



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.



Luftvärmepump som komplement till oljepanna för uppvärmning av kontorshus i Karlshamn

Utvärdering av teknik,
driftserfarenheter och ekonomi

Mats Renntun

V
nd

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-1287
Plac	<i>Ser</i>

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggeforskningsrådet

Ser

R72:1981

LUFTVÄRMEPUMP SOM KOMPLEMENT TILL OLJEPANNA
FÖR UPPVÄRMNING AV KONTORSHUS I KARLSHAMN.

Utvärdering av teknik, driftserfarenheter
och ekonomi.

Mats Renntun

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750392-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Sydkraft AB, Malmö.

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

R 72:1981

ISBN 91-540-3524-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1981 153791

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	4
FÖRORD	5
1 SAMMANFATTNING	6
2 MÅLSÄTTNING	7
3 INLEDNING	8
4 BESKRIVNING AV VÄRMEPUMPSAN- LÄGGNINGEN	9
4.1 Allmänt	9
4.2 Värmepump	9
4.3 Reglering	10
5 MÄTNING	12
6 VÄRMEPUMPENS PRESTANDA	14
6.1 Driftsäsongen 1979--1980	14
6.1.1 Årsvärmefaktorer - energibe- sparing	14
6.1.2 Täckningsgrader	15
6.2 Övrigt	16
7 VÄRMEPUMPENS DRIFTTILLGÄNGLIG- HET	17
7.1 Påfrysning och avfrostning av förångarna	17
7.1.1 Avfrostningsautomatik	18
7.1.2 Justering av befintlig automa- tik	19
7.1.3 Annan automatik	19
7.1.4 Energi från radiatorvattnet	19
7.1.5 Elslingor i förångaren	19
7.1.6 Överbyggda förångare	20
7.1.7 Förångarkonstruktion	20
7.2 Övriga drifterfarenheter	20
7.2.1 Kompressoraggregaten	20
7.2.2 Panndrift	21
8 OMBYGGNAD AV VENTILATIONS- SYSTEMET	22
9 LUFTVÄRMEPUMPENS EKONOMI	24

BILAGORNA 1-6

BETECKNINGAR

I rapporten redovisas två olika värmefaktorer:

- COP_B Värmefaktor (brutto) med avseende på kompressor, dvs avgiven värmeenergi från värmepumpen dividerad med tillförd elenergi till kompressorerna.
- COP_N Värmefaktor (netto) med avseende på kompressorer, förångarfläkt, underkyllarfläkt, vevhusvärmare samt styr- och reglerutrustning. Däremot ingår ej el till cirkulationspump för radiatorer och varmvattenberedning, eftersom dessa poster även ingår i alla andra typer av vattenburet uppvärmningssystem.

Den värmefaktor som bör användas vid jämförelse mellan värmepump och andra uppvärmningssystem är COP_N , eftersom den tar hänsyn endast till den elförbrukning som är speciell för värmepumpen. Jämförelse med ett olje- eller elpannealternativ bör alltså göras på denna bas.

FÖRORD

Sydkraft har sedan 1975 utfört praktiska prov av värmepumpar för villainstallationer och kontor. Olika fabrikat och värmekällor testas. Som värmekälla utnyttjas uteluft, ytjordvärme och grundvatten. Som värmedistributionsmedel tjänstgör vatten i alla prov.

Syftet med proven är att få kunskap om olika värmepumpars och värmepumpssystemens prestanda och driftsäkerhet i praktisk drift under en följd av år.

I denna rapport redovisas resultaten från ett prov av en luftvärmepump i ett kontor i Karlshamn.

I tidigare rapporter från Byggforskningsrådet, R90:1979 och R135:1980, har vi redovisat resultat från en luftvärmepump i Ö Grevie respektive ytjordvärmepumpar i Eslöv och Rydsgård.

Statens råd för byggnadsforskning har bidragit med medel till dessa prov som Sydkraft utfört under de senaste åren.

1 SAMMANFATTNING

Målsättningen med detta projekt var att studera lönsamheten i att komplettera en oljepanna med en luftvärmepump i ett kontorshus, där uppvärmningen tidigare helt var baserad på olja.

Resultaten visar att återbetalningstiden för en luftvärmepump i denna storlek idag är ca tio år.

Värmepumpen svarade under det senaste året för 60 % av kontorets värmebehov (oljepannan 40 %) och uppnådde en årsvärmefaktor av 2,5. Oljeförbrukningen under detta år blev 8,5 m³ mot tidigare år 20 m³. För drift av värmepumpen åtgick 30 000 kWh el.

Värmepumpen installerades 1976 och är levererad av Stal Refrigeration. Den svarar för uppvärmning av kontoret ner till en utomhustemperatur av - 5 °C. Blir temperaturen lägre övertar oljepannan uppvärmningen.

Denna anläggning får anses vara första generationen luftvärmepumpar för detta ändamål och därför har det också krävts mycket underhåll och service. Speciellt har värmepumpens förångare vållat besvär med betydande påsning. Detta är idag det största problemet och är ännu inte löst tillfredsställande. En lösning av detta problem skulle förbättra lönsamheten för luftvärmepumpar betydligt.

2 MÅLSÄTTNING

Den övergripande målsättningen med projektet var att minska energiförbrukningen för uppvärmning av ett befintligt hus, där uppvärmningen helt var baserad på olja. Genom mätning skulle utvärdering senare göras av projektet.

Sydkrafts kontor i Karlshamn utvaldes för projektet. Kontoret, som nu är ca femton år gammalt, hade en egen oljeeldad panna och konventionella vattenradia-torer. Ventilation skedde genom att tilluften togs från ytterluften och uppvärmdes via ett varmvatten-batteri före inblåsning till lokalerna.

För att uppnå målsättningen gjordes följande:

- Installation av luftvärmepump
- Ombyggnad av befintligt ventilationssystem

Det viktigaste var installationen av värmepumpen och tanken var att anläggningen skulle fungera som en demonstrationsanläggning för hur konvertering kan ske av ett befintligt hus med oljebaserad uppvärmning till värmepumpsuppvärmning. Med anledning av detta ställdes även följande krav:

- Anläggningen skulle vara så enkel och så drift-säker som möjligt.
- Anläggningen skulle utföras på ett sådant sätt att möjlighet till mångfaldigande av anläggningen underlättas. Platsberoende speciallösningar skulle därför undvikas.
- Anläggningen skulle fungera helt automatiskt utan daglig tillsyn.
- Anläggningen borde utföras så att ett minimum av underhåll krävdes.
- Anläggningen skulle utföras på ett tekniskt opti-malt sätt.

I samband med installationen av värmepumpen insattes även mätutrustning i systemet. Detta gjordes för att kunna utvärdera värmepumpens energibesparing. Det visade sig dock att det var förenat med flera svårigheter att mäta värmemängder p g a värmepumpens funktion.

Tyvärr var värmemätningen under perioden 1976--1978 inte av den kvalitet att den kunde läggas till grund för utvärdering av värmepumpen; detta trots ett flertal åtgärder för att förbättra situationen. Under säsongen 1978--1979 var värmepumpen ur drift beroende på att en ombyggnad av kontoret då genomfördes.

Under den senaste uppvärmningssäsongen, 1979--1980, har mätningen dock fungerat bra, mycket tack vare att kontoret byggdes till och blev större. Detta medförde att belastningen på värmepumpen blev större, vilket ledde till säkrare mätresultat.

För att man i kommande och liknande projekt lättare skall kunna undvika dessa mätningssvårigheter redogörs i denna rapport ganska ingående för mätningen och dess svårigheter.

Det andra bestående intrycket av detta projekt har varit problemen kring påfrysningen av värmepumpens förångare. Detta har i projektet definitivt varit ett hinder för att uppnå acceptabel energibesparing med värmepumpen. Detta är alltså en mycket viktig del av en luftvärmepumps funktion och därför ägnas en stor del av rapporten åt påfrysnings- och avfrostningssvårigheterna.

