



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**

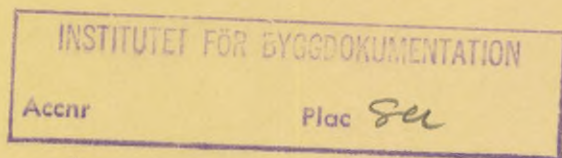
**R74:1984**

# **Absorptionsvärmepump i fjärrvärmesystem**

**Förprojektering av anläggning  
i Trollhättan**

**Mats Westermarck  
Rune Blomqvist**

*K  
BM*



**Byggforskningsrådet**

R74:1984

ABSORPTIONSVÄRMEPUMP I FJÄRRVÄRMESYSTEM  
Förprojektering av anläggning i Trollhättan

Mats Westermark  
Rune Blomqvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
821531-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Trollhättans Fjärrvärme AB, Trollhättan

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

R74:1984

ISBN 91-540-4149-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

## INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING .....	1
2	INLEDNING .....	3
3	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR .....	5
3.1	Dimensionerande data för lågtemperatur- källan .....	5
3.2	Dimensionerande data för drivenergikällan .....	6
3.3	Dimensionerande data för fjärrvärmenätet .....	6
3.4	Processutformning och flödesschema .....	8
4	DIMENSIONERING AV ABSORPTIONS- VÄRMEPUMP .....	10
4.1	Kapacitet .....	10
4.2	Temperaturprestanda .....	11
4.3	Flöden i absorbatorkondensator och i för- ångare .....	12
4.4	Beräkning av bränslebesparing .....	14
5	BERÄKNING AV INVESTERINGSBEHOV .....	16
6	LÖNSAMHETSKALKYL .....	17
7	EKONOMISK JÄMFÖRELSE MED KON- KURRERANDE ALTERNATIV .....	18
8	SLUTSATSER .....	26
9	FÖRSLAG TILL FORTSATT HANDLÄGG- NING .....	27
Bilaga 1	Driftfall	
Bilaga 2	Kravspecifikation	
Bilaga 3	Varaktighetsdiagram	
Bilaga 4	Temperaturprestanda	
Bilaga 5	Offert, mekanisk värmepump	



## 1 SAMMANFATTNING

Denna rapport utgör en fortsatt studie av förutsättningarna för absorptionsvärmepump i Trollhättan. Målsättningen är att närmare penetrera processutformning, apparatval och lönsamhetsbedömning (jämfört med mekanisk värmepump). Utredningen skall vidare tjäna som beslutsunderlag för Trollhättans Fjärrvärme AB och BFR beträffande lämpligheten att uppföra en fullstor demonstrationsanläggning för absorptionsvärmepumpning i Trollhättan.

Resultatet av studien kan i korthet sammanfattas enligt nedan:

- I tekniskt hänseende är förutsättningarna gynnsamma för att uppföra en absorptionsvärmepump i Trollhättan. Spillvärmets utgörs av industriellt kylvatten, drivenergin av industriell spillånga och den producerade värmen nyttjas i fjärrvärmenät.  
Absorptionsvärmepump av typ litiumbromid/vatten kan väljas vilket är den billigaste och kommersiellt mest beprövade anläggningstypen.
- Ur demonstrationssynpunkt är en absorptionsvärmepump i Trollhättan värdefull ty uppgradering av industriell spillvärme för användning i fjärrvärmenät utgör en avsevärd energibesparingspotential.
- I ekonomiskt hänseende är förutsättningarna goda för en absorptionsvärmepump. Det totala investeringsbehovet är ca 6,3 Mkr för en anläggning som dimensioneras för 2,75 MW kyleffekt. Med anläggningen erhålls en oljebesparing av storleksordningen 4,2 Mkr/år vid nuvarande oljeprisnivå. Pay-off-tiden motsvarar ca 1,6 år vilket kan betecknas som en helt tillfredsställande lönsamhet.
- Jämförelsen med mekanisk värmepump visar att absorptionsvärmepumpen ger ca 1,5 Mkr högre investeringsbehov. Driftkostnaden för absorptionsvärmepumpen är dock lägre per år tack vare det lägre elbehovet. Om man antar att nuvarande reella prisnivåer blir oförändrade för olja och el under värmepumpens livslängd (15 år) blir totalekonomin för absorptionsvärmepumpen och den mekaniska värmepumpen likvärdiga vid en räntenivå av ca 11 % per år. Om man får en snabbare prisstegring för el än för olja gynnar detta absorptionsvärmepumpen. Om man har ett högt avkastningskrav för investerat kapital gynnar detta den mekaniska värmepumpen eftersom den är billigare i investering.

Beträffande projektets fortsättning föreslås följande:

- På basis av denna rapport samt efter eventuella kontakter med leverantörer beslutar sig Trollhättans Fjärrvärme AB om man skall söka BFR-anslag för uppförande av en demonstrationsanläggning eller inte. Beslut bör tas under slutet av september för att hinna behandlas av BFR före nyåret 1983/84.



