verkningsgraden vid luftflödet 200 m³/h varit ca 0,85 och 0,83 vid 400 m³/h. I Dampehammar uppmätta värden stämmer väl med tidigare redovisade värden vid luftomsättning 200 m³/h, medan något lägre värde erhållits vid större luftflöden.

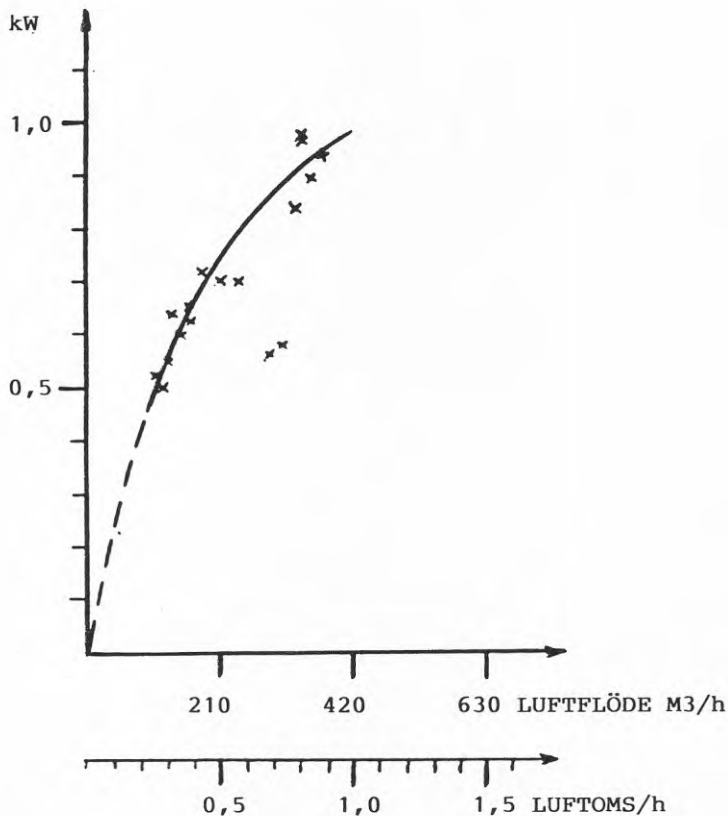


VÄRMEVÄXLARENS
VERKNINGSGRAD



FIGUR 5.7 BATTERIVERKNINGSGRAD FÖR VÄRMEVÄXLAREN SOM FUNKTION AV LUFTFLÖDET.

I figur 5.8 visas värmeväxlarens kyleffekt som funktion av luftflödet. Kyleffekten ligger genomgående omkring 20 % lägre än vid tidigare prov. Detta beror förmodligen på att temperaturdifferensen mellan tillförd frånluft och köldmediets medeltemperatur är lägre än vid laboratorieproven. Vid drift med fläkten på lågvarv, dvs vid större luftmängd, ökar återvunnen energimängd, dock ej proportionellt mot flödet, eftersom större flöde ger högre temperatur på avluften från buren.



FIGUR 5.8 VÄRMEVÄXLARENS EFFEKT SOM FUNKTION AV LUFTFLÖDET.

5.5.4 Energibesparing.

En jämförelse mellan den normalårskorrigerade energiförbrukningen under kalenderåren 1985 och 1986 visar att förbrukningen sjunkit från 186 kWh/m² till 136 kWh/m².

FSS-systemet har således medfört att förbrukningen minskat med 50 kWh/m², dvs totalt med 173 MWh. Från burarna har ca 79 MWh återvunnits. Detta innebär att omkring 25 % av fastighetens energibehov för uppvärmning och tappvarmvatten täcks med värmepumpen.

Minskningen av energiförbrukningen utöver vad som återvunnits med värmepumpen, dvs 94 MWh, bör rimligtvis tillskrivas den styrning av ventilationsflödet som systemet medför. Som tidigare nämnts, har emellertid ventilationsflödet tidvis varit lägre än 0,5 oms/h. Efter korrigering med hänsyn till luftflödet samt månadsmedeltemperatur och vindhastighet bedöms därför energibesparing som åstadkommes enbart med ventilationsdelen i denna installation bli 40 - 50 MWh/år under ett normalår. Denna besparing baseras då på fastighetens tillstånd vid provstarten i mars 1986.

Vid en generell bedömning av den energibesparing som kan erhållas med systemet bör man beakta att i den provade anläggningen har tätningsåtgärder vidtagits år 1982. Av enkätsvaren från de boende framgår att dessa åtgärder medförde att luftflödet minskade till en klart besvärande nivå. Genom tätningsåtgärderna sparade man således energi genom minskat luftflöde men skapade samtidigt nya problem vilka löstes först genom installation av ventilationssystemet 1986. Därmed bör den besparing som gjordes 1982 delvis tillgodoräknas det nu installerade systemet.

Hur stor energibesparing som kan nås vid samtidig tätning och installation av FSS-systemet beror på den enskilda byggnadens tillstånd. För kv Dampehammar tyder tidigare energiförbrukning på att den sammanlagda effekten av tätning och förbättrad ventilation (men exkl värmeåtervinning) medfört att 100 - 125 MWh/år sparas, vilket motsvarar ca 35 - 40 kWh/m² och år.

6. EKONOMI.

Systemets ekonomi har studerats relativt ingående vad gäller såväl anläggningskostnader som driftekonomi. Beräkningarna har baserats på de resultat som erhållits i kv Dampehammar. Beräkningarna har genomgående delats upp på ventilation respektive värmeåtervinning. Motivet här för är dels att tillfredsställande ventilation i första hand är ett komfort- och normkrav, medan installation av utrustning för värmeåtervinningen motiveras av ekonomi och önskan att spara energi.

6.1 ANLÄGGNINGSKOSTNAD.

Den framräknade anläggningkostnaden bygger på efterkalkyler som gjorts av varje enskild entreprenör och bör därför väl motsvara den verkliga kostnaden. Entreprenörerna ålades från början att medverka med detaljerade kalkyler. En ny installationstyp kräver som bekant större insats första gången den utförs jämfört med när erfarenhet vunnits från ett antal likartade installationer. Entreprenörerna har därför även bistått med bedömning av hur anläggningskostnaderna skulle minska genom att sådan erfarenhet vinnes.

Installationen kan som nämnts ske i två etapper med installation av ventilationsdelen som etapp ett och värmeåtervinningsdelen som etapp två. Den enda kostnadskillnaden mellan utförande i en respektive två etapper är att i det senare fallet måste etableringskostnaden räknas med två gånger. Den kostnaden är dock liten i förhållande till övriga kostnader.