Efter denna inledning fortsätter rapporten med en beskrivning av värmepumpsanläggningen, kapitel 4. I kapitel 5 redogörs för mätningarna och i kapitel 6 behandlas värmepumpens uppmätta prestanda. I kapitel 7 redogörs för värmepumpens driftsäkerhet och där läggs tyngdpunkten på problemen med påfrysning av förångaren. I kapitel 8 beskrivs översiktligt den ombyggnad av ventilationssystemet som även gjordes inom ramen för detta projekt. I kapitel 9 diskuteras lite kring ekonomin för en värmepump och då speciellt en luftvärmepump.

4 BESKRIVNING AV VÄRMEPUMPSANLÄGGNINGEN

4.1 Allmänt

Värmepumpen, som har uteluft som värmekälla, installerades i Sydkrafts kontor i Karlshamn. Den togs i drift våren 1976. Den var ur drift säsongen 1978--1979 då kontoret byggdes om och den är nu alltså inne på den fjärde driftsäsongen.

Kontoret var och är försett med en oljeeldad panna med en effekt av 100 kW och ett vattenburet system uppdelat i en radiatorkrets för västfasad och en för östfasad med var sin reglerenhet kompenserad av utetemperaturen. Oljepannan finns kvar och fungerar nu som topp- och reserveffekt.

Varmvattenberedning sker med en elektrisk beredare.

Värmepumpens värmeeffekt är ca 30 kW, så att när kontorets värmebehov överstiger denna kopplas oljepannan in och värmepumpen stoppas. De är alltså aldrig i drift samtidigt. Mer om regleringen följer i avsnitt 4.3.

Värmepumpen är platsbyggd och en stor del av kostnaden ligger i montage av mekanisk och elektrisk utrustning. När det gäller befintliga större byggnader är denna lösning oftast den enda möjliga. Här skulle ett fabriksbyggt aggregat bli alltför svårt att installera utan större byggnadstekniska åtgärder.

Kontoret byggdes som nämnts om 1978--1979 och fick efter det ca 50 % större uppvärmd yta.

4.2 Värmepump

Värmepumpens huvudkomponenter är två parallellkopplade kompressorer, en tubpannekondensator, tre parallellkopplade förångare samt en underkylare. Anläggningen har levererats av Stal Refrigeration i Norrköping.

Kompressorerna är två semihermetiska kolvkompresorer av fabrikat DWM Copeland med motorer på 7,5 hK ($\approx 5,5$ kW) vardera. Köldmediet som används är R12, vilket möjliggör kontinuerlig drift med kondenseringstemperaturer upp till max + 62° C. Maximal framledningstemperatur blir drygt + 50° C. Den lägsta tillåtna förångningstemperaturen är - 18° C.

Kondensorn är en flerströmmig tubpannekondensator.

Kondensorn, liksom kompressorerna med tillhörande reglerutrustning, har placerats i kontorets källare i ett rum som är speciellt ljuddämpat.

Förångarna, som är tre till antalet, har placerats på taket till ett närliggande garage. Denna placering valdes med tanke på minsta möjliga installationskostnad, låg bullernivå och för att förhindra igensättning av snö och skada på eller av tredje man.

Två olika typer av förångare har använts i detta projekt.

Den första typen var med s k horisontell fläktverkan och med ett flänsavstånd på 8 mm. Förångarna var utrustade med vardera två fläktar. Dessa förångare visade sig dock vara mycket olämpliga från påfrysningssynpunkt och byttes därför ut mot en annan typ.

Den nya typen av förångarbatterier har vertikal genomströmning och sugande fläkt. Vardera av förångarna är utrustade med en fläkt. Den sitter ovanpå förångaren och suger luft genom batteriet.

Bytet av förångarna innebar en klar förbättring från påfrysningssynpunkt, vilket innebar att detta problem minskade.

För att förbättra värmefaktorn installerades en underkylare. I kondensorn kondenserar köldmediet vid den rådande mättningstemperaturen, medan i underkylaren köldmediet underkyls och därmed utvinns ytterligare energi ur köldmediet. Cirka 10 % (3 kW) av värmepumpens effekt avges i underkylaren. Detta upptas sedan ur uteluften av förångaren. Underkylaren placerades först i kontorets garage och senare i kontorets källare. Underkylaren har utformats som ett flänsat luftkylt batteri i aerotemperutförande.

En situationsplan över anläggningen finns i bilaga 1.

4.3 Reglering

Då befintlig oljepanna skall användas som tillsatsvärme när värmepumpen inte räcker till har värmepumpen placerats i serie med oljepannan.

Vid drift ned till ca -5° C klarar värmepumpen ensam uppvärmningen. Detta gäller under förutsättning att det råder torrt och klart väder. Vid fuktig väderlek, regn, dimma eller snö stoppas värmepumpen redan vid högre utetemperaturer. Detta beror på att förångaren fryser igen.

När värmepumpen ensam klarar uppvärmningen är pannan kall och avställd och radiatorvattnet bypassas via trevägsventilen SV1 (se bilaga 2). Om temperaturen sjunker under -5°C med kort varaktighet förhindrar ett tidrelä att pannan kopplas in.

Då temperaturen sjunker under -5°C med lång varaktighet startas pannan.

Framledningstemperaturen från värmepumpen styrs linjärt som funktion av utomhustemperaturen. Denna kurva ligger något över börvärdet för de befintliga radiatorgrupperna. Temperaturen för dessa grupper styrs av två shuntventiler; en för husets västra sida och en för den östra. För att hålla börvärdet på framledningstemperaturen inom ett visst temperaturområde körs kompressorerna i on-off-drift. Denna reglering görs med hjälp av ett programverk. Då utomhustemperaturen understigit -5°C med en viss varaktighet startas pannan, medan trevägsventilen, SV1, fortfarande är stängd. Då pannan nått sin arbetstemperatur shuntar denna ventil in vatten till radiatorsystemen enligt samma reglerkurva som för värmepumpen. Då pannan är i drift kopplas värmepumpen ur. Anledningen till detta är dels att värmepumpens värmeeffekt minskar med utomhustemperaturen, dels att kompressorernas arbetsförhållanden vid låga utomhustemperaturer sliter hårt på kompressorerna. Låg utomhustemperatur ger låg förångningstemperatur och kräver hög vattentemperatur, vilket kräver hög kondenseringstemperatur. Detta medför att kompressorerna får arbeta med höga tryckförhållanden och tryckrörstemperaturen (gastemperatur efter kompressorn) kan anta farligt höga värden.

Kompressorn kopplas ifrån vid kondenseringstemperaturen $+60^{\circ}\text{C}$ och förångningstemperaturen -18°C .

Då utomhustemperaturen stigit över -5°C stänger trevägsventilen SV1 och värmepumpen startas upp. Pannan får då stå och varmhållas tills den kopplas ifrån manuellt. Pannan bör hållas vid drifttemperatur en vecka, så att skorstensstocken hinner bli genomvarm. Högst fem till sex starter/driftsäsong av pannan tillåts, då livslängden annars kan förkortas avsevärt av lågtemperaturkorrosion.

5 MÄTNING

För att kunna utvärdera värmepumpens prestanda och energibesparing installerades en del mätutrustning. Följande mätutrustning finns:

- Två värmemätare, varav den ena mäter avgiven energi från värmepumpen och den andra avgiven energi från oljepannan.
- Fyra elmätare. Två mäter energin till vardera av de två kompressorerna och en mäter energin till värmepumpen totalt (dvs förutom kompressorerna även förångarfläktar, underkylarfläkt, oljevärmare samt ventilmotorer). Den fjärde mätaren visar den tillförda elenergin till radiatorsystemets cirkulationspumpar.
- En oljemängdsmätare som mäter den av oljepannan förbrukade oljemängden.
- Tre drifttidmätare som mäter kompressorernas och oljepannans drifttid.

Mätning av elenergi kan göras med god noggrannhet, medan mätning av värme kan vara förknippad med flera svårigheter.

