



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.



# Värmepump med uteluft som värmekälla

Projektering av värmepumpsystem för  
befintligt flerbostadshus i Söderköping

Lennart Jansson  
Ove Strindehag

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Ser*

*V  
Arb*

R124:1982

VÄRMEPUMP MED UTELUFT  
SOM VÄRMEKÄLLA

Projektering av värmepumpsystem  
för befintligt flerbostadhus i  
Söderköping

Lennart Jansson  
Ove Strindehag

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801446-4 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Fläkt Evaporator AB, Jönköping.

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

R124:1982

ISBN 91-540-3814-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

## INNEHÅLL

1.	INLEDNING .....	5
2.	SYSTEMLÖSNING .....	7
2.1	Värmeanläggning .....	7
2.2	Undercentraler .....	11
2.3	Styrsystem .....	11
3.	ENERGIBESPARING .....	13
3.1	Tidigare energiförbrukning .....	13
3.2	Energiförbrukning med värmepump ....	13
4.	LÖNSAMHETSBERÄKNING .....	15
4.1	Installationskostnader .....	15
4.2	Beräknad internränta .....	16
5.	SLUTSATSER .....	17
BILAGA 1 Uppdatering av rapporten R70:1980 .....		19
BILAGA 2 Ljudberäkningar .....		25
LITTERATUR .....		33
SAMMANFATTNING .....		35



## 1 INLEDNING

De tekniska och ekonomiska förutsättningarna för installation av eldrivna uteluftsvärmepumpar i flerbostadshus med befintlig panncentral har tidigare behandlats i BFR-rapporten R70:1980 (Danielsson et al, 1980). I föreliggande rapport redovisas resultatet av projekteringsarbetet för en sådan installation i en fastighet i kvarteret Tor i Söderköping. Fastigheten ifråga förvaltas av Byggnads AB Henry Ståhl och den omfattar tre stycken flerbostadshus med sammanlagt 69 lägenheter och fyra mindre affärslokaler.

Den systemlösning som beskrivits i den tidigare rapporten (Danielsson et al, 1980) förutsätter att tappvarmvattnet kan värmas centralt med hjälp av värmepumpens hetgaskylare. Eftersom värmningen av tappvarmvattnet till de tre husen i kvarteret Tor sker i undercentraler kan den nämnda systemlösningen ej tillämpas i denna värmeanläggning. Detta medför att man är hänvisad till en systemlösning som ger något lägre energibesparing jämfört med de tidigare beräkningarna. Å andra sidan har framledningstemperaturen med R22 som köldmedium ökats från 45 till 50 °C, vilket leder till en något förbättrad energibesparing.

Vid den tidigare utredningen beräknades lönsamheten för olika stora värmepumpsystem och för olika grader av överdimensionering hos radiatorsystemet. Valet av gränstemperatur, dvs den utetemperatur ned till vilken värmepumpen själv svarar för hela värmebehovet, visade sig härvid ha avgörande betydelse för lönsamheten. En kompletterande lönsamhetsberäkning med mer aktuella priser för olja och elenergi redovisas därför i föreliggande rapport (BILAGA 1).

I denna rapport redovisas även den systemlösning som valts för värmepumpsystemet för kvarteret Tor och den energi- och oljebesparing som detta system beräknas ge. Vidare har installationskostnaden beräknats med utgångspunkt från lämnade offerter för byggnadsarbeten, rör- och elinstallationer, värmepumpaggregat samt reglerutrustning. Likaså anges den beräknade lönsamheten för det projekterade värmepumpsystemet. De ritningar, beskrivningar och anvisningar som legat till grund för offertarbetet redovisas däremot ej i denna rapport.

Ett problem som ägnats stort intresse vid projekteringen av värmepumpsystemet för kvarteret Tor är ljudproblemet. Både värmepumpens kompressor och den utomhus placerade förångarenheten måste härvid noga beaktas. De ljudtekniska mätningar och beräkningar som genomförts i samband med projekteringsarbetet redovisas i denna rapport som separat bilaga.





## 2 SYSTEMLÖSNING

### 2.1 Värmeanläggning

Den befintliga värmeanläggningen består av en panncentral i källarplanet med två oljeeldade pannor samt tre undercentraler A, B och C (en undercentral för varje hus, se figur 1, 2 och 3). I huset med panncentral (hus C) är undercentralen placerad i pannrummet. I pannrummet kommer även värmepumpens kompressor och kondensator samt tre seriekopplade ackumulatortankar om tillsammans 1600 liter för radiatorvatten att placeras. Värmepumpens förångare är placerad utomhus, ca 20 m från pannrummets yttervägg.

Tre olika driftfall för värmeanläggningen kan särskiljas:

1. Enbart värmepump.
2. Samtidig drift av värmepump och panna.
3. Enbart panndrift.

Omkopplingen mellan de olika driftfallen sker med hjälp av en trevägs styrventil på vattenkretsen vid utgången från kondensorn samt en trevägs reglerventil (förshunt med ändlägesbrytare) på utgående stamledning till undercentralerna.

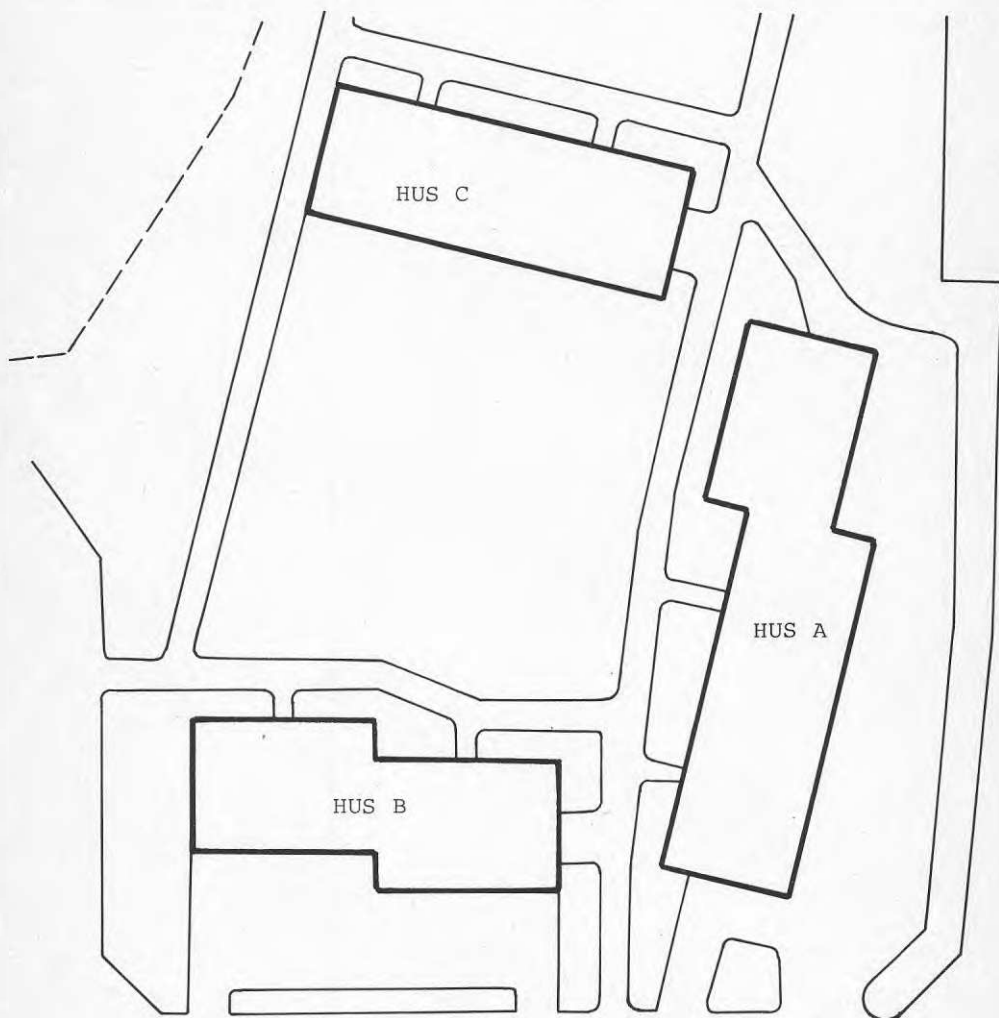
Då enbart värmepumpen är i drift är kondensorkretsen via styrventilen direkt kopplad till ackumulatortankarna. Förshuntventilen är helt öppen så att vatten med högsta möjliga temperatur leds fram till undercentralerna. Värmepumpen körs intermittent och startas med en termostat på ackumulatortanken för utgående hetvatten. Både start- och stopptemperatur är ställbara. Då värmepumpen är i drift är vattenflödet genom kondensorn ca 10 l/s, medan flödet i det övriga systemet är ca 5 l/s, varför en separat kondensatorvattenpump är nödvändig. Önskas värme till radiatorkretsen eller tappvarmvattenvärmeväxlaren öppnas reglerventilen till respektive krets.

Då både värmepump och panna körs samtidigt ställs den nämnda styrventilen om så att kondensorn blir inkopplad på returledningen från undercentralerna. Förshunten styrs så att den släpper fram den erforderliga mängden hett pannvatten, varigenom tillräcklig framledningstemperatur i radiatorkretsarna upprätthålls. Det är väsentligt att överskottet minimeras så att maximalt vattenflöde i returledningen till kondensorn erhålls.