- Upphandling av absorptionsvärmepump inkl byggnad bör lämpligen ske i form av totalentreprenad för att bättre kunna avgränsa de BFR-stödda delarna. Upphandling av yttre ledningar etc kan dock mycket väl upphandlas separat eftersom dessa delar bekostas av Trollhättans Fjärrvärme AB.
- I den mån BFR's utvärdering av prestanda etc hos demonstrationsanläggningen fordrar extra utrustning (temperaturmätning, flödesmätning etc) och arbetskraft bör detta helt finansieras av separata BFR-medel och i ett separat projekt. Troligen kan också extra kostnader uppkomma p g a stor tillströmning av besökare under de första driftåren.
- TFAB bör vid ansökan till BFR förbehålla sig rätten att ej fullfölja projektet med absorptionsvärmepumpen om denna blir underkänd eller avsevärt fördröjd av Svensk Anläggningsprovning.



## 2 INLEDNING

För den framtida svenska energiförsörjningen är det ett viktigt mål att finna processer som minskar såväl oljeberoendet som elberoendet. Vidare bör den framtida tekniken i ökad utsträckning baseras på inhemska bränslen såsom flis och torv.

Värmepumpar enligt absorptionsprincipen är en av de processer som uppfyller samtliga ovanstående kriterier. Processen går ut på att utvinna lågtemperaturvärme från omgivningen och pumpa upp den till utnyttjningsbar temperatur. Erforderlig drivenergi tillförs i form av värmeenergi och kan sålunda framställas av valfritt bränsle. Detta gör absorptionsvärmepumpen mera framtidsanpassad än mekanisk värmepump som fordrar elenergi eller mekanisk energi som drivenergi.

Värmepumpar enligt absorptionsprincipen har under de senaste åren utvecklats främst i Japan och Västtyskland. För närvarande är ett 50-tal absorptionsmaskiner för värmeproduktion installerade i Japan. Enligt det svenska energiforskningsprogrammet bör ett antal demonstrationsanläggningar byggas där ny energiteknik utprovas och utvärderas. En demonstrationsanläggning med absorptionsvärmepump bör enligt vår åsikt uppfylla följande kriterier:

- Anläggningen skall vara tekniskt realiserbar med nuvarande kommersiellt tillgängliga absorptionsvärmepumpar. Eftersom anläggningarna skall kunna uppföras 1983-1984 är främst mediaparen vatten/litiumbromid och ammoniak/vatten aktuella. Av dessa bedöms det förstnämnda vara att föredraga p g a lägre investeringskostnad, bättre värmefaktor och lägre olycksfallsrisk vid eventuellt haveri.
- Anläggningen skall vara ekonomiskt lönsam i jämförelse med olja, samt ekonomiskt konkurrenskraftig i jämförelse med andra alternativ (t ex mekanisk värmepump).
- Anläggningen bör ha en viss allmängiltighet d v s demonstrera en applikation där ett stort antal anläggningar kan uppföras och en betydande energibesparing kan erhållas.
- Anläggningen bör ha ett nyhetsvärde i jämförelse med anläggningar och frågeställningar som undersöks i andra länder.

I avsikt att finna lämpliga objekt för demonstration har ett antal utredningar gjorts i Byggeforskningsrådets regi. En av dessa utredningar benämns "Absorptionsvärmepumpar för centralvärme" och har författats av Mats Westermark, Scandiaconsult. I denna utredning kommer man till slutsatsen att absorptionsvärmepumpar är konkurrenskraftiga när det gäller fjärrvärmeapplikationer med tillgång till tillräckligt billig drivenergi. Två förstudier redovisas som exempel på goda demonstrationsobjekt. Ett exempel är Trollhättan där spillånga från en industriprocess kan användas för att driva en absorptionsvärmepump för återvinning av lågvärdigt, industriell spillvärme. Ett annat exempel är Härnösand där hetvattnet från en torveldad panna kan användas för att återvinna spillvärme från fuktiga rökgaser.

Denna rapport utgör en fortsatt studie av objektet Trollhättan. Målsättningen är att närmare penetrera processutformning, apparatval och lönsamhetsbedömning (jämfört med konkurrerande teknik). Utredningen skall vidare tjäna som beslutsunderlag för att avgöra om en fullskaleanläggning för demonstration av absorptionsvärmepumpar bör byggas i Trollhättan.

### 3 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

De aspekter som främst påverkar beräkningsförutsättningarna för absorptionsvärmepumpen är följande:

- hur många timmar per år finns avsättning för det lågvärdiga spillvärmemet som tillvaratas med absorptionsvärmepumpen?
- vilken returtemperatur erhålls i nätet under de timmar som avsättning finns?
- vilket pris kan erhållas för den levererade spillvärmemet till fjärrvärmenätet?

Beträffande avsättningen av lågvärdigt spillvärme gäller att sopeldning och spillånga från Kema Nord normalt kommer att täcka värmebehovet under ca 2000 h/år. Även om en framtida utbyggnad av nätet kommer att ske till SAAB och Volvo Flygmotor gäller detta förhållande.

Vi har därför antagit att absorptionsvärmepumpen avstängs helt under 1960 h/år och att avsättning för spillvärmemet finns under resterande 6800 h/år. Lämpligen görs en servicegenomgång av värmepumpen under sommaruppehållet, varefter hög drifttillgänglighet bör kunna påräknas under driftperioden.