Tyvärr var ju, som tidigare nämnts, värmemätningen under de första säsongerna ej av den noggrannhet att den kunde läggas till grund för utvärderingen av värmepumpens prestanda. Orsaken till att värmemätarna ej visade riktiga värden var framför allt värmepumpens korta gångtider.

Alltför korta gångtider för värmepumpen i förhållande till temperaturgivarnas reaktionstid medför att värmemätarna registrerar felaktigt värde. Temperaturgivarna har en tidskonstant i storleksordningen 1 minut, vilket innebär att energimätningen blir felaktig när värmepumpens gångtid är kort. När värmepumpen startar höjs vattentemperaturen språngartat, medan temperaturgivarna ej kan följa med.

Värmepumpens gångtider beror på förhållandet mellan värmepumpens avgivna värmeeffekt, kontorets aktuella värmebehov och värmesystemets ackumuleringsförmåga. Gångtiden är även beroende av reglerprincip.

För att få längre gångtider installerades två bufferttankar à 300 l. Detta förbättrade situationen något men ej tillräckligt.

När regleringen justerades och värmelasten blev större genom kontorets tillbyggnad (50 % större värmelast) förbättrades dock gångtiderna avsevärt. Detta medförde då att mätresultaten blev tillförlitliga.

Det är alltså viktigt för mätningresultaten att värmepumpens gångtider blir långa, men det är ännu viktigare med långa gångtider för att minska slitage på kompressorerna. En kompressor som får starta och stoppa många gånger får "ta emot mycket stryk".

En värmepump bör alltså regleras så att det blir ett relativt stort spann mellan start- och stopptemperatur. Den bör alltså få arbeta upp en relativt hög temperatur i systemet och sedan ej starta igen förrän temperaturen har sjunkit ordentligt. Detta innebär att radiatortemperaturen svänger åtskilliga grader. För rumsklimatet betyder detta betydligt mindre p g a trögheten i systemet.

En annan sak, förutom värmepumpens gångtider, att vara uppmärksam på för mätresultatens skull är små temperaturdifferenser. Små temperaturdifferenser över exempelvis en kondensor vid mätning av kondensorns avgivna värmeenergi kan göra mätningen vanskelig.

Ytterligare ett problem som vi råkade ut för i detta projekt var svårigheten att särskilja inverkan från flera energibesparande åtgärder. I samband med installationen av värmepumpen byggdes ventilationssystemet om för att minska ventilationsförlusterna och därmed uppvärmningsbehovet.

När värmemängdsmätningen till en början inte fungerade fanns möjligheten att jämföra oljeförbrukningen åren innan värmepumpsinstallationen med elförbrukningen åren efter. Därmed skulle som resultat fås värmepumpens energibesparing. Detta visade sig dock inte möjligt, eftersom ventilationssystemets energibesparande inverkan inte har uppmätts.

6 VÄRMEPUMPENS PRESTANDA

6.1 Driftsäsongen 1979--1980

6.1.1 Årsvärmefaktorer - energibesparing

Här redogörs för prestanda uppmätta under ett års drift från oktober 1979 till oktober 1980.

Under denna period åtgick 131 000 kWh för uppvärmning av kontoret. Värmepumpen svarade för 75 000 kWh, vilket motsvarar 57 %. Resten levererade oljepannan, dvs 56 000 kWh. Oljepannans verkningsgrad uppmättes till 65 %. Oljepannan förbrukade således under detta år 8,6 m³ olja. Hade oljepannan ensam svarat för värmen skulle den ha förbrukat 20,1 m³ olja. Oljebesparingen detta år blev alltså 11,5 m³. Detta skedde dock naturligtvis på bekostnad av en högre elförbrukning. Hur mycket framgår nedan.

Värmepumpen levererade alltså 75 000 kWh värme och det åtgick 30 000 kWh el för att driva den. Då är inräknat all el till värmepumpen, förutom el till kompressorer även de tre förångarfläktarna, fläkten för underkylaren, vevhusvärme samt el till styr- och reglerutrustning.

Årsvärmefaktorn netto, COP_N (se Beteckningar), blev alltså 2,5.

Värmepumpens energibesparing jämfört med om kontoret hade fortsatt att till 100 % uppvärmas med oljepannan kan beräknas enligt följande:

Hade oljepannan under detta år svarat för hela uppvärmningen skulle den förbrukat 20,1 m³ olja. Detta motsvarar ca 200 000 kWh. Eftersom värmepumpen nu kunde utnyttjas under större delen av året åtgick det endast 8,6 m³ olja, dvs ca 85 000 kWh, plus 30 000 kWh el för drift av värmepumpen. Totalt förbrukade kontoret således 115 000 kWh, vilket innebär en energibesparing på 85 000 kWh, eller ca 42 %.

Av de 30 000 kWh el som åtgick för drift av värmepumpen förbrukade kompressorerna 21 000 kWh el. Resterande 9 000 svarade hjälpmaskineriet för, dvs förångarfläktar, underkylarfläkt, vevhusvärmare samt styr- och reglerutrustning. Det innebär alltså att hjälpmaskineriet förbrukade 30 % och kompressorerna 70 % av värmepumpens elförbrukning.

Årsvärmefaktorn netto, COP_N , blev 2,5, medan årsvärmefaktorn brutto, COP_B , blev 3,6.

Av värmepumpens avgivna energi levererar underkylaren ca 10 %. Underkylaren är placerad i källaren och här tas värme ut genom ett luftbatteri. Luftens temperatur är ca 25-30° C.

6.1.2 Täckningsgrader

Värmepumpar som arbetar med uteluft som värmekälla har den negativa egenskapen att de avger mindre värme ju kallare luften är. Det innebär alltså att de avger minst värme när behovet är som störst, dvs när det är som kallast ute. Bilaga 3 åskådliggör detta förhållande. Den streckade linjen visar värmepumpens avgivna värmeeffekt som funktion av utomhustemperaturen. Den heldragna linjen visar kontorets värmebehov som funktion av utomhustemperaturen. Som framgår skär kurvorna varandra vid en utomhustemperatur av - 5° C, dvs när det blir kallare ute räcker värmepumpen inte längre till för att värma kontoret.

Det är emellertid ganska få timmar under ett år som utomhustemperaturen är under - 5° C i Karlshamnsregionen. Detta framgår av bilaga 4 som är en sk varaktighetskurva för Karlshamn. Ur denna kan utläsas att ca 500 av årets 8 760 timmar är utomhustemperaturen under - 5° C.

Den streckade ytan under varaktighetskurvan visar den energimängd som kontoret behöver sammanlagt under den del av året när temperaturen är högre än - 5° C. Detta motsvarar som synes ca 90 % av årets energibehov och det är alltså den del som värmepumpen skulle kunna svara för.

Värmepumpen svarade dock inte för mer än ca 60 % av det senaste årets energibehov. Detta berodde på att värmepumpen måste stängas av under vissa perioder p g a att påfrysningen på förångarna omöjliggjorde fortsatt drift. Detta inträffar vid utomhustemperaturer mellan + 5° C och - 5° C om väderleksförhållandena, luftfuktigheten m m är ogynnsamma.

I tabellen nedan visas den månatliga täckningsgraden för värmepumpen. Täckningsgraden definieras här som värmepumpens avgivna värmeenergi under månaden i förhållande till den totalt avgivna värmeenergin från både oljepannan och värmepumpen under månaden. Som framgår av tabellen klarar värmepumpen hela värmebehovet under i stort sett sju av årets tolv månader.

<u>Månad</u>	<u>Täckningsgrad för värmepumpen, %</u>
Okt 1979	99
Nov 1979	92
Dec 1979	38
Jan 1980	11
Feb 1980	13
Mar 1980	53
Apr 1980	93
Maj 1980	100
Jun 1980	100
Jul 1980	100
Aug 1980	100
Sep 1980	100
Okt 1979 - okt 1980	57

6.2 Övrigt

Värmepumpens prestanda under de första åren var sämre än det nyss redovisade. Att värmepumpen nu fungerar bättre beror på att automatiken för avfrostning har förbättrats, vilket gör att mindre energi åtgår för avfrostningen, justeringar i regleringar och övrig automatik samt isolering av freonledningarna från förångarna har gjorts. Bytet av förångarna samt utbyggnaden av kontoret med följd att värmepumpen fick högre belastning har också gjort att värmepumpens prestanda efter hand har förbättrats.