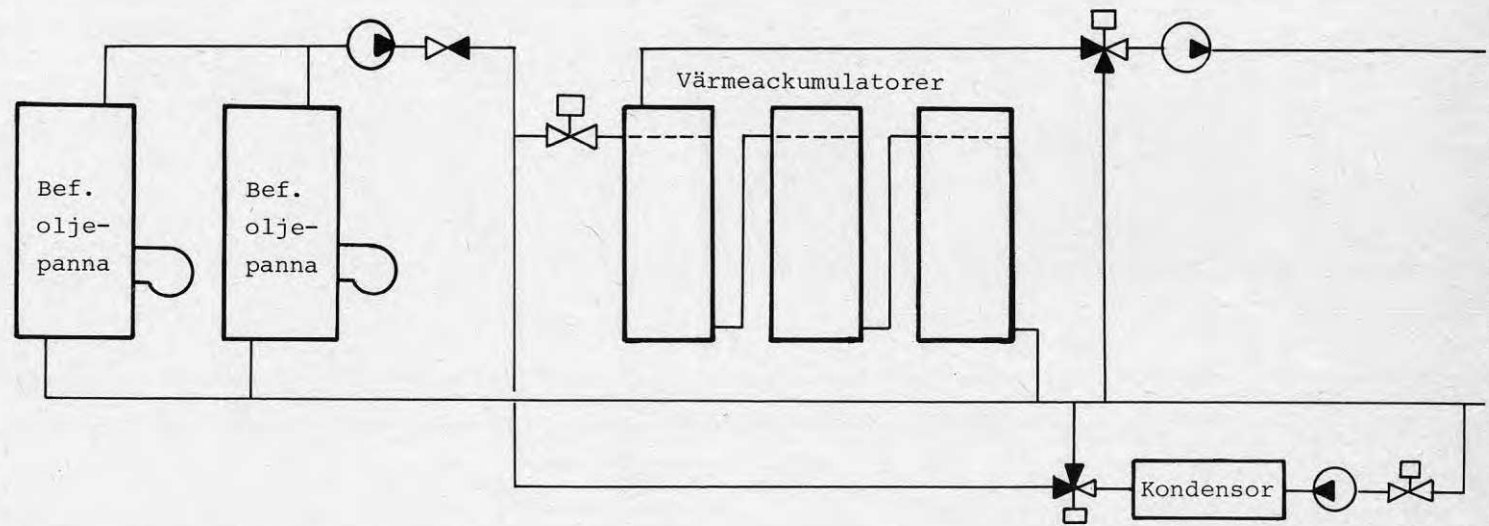
Då värmebehovet ökar stiger temperaturen hos returvattnet. För att inte högsta tillåtna tryck (temperatur) i kondensorn skall överskridas nedregleras kompressoreffekten. Då effekten har nedreglerats till en ställbar nivå stoppas kompressorn. Återstart sker så snart returtemperaturen tillåter. För att undvika onödiga uppstarter av pannanläggningen sker styrningen med tidrelä.

Framlednings- och returvattentemperaturerna har uppmätts vid shuntventilerna i undercentralerna för olika utetemperaturer. Mätningarna visar att den använda reglerkurvan ger anmärkningsvärt hög framledningstemperatur vid litet värmebehov, medan 70 °C räcker vid DUT. Den höga framledningstemperaturen är nödvändig beroende på att strypventiler på fördelningsledningarna saknas. I samband med värmepumpinstallationen kommer strypventiler att monteras och inregleringsventilerna på radiatorerna att bytas ut för att reducera framledningstemperaturen.

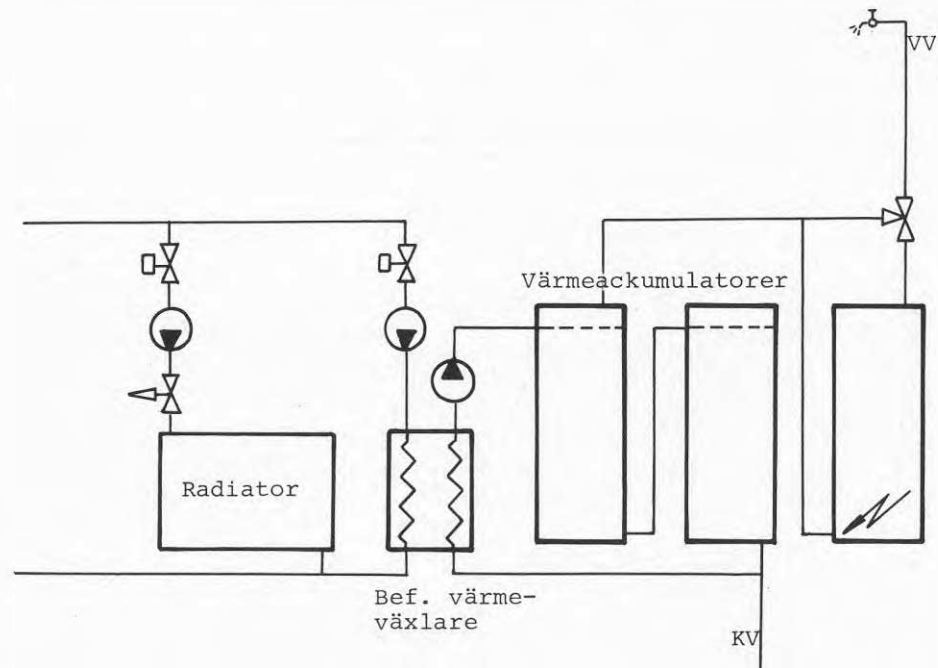
Vid projekteringen har radiatorsystemet antagits dimensionerat för 70 °C vid DUT. Efter injustering är det möjligt att framledningstemperaturen kan sänkas ytterligare.



Figur 1. Situationsplan för kvarteret Tor, Söderköping.



Figur 2. Principschema för den centrala värmelanläggningen i kvarteret Tor med värmepump och befintliga oljepannor.



Figur 3. Principschema för undercentralerna i kvarteret Tor.

## 2.2 Undercentraler

Den befintliga installationen i undercentralerna består av en trevägs shuntventil med utetemperaturkompensering samt en tubvärmväxlare för beredning av tappvarmvatten. Shuntventilen är kopplad så att den släpper fram erforderlig mängd pannvatten till husets radiatorsystem. Överskottsvattnet blandas med returvattnet från radiatorsystemet. Vattenflödet i kulvertledningarna till och från undercentralerna är således konstant oberoende av om husens radiatorsystem kallar på värme eller ej. Eftersom förshunt saknas erhålls den högsta returtemperaturen till huvudcentralen då värmebehovet är som minst.

Vid uppvärmning med värmepump gäller att all blandning som resulterar i en förhöjd returtemperatur medför en försämrad värmefaktor. Trevägsventilen i det befintliga systemet kommer därför att ersättas med en tvåvägsventil. För att upprätthålla vattenflödet i kulvertledningarna vid parallell drift installeras en förshunt i huvudcentralen.

Akkumulatörer för tappvarmvatten saknas i det befintliga systemet. Vid enbart värmepumpdrift är högsta framledningstemperaturen till undercentralerna 50 °C, men de befintliga värmväxlarna är inte dimensionerade för att upprätthålla tappvarmvattentemperaturen vid störttappningar vid så låg värmebärartemperatur. Undercentralerna kommer därför att kompletteras med ackumulatörer som laddas via den befintliga värmväxlaren. I en separat beredare kommer tappvarmvattnet att eftervärmas med en elpanna. Förvämt och eftervämt tappvarmvatten blandas sedan till förbrukartemperatur. Mängden hetvatten till värmväxlaren styrs av en reglercentral som avkänner temperaturen hos utgående färskvatten från värmväxlaren. En viss behovsstyrd fördelning av värmeförbehåll mellan tappvarmvatten- och radiatorsystem erhålls därigenom.

## 2.3 Styrsystem

Styrutrustningen består av ett centralt system för styrning av värmepumpen och de befintliga oljepannorna samt tre separata system för styrning av undercentralerna i de olika husen. All styrutrustning för hus C, där pannor och värmepump är belägna, har samlats till ett apparatskåp med driftomkopplare, indikeringar m m. Detta för att driftpersonalen enkelt skall kunna styra och överblicka anläggningens drifttillstånd. Konventionell teknik med driftomkopplare och fördröjningsreläer samt kontaktorer och hjälpreläer har valts.

För reglering av utgående vattentemperatur utnyttjas en modern elektronisk utetemperaturstyrd shuntregulator, som även har minbegränsningsfunktion på framledningstemperaturen. Därmed underskrids ej den framledningstemperatur som behövs för tappvarmvattenberedningen. Styrningen av pannorna sker via lägesgivare

på förshuntventilens ställmotor. Eftersom starten av pannor och värmepump är tidsfördröjd måste ett visst varaktigt värmebehov finnas innan dessa tas i drift.

Regulatorn har reglerverkan proportionellt integrerande samt krökt justerbar reglerkurva. Genom förshuntning erhålls god hydraulisk balans i hela systemet. Radiatorvattentemperaturen till respektive hus regleras även den av utetemperaturen med viss kompensering för vindbelastning. Ett kvartsur ger möjlighet till nattsänkingsprogram.

Uppladdning och urladdning av ackumulatortankarna styrs av temperaturgivare i tillopp respektive utlopp från ackumulatortankarna. Startimpuls till värmepumpen resulterar i att värmepumpens automatik tar över och håller önskad temperatur på vattnet från kondensorn. Då pannorna går styrs brännarna av den befintliga interna reglerutrustningen och av givare på ackumulatortankarna.