I det följande redovisas anläggningskostnaden uppdelad på installation för ventilation respektive värmeåtervinning. Samtliga kostnader är angivna exklusive mervärdesskatt där ej annat anges.

6.1.1 Anläggningskostnad för ventilationsdelen.

Den övervägande delen av anläggningskostnaden för ventilationssystemet är inköp och installation av takhuvar och tilluftsdon. Övriga kostnader utgörs av kostnader för kolfilterfläktar samt för överluftsdon mellan rummen i lägenheterna. Kostnaderna för de två sistnämnda posterna är helt beroende på i vilken omfattning dessa installationer redan är utförda.

I Dampehammar saknades kolfilterfläktar i samtliga lägenheter. Överluftspringor fanns i viss omfattning, men saknades i ett flertal fall. Kompletterande don

monterades där överluftsspringor saknades i dörrar till sovrum, badrum och kök samt i skåp över kolfilterfläktar.

Anläggningskostnaden har därför delats upp enligt följande, så att värdet av dessa installationers när- eller frånvaro kan bedömas.

Pos V1. Tillverkning (inköp) och montage av 19 st SPAR-VENburar inklusive plåt- och elarbeten.	281 tkr
Pos V2. Extra kostnad för förstagångsinstallation.	18 tkr
Pos V3. Inköp och montering av 150 st SPAR-VEN tilluftsdon.	35 tkr
Pos V4. Inköp och montering av 50 st kolfilterfläktar.	105 tkr
Pos V5. Installation av cirka 120 överluftsdon.	41 tkr
..... Total kostnad	480 tkr
Total kostnad exklusive Pos V 2. (extra kostnad för förstagångsmontage)	462 tkr

Kostnaden per lägenhet blir därmed 9 240 kr exkl moms när extra kostnaden för förstagångsmontaget är bortdragen.

6.1.2 Anläggningskostnad för värmeåtervinningsdelen.

Den övervägande delen av anläggningskostnaden för värmeåtervinningen utgörs av inköp och installation av värme pumpen med dess anslutning till det befintliga uppvärmnings- och tappvarmvattensystemet. Denna kostnad är relativt konstant inom vissa effektområden, eftersom värme pumpens storlek och rördimensioner ändras språngvis med effekten. Samma gäller för reglerutrustningen, där kostnaden endast obetydligt påverkas av anläggningens storlek. Kostnader som beror mera av byggnadernas utformning är kostnad för köldmedierör samt erforderlig komplettering av ackumuleringsvolymen för tappvarmvattnet.

I Dampehammar bedöms kompletteringen av ackumuleringsvolymen vara vad man normalt kan vänta sig. Dragningen av köldmedierören har dock varit mera kostnadskrävande än i normalinstallationen, eftersom installationen är fördelad på tre byggnader med markförlagda rör mellan dem.

Anläggningskostnaden för värmeåtervinningen kan delas upp enligt följande.

Pos Å1. Materialkostnad.	232 tkr
Pos Å2. Arbetskostnad för VVS.	94 tkr
Pos Å3. Arbetskostnad för el.	30 tkr
Pos Å4. Byggarbetskostnad.	10 tkr
.....
Total kostnad	366 tkr

Kostnaden per lägenhet exkl. moms blir därmed 7 320 kr.

6.1.3 Sammanlagd anläggningskostnad.

Den totala anläggningskostnaden för installationen i kv Dampehammar blev därmed:

Pos V1-V5. Ventilationsinstallation	480 tkr
Pos Å1-Å4. Återvinningsinstallation.	366 tkr
.....
Total kostnad exkl. moms	846 tkr
Total kostnad inkl. 12,87 % moms	955 tkr

Baserat på erfarenheterna från Dampehammar har anläggningskostnaden per lägenhet beräknats enligt nedan. Beräkningen omfattar 4 olika alternativ beroende på vilken utrustning som redan finns installerad. Kostnaderna blir i viss mån beroende av de speciella förhållanden som finns i varje objekt, men uppgifterna kan användas som riktvärden.

Ventilations- tekniska arbeten	A Burar och tilluftsdon	B A+över- luftdon	C A+kolfil- terfläkt	D A+över- luftdon + kolfil- terfläkt
.....
Ventilations- installation	6 320	7 140	8 420	9 240
Återvinnings- installation	7 320	7 320	7 320	7 320
.....
Komplett system	13 640 (15 400)	14 460 (16 320)	15 740 (17 770)	16 560 (18 690)
.....

Siffror inom parentes inkluderar 12,87 % moms.

6.2 LÖNSAMHETSBERÄKNING.

Beräkningarna kring installationens lönsamhet delas upp i två delar på samma sätt som övriga beräkningar, dvs en som omfattar ventilationsdelen och en som omfattar värmeåtervinningsdelen.

6.2.1 Lönsamhetssberäkning för ventilationsdelen.

Motivet för att installera ventilationssystemet är som nämnts i första hand att åstadkomma ett bättre inomhusklimat med ventilationsflöde enligt gällande SBN-norm. Att i pengar värdera minskad risk för fukt- och mögelproblem samt ökad trivsel är knappast möjligt.

I avsnitt 5.5.4 har dock visats att en ej obetydlig energibesparing uppnås med systemet, genom att luftflödet även vid kall och blåsig väderlek kan begränsas till normerat flöde 0,5 oms/h. I Dampehammar har beräkningarna sålunda visat att besparingen är 40 - 50 MWh/år, dvs 800 - 1 000 kWh/år och lägenhet. Detta motsvarar vid energipriset 250 kr/MWh en årlig besparing av 200 - 250 kr per lägenhet. Denna minskning av uppvärmningskostnaden kan i sig motivera en investering av storleksordningen 1 000 - 2 000 kr/lägenhet beroende på ränteläget.

Om beräkningarna istället baseras på den kombinerade effekten av tätning och installation av FSS-systemet, såsom den redovisas i avsnitt 5.5.4, blir energibesparingen 2 000 - 2 500 kWh/år och lägenhet. Med ovanstående energipris motsvarar detta en årlig besparing av 500 - 625 kr per lägenhet. Motiverat investeringsbelopp för åtgärderna sammanlagt blir därvid av storleken 2 500 - 5 000 kr per lägenhet.

6.2.2 Lönsamhetsberäkning för värmeåtervinningsdelen.

En bedömning av värmeåtervinningens lönsamhet har gjorts baserad på de resultat som uppnåtts i Dampehammar.

Lönsamheten kan bedömas genom jämförelse mellan de kostnadsposter som förändras vid komplettering av det befintliga systemet med värmeåtervinningen. Kostnadsposter som därmed inte behöver beaktas vid det befintliga systemet är exempelvis kapitalkostnad, personalkostnad, köpta drift- och underhållstjänster och kostnad för den energi som i båda fallen produceras med annat än värmepumpen.