Värmepumpens maximala framledningstemperatur är ca + 50° C.

Det mest bestående intrycket från de här tre årens drift med luftvärmepumpen är problematiken och driftproblemen kring påfrysningen av förångarna. Första avsnittet i detta kapitel behandlar därför ganska ingående denna för luftvärmepumpar så avgörande del.

7.1 Påfrysning och avfrostning av förångarna

Värmepumpen klarar kontorets värmebehov ner till dess att utetemperaturen är ca -5°C . Värmepumpen fungerar bra ner till denna temperatur under förutsättning att det råder bra väder med klar och torr luft. I praktiken måste värmepumpen ofta stängas av innan temperaturen har sjunkit till -5°C , ibland redan vid $+5^{\circ}\text{C}$, p g a att förångarna blir helt igenisade.

Vädret i Karlshamnsregionen präglas vintertid av hög luftfuktighet, dimma, regn och även blötsnö. Detta leder till många driftstopp, eftersom förångarna snabbt fryser igen vid väderleksförhållandena då utetemperaturen närmar sig 0°C .

Har väl påfrysningen på förångarna börjat och väderleksförhållandena är besvärliga klarar inte avfrostningsautomatiken att tillräckligt snabbt avfrostas förångarna, utan påfrysningen ökar i omfattning tills hela förångarbatteryet är ett helt ispaket. Värmepumpen måste då vid dessa tillfällen stängas av, eftersom det inte är meningsfullt att köra den längre. Dessa situationer uppkommer ganska ofta under perioden november-mars och oljepannan får då överta värmeförsörjningen.

Vid dessa tillfällen avfrostas värmepumpen passivt genom att värmen i luften och eventuell solstrålning får tina upp förångarna efter hand. Väderleksförhållandena avgör sedan helt och hållet när det anses meningsfullt att starta värmepumpen igen utan att förångarna omedelbart förvandlas till ispaket igen.

7.1.1 Avfrostningsautomatik

Avfrostningen av de tre förångarna styrs av tidur och termostater. Förångarna avfrostas alltid en i taget och avfrostningen av en förångare sker enligt följande:

Tiduret är inställt på avfrostning två gånger per dygn. Vid dessa tidpunkter stängs en magnetventil och köldmedieflödet till förångaren stoppas. Efter detta kan avfrostningen ske på två sätt beroende på utomhustemperaturen. Är utomhustemperaturen under $+ 4^{\circ}\text{C}$ leds den heta köldmediegasen ut till förångaren. De andra två förångarna arbetar då som vanligt, dvs hämtar värme ur utomhusluften. Är däremot utomhustemperaturen över $+ 4^{\circ}\text{C}$ leds ingen hetgas ut till förångaren, utan avfrostningen sker endast genom att förångarfläktarna går och därmed blåser utomhusluft genom förångaren.

Avfrostningen sker med andra ord med hjälp av omgivningsluften över $+ 4^{\circ}\text{C}$ lufttemperatur och med hjälp av hetgas under denna temperatur.

En termostat i förångaren avbryter sedan avfrostningen när temperaturen inne i förångaren är ca $+ 10^{\circ}\text{C}$.

Detta innebär alltså att avfrostningen påbörjas, dvs magnetventilen stängs två gånger per dygn för varje förångare. Magnetventilen öppnar dock naturligtvis direkt igen under den del av året när temperaturen är över $+ 10^{\circ}\text{C}$.

Tiduren är inställda olika för var förångare, så att exempelvis kl 8 på morgonen och kl 8 på kvällen avfrostas förångare 1, kl 12 på dagen och kl 12 på natten avfrostas förångare 2, medan förångare 3 avfrostas kl 4 på eftermiddagen och kl 4 på natten.

Orsaken till att avfrostningsautomatiken inte fungerar tillfredsställande är följande:

Vid avfrostning hämtas energi ur luften via två av förångarna för att avfrosta den tredje. Nu är det dock ofta så att även de två förångarna som skall fungera som vanligt och hämta värme ur luften också är isbelagda. Detta får till följd att värmepumpen inte förmår avge tillräckligt hög värmeeffekt i den tredje förångaren för att avfrosta denna. Enda möjligheten är därför att stänga av värmepumpen, så att den får tina upp passivt.

Efter hand har det dykt upp idéer och tankar från de inblandade om lämpliga åtgärder som eventuellt skulle kunna minska antalet driftstopp p g a påfrysning.

7.1.2 Justering av befintlig automatik

Den nuvarande avfrostningsautomatiken består av tidur. Det innebär alltså att avfrostning sker på vissa bestämda tider på dygnet. Hittills har avfrostning skett två gånger per dygn, men fr o m denna säsong har automatiken justerats så att avfrostning skall ske tre gånger per dygn för varje förångare. Tätare avfrostning innebär ju att påbyggnaden av is mellan avfrostningarna blir mindre, men å andra sidan åtgår eventuellt mer energi för avfrostningen totalt sett.

7.1.3 Annan automatik

En möjlighet är att avfrostningen inte styrs av tidur utan av givare inmonterade i förångaren som känner när påfrysningen är så pass omfattande att avfrostning behövs. Olika typer av givare är tänkbara, såsom tryckgivare som känner när luftflödets tryckfall över förångaren ökar, vilket är ett tecken på påfrysning. Ökat tryckfall medför även ökat temperaturfall, varför även temperaturgivare kan styra avfrostningen.

7.1.4 Energi från radiatorvattnet

Som det nu fungerar tas energi ur luften via två av förångarna för att avfrosta den tredje. Detta har visat sig fungera dåligt ibland, eftersom även de två förångarna varur energi skall hämtas är igenisade, varför avfrostningseffekten blir liten. En möjlighet är då att helt reversera köldmediecykeln och hämta energi ur kondensorn, dvs radiatorvattnet. Då fås högre avfrostningseffekt, men man kan naturligtvis ej heller kyla radiatorvattnet alltför mycket.

7.1.5 Elslingor i förångaren

Elslingor i förångaren är en möjlighet att avfrosta. Antagligen åtgår det dock så mycket energi för avfrostningen att det inte är ekonomiskt riktigt med detta system.

7.1.6 Överbyggda förångare

De tre förångarna i detta projekt är placerade på taket till kontorets garage. De har därmed varit utsatta för regn och snö vid dessa väderleksförhållanden. Den is som bildas på förångarna kommer ju från det vatten som finns som vattenånga i luften samt från regn och snö. En överbyggnad över förångarna skulle hindra regn och snö och därmed eventuellt minska påfrysningen.

7.1.7 Förångarkonstruktion

Konstruktionen bör vara så att isen lossnar lätt vid avfrostning samt att den enkelt kan omhändertas när den lossnar.

7.2 Övriga drifterfarenheter

7.2.1 Kompressoraggregaten

Kompressoraggregaten har i stort sett fungerat bra, förutom ett haveri på ett aggregat efter två års drift. De har endast vid några enstaka tillfällen varit ur drift av orsaker som kan hänföras direkt till dessa enheter.

Ett par driftstopp har inträffat beroende på att oljenivån i kompressorerna sjunkit under den tillåtna, vilket berott på att oljan blandats upp i köldmediet och inte via oljeavskiljaren kunnat återföras till kompressorerna. Oljefördelningen mellan de båda kompressorerna har också vid något tillfälle varit ojämn. Köldmedieläckage har inträffat vid några tillfällen, bl a behövde 12 kg freon fyllas på en gång. Ovan relaterade felaktigheter har snabbt kunnat avhjälpas av leverantörens lokala servicemontör och har inte förorsakat några större problem.