Tappvarmvatten bereds via värmeväxlare i respektive hus. Varmvattenackumulatorns temperatur hålls på rätt nivå av en PI-regulator som styr hetvattenmängden via en tvåvägsventil.



### 3 ENERGIBESPARING

#### 3.1 Tidigare energiförbrukning

Flerbostadshuset i kvarteret Tor uppfördes 1959 och uppgifter om oljeförbrukningen finns tillgängliga sedan lång tid tillbaka. Registreringar av pannvattnets framledningstemperatur vid olika utetemperaturer, vind- och molnförhållanden har även utförts vid ett stort antal mättillfällen, som ovan framhållits. Även uppgifter om den årliga vattenförbrukningen i husen finns tillgängliga, medan separata mätningar av varmvattenförbrukningen ej utförts.

Med utgångspunkt från den faktiska oljeförbrukningen under de senaste tre åren har den ursprungliga förbrukningen av eldningsolja EO1 beräknats till 117 m<sup>3</sup> under ett normalår. Pannverkningsgraden har antagits till 75 % som ett medelvärde under året för de båda pannorna. Under dessa förutsättningar uppgår den totala energiförbrukningen under ett normalår till 865 MWh.

Vid beräkningen av hur mycket energi som åtgår för tappvarmvattenberedningen har det antagits att varmvattenförbrukningen utgör 40 % av den totalt uppmätta vattenförbrukningen. Detta ger en energiförbrukning av 180 MWh per år för tappvarmvattenberedning. Energiförbrukningen för uppvärmning via radiatorsystemet blir då 685 MWh under ett normalår.

#### 3.2 Energiförbrukning med värmepump

Värmepumpsystemet har dimensionerats för en gränstemperatur av +3 °C och en avställningstemperatur av -12 °C. Den från värmepumpens kompressor avgivna energin uppgår då under ett normalår till 606 MWh, medan värmepumpsystemets totala förbrukning av elenergi uppgår till 224 MWh, fördelat enligt:

Kompressor	209 MWh
Avfrostning	4 MWh
Hjälpapparater	11 MWh

Vidare åtgår 9 MWh elenergi per år för eftervärmning av tappvarmvatten.

Värmepumpens årsvärmefaktor blir med ovan angivna värden 2,90, medan den totala årsvärmefaktorn för hela värmepumpsystemet blir 2,71. Vid de i en tidigare rapport redovisade beräkningarna erhöles något högre värden, vilket i första hand sammanhänger med att värmepumpens kapacitetsreglering förutsattes ske på ett optimalt sätt (Danielsson et al, 1980). I värmearläggningar med undercentraler är man emellertid hänvisad till reglermetoder som ur energisynpunkt är mindre gynnsamma.

Den beräknade energibesparingen uppgår till 382 MWh per år, medan oljeförbrukningen beräknas minska från 117 till 32 m<sup>3</sup> per år. Pannornas inkopplingstid har efter värmepumpinstallationen beräknats uppgå till 3 700 h per år och deras medelverkningsgrad till 80 %. Av den totala energiproduktionen kommer 70,1 % från värmepumpen, 28,9 % från oljepannorna och 1,0 % från elpannorna för eftervärmning av tappvarmvatten.

Inkoppling av värmepumpen medför ökade elkostnader även i form av förhöjd abonnemangsavgift. Mätarsäkringarna i hus C behöver med hänsyn till anslutningseffekten för kompressor, hjälpapparater och elpanna ökas från 25A till 160A. Det bör i detta sammanhang observeras att kompressorn alltid startar från nedreglerat läge, varför startströmmen är lägre än märkströmmen. I husen A och B behöver mätarsäkringarna efter installationen av elpannan ökas från 35 till 50A, respektive från 25 till 35A.



## 4 LÖNSAMHETSBERÄKNING

## 4.1 Installationskostnader

Projekteringen av värmepumpsystemet för kvarteret Tor har genomförts med utgångspunkt från att projektet kommer att genomföras som ett experimentbyggnadsprojekt. Stor vikt kommer härvid att läggas på utvärderingen av projektet. Vid beräkningen av installationskostnaden har därför kostnader medtagits för inmonterade mätinstrument och för speciella injusteringsarbeten i samband med mätprogrammet. Som jämförelse har installationskostnaderna även framräknats för en typisk installation av ett värmepumpsystem i en värmeanläggning av samma storlek som den i kvarteret Tor.

De nedan angivna kostnaderna grundar sig på avgivna offerter beträffande värmepumpaggregat, byggnadsarbeten, rör- och elinstallationer samt reglerutrustning. Dessutom ingår uppskattade kostnader för arbetsledning. De nämnda kostnaderna fördelar sig enligt följande:

1. Arbetsledning	75.000 kr
2. Byggnadsarbeten	81.500 kr
3. Rörinstallation	235.000 kr
4. Elinstallation	88.000 kr
5. Värmepumpaggregat	295.000 kr
6. Reglerutrustning	57.500 kr
	<hr/>
Summa	832.000 kr
Moms 11,88 %	98.800 kr
	<hr/>
Summa	930.800 kr

De angivna kostnaderna gäller februari 1982. Ett indextillägg av 1 procent per månad tillkommer. Projektet väntas pågå under tiden april t o m september 1982, varför ett genomsnittligt tillägg av 5 % tillkommer. Den totala installationskostnaden blir således 977.000 kr. Arbetet med injustering av anläggningen i samband med att mätprogrammet startas har uppskattats till 70.000 kr (inkl. moms). Den totala projektkostnaden blir således 1047 kkr.

Kostnaderna för rörinstallationen omfattar en delpost om ca 30.000 kr för installation av ackumulatortankar. För närvarande finns nämligen ej någon ackumulatortank i den aktuella värmeanläggningen, vilket är ovanligt i sådana anläggningar. I kostnaderna för reglerutrustningen ingår även regulatorer för undercentralerna, eftersom de befintliga regulatorerna ej är av sådant utförande att de kan användas vid värmepumpdrift. Extrakostnader för dessa regulatorer uppgår till ca 18.000 kr.

Eftersom serviceledningen för el är framdragen till hus A måste en extra kabel dras till hus C, vilket medför en kostnad av ca 30.000 kr. Vidare har för-

ångarenheten dimensionerats med hänsyn till att tillåtna ljudnivåer skall kunna underskridas med viss marginal, vilket medför en extra kostnad av uppskattningsvis 25.000 kr. De för denna värmeanläggning speciella kostnaderna uppgår således till sammanlagt 103.000 kr.

Om denna summa samt kostnaderna för den installerade mätutrustningen (ca 16.000 kr) och för injusteringsarbetet i samband med mätprogrammet frånräknas erhålles en total kostnad (inkl. moms) av ca 800.000 kr för en typisk värmepumpinstallation i en gynnsamt utformad värmeanläggning av den aktuella storleken. I ett hus med ett separat system för tappvarmvattenberedning, d v s utan undercentraler, torde installationskostnaden reduceras ytterligare.

#### 4.2 Beräknad internränta

Lönsamheten för värmepumpinstallationen redovisas nedan med utgångspunkt från de priser som rådde i februari 1982. Vid beräkningen har följande förutsättningar antagits gälla.

Oljepris	= 1.948 kr/m <sup>3</sup>
Elenergipris	= 23 öre/kWh (inkl.skatt)
Förhöjt abonnemang	= 5.400 kr/år
Servicekostnader	= 4.100 kr/år
Total installationskostnad	{ 800 kkr (typisk installation)
	{ 1.001 kkr (demonstrationsprojektet)

Brukstid = 15 år

Med ovan angivna priser leder den minskade oljeförbrukningen, 85 m<sup>3</sup>/år, till en minskad oljekostnad av 165,6 kkr/år, medan en kostnad för service, elenergi och förhöjt abonnemang om tillsammans 63,1 kkr/år tillkommer. Den årliga kostnadsbesparingen blir således 102,5 kkr.

Om priset för olja och elenergi antas följa den allmänna prisutvecklingen blir internräntan 5,9 % för demonstrationsprojektet och 9,6 % för en typisk installation i en gynnsamt utformad värmeanläggning av samma storlek.

Som framgår av BILAGA 1 ökar lönsamheten betydligt med värmeanläggningens storlek. För en installation i en anläggning avsedd för 200 lägenheter skulle internräntan bli ca 10 procentenheter högre än vad som ovan angetts vid den prisnivå som rådde i februari 1982.

Vid installation av värmepumpar i flerbostadshus med befintlig panncentral ökar lönsamheten med värmeanläggningens storlek och i viss mån med graden av överdimensionering hos radiatorsystemet, som framgår av BILAGA 1 och en tidigare rapport (Danielsson et al, 1980). Flerfamiljshusen i kvarteret Tor har ett i detta sammanhang relativt litet värmebehov, ca 280 kW radiator effekt vid DUT, och radiatorsystemet är endast måttligt överdimensionerat, d v s framledningstemperaturen är ca 70 °C vid DUT. Med hänsyn till dessa förhållanden överensstämmer den vid projekteringsarbetet beräknade lönsamheten i stort sett med de resultat som framkom under den tidigare utredningen.

Eftersom tappvarmvattenberedningen i kvarteret Tor sker i undercentraler kan man ej utnyttja möjligheten att värma tappvarmvattnet med hjälp av en separat hetgaskylare i värmepumpaggregatet. Detta innebär att det ej är möjligt att uppnå lika hög energibesparing och lönsamhet som för det tidigare beskrivna värmepumpsystemet (Danielsson et al, 1980).