De poster som redovisas på nästa sida är däremot av intresse att studera i de båda fallen.

BEFINTLIG ANLÄGGNING
UTAN FÖRÄNDRING

BEFINTLIG ANLÄGGNING
KOMPLETTERAD MED
VÄRMEPUMP

- | | |
|---|--|
| - | - Tillkommande kapitalkostnad |
| - | - Service- och underhållskostnad för tillkommande anläggningsdelar |
| - Kostnad för energi som kan produceras med värmepump | - Kostnad för drivenergi till värmepumpen |

Beräkningarna har genomförts över en 15- årsperiod med antagen inflation 4 %/år.

Kapitalkostnad för tillkommande anläggningsdelar.

Kapitalkostnadens storlek beror förutom på anläggningens livslängd i mycket stor utsträckning på hur investeringen finansieras. Dessutom kan skatteaspekter påverka fastighetsägarens uppfattning om anläggningskostnadens betydelse för projektet.

Anläggningens livslängd bedöms variera mellan 10 och 25 år för de olika delar som ingår. En rimlig genomsnittlig livslängd bedöms vara omkring 15 år.

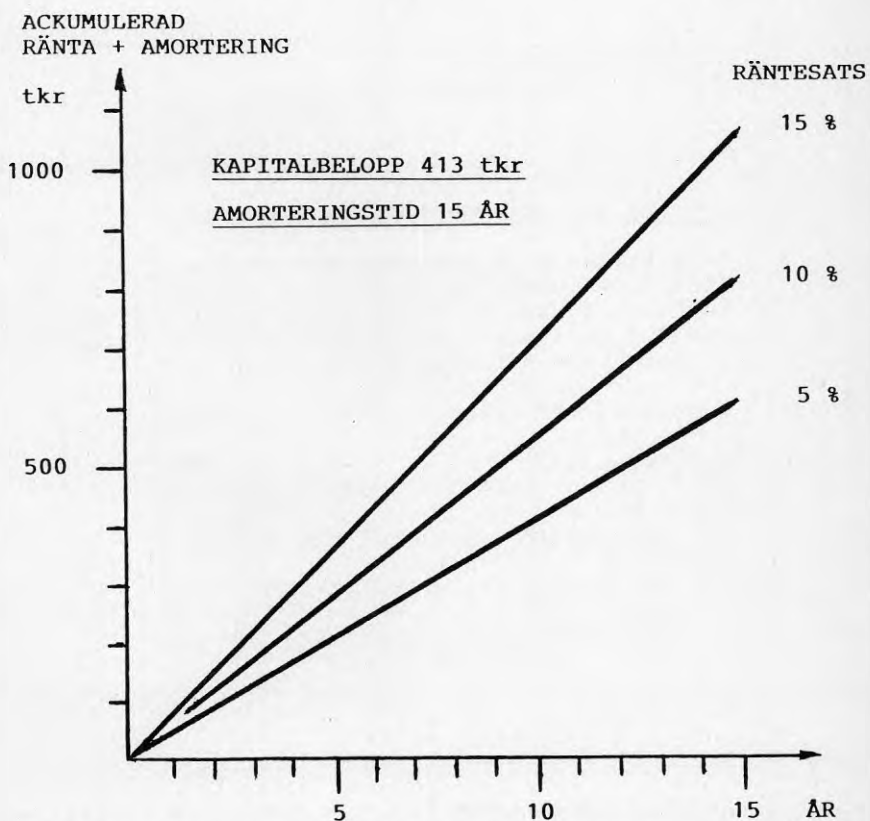
Investeringar av denna typ kan i dag till stor del finansieras med mer eller mindre subventionerade lån med relativt lång amorteringstid. Räntesatserna kan variera från ca 3 % och uppåt. Amorteringstider upp till 30 år är ej ovanliga och lånen kan vara såväl raka lån som annuitetslån eller kombinationer därav. I kombination med skatteaspekten är det därför ej möjligt att redovisa någon kapitalkostnad då denna påverkas av så många faktorer.

Vi väljer istället att redovisa förväntad skillnad i driftkostnad mellan drift med befintlig installation i oförändrat skick, och drift efter komplettering med värmeåtervinning. Mellanskillnaden blir det belopp, som fastighetsägaren får tillgängligt för att täcka kapitalkostnaden och för vinst.

För att erhålla en uppfattning om kapitalkostnadens storlek redovisas dock som figur 6.1 storleken av ränta + amortering för ett annuitetslån av aktuell storlek vid alternativa räntesatser och 15 års amorteringstid. Med utgångspunkt från den figuren och de i varje fall specifika ekonomiska förutsättningar är det möjligt att bilda

sig en uppfattning om vilka förutsättningar som måste gälla för installationens lönsamhet.

Anläggningskostnaden för värmeåtervinningsdelen i Dampehammar dvs 413 tkr används genomgående i beräkningarna.



FIGUR 6.1 ACKUMULERAD RÄNTA OCH AMORTERING.

Kostnad för service och underhåll.

Vid överslagsberäkningar av föreliggande typ används normalt ett schablonbelopp för service- och underhållskostnad. I detta fall antages den årliga kostnaden vara 2,5 % av investerat belopp. Kostnaden förutsätts öka med inflationen som i beräkningarna har satts till 4 %/år.

Denna kostnadspost kan därmed skrivas som:

$$K_s = 413\ 000 * 0,025 * (1+I)^{(n-1)}$$

där I = inflationen

n = aktuellt år

Kostnad för drivenergi till värmepump.

Värmepumpen i Dampehammar har levererat 151 MWh. Elförbrukningen för kompressor, tillkomna pumpar mm har varit 54,4 MWh. Tillförd elenergi har därmed varit 0,36 MWh per levererad MWh. Årsmedelvärdet av den totala värmefaktorn har därmed varit 2,8.

Kostnaden för elenergi till värmepumpen kan då skrivas:

$$K_{el} = 0,36 * Q * P_e * (1+e)^{(n-1)}$$

där Q = levererad energi MWh

P_e = pris för drivel kr/MWh

e = elprisökning per år

Priset för drivelen har under året varit 320:-/MWh.

Alternativ kostnad för med värmepumpen ersatt energi.

Alternativkostnaden för den energi som ersatts med energi från värmepumpen kan skrivas:

$$K_o = Q * P_o * (1+o)^{(n-1)}$$

där P_o = oljekostnad för ersatt energi kr/MWh

o = oljeprisökning per år

Den energi som produceras med värmepumpen har i Damp-
hammar ersatt energi producerad med eldningsolja Eol och
så kallad avbrytbar el. Under provåret har oljepriset
varit 1750:-/m³, vilket vid 70 % verkningsgrad motsvarar
250:-/MWh levererad energi. Den avbrytbara elenergin har
under motsvarande tid kostat 255:-/MWh.