Det är viktigt att kompressorerna får arbeta med relativt långa gång- respektive stopptider. Slitage på kompressorerna minskar om antalet starter hålls nere. Gångtiderna har förbättrats avsevärt under projektets gång som nämndes i avsnitt 5.

Värmepumpen i detta projekt består som nämnts av två kompressorer. Kompressor 1 utnyttjas alltid i första hand och när den inte längre räcker till ensam för att klara värmebehovet startas kompressor 2. Detta har inneburit att kompressor 1 har varit i drift ungefär dubbelt så lång tid som den andra. En omkoppling säsongvis borde finnas, så att det blev någorlunda lika belastning för de båda kompressorerna.

7.2.2 Panndrift

I ett läge när värmepumpen inte har kapacitet att klara värmebehovet i kontoret kopplas automatiskt oljepannan in. Sedan pannan startat bör den, för att skorstenen inte skall skadas av kondens, vara i drift minst en vecka. Detta skulle då innebära en oekonomisk drift av systemet värmepump-oljepanna med den varierande väderlek som ofta råder. Efter en kortare köldperiod, när oljepannan har varit i drift, startas värmepumpen igen när det blir varmare. Oljepannan stoppas därvid även om den inte varit i drift en vecka, annars skulle kanske pannan gå kontinuerligt under mycket långa tidsperioder.

I samband med installationen av värmepumpen genomfördes en ombyggnad av det befintliga ventilationssystemet. Syftet med ombyggnaden var att minska ventilationsförlusterna och därmed energiförbrukningen. För att åstadkomma detta installerades ett system för återcirkulation av luftmängden.

Den förra ventilationsanläggningen (innan ombyggnad) fungerade enligt följande:

Kontorsrummen försågs med tempererad och befuktad tilluft från i källarplan befintligt varmluftsaggregat med befuktningstilläts, grov- och finfilter. Innerluften bortfördes genom frånluftstrumma upp till tak, där en takfläkt med ungefär samma kapacitet som varmluftsaggregatet ($3\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$) sög ut innerluften. Separat fläkt från toaletterummen fanns (ca $400\ \text{m}^3/\text{h}$). Ventilationssystemet medförde oönskade värmeförluster.

För att minska värmeförlusterna utan att i större grad försämra kontorsmiljön installerades ett system för återcirkulation av ventilationsluften. Återcirkulationen av luftmängden inom byggnaden kan varieras från 0 till ca $3\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$, eller 0-75 %. En returstrumma installerades mellan uteluftstrumman i källarplan och frånluftstrumman under befintlig takfläkt (se bilaga 5). En kanalfläkt med samma kapacitet som takfläkten ($3\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$) installerades i taktrumman. Takfläkten demonterades. Spjäll med motor placerades i trumsida och på fläkstens trycksida. Spjällmotorn regleras steglöst med potentiometer från källarplan, där spjäll som reglerar uteluft och returluft finns. Samtliga spjäll synkroniseras så att olika blandningar av uteluft och returluft kan utföras. För att rena främst returluften har ett elektrofilter installerats mellan filterdelen och varmluftsaggregatet i källarplan.

Efter ombyggnaden av ventilationssystemet genomfördes en studie, där syftet var att ta reda på hur kontorspersonalen uppfattade skillnaden i luftkvalitet som åstadkoms genom olika luftväxlingstal. Studien genomfördes av Statens institut för byggnadsforskning.

Studien visade ingen förändring av den subjektiva upplevelsen av luftkvaliteten vid väsentligt ökad tillförsel av uteluft. Inte heller visades något samband mellan lägsta ventilationsmängd och sämsta luftkvalitet. De som genomförde studien menade att det vore berättigat att allvarligt överväga att vid kallt väder sänka uteluftsventilationen för lokaler av liknande typ som i studien till värden på 10-15 m³ per person och timme. En avsevärd energibesparing bör härigenom kunna göras utan att vare sig komfort eller hälsa påverkas negativt. Härvid förutsätts i regel återluftssystem, eftersom högre ventilation behövs sommartid.

Målsättningen med detta projekt var bl a att undersöka hur lönsamt det är att komplettera ett befintligt oljebaserat uppvärmningssystem med en luftvärmepump. Nedanstående resonemang skall försöka ge svar på detta baserat på de uppmätta resultaten från detta projekt. Förutsättningarna är alltså ett kontor beläget i södra Sverige och med ett uppvärmningsbehov motsvarande ca tio villor.

En värmepump kännetecknas av höga investeringskostnader och låga driftkostnader. Den driftkostnadsbesparing som erhålls vid komplettering av ett befintligt uppvärmningssystem med en luftvärmepump skall alltså betala investeringen.

Investeringskostnaden för en värmepumpsanläggning motsvarande den i Karlshamn är idag ca 140.000 kr inklusive installation. Installationskostnaden varierar naturligtvis från fall till fall. I detta projekt kan nog sägas att installationskostnaderna var normala, eftersom det var viss rördragning på radiatorsidan och mellan kompressor och förångare som behövdes.

Den s k täckningsgraden för värmepumpen, dvs den andel av det årliga uppvärmningsbehovet som värmepumpen svarade för, blev det senaste året ca 60 %. Det innebär att 60 % av årets oljeförbrukning sparades in. Det motsvarar ca $11,5 \text{ m}^3$ olja som idag är värt ca $1.570 \text{ kr/m}^3 \times 11,5 \text{ m}^3 = 18.000 \text{ kr}$.

För drift av värmepumpen åtgick ca 30 000 kWh, vilket kostade $20 \text{ öre/kWh} \times 30\,000 \text{ kWh} = 6.000 \text{ kr}$.

Den årliga driftkostnadsbesparingen är alltså idag värd $18.000 \text{ kr} - 6.000 \text{ kr} = 12.000 \text{ kr}$.

Återbetalningstiden, eller den tid det tar innan värmepumpsinvesteringen har betalat sig, blir då $140.000 \text{ kr} / 12.000 \text{ kr} = 11,5$ år med dagens energipriser.

Underhållskostnaden har i den ekonomiska beräkningen ovan ansetts likvärdig vid värmepump och oljeeldning. I verkligheten blir nog underhåll och service dyrare med en värmepump. Den består av flera komponenter som behöver skötsel och bytas efterhand. Filterbyte, oljepåfyllning och köldmediepåfyllning är exempel på service som är nödvändig.

I detta projekt har det krävts mycket underhåll och service. Detta får till stor del tillskrivas de "barnsjukdomar" som helt naturligt följer med en anläggning som denna som innebär helt ny teknik vad gäller uppvärmningssystem.

De uppsatta målen att anläggningen skulle fungera helt automatiskt utan daglig tillsyn och att anläggningen skulle kräva ett minimum av underhåll har inte uppnåtts.

I kommande anläggningar av denna typ bör dock många av dessa "barnsjukdomar" kunna undvikas. Därmed skulle underhållskostnaden kunna hållas nere och endast något överstiga kostnaden vid oljeeldning.

Vilka faktorer finns det som påverkar lönsamheten för värmepumpen till det bättre? Förutom yttre faktorer, såsom oljeprisökning, finns det två faktorer som påverkar lönsamheten. Det är värmepumpens årsvärmefaktor och täckningsgrad.

Årsvärmefaktorn, som i detta projekt är ca 2,5, är inte mycket att göra åt. Förutom justeringar i radiatorsystemet och värmepumpens reglering som kan göras är värmefaktorn bestämd av naturlagarna. En höjning från 2,5 till 3,0 påverkar inte heller lönsamheten i så stor utsträckning, vilket framgår nedan.