Lönsamheten vid installation av värmepumpar i befintliga värmeanläggningar påverkas även av värmeanläggningens uppbyggnad i övrigt, t ex om tillräckligt stora ackumulatortankar finns och om den befintliga styrutrustningen kan utnyttjas vid värmepumpdrift. I båda dessa avseenden behöver värmeanläggningen i kvarteret Tor kompletteras.

Värmepumpsystemet för kvarteret Tor har med tanke på lönsamheten dimensionerats för så hög gränstemperatur som +3 °C. Trots detta beräknas värmepumpen svara för 70 % av husets totala värmebehov under året och ge en energibesparing av 382 MWh/år. Energibesparingen kan sannolikt ökas ytterligare genom att installera ett mer avancerat styrsystem än det projekterade, men denna frågeställning kräver ytterligare utredning.

Värmepumpinstallationer i befintliga flerbostadshus är ur ljudsynpunkt mycket känsliga. Den utredning som genomförts i samband med projekteringsarbetet tyder emellertid på att ljudproblemen skall kunna bemästras genom olika åtgärder i samband med installationen av kompressor och förångarenhet. Kostnaderna för att lösa ljudproblemen påverkar dock den totala installationskostnaden märkbart.



## BILAGA 1: Uppdatering av rapporten R70:1980

De i BFR-rapporten R70:1980 redovisade beräkningarna av lönsamheten vid installation av värmepumpar i flerbostadshus grundar sig på den prisnivå som gällde i mitten av december 1979. En uppdatering av dessa beräkningar till prisnivån den 15 augusti 1981 presenteras nedan. Dessutom har för vissa driftfall (se tabell B1:1) en komplettering skett med beräkningar för R500 som köldmedium, och vidare har den övre gränsen för utgående vattentemperatur från värmepumpaggregatet höjts från 45 till 50 °C då R22 används som köldmedium. Den beräknade energibesparingen för de olika driftfallen framgår av tabell B1:2.

Vid lönsamhetsberäkningarna har ett oljepris av 1.771 kr/m<sup>3</sup> antagits för EO1 och 1.676 kr/m<sup>3</sup> för lågsavvlig EO4. Vid beräkningen av oljeförbrukningen har pannans medelverkningsgrad under året satts = 75 %. Elenergipriset har antagits vara 0,27 kr/kWh under hela dygnet. Abonnemangsavgiften har beräknats enligt Stockholms Energiverks taxa. Exempel: 100 A mätarsäkring innebär en avgift av 3.180 kr/år.

Installationskostnaderna innefattande Bygg, El och VVS har i husen med radiatoreffektbehoven 250, 500 och 1 000 kW beräknats uppgå till 322, 404 respektive 600 kkr. Priset på värmepumpaggregat av typ VMQ, STAL Refrigeration AB, har för storlek 4, 6 och 8 uppgivits vara 215, 250 respektive 280 kkr (10 % rabatt vid köp av tre aggregat). För hus med effektbehovet 250 kW används ett aggregat VMQ-6 och för effektbehovet 500 kW två stycken VMQ-6. Tre stycken aggregat VMQ-8 används för hus som har ett effektbehov av 1 000 kW. Servicekostnaderna för ett aggregat VMQ-4 har av tillverkaren uppgetts uppgå till 4.000 kr/år och för tre aggregat VMQ-8 till 13.000 kr/år.

Resultatet av lönsamhetsberäkningarna framgår av tabell B1:3 och figurerna B1:1 och B1:2. (Jämför tabell 9 och figurerna 18 och 19 i rapporten R70:1980.) Vid beräkningarna har som tidigare en brukstid av 15 år antagits. I figur B1:1 visas internräntans variation med gränstemperaturen, dels när energipriset antas följa den allmänna prisutvecklingen, dels när energipriset (för olja och elenergi) antas stiga med 4 % per år utöver inflation. Som framgår av figur B1:2 ökar lönsamheten betydligt med värmeanläggningens storlek. Den erforderliga framledningstemperaturen vid dimensionerande utetemperatur inverkar också. Klart är dock att god lönsamhet kan uppnås utan att radiatorsystemet är kraftigt överdimensionerat.

De i figurerna B1:1 och B1:2 redovisade lönsamhetsberäkningarna avser värmeanläggningar med pannor som eldas med EO1. Motsvarande beräkningar har även utförts för lågsavvlig EO4. För anläggningar där denna billigare oljekvalitet används sjunker den beräknade internräntan med 4-6 % jämfört med de värden som anges i figurerna B1:1 och B1:2.

Tabell B1:1. Kombinationer av husstorlekar, värmeanläggningar och köldmedier som studerats.

Hus nr	Värme-effekt vid DUT	Radiator-system [°C]	Gräns-temperatur [°C]	Köld-medium	Slag-volym [m <sup>3</sup> /s]	Avstängn-temp. [°C]
1a	250	70/54	5	R22	0,0329	-13
1b	250	70/54	5	R500	0,0446	-17
2a	250	70/54	0	R22	0,0569	-11
2b	250	70/54	0	R500	0,0787	-17
3a	250	70/54	-5	R500	0,128	-17
3b	250	70/54	-5	R12	0,147	-17
4	250	60/48	5	R22	0,0321	-17
5	250	60/48	0	R22	0,0548	-17
6	250	60/48	-5	R22	0,0860	-17
7	250	50/41	5	R22	0,0315	-20
8	250	50/41	0	R22	0,0532	-20
9	250	50/41	-5	R22	0,0830	-20
10a	500	70/54	0	R22	0,114	-11
10b	500	70/54	0	R500	0,157	-17
11	500	60/48	0	R22	0,110	-17
12	500	50/41	0	R22	0,106	-20
13a	1000	70/54	0	R22	0,227	-11
13b	1000	70/54	0	R500	0,315	-17
14	1000	60/48	0	R22	0,219	-17
15	1000	50/41	0	R22	0,213	-20



Tabell B1:2. Beräknad energiförbrukning under ett normalår.

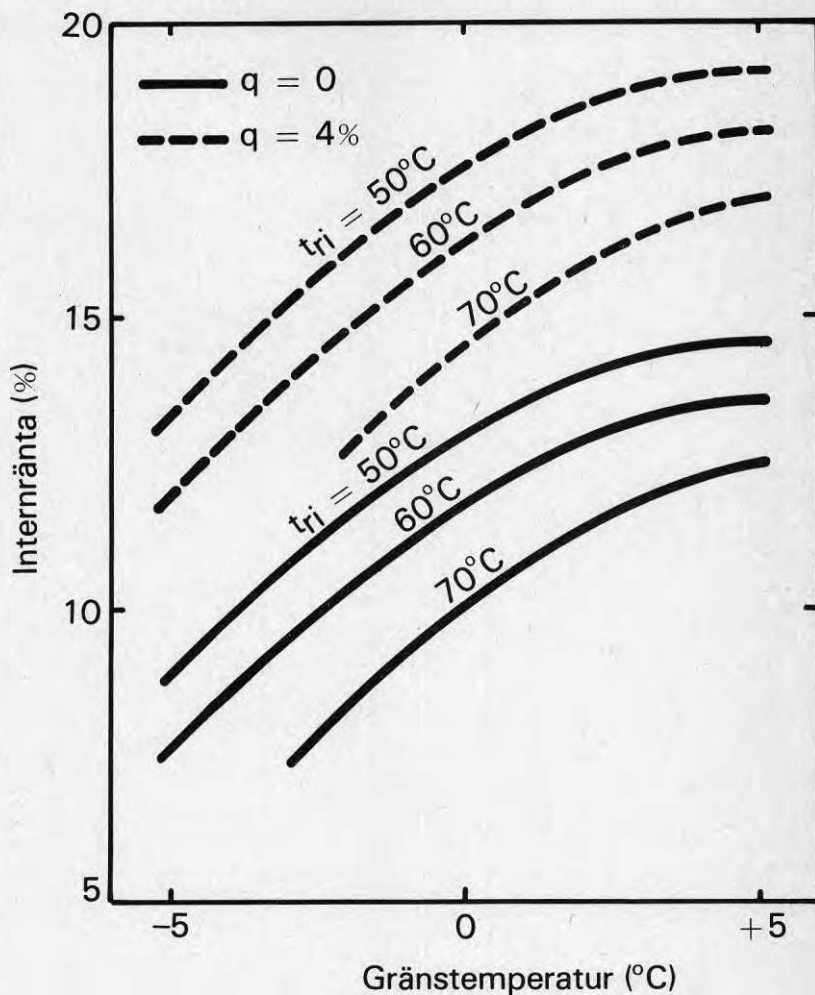
 $W_{vp}$  = elenergi till kompressor $W_{be}$  = energibesparing $W_{hj}$  = elenergi till hjälppapparater $W_{pa}$  = tillsatsenergi från värmepanna $W_{av}$  = elenergi för avfrostning $W_{t,vp}$  = total elenergi till värmepumpaggregat $\phi_{vp}$  = värmefaktor för värmepump exkl. hjälppapparater $W_k$  = avgiven energi från kondensor $\phi_{tot}$  = värmefaktor för värmepump inkl. hjälppapparater