Prisskillnaden mellan olja och el har således varit mar-
ginell. Med den bakgrunden antages alternativa bränsle-
kostnaden under året ha varit 250:-/MWh för de MWh som
producerats med värmepumpen.

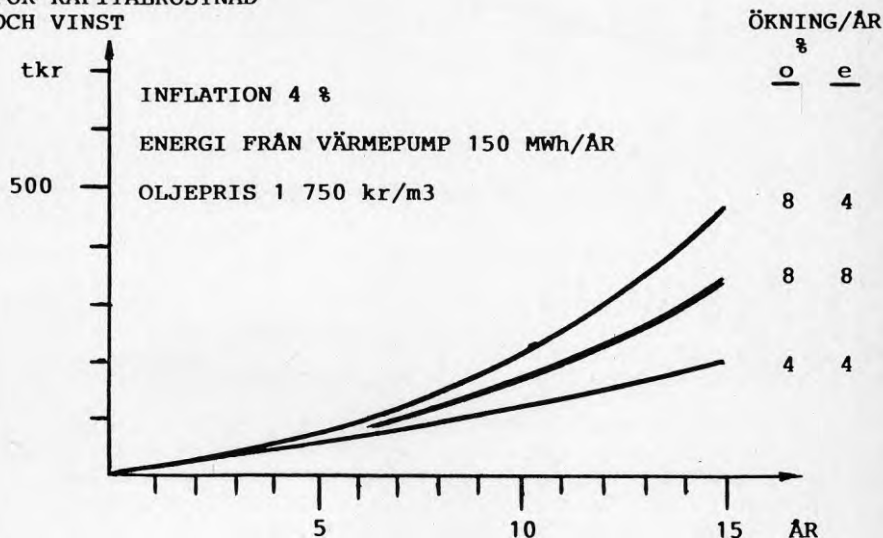
Kalkylresultat.

Det belopp som årligen finns till förfogande för att
täcka kapitalkostnaden samt för vinst kan därmed skrivas:

$$KV = Q \cdot P_o \cdot (1+o)^{(n-1)} - 0,36 \cdot Q \cdot P_e \cdot (1+e)^{(n-1)} - 413000 \cdot 0,025 \cdot (1+I)^{(n-1)}$$

Ett antal kalkyler med varierande värden på de ingående
parametrarna har genomförts och redovisas i nedanstående
figurer. Vid bedömning av resultaten skall beaktas att
det av tidigare redovisad figur 6.1 framgår att ekonomisk
lönsamhet erhålles först när beloppet KV, ackumulerat
under 15 år, är av storleksordningen 600 - 900 tkr.

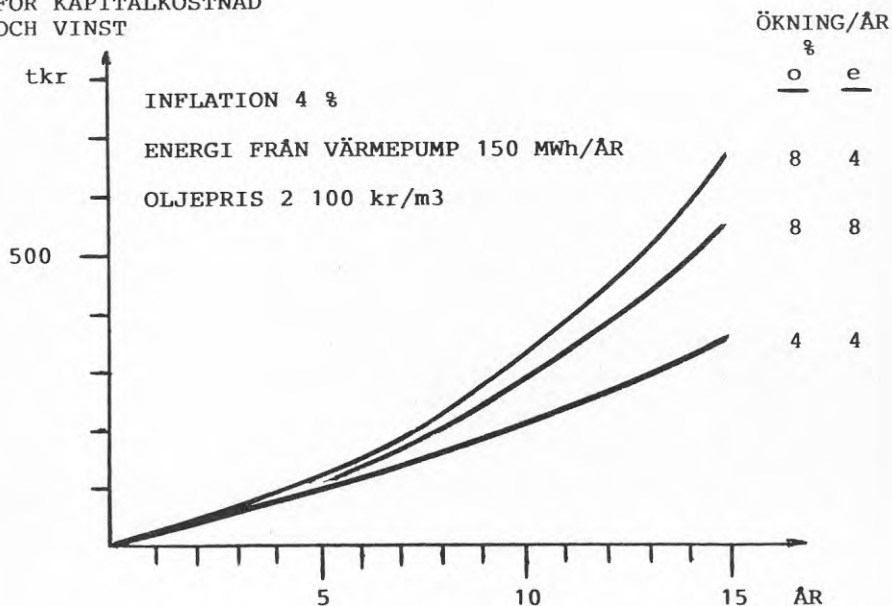
ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST



FIGUR 6.2 ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST
SOM FUNKTION AV ANTALET DRIFTÅR.

I figur 6.2 på föregående sida visas beräkningsresultaten vid oljepriset 250:-/producerad MWh dvs, oljepris ca 1750:-/m³. Beräkningar är genomförda med förutsättningen att 150 MWh produceras med värmepumpen samt att inflationen är 4 % per år. Prisökningen på olja och el varierar mellan 4 % och 8 % per år. Av figuren framgår att installationen ej kan anses lönsam under dessa förhållanden.

ACKUMULERAT BELOPP
FÖR KAPITALKOSTNAD
OCH VINST

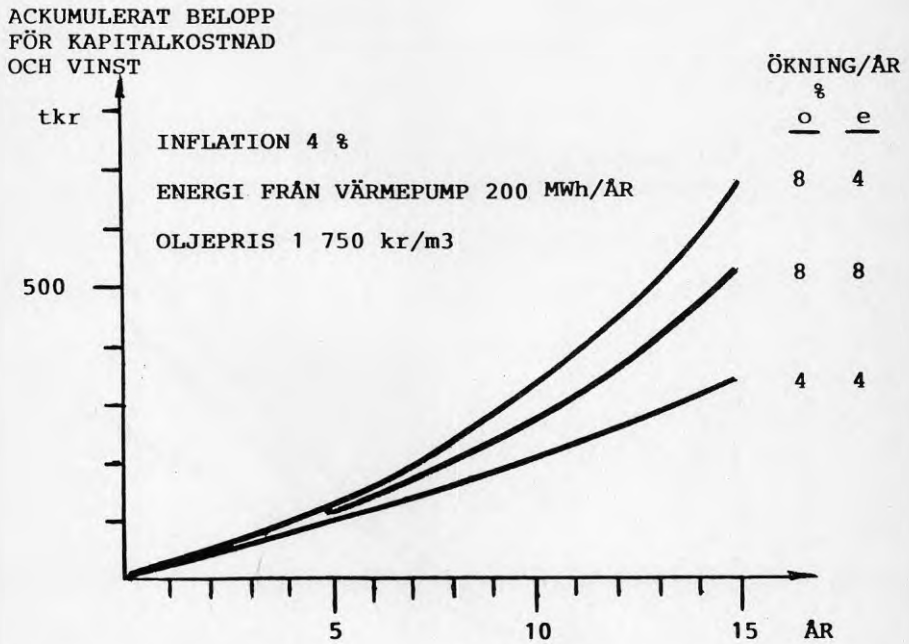


figur 6.3 ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST
SOM FUNKTION AV ANTALET DRIFTÅR.