Den andra faktorn som påverkar lönsamheten är täckningsgraden, dvs den andel av årsvärmebehovet som värmepumpen svarar för. Värmepumpen i Karlshamn är dimensionerad för en effekt som motsvarar ca 70 % av kontorets maximala värmeeffektbehov. Det innebär att den skulle kunna klara ca 90 %, dvs en täckningsgrad på 90 %, av årets energibehov om den ej var tvungen att stoppas ett flertal gånger vintertid p g a påfrysningsproblemet (se avsnitt 6.1.2). Täckningsgraden under det senaste året var ca 60 %. Bilaga 6 visar hur värmepumpens lönsamhet påverkas om täckningsgraden respektive värmefaktorn kan höjas.

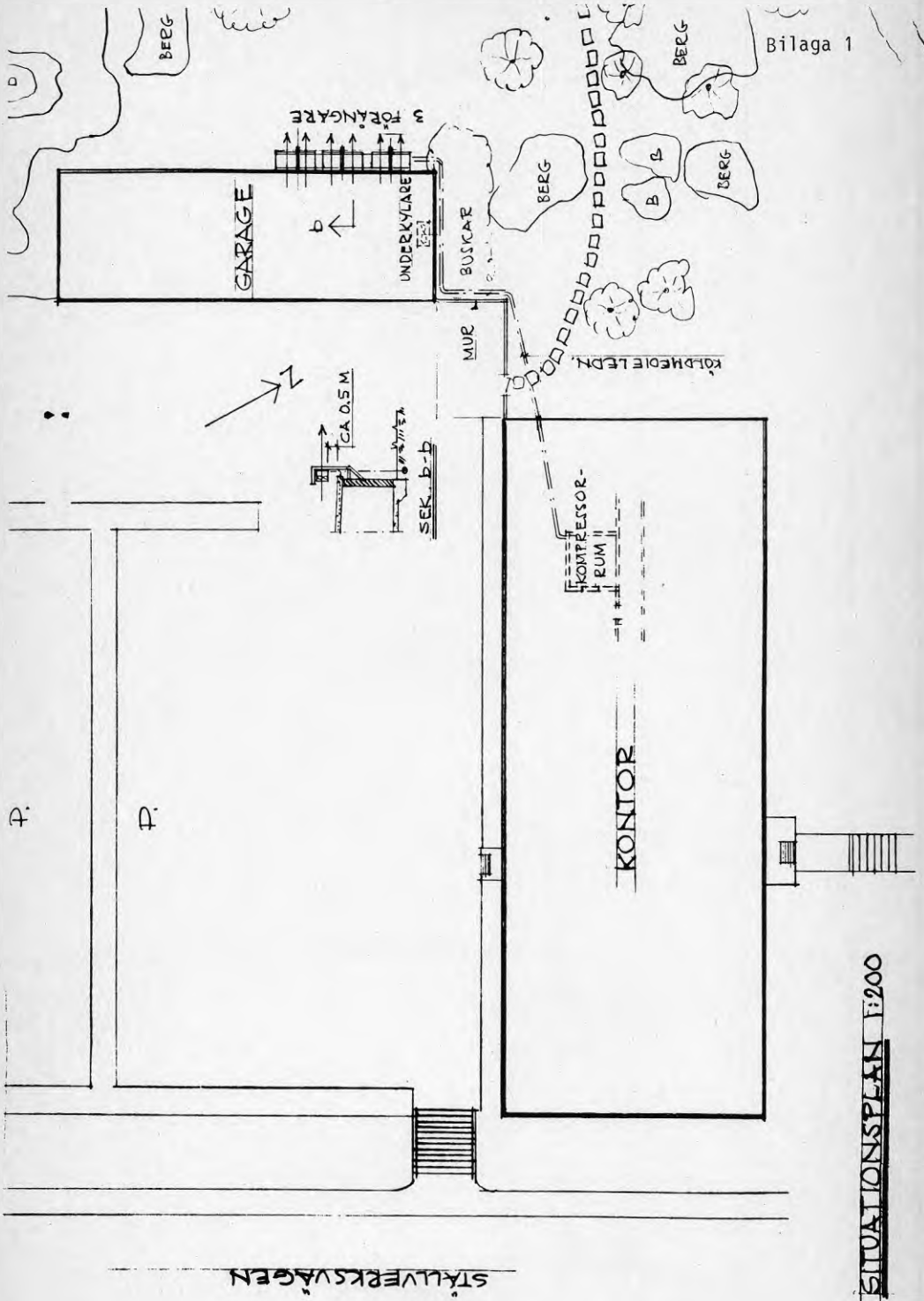
Den streckade linjen visar hur återbetalningstiden minskar om värmefaktorn kan höjas från 2,5 till 4,0. Detta gäller när täckningsgraden är 60 %.

Den heldragna linjen visar hur återbetalningstiden minskar om täckningsgraden kan ökas från 60 % till 90 %. Detta gäller när årsvärmefaktorn är 2,5. Ur diagrammet kan utläsas att en ökning av täckningsgraden från 60 till 70 % ger samma lönsamhetsförbättring som en ökning av årsvärmefaktorn från 2,5 till 3,7. Eftersom en luftvärmepump inte kan prestera en så hög årsvärmefaktor är detta hypotetiskt men visar ändå allmänt att det inte enbart är värmefaktorn som påverkar lönsamheten.

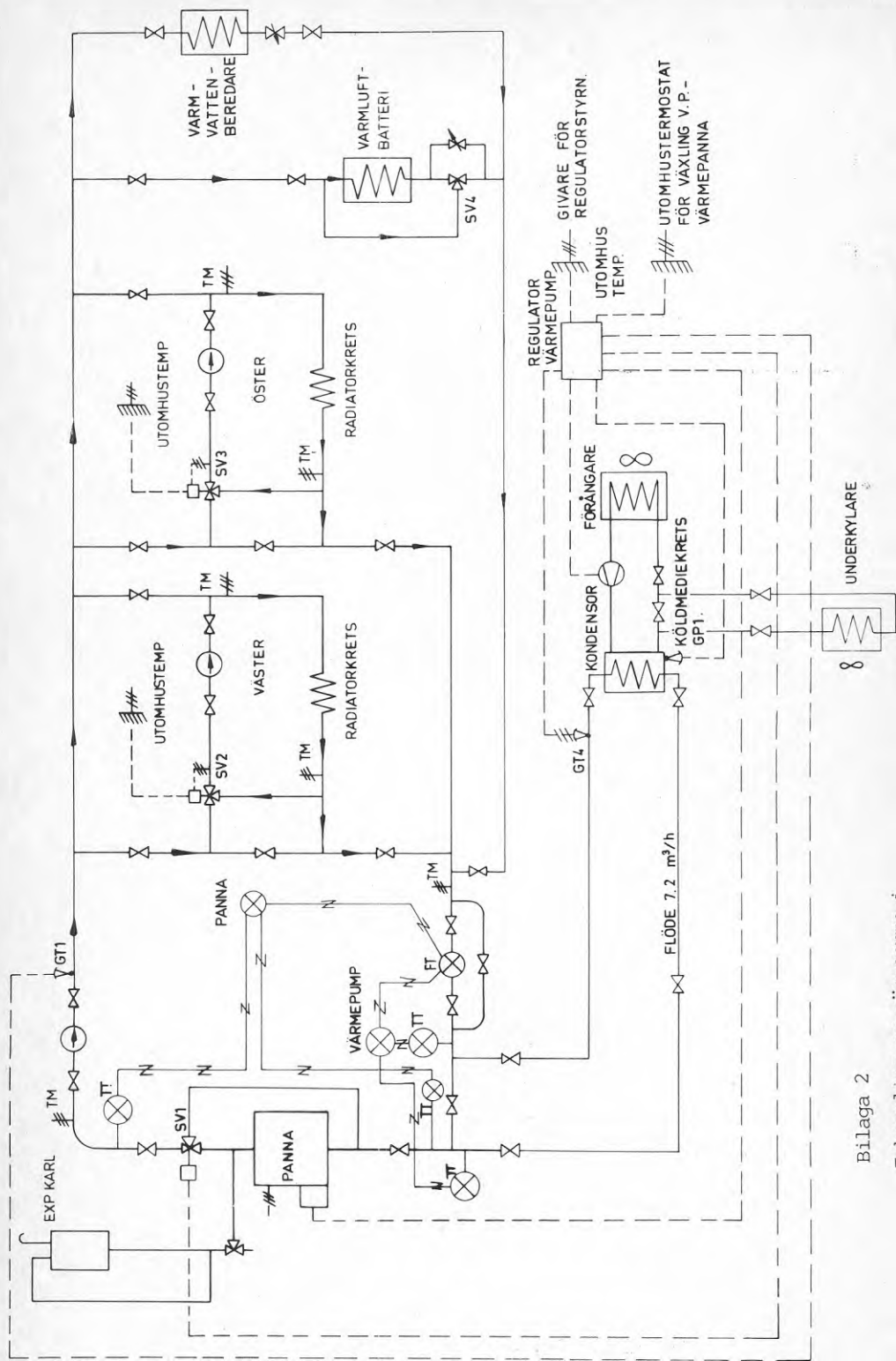
En värmepump har höga fasta kostnader och låga rörliga kostnader (bränslekostnader). Det innebär att lönsamheten förbättras i takt med energiprishöjningar. En oljeprishöjning på 50 % relativt inflationen sänker i räkneexemplet ovan återbetalningstiden från 11,5 år till ca 6,5 år.