Hus nr	$W_{vp}$ [MWh]	$W_{hj}$ [MWh]	$W_{av}$ [MWh]	$W_{t,vp}$ [MWh]	$W_k$ [MWh]	$W_{be}$ [MWh]	$\phi_{vp}$	$\phi_{tot}$	$W_{pa}$ [MWh]
1a	159	26,7	3,2	189	524	335	3,30	2,77	283
1b	153	27,0	3,1	183	524	341	3,42	2,86	283
2a	216	36,2	4,9	257	678	421	3,14	2,64	129
2b	213	37,2	4,8	255	690	435	3,25	2,71	117
3a	243	41,3	6,1	290	760	470	3,13	2,62	47
3b	242	41,3	6,1	289	760	471	3,14	2,63	47
4	153	26,5	3,1	183	529	346	3,46	2,89	278
5	210	36,4	4,7	251	694	443	3,31	2,77	114
6	236	41,3	5,9	283	760	477	3,22	2,68	47
7	147	26,4	3,0	177	533	356	3,63	3,01	274
8	198	35,7	4,5	238	697	459	3,52	2,92	110
9	222	40,6	5,6	268	764	500	3,44	2,85	43
10a	432	72,4	9,7	514	1355	841	3,14	2,64	259
10b	425	74,3	9,6	509	1381	872	3,25	2,71	233
11	419	72,8	9,4	501	1387	886	3,31	2,77	227
12	396	71,4	9,0	477	1394	917	3,52	2,92	220
13a	863	145	19,4	1027	2711	1684	3,14	2,64	518
13b	851	149	19,1	1019	2762	1743	3,25	2,71	467
14	838	146	18,9	1003	2774	1771	3,31	2,77	455
15	792	143	18,0	953	2788	1835	3,52	2,92	441

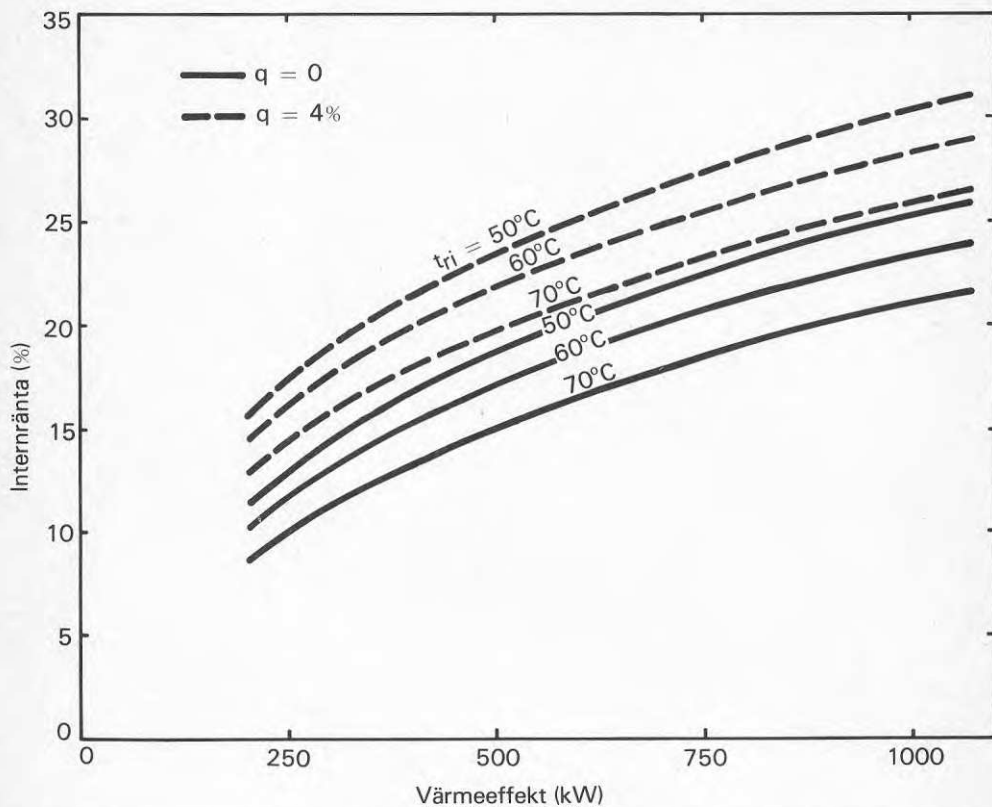
Tabell B1:3. Kostnader och besparingar vid installation av värmepump.

Hus nr	Investering (kkkr)	Service (kkkr/år)	Förhöjt abonnemang (kkkr/år)	Elenergi-kostnad (kkkr/år)	Minskad oljekostn.	
					EO1 (kkkr/år)	EO4 lågs. (kkkr/år)
1a	450	3,6	2,2	51,0	124,7	109,5
1b	545	4,3	2,1	49,4	124,7	109,5
2a	630	5,1	3,8	69,4	161,4	141,7
2b	770	6,4	3,6	68,9	164,2	144,2
3a	1020	9,3	5,8	78,3	180,9	158,8
3b	1130	10,7	5,7	78,0	180,9	158,8
4	445	3,6	1,9	49,4	125,9	110,6
5	615	4,9	3,4	67,8	165,2	145,0
6	810	6,9	5,4	76,4	180,9	158,8
7	440	3,5	1,9	47,8	126,9	111,4
8	605	4,8	3,2	64,3	165,9	145,7
9	795	6,6	4,8	72,4	181,8	159,7
10a	970	8,5	8,6	138,8	322,5	283,2
10b	1180	11,5	8,3	137,4	328,7	288,6
11	945	8,2	8,0	135,3	330,1	289,9
12	930	7,9	7,3	128,8	331,8	291,3
13a	1510	14,4	18,2	277,3	645,2	566,6
13b	1930	17,8	17,5	275,1	657,4	577,3
14	1475	14,0	16,8	270,8	660,2	579,8
15	1445	13,6	15,5	257,3	663,5	582,7





Figur B1:1. Internräntan som funktion av gränstemperaturen för hus med radiatoreffektbehovet 250 kW vid DUT. ( $q$  = årlig energiprishöjning utöver inflation,  $t_{ri}$  = framledningstemperatur i radiatorsystem vid DUT.)



Figur B1:2. Internräntan som funktion av radiatoreffektbehovet vid DUT. Gränstemperatur =  $0^\circ\text{C}$ . ( $q$  = årlig energiprishöjning utöver inflation,  $t_{ri}$  = framledningstemperatur i radiatorsystem vid DUT.)

## BILAGA 2: Ljudberäkningar

Med hänsyn till ljudalstringen måste man i första hand beakta värmepumpens kompressor och förångarenhet. Förångarenheten kommer att placeras utomhus på gården intill ett av bostadshusen, medan kompressorn placeras i husets pannrum, se figur B2:1. Beroende på den ur ljudsynpunkt mycket känsliga installationen har ljudfrågorna noga studerats. Resultatet av utförda beräkningar och mätningar redovisas nedan.

## Utförda beräkningar och mätningar

Ljudtekniska beräkningar och mätningar har utförts enligt följande:

- Val av fläkttyp och ljudalstring för förångarenheten.
- Val av kompressortyp och ljudalstring.
- Bestämning av reduktionstal för luftljud i bjälklag mellan pannrum och ovanliggande bostadslägenhet.
- Grundbullermätning i lägenhet, d v s den nivå som idag erhålls med pannorna i drift.
- Grundbullen utomhus vid den plats där förångarenheten kommer att placeras.
- Bestämning av målsättningsvärden för extern- och internbullen med avseende på värmepumpanläggningens driftcykel.
- Dimensionering av erforderligt dämpningsarrangemang för förångarenheten med avseende på målsättningsvärden enligt punkt f.
- Dimensionering av erforderligt dämpningsarrangemang för kompressor med avseende på målsättningsvärden enligt punkt f.
- Utarbetande av förslag till stomljudsisolerande åtgärder för kompressor och tillhörande rörsystem.

## Resultat och förslag till åtgärder

De utförda beräkningarna och mätningarna har givit följande resultat:

- Den valda fläkttypen är en axialfläkt med åtta skovlar och med fläkthjulsdiametern 1780 mm. Luftflödet uppgår till  $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Fläktens avgivna ljudeffektnivå,  $L_w$  dB rel  $10^{-12} \text{ W}$ , är:

Oktavband	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ljudeffektnivå	77	76	76	74	71	65	60	55

- Den valda kompressorn är en kolvkompressor, STALs typ VMQ-6, som vid  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$  utomhustemperatur och värmebärartemperaturen  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  ger en värmeeffekt av 126 kW då R22 används som köldmedium. Kompressorns avgivna ljudeffektnivå vid ovanstående driftpunkt är:

Oktavband	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ljudeffektnivå	70	82	87	90	87	90	82	81	76

c. Bestämning av reduktionstal för luftljud i bjälklag mellan pannrum och ovanliggande bostadslägenhet har utförts. Resultatet framgår av figur B2:2, där också bjälklagets konstruktion visas. Bjälklagets reduktionstal är  $I_a-54$ , vilket uppfyller kraven enligt Svensk Byggnorm som kräver  $I_a-52$ .

d. Grundbullermätning i lägenhet gav som resultat de nivåer som visas i figur B2:3. Nivåerna är uppmätta i sovrum då en panna är i drift. Registrering av grundbuller har också utförts, d v s då pannan var avstängd.