Figur 6.3 baseras på att den oljebaserade energin kostar 300:-/MWh år 1, dvs att oljepriset är 2100:-/m³. Under den förutsättningen erhålles något bättre resultat än vid föregående beräkningar, men skillnaden är relativt liten.

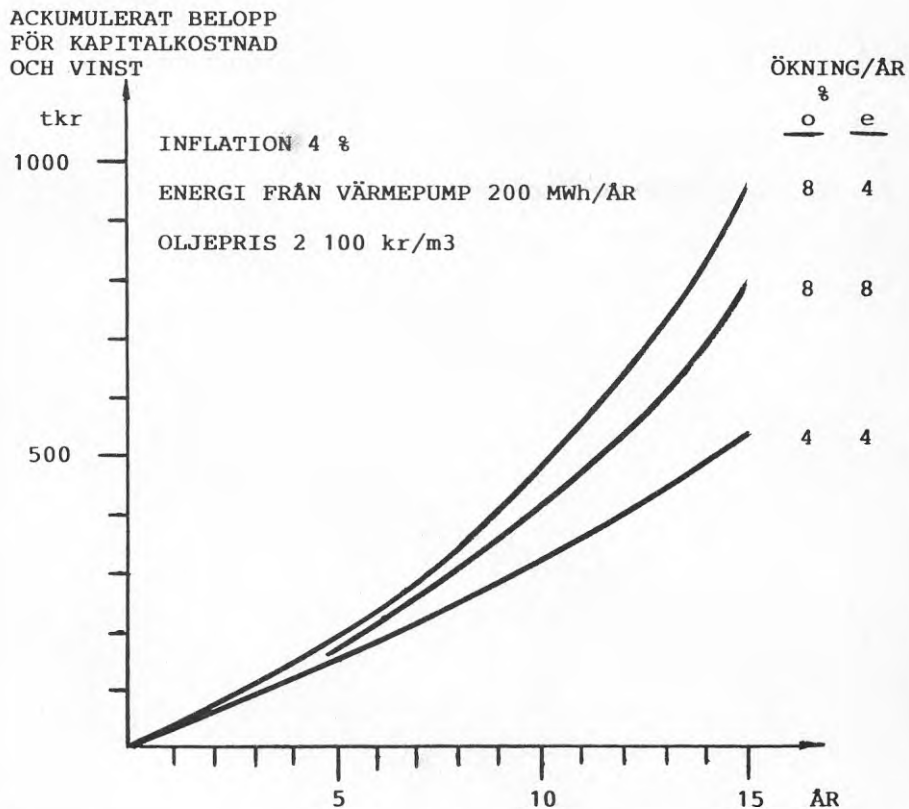
Som tidigare redovisats förekom en del driftstörningar i Dampehammar under provåret samtidigt som luftomsättningen var något låg. Med hänsyn till dessa faktorer är det tänkbart att under gynnsamma omständigheter producera ca 200 MWh/år i en motsvarande anläggning.

I figur 6.4 redovisas beräkningar med 200 MWh/år i återvunnen energi och med oljepriset 1750:-/m³. Resultaten som redovisas i figuren är något gynnsammare än i föregående exempel men även här är lönsamheten otillräcklig.



figur 6.4 ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST SOM FUNKTION AV ANTALET DRIFTÅR.

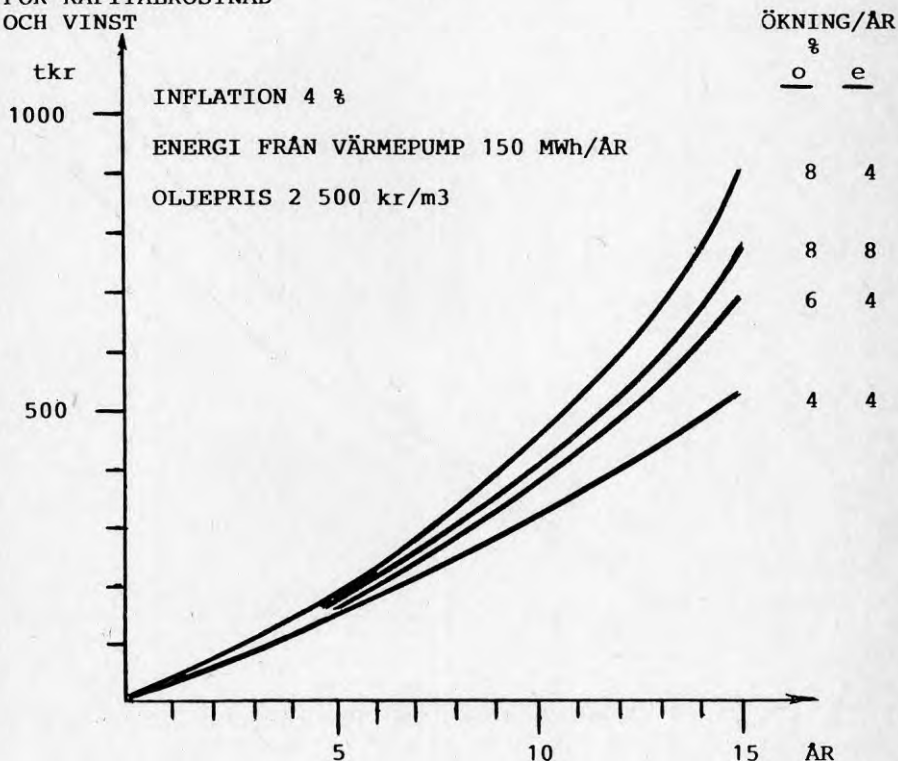
Beräkningarna som visas i figur 6.5 har utgått från energiproduktionen 200 MWh/år och oljepriset 2100:-/m³. I det fallet synes förutsättningarna för lönsamhet vara betydligt bättre än tidigare.



FIGUR 6.5 ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST
SOM FUNKTION AV ANTALET DRIFTÅR.