Sammanfattningsvis kan konstateras att lönsamheten idag för en luftvärmepump med liknande förutsättningar som i detta projekt motsvarar en återbetalningstid på ca tio år.

Inom några år borde dock rimligtvis liknande anläggningar ha återbetalningstider på ca fem år dels p g a fortsatt stigande oljepriser, dels på att en ökning av täckningsgraden borde vara relativt enkel att uppnå.

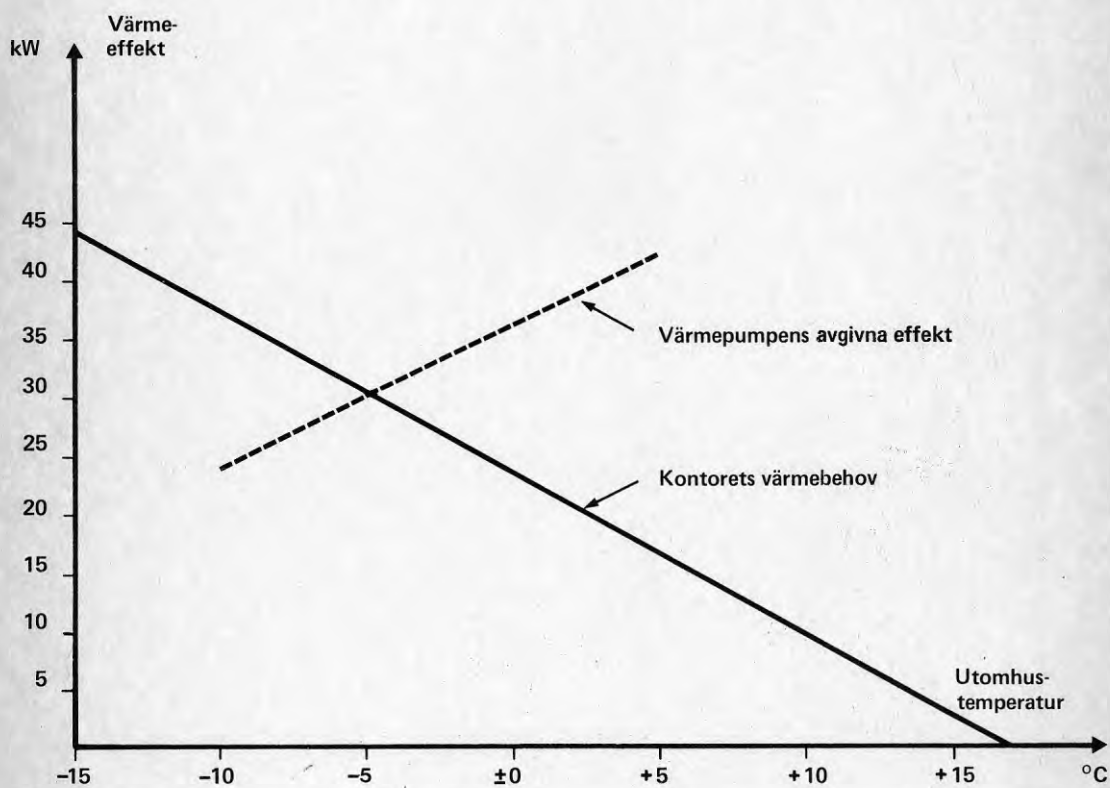


SITUATIONSPÅN 1:200



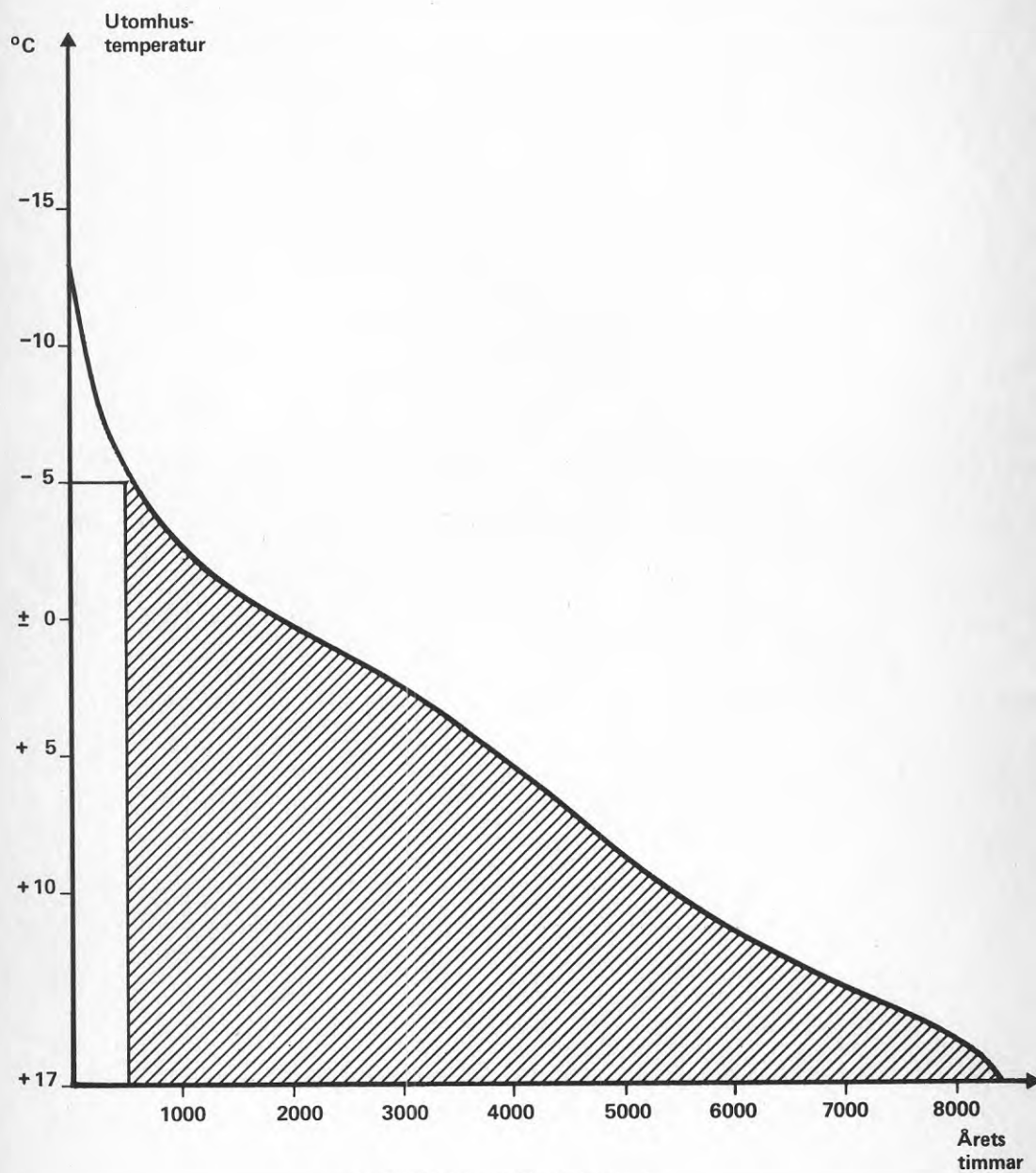
Bilaga 2

Inkoppling av värmepump i SD4-kontoret i Karlshamn. Principschema



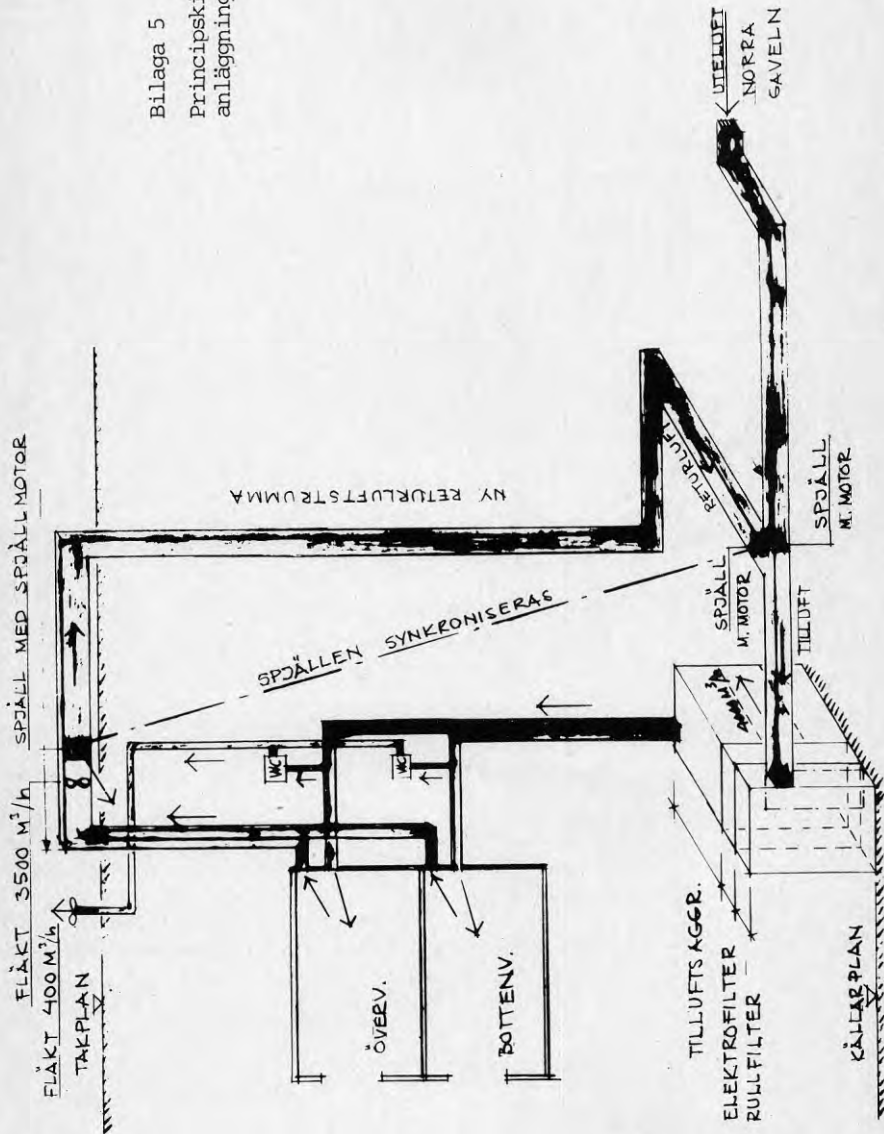