#### 3.1 Dimensionerande data för lågtemperaturkällan

Som lågtemperaturkälla används kylvatten, som fås från kylning av elektrolysbaden. Den mängd lågvärdigt spillvärme som avges från processen beror av följande parametrar:

- strömbelastning och cellspänning i elektrolysörer
- verkningsgrad för cellprocessen
- värmeförlust från cellerna till omgivningen (ca 0,5-0,8 MW)
- värmeuttag till processändamål (lågtemperaturvärmemet används för processuppvärmning)

På basis av empiriska och teoretiska data som framtagits av Kema Nord har nedanstående värden använts för den fortsatta beräkningsgången. Värdena avser tiden september t o m maj när värmepumpen är i drift, se kap 3.3

Medeleffekt: 3,6 MW

Maxeffekt: 4,6 MW

Minimieffekt (vid normal drift): 3,2 MW

Tillgänglighet: 8000 h/år

Ovanstående effektdata skall naturligtvis ej uppfattas som "garanterade värden" som alltid kommer att uppnås. Man bör istället uppfatta dem som troliga medelvärden över ett större antal driftår.

### 3.2 Dimensionerande data för drivenergikällan

Som drivenergikälla används 10-barsånga från en vätgaseldad panna. Vätgasen erhålls från elektrolysen och är sålunda beroende av produktionsförhållandena. Vidare bortgår en del av ångan för intern konsumtion (drift av perkloratindunstare ca 500-1200 ton ånga/månad) samt uppvärmning av gamla kloratfabriken (70-600 ton ånga/månad).

På basis av uppgifter från Kema Nord har följande värden på levererad ångmängd använts för den fortsatta beräkningen. Värdena avser tiden september t o m maj när värmepumpen är i drift.

Maxfall: 4,5 MW

Normalfall: 4,1 MW

Minimifall (vid full drift): 3,9 MW

Levererad ångenergi/månad: 4300 ton/mån i normalfall (medelvärde under värmepumpens driftperiod)

Beträffande levererad ångmängd förekommer en regelbunden nedgång i ångflödet i samband med periodisk drift av indunstare. Denna minskning inträffar under tillsammans 2-3 h/dygn fördelat på två tillfällen/dygn. Minskningen i ångflödet är då ca 1,5 t/h (ca 1 MW). Under ett "medeldygn" blir ångleveransen i "normalfallet" sålunda:

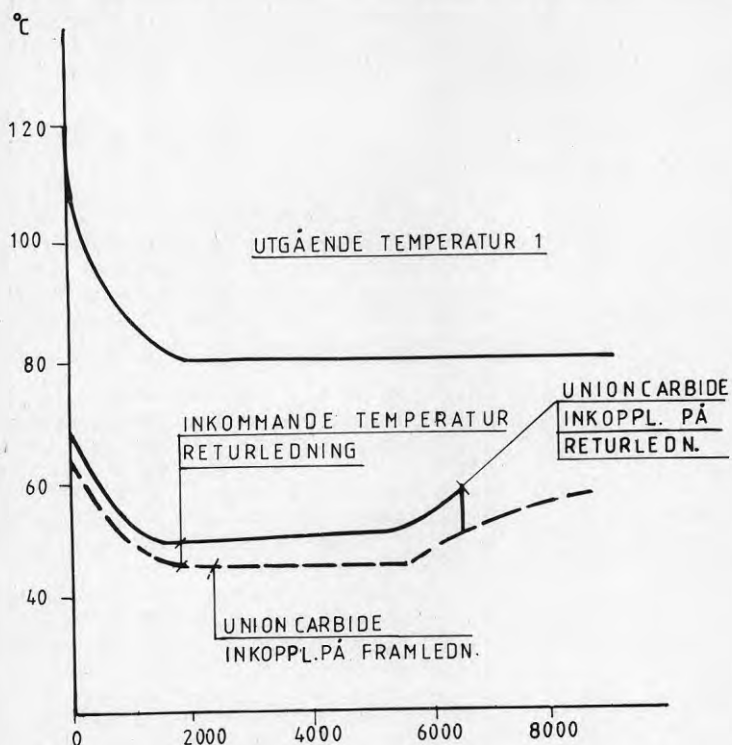
ca 4,2 MW (= 6,1 ton/h) under ca 21 timmar och  
ca 3,2 MW (= 4,6 ton/h) under totalt 3 timmar

Detta ger en medeleffekt av 4,1 MW (= 5,94 ton/h) räknat som medeleffekt över hela dygnet.

### 3.3 Dimensionerande data för fjärrvärmenätet

Beträffande returtemperaturen gäller att noggranna prognoser är svåra att göra innan nätet är fullständigt utbyggt och intrimmat.

Vi har inhämtat uppgifter på returtemperaturer i befintliga fjärrvärmenät och använt dessa som underlag för figur 1 nedan. Vidare har mätningar som utförts i flera abonnentcentraler i Trollhättan visat att förhållandena är likartade med andra värmenät.



Figur 1 Temperaturförhållanden i fjärrvärmenätet i Trollhättan.

För de fortsatta beräkningarna har en temperaturprognos ansatts enligt nedan.

Returtemperatur <sup>0</sup> C	Prognos h/år
60 - 70	300
55 - 60	500
50 - 55	2 000
≤ 50	4 000
	<u>6 800</u>

Tabell 1 Returtemperatur under absorptionsvärmepumpens driftperiod (6 800 h/år).

### 3.4 Processutformning och flödesschema

En viss del av spillvärmets från Kema Nord kan utvinnas medelst direkt värmewäxling till fjärrvärmenätet (spillvärmets temperaturen är ca 65°C medan returtemperaturen i fjärrvärmenätet är 40 - 50°C under huvuddelen av året). Den resterande delen av spillvärmets måste dock tas tillvara med värmepump så att temperaturen hos spillvärmeströmmen kan sänkas till ca 35°C innan den leds tillbaka till processen.