Ljudnivån med panna i drift var 29 dB(A) och avstängd 28 dB(A). Dessa nivåer får ses som approximativa, bl a beroende på variationer i trafikintensiteten.

e. Resultat av grundbullermätning utomhus vid den plats där förångaren skall placeras visas i figur B2:4. Vid mättillfället kl. 14.00 var ljudnivån ca 40 dB(A) utan förbipasserande trafik.

f. Målsättningsvärden med hänsyn till värmepumpinstalleringens driftcykel har fastställts enligt följande: Externbuller. Enligt Statens Naturvårdsverk, Riktlinjer för externt industribuller 1978:5, är kravnivåerna enligt följande:

Dag, 07-18 = 50 dB(A)  
 Kväll, 18-22 = 45 dB(A)  
 Natt, 22-07 = 40 dB(A)

Momentana nivåer nattetid = 55 dB(A). Nivåerna anses gälla vid fasad för kringliggande hus. Ovanstående kravnivåer är ekvivalentnivåer, d v s hänsyn skall tagas till nivå och exponeringstid.

Internbuller. Enligt Svensk Byggnorm skall ljudnivån, 30 dB(A), ej överskridas i sovrum och vardagsrum under kvälls- och nattetid, 20-07. Dagtid, 07-20, får nivå vara 35 dB(A).

g. Dämpningsarrangemang för förångarenheten har dimensionerats för externa och interna ljudkrav enligt ovanstående punkt f.

Kraven avses gälla för intilliggande trevåningshus, hus C, och vid villor på andra sidan gatan, Östra Rydsvägen.

h. Vid beräkning av bullerutstrålning från kompressor har denna utförts med utgångspunkt från erhållna ljuddata av STAL Refrigeration AB.

Med givna ljudeffektnivåer ger beräkningarna att nivån, orsakad av luftburet ljud, i lägenhet ovanför pannrum ej överskrider kravet 30 dB(A).

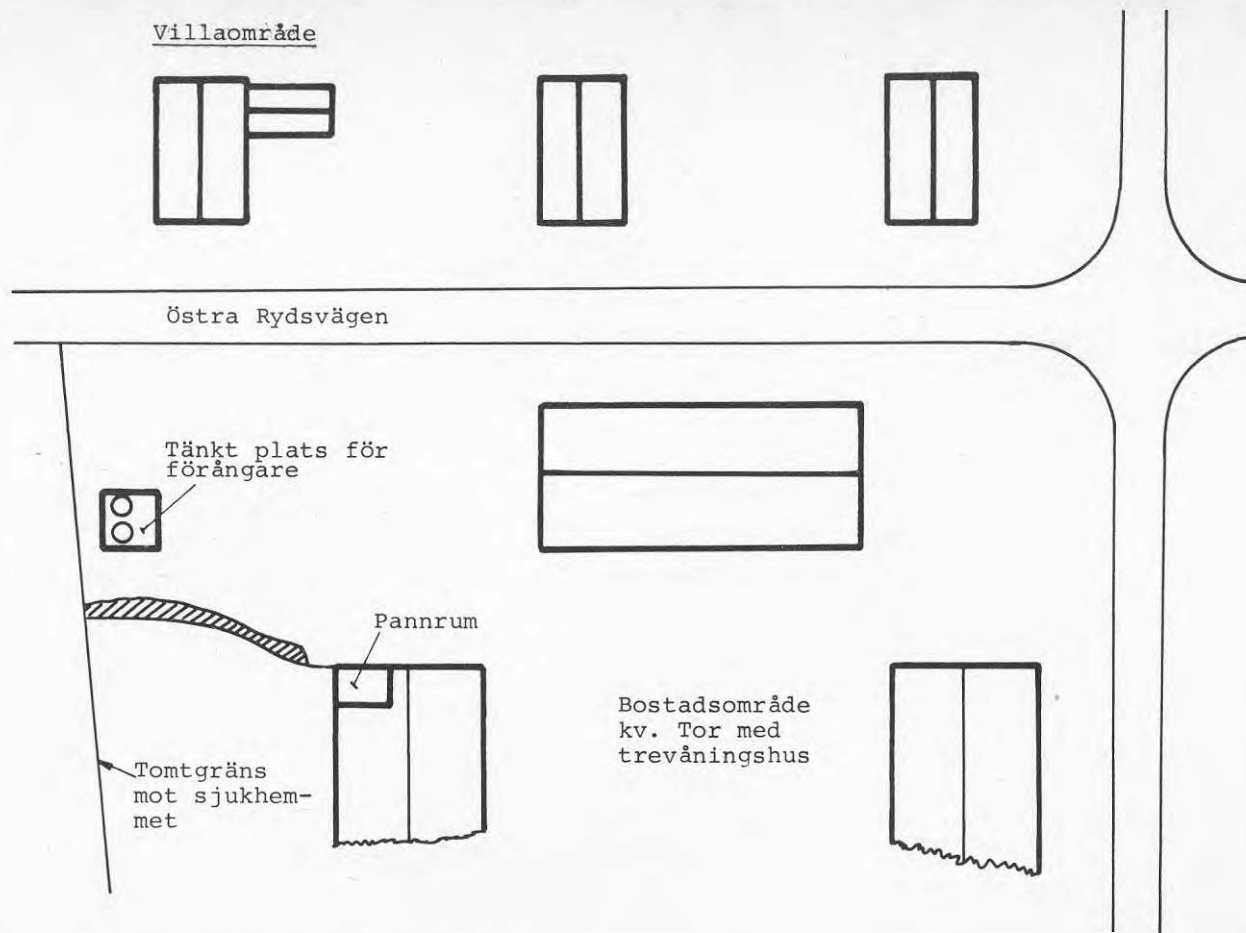
Enligt uppgift från STAL finns det en möjlighet att förse kompressorn med en ljudisolerande huv. Huv

är ett standardtillbehör och har en dämpning av ca 15 dB(A). Möjligheten till att använda en ljudisolerande huv får tills vidare ses som en reservåtgärd.

Beträffande ljudutstrålning via pannrumsdörr och ut till trapphus måste befintlig dörrkonstruktion kompletteras. Kompletteringen kan förslagsvis utgöras av en extra dörr utanför den befintliga. Dörrens reduktionstal mot luftburet ljud skall vara  $\geq I_a - 35$ .

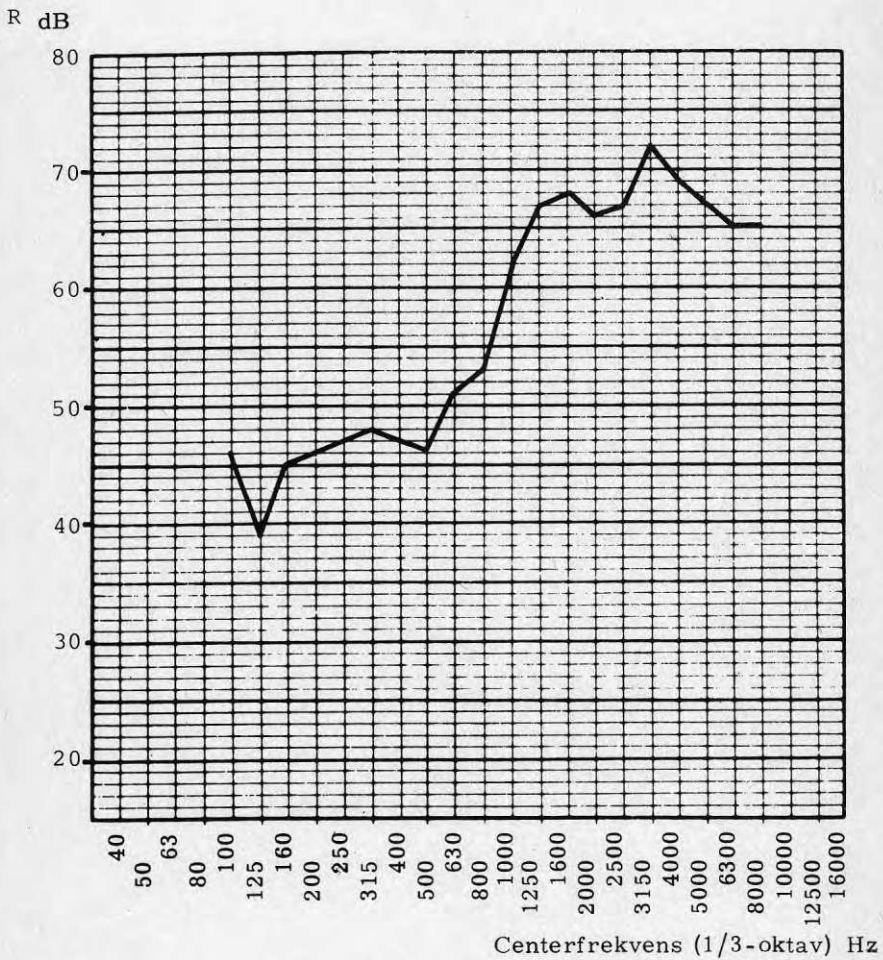
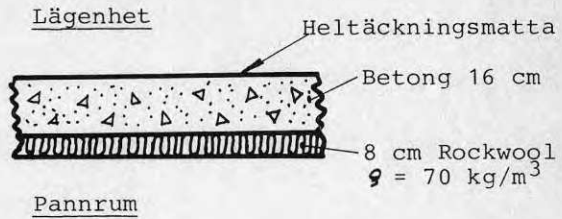
Ljudutstrålning från pannrum och ut via pannrummets luftintag till omgivningen dämpas lämpligen med en baffelljuddämpare, som ansluts invändigt till luftintaget.