Kontorets värmebehov samt värmepumpens avgivna effekt som funktion av utomhustemperaturen.

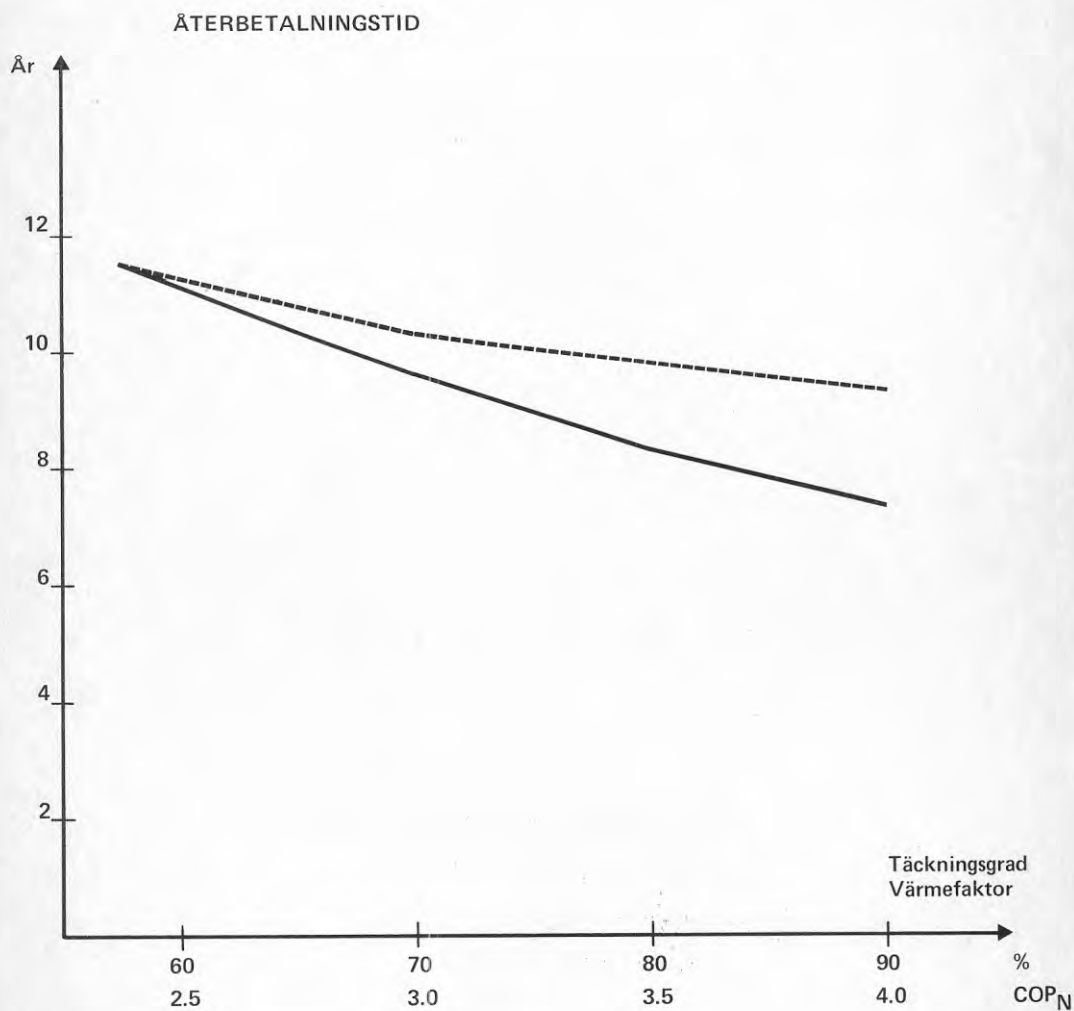
Bilaga 4



Varaktighetskurva för Karlshamn
(SMHI: 1961-1970)

Bilaga 5
Principskiss över ventilations-
anläggningen efter ombyggnad





Återbetalningstid som funktion av täckningsgrad och värmefaktor

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750392-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Sydkraft AB, Malmö.**

R72: 1981

ISBN 91-540-3524-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700372

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 20 kr exkl moms