Förslag till lämpligt processutförande ges i flödesschema, ritning nr 1. De viktigaste aspekterna är följande:

- Elektrolyskylvattnet pumpas från Kema Nord till en nyuppförd byggnad vid Stallbacka fjärrvärmeverk. I denna byggnad inryms värmewäxlare och värmepump med uppgift att överföra spillvärmets till fjärrvärmenätet. Därefter leds kylvattnet tillbaka till Kema Nord för förnyad användning.
- En del av värmets utvinns medelst värmewäxling med fjärrvärmenätets returvattnet. Denna utformning minskar storleken, drivenergiebehovet och investeringsbehovet hos värmepumpen. Normal temperatur hos elektrolyskylvattnet är ca 65°C när det lämnar Kema Nord medan returvattnet i fjärrvärmenätet håller högst 50°C under huvuddelen av året.
- För värmepumpningen har valts en absorptionsvärmepump som drivs med ångan från Kema Nords vätgaspanna. Skälet till detta val är att ångan redan är inköpt och sålunda kan sägas utgöra "gratis" drivenergi för en absorptionsvärmepump. Vidare är situationen extra gynnsam eftersom ångmängden är tillräckligt stor för att all lågtemperaturvärme skall kunna nyttiggöras. Tillgängligheten hos ångleveransen är mycket hög och sammanfaller med tillgängligheten hos spillvärmets eftersom båda genereras i elektrolyprocessen. Alternativet till absorptionsvärmepump är mekanisk värmepump men denna fordrar el som drivenergi och blir därmed dyrare i drift. Kostnadsjämförelse mellan mekanisk värmepump och absorptionsvärmepump behandlas utförligare i kapitel 7.
- För att underlätta rengöring av värmewäxlarytorna från bakteriepåväxt mm har vi ansett att plattvärmewäxlare är en fördel framför tubvärmewäxlare. Detta har medfört att vi rekommenderat att en plattvärmewäxlare sätts in mellan elektrolyskylvattnet och värmepumpens förångarkrets.
- För att underlätta driftuppföljning av anläggningen har instrumentering för mätning och registrering av värmeflöden och temperaturer föreslagits på alla väsentliga strömmar. Denna av instrumenteringen är ej nödvändig ur driftsynpunkt utan endast för att relativt noggrann driftuppföljning ingår som en nödvändig del i BFR's demonstrationsprojekt. Kostnaden för extra instrumentering och utvärdering har ej redovisats i denna rapport. Finansiering förutsätts ske med separata medel.

Beträffande val av fabrikat och kapacitet för absorptionsvärmepumpen är marknadsutbudet ännu begränsat p g a att värmeproducerande värmepumpar är ett relativt nytt område. De ledande företagen är Sanyo och Hitachi i Japan varav den förstnämnda hittills levererat ett 50-tal större värmeproducerande absorptionsvärmepumpar med uteffekten 0,4 - 3,6 MW. För den fortsatta redovisningen har vi valt att räkna med absorptionsvärmepump typ FH 800 från Sanyo med kyleffekten 2,81 MW, driveffekten 4,22 MW och uteffekten 7,03 MW. Drivenergin utgörs av ånga.



Dimensionering innebär att storlek och prestanda hos värmepumpen anpassas till de aktuella förutsättningarna så att bästa ekonomiska totalresultatet erhålls. Emellertid finns ännu bara ett fåtal kommersiellt tillgängliga absorptionsvärmepumpar på marknaden. Dessa absorptionsvärmepumpar säljs i ett begränsat antal standardstorlekar och med givna prestanda. I fallet Trollhättan gäller det att fastlägga driftförhållandena samt att analysera vilka standardaggregat som kan uppfylla uppställda prestandakrav. Sedan offerter infordrats från leverantörer och en anbudsutvärdering företagits kan slutligt val göras av värmepumpsleverantör.

De dimensioneringsvariabler som är mest betydelsefulla för apparatvalet är följande:

- kapacitet
- temperaturprestanda
- flöden i absorbator/kondensor och förångare.

Den variabel som kraftigast påverkar den ekonomiska utvärderingen är den erhållna bränslebesparingen.

Ovanstående variabler diskuteras mera ingående nedan.

#### 4.1 Kapacitet

Kapaciteten hos absorptionsvärmepumpen anges i MW kyleffekt, vilket anger hur mycket lågvärdigt spillvärme som kan uppgraderas per tidsenhet. Kapaciteten hos absorptionsvärmepumpar kan för t ex Sanyos utrustning regleras inom intervallet 20 - 100% av dimensionerat kylbehov. Denna goda reglerbarhet gör att även en onödigt stor absorptionsvärmepump kan installeras utan att driftproblem uppkommer.