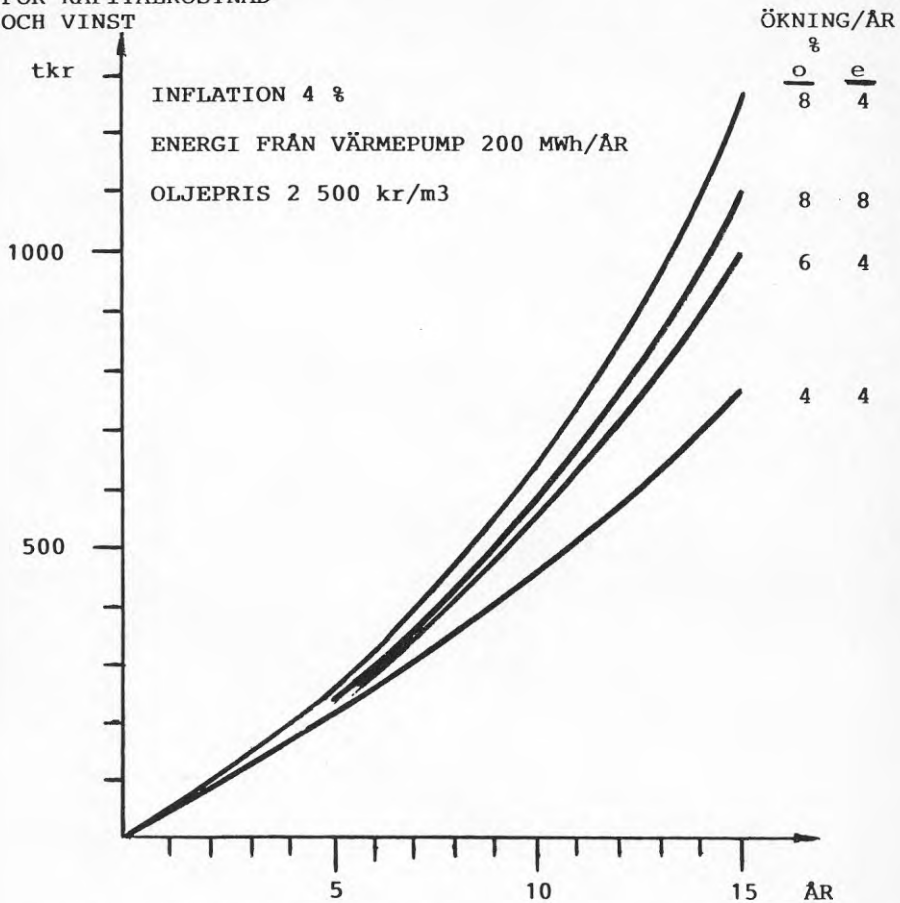
Oljepriset har varierat kraftigt under senare år. Under en period var priser omkring 2500:-/m³ ej ovanligt. Med hänsyn till den instabilitet som råder på oljemarknaden är det ej otänkbart att denna nivå snabbt kan nå igen genom engångshöjningar. I figur 5.6 och 5.7 redovisas därför beräkningar med samma förutsättningar som tidigare men med oljepriset 2500:-/m³ år 1. Dessa beräkningar visar att lönsamheten med värmepump kan vara tillfredsställande, framför allt vid produktion av 200 MWh/år.

ACKUMULERAT BELOPP
FÖR KAPITALKOSTNAD
OCH VINST



FIGUR 6.6 ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST
SOM FUNKTION AV ANTALET DRIFTÅR.

ACKUMULERAT BELOPP
FÖR KAPITALKOSTNAD
OCH VINST



FIGUR 6.7 ACKUMULERAT BELOPP FÖR KAPITALKOSTNAD OCH VINST
SOM FUNKTION AV ANTALET DRIFTÅR.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det med nuvarande energipriser och finansieringsvillkor normalt ej är lönsamt att installera värmepump. Med dagens oklara energiläge kan dock förhållandet snabbt förändras till värmepumpens förmån.

7. SAMMANFATTNING - SLUTOMDÖME.

Erfarenheterna från provperioden har visat att det med systemet är möjligt att uppnå en sådan förbättring av befintlig självdragsventilation att ventilationskravet enligt SBN 80, dvs 0,5 luftomsättningar per timme innehålls. Provningarna visar även att självdragssystemens nackdelar med bakdrag och med luftflöde som förändras kraftigt med utetemperaturen elimineras med systemet. Vid långtidsprovningen har luftflödet delvis avvikit från normflödet, men det är uppenbart att flödet kan innehållas med rätt injustering.

Motivet för att installera ventilationssystemet är att åstadkomma ett bättre inomhusklimat. Provningarna visar dock samtidigt att en ej försumbar energibesparing erhålles genom att luftflödet vid låg utomhustemperatur kan begränsas till normflödet. Den enkät som besvarats av de boende visar även att ventilationen förbättrats i väsentlig grad.

I de aktuella husen hade tidigare succesivt genomförda åtgärder minskat energiförbrukningen väsentligt redan före starten av projektet. Bland annat hade tätningsåtgärder genomförts, vilka gav minskad luftomsättningen med betydande energibesparing som följd. Enkätsvaren visar emellertid att det samtidigt uppstod nya besvärande problem genom för lågt och felaktigt luftflöde med bla bakdrag i vissa frånluftskanaler. Genom tätningsåtgärder sparade man således energi genom minskat luftflöde, men man skapade samtidigt nya problem, vilka löstes först genom installationen av ventilationssystemet. Slutsatsen av detta bör rimligtvis vara att den tidigare gjorda energibesparingen genom tätning delvis bör tillgodoräknas det nu provade ventilationssystemet.

Ventilationssystemet fungerar fristående och oberoende av värmeåtervinningsdelen. Systemet är dock helt förberett för värmeåtervinning med värmepump. Värmeåtervinningsdelen fungerar även i stort sett såsom avsetts. Återvunnen energimängd blev något mindre än vid de tidigare laboratorieförsöken, men denna kan sannolikt ökas genom en mindre omdimensionering av värmeväxlaren.

Lönsamheten för en värmepumpinstallation beror på oljepris samt rådande finansieringsvillkor och förutsättningar. Lönsamheten måste därför bedömas från fall till fall och tid till annan. Med nuvarande oljepris och finansiella villkor är installation av värmepump knappast lönsam. Detta gäller generellt för frånluftsvärmepumpar. En väsentlig fördel med det provade systemet är dock att komplettering med värmepump kan ske till relativt låg kostnad och utan direkta ingrepp i den redan gjorda installationen.

Genom den noggranna uppföljningen uppmärksammades en rad fel i den befintliga värmeinstallationen vilka gav en onormalt hög energiförbrukning. Fel av den typ som upptäckts förekommer sannolikt ofta i äldre installationer och motiverar allmänt sett en noggrannare uppföljning och besiktning i samband med ombyggnader. Många misräkningar som upplevts i samband med installationer av exempelvis värmepumpar i äldre anläggningar har sannolikt denna orsak.