- i. Kompressorn, som utrustas med vibrationsdämpare av stålfjädertyp, placeras på golvförstärkt betongpågjutning. Den kompletterande pågjutningen på golvet görs för att öka styvheten under kompressorn och därmed få en god isolationseffekt av vibrationsdämparna.



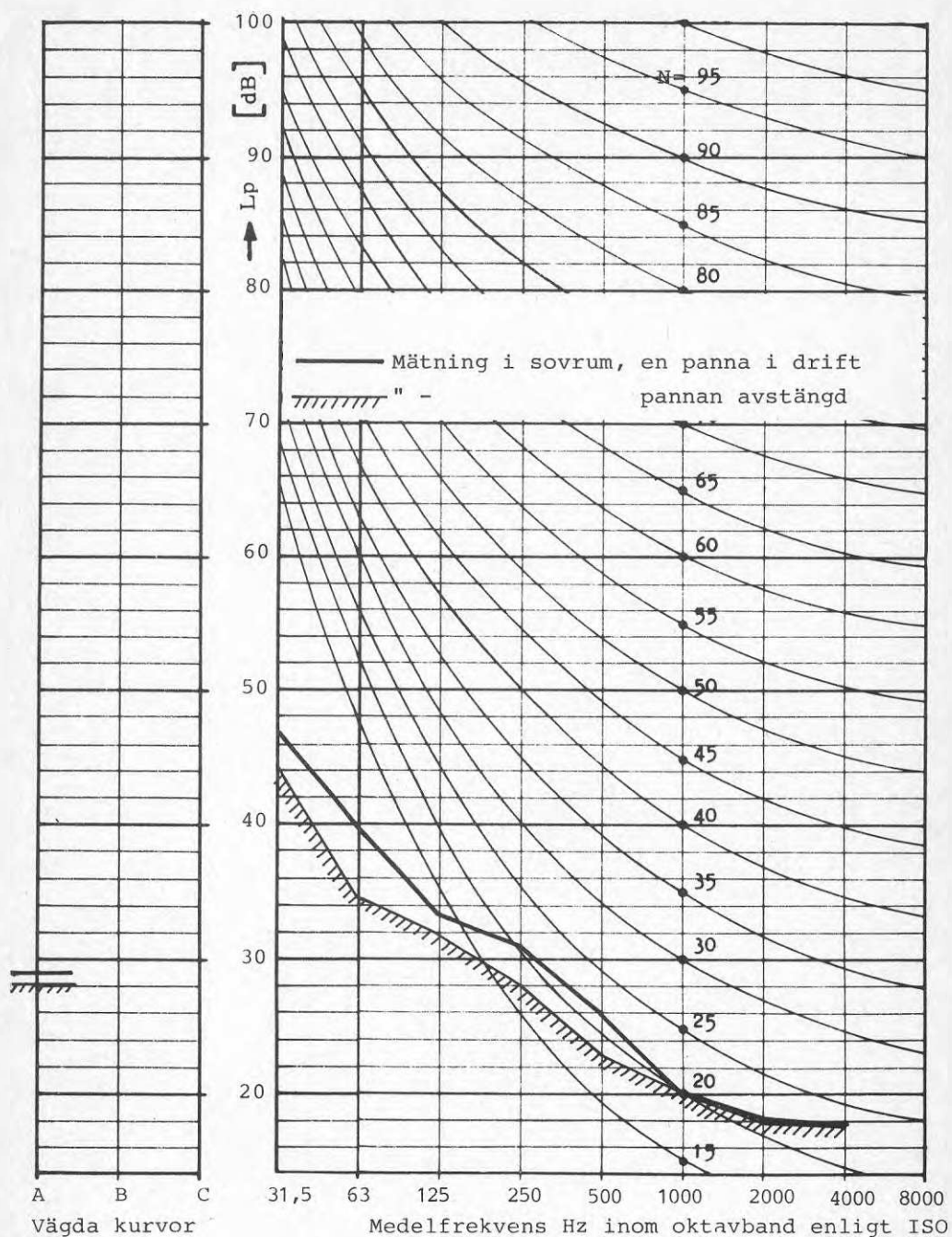
Figur B2:1. Situationsplan över område där värmepumpanläggningen kommer att placeras.

— I<sub>a</sub>-54



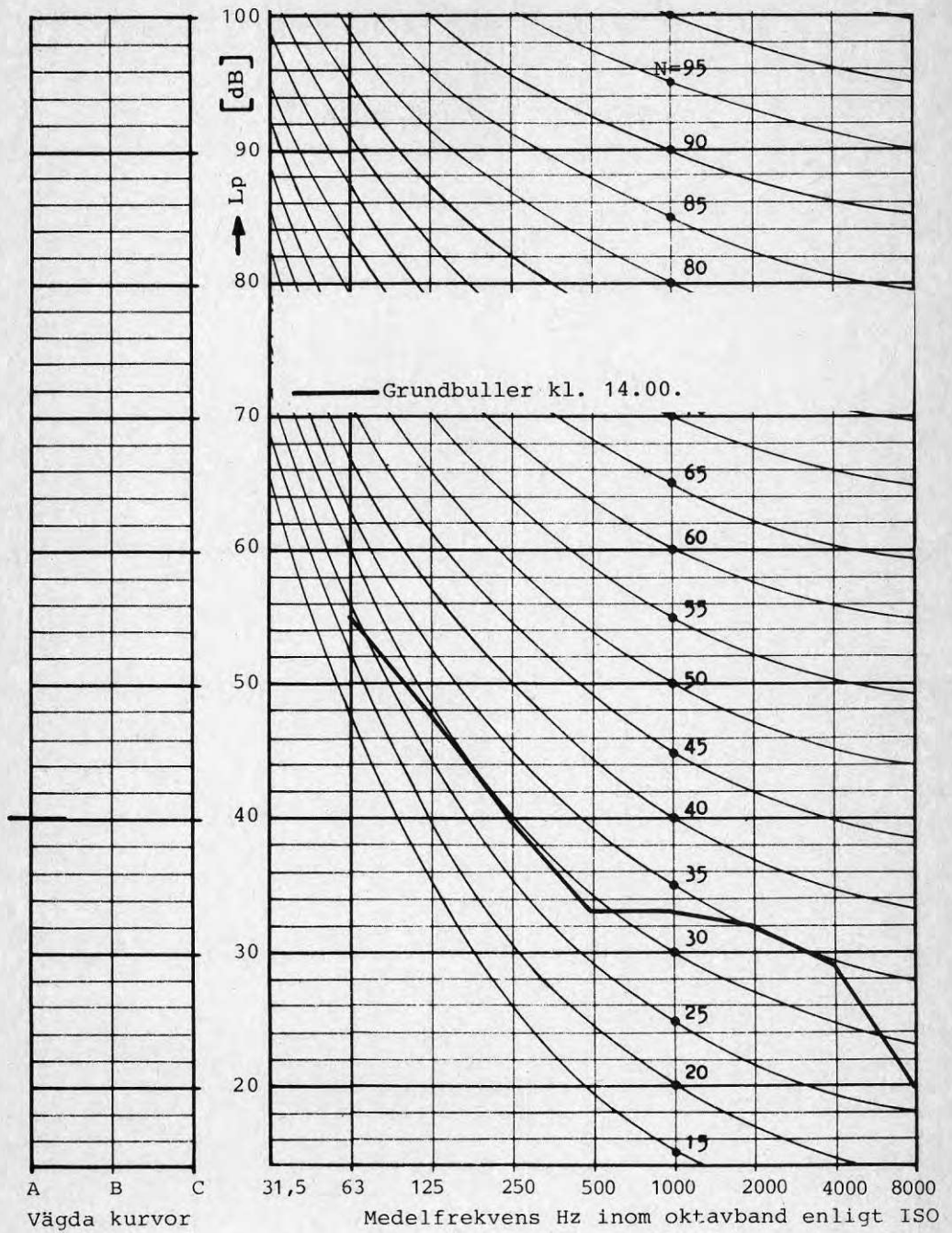
Figur B2:2. Reduktationstal mot luftljud mellan pannrum och sovrum i lägenhet.





Figur B2:3. Grundbullermätning i lägenhet.





Figur B2:4. Grundbullermätning utomhus vid projekterad plats för förångarenhet.



## LITTERATUR

Danielsson, G, Jansson, L & Strindehag, O, 1980, Värmepumpsystem för flerbostadshus med befintlig panncentral. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 70. Stockholm.

Gustavsson, A, Olsson, O & Wahlman, E, 1978, Lågtemperatursystem i existerande byggnader. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 29, p. 14-20. Stockholm.



## SAMMANFATTNING

I denna rapport redovisas resultatet av projekteringen av ett värmepumpsystem för kvarteret Tor i Söderköping. Fastigheten ifråga förvaltas av Byggnads AB Henry Ståhl och den omfattar tre stycken flerbostadshus med sammanlagt 69 lägenheter och fyra mindre affärslokaler. Det projekterade värmepumpsystemet har dimensionerats så att värmepumpen svarar för 70 % av husets värmebehov under året.