Valet av storlek bör grundas på effekten hos lågtemperaturkällan och drivången. Tillgänglig mängd drivånga varierar under användningsperioden mellan ca 3,0 MW och 4,5 MW med ett beräknat medelvärde av ca 4,1 MW. På grund av den begränsade mängden drivånga kan det knappast finnas några skäl att betala extra investeringsmedel för en värmepump som har högre driveffekt än 4,5 MW (motsvarar uteffekten 7,5 MW och kyleffekten 3,0 MW). Beträffande mindre storlekar än 3,0 MW kyleffekt bör dessa belastas med den förlust av låggradigt spillvärme som inträffar när kylkapaciteten blir begränsande för hur mycket låggradigt spillvärme som kan utvinnas. Lågvärdiga spillvärmets uppgår till ca 3,6 MW i normalfallet men kan variera mellan ca 3,2 MW och 4,6 MW. Emellertid kan en varierande del av spillvärmets överföras till returvattnet medelst värmeväxling. I bilaga 1 ges energibalanserna för ett antal olika driftfall. För de redovisade driftfallen varierar kyleffekten mellan 1,9 MW och 2,8 MW

De apparatstorlekar som närmast är aktuella för Trollhättans del är följande:

	Kyleffekt	Driveffekt	Utgående effekt
<u>Sanyo</u>			
Typ FH 620 T	2,18 MW	3,28 MW	5,46 MW
Typ FH 800 T	2,81 MW	4,22 MW	7,03 MW
Typ FH 1000 T	3,52 MW	5,27 MW	8,79 MW
<u>Hitachi</u>			
Typ HHP-1W-200	2,25 MW	3,35 MW	5,60 MW
Typ HHP-1W-250	2,80 MW	4,20 MW	6,99 MW
Typ HHP-1W-300	3,37 MW	5,02 MW	8,39 MW

För de fortsatta beräkningarna har valts Sanyo typ FH 800 T

#### 4.2 Temperaturprestanda

Temperaturskillnaden mellan förångare och absorbatör begränsas av litiumbromidens kokpunktsförhöjning och av apparaturens utformning. Sanyo använder horisontella tubvärmväxlare med tvärström i sin absorbatör och förångare. Hitachi använder vertikala tubvärmväxlare med fallfilmsteknik. Med Hitachis konstruktion kan en större temperaturskillnad åstadkommas p g a att motströmsvärmväxling är konsekvent genomförd.

Kema Nords process levererar kylvatten vid 65°C och önskar en temperatur av 35°C på återkommande vatten från värmepumpsanläggningen. Trollhättans fjärrvärmenät håller en returtemperatur av 50 - 55°C under större delen av året och 55 - 70°C under en relativt begränsad tid.

Önskvärda och tillgängliga temperaturprestanda jämförs i tabell 2 nedan. Detaljerade uppgifter om Sanyos temperaturprestanda återges i bilaga 4.

	Sanyo		Hitachi	
Returtemperatur i fjärrvärmenät	55	60	55	60
Uppnåerlig temperatur hos utgående lågtemperaturkälla	30	30	30	30
Önskvärd temperatur hos utgående lågtemperaturkälla	30	30	30	30
Uppnåerlig framledningstemperatur	77	70	90	85
Önskvärd framledningstemperatur	75	70	75	70

Tabell 2 Temperaturprestanda för absorptionsvärmepumpar

Sanyo anger vidare följande begränsningar i temperaturprestanda.

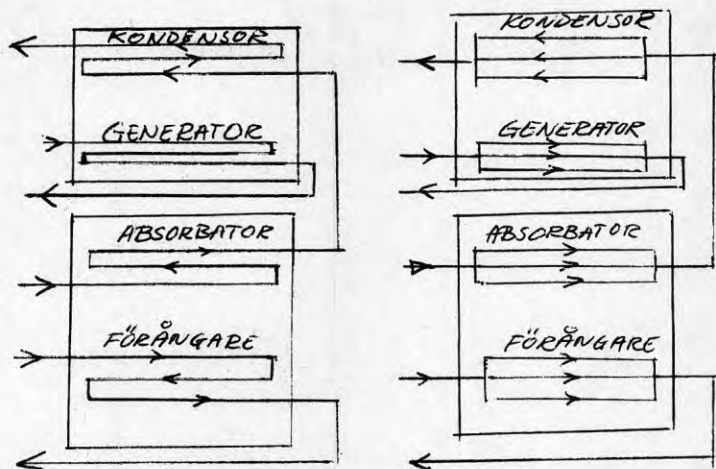
Vätskeström	Absoluta temperaturgränser		Avvikelse från dimensionerad temperatur	
	Min	Max	Min	Max
Lågtemperaturkälla in	+10°C	Returvatten-temp -15°C	Returvatten-temp -30°C	$t_{dim} + 10°C$
Lågtemperaturkälla ut	+5°C			
Returvatten in	+10°C	Framlednings-temp -9°C	$t_{dim} - 9°C$	$t_{dim} + 30°C$
Framledningsvatten ut		Returvatten-temp +9°C		

Tabell 3 Absoluta temperaturgränser samt tillåtna avvikelser från dimensionerade temperaturer för Sanyo-maskiner.

Slutsatsen av jämförelsen mellan erforderliga temperaturprestanda i Trollhättan och uppnåerliga temperaturprestanda för Sanyomaskiner är att dessa har tillräckligt goda prestanda för att kunna användas.

#### 4.3 Flöden i absorbator/kondensor och i förångare

Absorptionsvärmepumpar för en viss effekt kan erhållas för olika flöden i absorbator/kondensor och i förångare. Ibland önskar man t ex uppnå en stor temperaturökning hos returvattnet när det passerar värmepumpen. I ett sådant fall måste returvattenflödet genom värmepumpen väljas relativt lågt varvid värmeväxlarna måste utformas med flera passager för att god värmeöverföring skall erhållas. Om man däremot önskar liten temperaturhöjning och stort vätskeflöde skall värmeväxlarna utformas med enkel passage för att tryckfallet skall bli rimligt lågt. Principen med olika antal passager framgår av figur 1 nedan. Sanyos absorptionsmaskiner kan köpas med 1, 2 eller 3 passager i värmeväxlarna. Hitachis absorptionsmaskiner använder däremot endast 1 passage men har i gengäld betydligt längre tuber (ca 6 m) vilket gör det möjligt att erhålla relativt stor temperaturhöjning även vid en enkel passage.