Avslutningsvis kan nämnas att en vidareutveckling av systemet pågår. Bland annat är avsikten att öka lönsamheten för värmeåtervinningsdelen genom återvinning av värme, främst ur avloppsvatten. Ett annat pågående projekt är anpassning av systemet för installation i villor.

8. REFERENSLITTERATUR.

1. Nylund P O, 1984: Räkna med luftläckning. Samspel byggnad - ventilation. BFR R1:84.
2. Eriksson Lennart mfl, 1985: Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning. BFR R67:1986.
3. Rosengren B, 1984: Energibesparing i enfamiljshus. Reglering av ventilationen med automatiska tilluftsventiler. BFR, Byggdok.
4. Pehrsson R m fl, 1986: Mögel i våtrum. Analys och åtgärdsförslag. SIB M85:9.
5. Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus, del 1. SIB M85:9
6. Eriksson Bengt E, 1986: Vad bör beaktas vid ombyggnad. VVS-FORUM sept 86.

9. BILAGA 1.

ENKÄT MED SVAR.

1. Blev luften i badrummet vid torkning av tvätt:
- | | | |
|--------------------------|----|--------------------------|
| Mycket besvärande fuktig | 1l | <input type="checkbox"/> |
| Besvärande fuktig | 1m | <input type="checkbox"/> |
| Märker inga besvär | 1n | <input type="checkbox"/> |
| Ej aktuell fråga | 1o | <input type="checkbox"/> |

Frågor om diskning

2. Finns diskmaskin i lägenheten
- | | | |
|-----|----|--------------------------|
| Ja | 2a | <input type="checkbox"/> |
| Nej | 2b | <input type="checkbox"/> |

om nej

Sker sköljning av disken:

- | | | |
|-----------------------|----|--------------------------|
| I sköljbalja | 2c | <input type="checkbox"/> |
| Under rinnande vatten | 2d | <input type="checkbox"/> |
2. Varmvattentemperaturen var tidigare:
- | | | |
|---------|----|--------------------------|
| Lagom | 2e | <input type="checkbox"/> |
| För låg | 2f | <input type="checkbox"/> |
| För hög | 2g | <input type="checkbox"/> |

Frågor om matlagning

3. Blev matoset i köket vid matlagning:
- | | | |
|----------------------|----|--------------------------|
| Mycket besvärande | 3a | <input type="checkbox"/> |
| Besvärande | 3b | <input type="checkbox"/> |
| Inte alls besvärande | 3c | <input type="checkbox"/> |
3. Blev matoset i övriga delar av lägenheten:
- | | | |
|----------------------|----|--------------------------|
| Mycket besvärande | 3d | <input type="checkbox"/> |
| Besvärande | 3e | <input type="checkbox"/> |
| Inte alls besvärande | 3f | <input type="checkbox"/> |

3. Fick Ni tidigare matos eller annan lukt i lägenheten från andra lägenheter:

Ja 3g
Nej 3h

Frågor om bad eller dusch

4. Hur gör Ni mestadels?

Badar i badkar 4a
Använder endast handdusch 4b
Omväxlande bad och dusch 4c

4. Tyckte Du att det blev hög luftfuktighet i badrummet när Ni badade eller duschade

Ja 4d
Nej 4e

Om Ja

4. Anser Du att luftfuktigheten är:

Mycket besvärande 4f
Besvärande 4g
Inte alls besvärande 4h

Frågor om vädringsvanor

5. Brukade familjen under tiden september till maj vädra lägenheten genom att öppna fönster eller balkongdörr?

Ja 5a
Nej 5b

om Ja

5. Vädrade Ni oavsett hur kallt det var ute?

Ja 5c
Nej 5d

om Nej

5. Vid vilken utetemperatur slutade Ni vädra?

- | | | |
|-----------------------------------|----|--------------------------|
| Om det var kallare än cirka +10°C | 5e | <input type="checkbox"/> |
| än cirka +5°C | 5f | <input type="checkbox"/> |
| än cirka +0°C | 5g | <input type="checkbox"/> |
| än cirka -5°C | 5h | <input type="checkbox"/> |
| än cirka -10°C | 5i | <input type="checkbox"/> |
| än cirka -15°C | 5j | <input type="checkbox"/> |

Frågor om ventilation

6. Hur ansåg Du att ventilationen fungerade i sovrummen?

- | | | |
|---------------|----|--------------------------|
| Mycket bra | 6a | <input type="checkbox"/> |
| Bra | 6b | <input type="checkbox"/> |
| Acceptabelt | 6c | <input type="checkbox"/> |
| Dåligt | 6d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket dåligt | 6e | <input type="checkbox"/> |

7. Hur ansåg Du att ventilationen i stort fungerade i lägenheten (alltså sammanslaget sovrum, vardagsrum, badrum och kök):

- | | | |
|---------------|----|--------------------------|
| Mycket bra | 7a | <input type="checkbox"/> |
| Bra | 7b | <input type="checkbox"/> |
| Acceptabelt | 7c | <input type="checkbox"/> |
| Dåligt | 7d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket dåligt | 7e | <input type="checkbox"/> |

8. Upplevde Du eller någon annan i familjen att det kändes dragigt från fönster (alltså stängt) eller balkongdörr?

- | | | |
|-----|----|--------------------------|
| Ja | 8a | <input type="checkbox"/> |
| Nej | 8b | <input type="checkbox"/> |

B

SYNPUNKTER EFTER ÅTGÄRD

Fråga efter ombyggnad

1. Bedömer Du att luftfuktigheten vid torkning av tvätt i badrummet nu jämfört med före ombyggnaden blivit:
- | | | |
|--------------------------|----|--------------------------|
| Mycket mindre besvärande | 1a | <input type="checkbox"/> |
| Mindre besvärande | 1b | <input type="checkbox"/> |
| Ingen skillnad | 1c | <input type="checkbox"/> |
| Mer besvärande | 1d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket mer besvärande | 1e | <input type="checkbox"/> |
| Ej aktuell fråga | 1f | <input type="checkbox"/> |

Fråga efter ombyggnad

2. Hur tycker Du varmvattentemperaturen är nu jämfört med före ombyggnaden:
- | | | |
|---------|----|--------------------------|
| Lagom | 2a | <input type="checkbox"/> |
| För låg | 2b | <input type="checkbox"/> |
| För hög | 2c | <input type="checkbox"/> |

Fråga efter ombyggnad

3. Anser Du att ventilationen i köket jämfört med före ombyggnad nu är:
- | | | |
|----------------|----|--------------------------|
| Mycket bättre | 3a | <input type="checkbox"/> |
| Bättre | 3b | <input type="checkbox"/> |
| Ingen skillnad | 3c | <input type="checkbox"/> |
| Sämre | 3d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket sämre | 3e | <input type="checkbox"/> |
- Om sämre, eller mycket sämre; beskriv varför:

.....