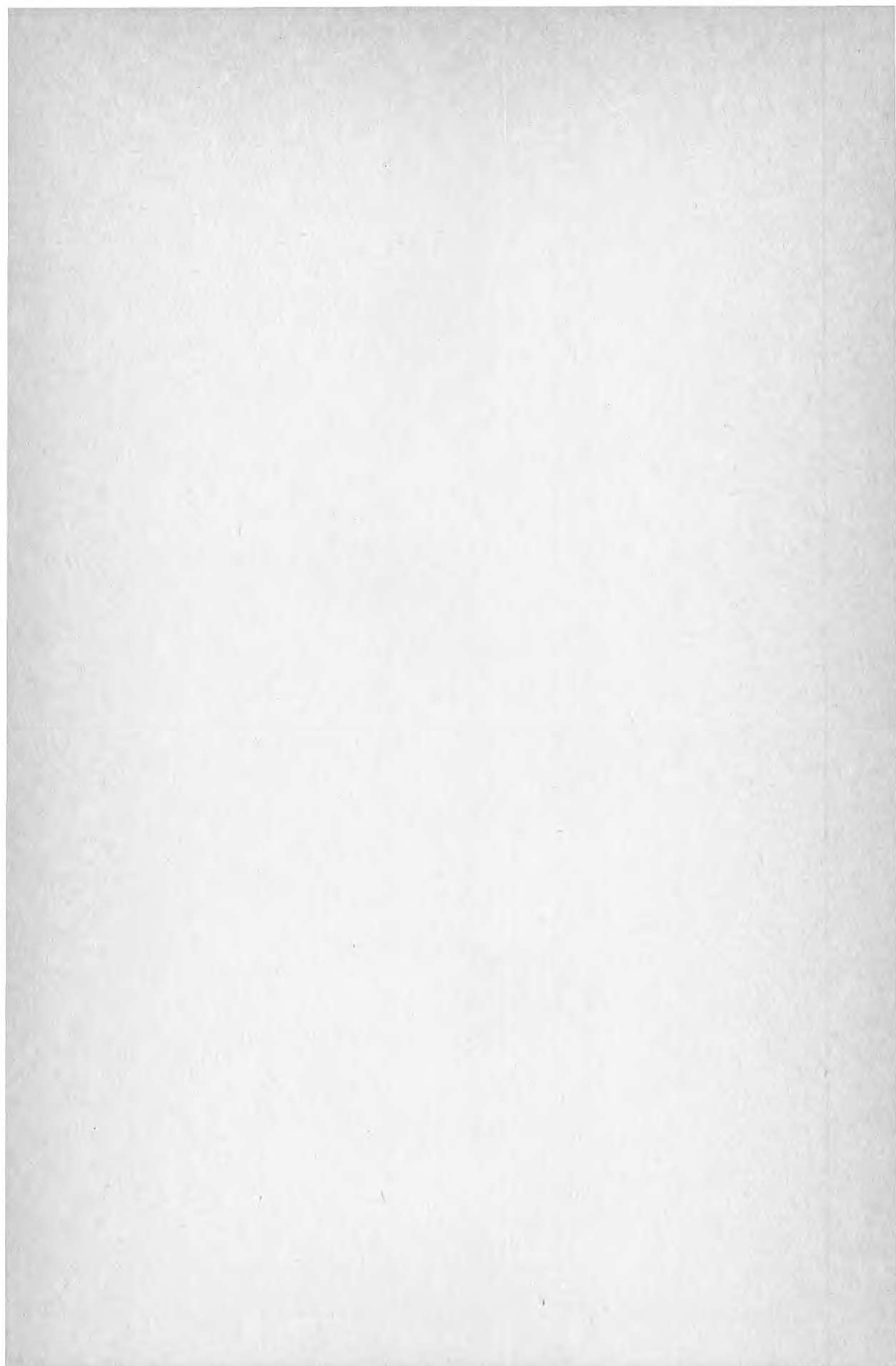
Den befintliga värmeanläggningen består av två stycken oljeeldade pannor samt undercentraler för tappvarmvattenberedning i vart och ett av de tre husen. Efter installationen av värmepumpen kommer denna att svara för uppvärmning och beredning av tappvarmvatten ned till en utetemperatur av +3 °C. Värmepumpen arbetar sedan parallellt med den ena av oljepannorna ned till utetemperaturen -12 °C då värmepumpen stängs av.

Värmepumpen beräknas ge en energibesparing av 382 MWh under ett normalår och oljeförbrukningen beräknas minska från 117 till 32 m<sup>3</sup> EO1. Värmepumpsystemets totala förbrukning av elenergi uppgår till 224 MWh/år, medan 9 MWh elenergi åtgår per år för eftervärmning av tappvarmvatten i undercentralernas elpannor. Värmepumpens årsvärmefaktor har beräknats till 2,90, och den totala årsvärmefaktorn för hela värmepumpsystemet till 2,71.

Installationskostnaden för värmepumpsystemet har beräknats med utgångspunkt från lämnade offerter beträffande värmepumpaggregat, byggnadsarbeten, rör- och elinstallationer samt reglerutrustning. Eftersom en noggrann uppföljning av projektet planeras har även kostnaden för inmonterade mätinstrument medtagits. Med den prisnivå som rådde i februari 1982 har den totala installationskostnaden beräknats uppgå till 931.000 kr. För speciella injusteringsarbeten i samband med att mätprogrammet startas tillkommer ytterligare ca 70.000 kr.

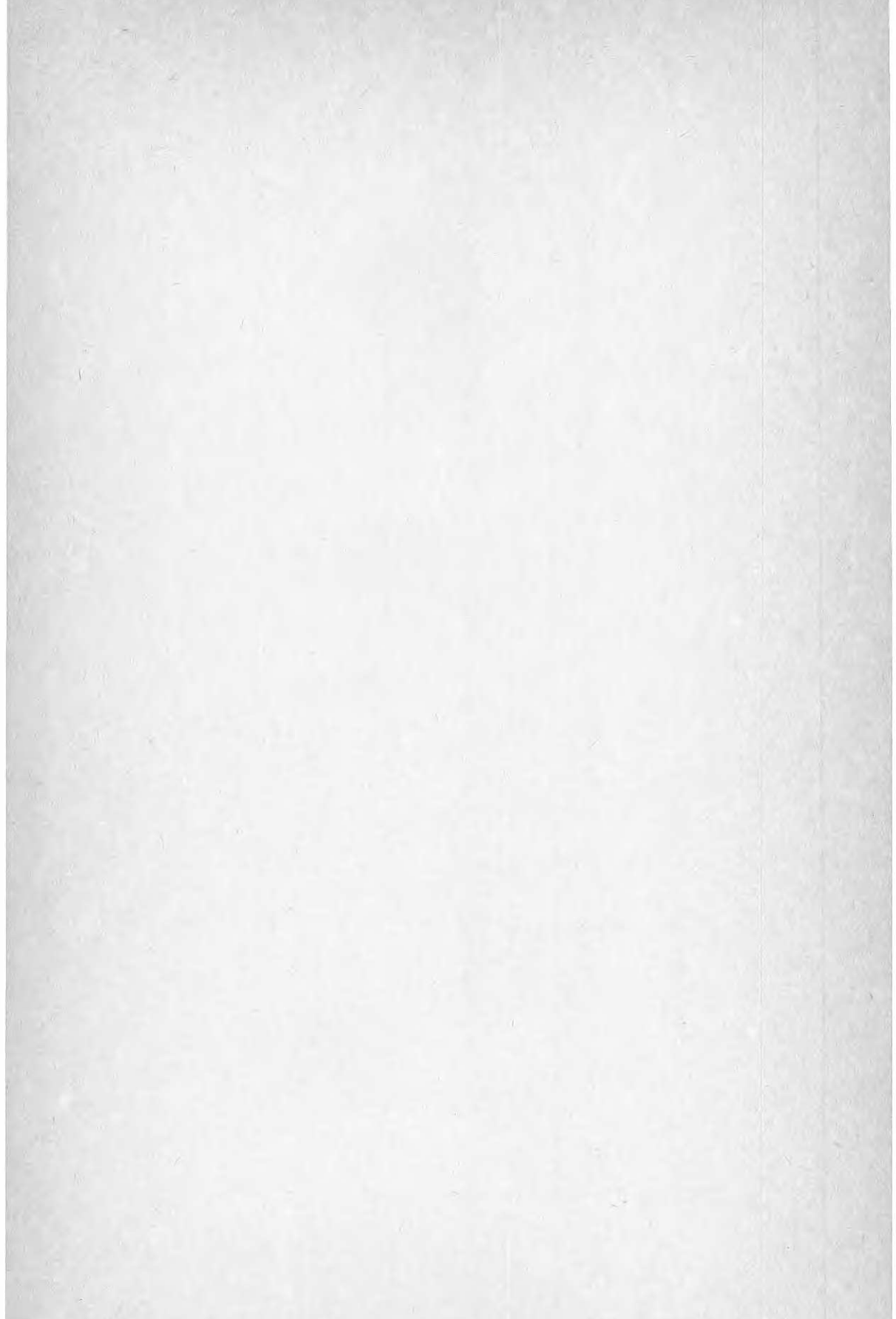
Lönsamheten för projektet, uttryckt som internränta, har beräknats till 5,9 %. För en typisk inatallation i en gynnsamt utformad värmeanläggning av samma storlek har internräntan beräknats till 9,6 %. I detta senare fall har kostnaderna för den installerade mätutrustningen och injusteringsarbetet i samband med mätprogrammet frånräknats, liksom de kostnader som sammanhänger med den speciella utformningen av värmeanläggningen i kvarteret Tor.













**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801446-4 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Fläkt Evaporator AB, Jönköping.**

**Art.nr: 6700624**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**

**R124: 1982**

**ISBN 91-540-3814-6**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**