3 passager

1 passage

Figur 1 Utformning av absorptionsvärmepumpar med olika antal passager.

För Sanyos utrustning har följande information erhållits:

Vätskeström	Lägsta temperatur- ändring (=enkel passage)	Högsta temperatur- ändring (3 passager)
Lågtemperaturkälla (förångare)	5°C	15°C
Returvatten (absorbator/ kondensör)	9°C	50°C

På basis av ovanstående data skall sålunda dimensionerande vätskeflöde väljas i förångare och absorbator/kondensör. Under drift kan flödet tillåtas variera mellan 50 % och 100 % av dimensionerat flöde.

Vid valet av dimensionerat flöde bör följande faktorer beaktas:

- I förångaren får ingående lågtemperaturkälla ej vara varmare än 15 grader under fjärrvärmevattnets ingångstemperatur till absorbatoren. Vid en normal ingångstemperatur av 55-61°C får ingående lågtemperaturkälla sålunda ej vara varmare än 40°C. Temperaturen hos utgående lågtemperaturkällan får vara lägst 30°C om önskvärda framtemperaturer mellan 70 och 80°C skall kunna uppnås (se diagram bilaga 4). Resultatet av denna överläggning är att förångare av enstråkstyp bör väljas. Temperaturändringen i förångaren har valts till 10°C vid dimensionerande last mellan ingående och utgående lågtemperaturkälla. Med detta val erhålls tillräckligt god temperaturprestandan och man riskerar ej att behöva förlora lågtemperaturspillvärme av temperaturskäl. Om man väljer mindre temperaturändring än 10°C blir pumpar och installationer onödigt dyra.
- I absorbatorkondensator ger 1 passage en temperaturhöjning av storleksordningen 9-15°C hos returvattnet. Motsvarande värde för 2 passager är ca 15-30°C och för 3 passager ca 30-50°C. Under de förhållanden som gäller i Trollhättan torde 2 passager vara det mest lämpliga. Normalt har nämligen returvattnet en temperatur av ca 55-61°C när det passerar in i absorbatorkondensatorns värmeväxlare och man önskar 70-80°C vid utgången från kondensorn.

Om man väljer 1 passage i absorbatoren skulle man få svårt att uppnå rimliga flöden vid låglast. Om man väljer 3 passager får man svårt att uppnå tillräckliga temperaturprestanda under höglast med höga returtemperaturer.

#### 4.4 Beräkning av bränslebesparing

Absorptionsvärmepumpens kapital- och driftkostnader ska bäras av den bränslebesparing som erhålls i fjärrvärmepannorna. Dessa pannor drivs med eldningsolja 5. Värmepumpsanläggningens andel i bränslebesparingen utgörs av det återvunna lågtemperaturspillvärmets dvs ca 3,6 MW. Kondenseringsvärmets från drivången (10-bar ånga) tillgodoräknas ej absorptionsvärmepumpen utan skulle kunna utvinnas med befintlig kondensator.

Den uppnådda energibesparingen med den föreslagna anläggningen beror på följande faktorer:

- tillgången på lågtemperaturvärme (kylvatten från elektrolyprocessen)
- tillgångar på drivenergi (ånga från vätgaspanna)
- temperaturförhållanden och effektbehov i fjärrvärmesätet

Under olika delar av året är vardera av ovanstående faktorer begränsande för energibesparingen. Något förenklat kan förhållandena beskrivas enligt följande:

- Under ca 1 960 h/år tillgodoses fjärrvärmenätets värmebehov helt med värme från avfallsförbränning, vätgasförbränning och med spillvärme från Union Carbide. Under denna tid finns ej möjlighet att tillgodogöra sig spillvärmets från elektrolysen. Se vidare kapitel 3.
- Under huvuddelen av året (ca 6 800 h/år) är tillgången på lågtemperaturvärme begränsande. Detta betyder att allt spillvärme från elektrolysen d v s 3,2-4,6 MW kan utvinnas. Som tidsmedelvärde har ansatts 3,6 MW.
- Under ca 800 h/år är returtemperaturen i fjärrvärmenätet högre än 50°C. Under denna tid är tillgången på drivenergi (ånga) begränsande ty nästan all spillvärme måste temperaturhöjas i värmepumpen för att kunna ledas in i fjärrvärmenätet. Tillgången på drivenergi från vätgaspannan varierar mellan 3,9 MW och 4,5 MW. Ett rimligt tidsmedelvärde bedöms vara ca 4,1 MW ånga vilket skulle ge möjlighet att utvinna 3,2 MW lågtemperaturvärme. Varav 2,75 från värmepumpen och resten medelst direkt värmeväxling.

Utvunnet elektrolysvärme efter nuvarande utbyggnadsetapp på Kema Nord kan sammanfattas enligt tabell 2 nedan:

Tidsperiod h/år	Driftfall för värmepump	Utvunnet elektrolysvärme	
		Effekt MW	Energimängd MWh/år
1 960	Sommarstopp	0	0
6 000	Normaldrift (returtemperatur 30-55°C)	3,6	21 600
800	Toppbelastning (returtemperatur 55-70°C)	3,2	<u>2 560</u>
8 760			24 160

Tabell 4 Utvunnet elektrolysvärme efter nuvarande utbyggnadsetapp.