3. Får Ni nu in matos eller lukt i lägenheten från andra lägenheter:
- | | | |
|-----|----|--------------------------|
| Ja | 3f | <input type="checkbox"/> |
| Nej | 3g | <input type="checkbox"/> |

Fråga efter ombyggnad

4. Anser Du att luftfuktigheten i badrummet i samband med bad eller dusch jämfört med före ombyggnad blivit:
- | | | |
|--------------------------|----|--------------------------|
| Mycket mindre besvärande | 4a | <input type="checkbox"/> |
| Mindre besvärande | 4b | <input type="checkbox"/> |
| Märker ingen skillnad | 4c | <input type="checkbox"/> |
| Mer besvärande | 4d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket mer besvärande | 4e | <input type="checkbox"/> |

Fråga efter ombyggnad

5. Vädrar Ni lägenheten i samma utsträckning nu som före ombyggnad?
- | | | |
|--------------------------------------|----|--------------------------|
| Ja | 5a | <input type="checkbox"/> |
| Nej | 5b | <input type="checkbox"/> |
| Ej aktuell fråga (har aldrig vädrat) | 5c | <input type="checkbox"/> |
- om Nej

5. Berätta skillnaden i vädring före och efter ombyggnad:

.....

Fråga efter ombyggnad

6. Hur anser Du att ventilationen är i sovrummen efter ombyggnaden om Du jämför med hur det var före ombyggnaden?

- | | | |
|----------------|----|--------------------------|
| Mycket bättre | 6a | <input type="checkbox"/> |
| Bättre | 6b | <input type="checkbox"/> |
| Ingen skillnad | 6c | <input type="checkbox"/> |
| Sämre | 6d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket sämre | 6e | <input type="checkbox"/> |

Om sämre än tidigare; beskriv varför Du anser det blivit sämre:

.....

Fråga efter ombyggnad

7. Hur anser Du i stort att ventilationen nu fungerar jämfört med före ombyggnaden:

- | | | |
|----------------|----|--------------------------|
| Mycket bättre | 7a | <input type="checkbox"/> |
| Bättre | 7b | <input type="checkbox"/> |
| Ingen skillnad | 7c | <input type="checkbox"/> |
| Sämre | 7d | <input type="checkbox"/> |
| Mycket sämre | 7e | <input type="checkbox"/> |

Om sämre eller mycket sämre; beskriv varför Du tycker att det blivit sämre:

.....

Fråga efter ombyggnad

8. Anser Du att det efter ombyggnaden blivit någon skillnad rörande luftrörelserna i lägenheten?

- | | | |
|-----|----|--------------------------|
| Ja | 8a | <input type="checkbox"/> |
| Nej | 8b | <input type="checkbox"/> |

om Ja

Det har blivit:

Mycket mindre drag

8c

Mindre drag

8d

Mer drag

8e

Mycket mer drag

8f

TACK FÖR ENKÄTSVAREN!

ENKÄTENS RESULTAT

Frågornas sifferbetekning nedan motsvaras av frågetext enligt enkäten som återges i bilaga 1. Dessutom delas svaren upp i antal enligt upp-giftlämnarens våningsplan.

Antal inkomna enkätsvar

Gatuadress	BV	1 tr	2 tr	Totalt
19	3	3	1	7
21	4	2	2	8
23	4	2	3	9
				<u>24</u>

Synpunkter före åtgärd - del A

Fråga	BV	1 tr	2 tr	Totalt
1a	* = ej våningsberoende			7
1b	*			17
1c	*			19
1d	*			3
1e	badkaret, annan tvättmaskin			2
1f	*			15
1g	*			8
1h	annan tvättmaskin			1
1i	*			14
1j	på radiator (1), balkong (5)			6
1k	*			4
1l				0
1m	3	0	0	3
1n	6	3	2	11
1o	1	2	4	7
2a	*			0
2b	*			24
2c	*			12
2d	*			9
2e	5	4	1	10
2f	6	2	4	12
2g	0	1	0	1

3a	2	3	0	5
3b	5	1	4	10
3c	4	3	1	8
3d	1	1	0	2
3e	6	2	2	10
3f	4	2	3	9
3g	3	4	2	9
3h	7	2	4	13
4a	6	4	3	13
4b	3	2	2	7
4c	1	2	1	4
4d	5	3	2	10
4e	5	4	4	13
4f	0	0	0	0
4g	4	2	0	6
4h	5	3	6	14
5a	10	6	6	22
5b	0	1	0	1
5c	7	4	4	15
5d	2	2	2	6
5e	0	0	0	0
5f	0	0	1	1
5g	1	0	1	2
5h	0	0	0	0
5i	3	1	0	4
5j	0	1	0	1
6a	0	1	0	1
6b	2	2	3	7
6c	3	3	2	8
6d	4	1	1	6
6e	2	0	0	2
7a	0	1	0	1
7b	3	1	1	5
7c	2	4	4	10
7d	5	0	1	6
7e	1	1	0	2
8a	6	4	4	14
8b	5	3	2	10

Synpunkter efter åtgärd - del B

Fråga	BV	1 tr	2 tr	Totalt
1a	1	0	0	1
1b	2	1	0	3
1c	7	3	4	14
1d	0	0	0	0
1e	0	0	0	0
1f	1	3	2	6
2a	4	3	1	8
2b	7	4	5	16
2c	0	0	0	0
3a	1	2	2	5
3b	7	3	2	12
3c	3	3	2	7
3d	0	0	0	0
3e	0	0	0	0
3f	2	1	1	4
3g	9	5	5	20
4a	0	0	0	0
4b	4	2	0	6
4c	7	5	6	18
4d	0	0	0	0
4e	0	0	0	0
5a	9	5	6	20
5b	2	1	0	3
5c	0	0	0	0
6a	0	0	0	0
6b	5	3	1	9
6c	6	4	5	15
6d	0	0	0	0
6e	0	0	0	0
7a	1	0	0	1
7b	4	5	1	10
7c	6	2	5	13
7d	0	0	0	0
7e	0	0	0	0
8a	5	4	1	10
8b	6	1	5	12
8c	0	0	0	0
8d	4	1	0	5
8e	1	1	0	2
8f	0	0	0	0



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850662-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Bostads-
stiftelsen Kalmarhem, Kalmar.

R66: 1988

ISBN 91-540-4922-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708066

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 39 kr exkl moms