## 5 BERÄKNING AV INVESTERINGSBEHOV

Investeringsbehovet har beräknats med utgångspunkt från budgetofferter och erfarenhetsvärden. Investeringsbehovet baseras vidare på preliminär layout enligt ritning nr 2 samt placering enligt ritning nr 1.

<u>Byggnad</u>	<u>tusen kr</u>	
Överbyggnad	500	
Grundläggning, pålning	150	
Projektering, upphandling, kontroll	<u>150</u>	800
 <u>Maskinell utrustning</u>		
Absorptionsvärmepump (2,8 MW kyleffekt) inkl montage	2 700	
Värmeväxlare, pumpar, rörinstallationer (inkl montage)	500	
Elmontage	<u>50</u>	3 250
 <u>Yttre ledningar</u>		
Pumpstation vid Kema Nord	200	
Spillvärmekulver på mark 2 x 100 m $\phi$ 200	300	
Ång-, kondensat- och returvattenledningar mellan värmepump och värmecentral	<u>100</u>	600
 <u>Övrigt</u>		
Projektering (geoteknik, pumpstation, yttre ledningar, kraftförsörjning etc)	300	
Administration (beställarens kontrollorganisation, projektledning, utbildning av personal etc)	200	
Oförutsett 10 %	<u>500</u>	1 000
Totalt investeringsbehov (maj 1983)		5 650
Index maj 1983 - sept 1983 ca 3 %		180
Räntekostnad under byggtid (sept -83 - sept -84)		<u>500</u>
TOTALT INVESTERINGSBEHOV (sept 1984)		<u><u>6 330</u></u>

Tabell 5 Investeringsbehov för absorptionsvärmepump.



## 6 LÖNSAMHETSKALKYL

För beräkning av kapitalkostnader, driftkostnader och lönsamhet har följande bedömningar gjorts:

- Räntefoten har satts till 11 %. Avskrivningstiden har satts till 15 år för maskinell utrustning, byggnader och ytte ledningar. Detta medför en annuitet av 13,9 % per år.
- Underhållskostnaden har satts till 1 % för byggnader och yttre ledningar samt till 3 % för maskinell utrustning.
- Kostnaden för övervakning och styrning har ansetts försumbar eftersom driften sköts från samma kontrollrum som Stallbackaverket.
- Intäkten av energibesparingen har beräknats ur inbesparingen av olja i Stallbackaverket. Kostnaden för olja har satts till 0,183 kr/kWh producerad värmeenergi (= 183 kr/MWh).

Bedömningen av kapitalkostnader, driftkostnader och lönsamhet har sammanställt i tabell nedan.

<u>Utgifter</u>	<u>tusen kr</u>
Kapitalkostnad (13,9 % annuitet)	880
Underhållskostnad för maskinell utrustning (3 % per år)	150
Underhållskostnad för övriga anläggningsdelar (1 % per år)	20
Försäkringar 1 %	70
	<u>1 120</u>
 <u>Inkomster</u>	
Oljebesparing (183 kr/MWh, 24 160 MWh/år x 95 % tillgänglighet)	4 200
Årlig vinst*	3 080
Produktionskostnad för återvunnen energi	53 kr/MWh = 5,3 öre/kWh
Pay-off-tid (investering/vinst före ränta och avskrivning)	1,6 år

Tabell 6 Lönsamhetskalkyl, absorptionsvärmepump

\* Ersättning för kylvatten från Kema Nord är ej medtagen.

## 7 EKONOMISK JÄMFÖRELSE MED KONKURRERANDE ALTERNATIV

Absorptionspumpen skall jämföras med alternativ värmeproduktion såsom:

- mekanisk värmepump med eldrift
- oljeeldning med tjockolja i befintliga centraler
- koleldning vid tillkommande värmeproduktion

För mekanisk värmepump utnyttjas samma spillvärmekälla som för absorptionsvärmepumpen. Därvid krävs ett större tillskott av elenergi för att lyfta värmen till rätt temperatur.

Alternativ med kol och olja behandlas ej utförligt i detta avsnitt. Dock kan man konstatera att värmepriset för dessa alternativ är väsentligt högre än för värmepumpsalternativen. Den intressanta jämförelsen är mellan mekanisk värmepump och absorptionsvärmepump som båda ger värmekostnader av storleksordning 5 öre/kWh. Ersättning till Kema Nord för kylvatten är då ej inräknad men kan antas vara oberoende av värmepumptyp.

### 7.1 Mekanisk värmepump

Offert infordrades från Stal Refrigeration AB

Förslaget till mekanisk värmepump består av:

- ett värmepumpaggregat
- en värmeväxlare mellan spillvärmekällan och fjärrvärmenätet
- cirkulationspumpar för spillvärmekälla och fjärrvärmevatten
- reglerutrustning för temperaturstyrning

Följande förutsättningar gäller:

- Spillvärmekällans vatten är fritt från kemiska föroreningar så att koppar kan användas i förångare och syrafast stål SIS 2343 i plattvärmeväxlare
- Spillvattnet är fritt från mekaniska föroreningar så att ingen speciell filtrering erfordras.
- Material för fjärrvärmesida utförs för tryckklass PN 16 och temperatur 120°C.
- För central övervakning överförs kompressorns kapacitetsläge, driftindikering och summalarm.

Tekniska data framgår av punkt 7.3 nedan.

### 7.2 System

Systemet är uppbyggt som figur bilaga 5 visar. Temperatur för inkommande returvatten har antagits lika som för absorptionsvärmepumpen (se kapitel 3.3).

På samma sätt som för absorptionsvärmepumpen värmeväxlas spillvärmekällan först mot returvattnet som kyler det 65<sup>o</sup>-iga spillvärmevattnet till ca 3<sup>o</sup>C över returtemperaturen.

Spillvärmevattnet leds vidare till värmepumpens förångare. En pump i tilloppet ökar flödet genom förångaren.

Returvattnet värms först i värmväxlaren och därefter i värmepumpens kondensor. Temperaturen höjs till högst 73°C. Data i olika driftpunkter framgår nedan.

Vattnet i fjärrvärmesystemet eftervärms därefter i ångväxlare och oljeeldade pannor till önskad distributionstemperatur.

### 7.3 Tekniska data

För att ge förutsättningar att bedöma en mekanisk värmepump ges driftdata i fyra punkter med varierande temperaturprestanda.

Spillvärmeflödet varierar mellan 90 och 133 m<sup>3</sup>/h. Medelbärdet är ca 100 m<sup>3</sup>/h. Dess temperatur är 65°C. Önskad returtemperatur är 35°C. Spillvärmekällans medeleffekt är 3,6 MW (se kapitel 3.1).

Fjärrvärmeflödet varierar under året mellan 90 och 800 m<sup>3</sup>/h.

Flödet varierar enligt nedan:

Utetemperatur -10°C - 0°C mer än	800 m <sup>3</sup> /h
Utetemperatur + 5°C	ca 580 m <sup>3</sup> /h
Utetemperatur +10°C	ca 470 m <sup>3</sup> /h
Utetemperatur +15°C	ca 320 m <sup>3</sup> /h

Flödet genom värmepumpen har valts till 400 m<sup>3</sup>/h

#### Kondensor

Max arbetstryck vattensida	16 bar
Max/min värmebärrarflöde	480/100 m <sup>3</sup> /h
Max utg. temp.	77°C vid full effekt
Max kond. temp.	+84°C

#### Förångare

Max arbetstryck vattensida	6 bar
Max/min köldbärrarflöde	515/205 m <sup>3</sup> /h

#### Motor

Märkeffekt	900 kW
Märkspänning	6,0 kV
Köldmediefyllning	700 kg, R - 12
Ljudnivå på 1 m avstånd vid fritt fält utanför ljudhuv	85 dB(A)

Tabell 7 Tekniska data för mekanisk värmepump.

	1	2	3	4
Utetemperatur	-20	-5	+0	+10
<u>Plattvärmeväxlare</u>				
Spillvärmefflöde m <sup>3</sup> /h	100	100	100	100
Spillvärmemetemp ing °C	65	65	65	65
Spillvärmemetemp utg °C	65	56	53,5	51
Fjärrvärmefflöde m <sup>3</sup> /h	400	400	400	400
Fjärrvärmemetemp ing °C	65	54	51	48
Fjärrvärmemetemp utg °C	65	56,3	53,9	51,5
1 Avgiven effekt kW	0	1 055	1 343	1 631
<u>Värmepumpsaggregat</u>				
Spillvärmefflöde m <sup>3</sup> /h	400	400	400	400
Spillvärmemetemp ing °C	42,5	40,2	39,6	39
Spillvärmemetemp utg °C	36,6	35	35	35
Fjärrvärmefflöde m <sup>3</sup> /h	400	400	400	400
Fjärrvärmemetemp ing °C	65	56,3	53,9	51,5
Fjärrvärmemetemp utg °C	72,6	62,5	59,5	56,3
2 Kyleffekt kW	2 740	2 389	2 161	1 837
Dellast Q <sub>2</sub> %	100	83	73	60
4 Motor tillf.eff. kW	836	580	489	417
5 Pumpar tillf.eff. kW	36	36	36	36
6 Värmeffekt kW	3 534	2 940	2 626	2 213
3 Pumpvärme VB ca kW	20	20	20	20
Värmefaktor	4,3	5,1	5,4	5,3
<u>Totalt</u>				
1+2+3 Upptagen spillv kW	2 760	3 464	3 524	3 488
4+5 Tillförd effekt kW	872	600	509	437
"Tot. värmefaktor" $\frac{1+6+3}{4+5}$	4,08	6,72	7,84	8,84

Tabell 8 Driftdata för mekanisk värmepump vid olika driftpunkter

## 7.4 Värmeproduktion och elförbrukning

För att bedöma värmeproduktion fastläggs följande drifttider

Driftpunkt	Utetemperatur	Utnyttjningstid	Elförbrukning
1	-20°C	300 h/år	262 MWh
2	-5°C	1500 h/år	292 MWh
3	+	3200 h/år	1675 MWh
4	+10°C	1800 h/år	809 MWh
		<u>6800 h/år</u>	<u>3672 MWh</u>

Med denna förutsättning blir elförbrukningen 3 670 MWh/år. Värmeproduktionen blir 27 830 MWh/år varav 24 160 kommer från spillvärmekällan (se kapitel 4.4) och resterande 3 670 MWh tillförts som drivenergi till elmotorn. Vid omräkning till 95 % tillgänglighet reduceras alla siffror med 5 %.

## 7.5 Investeringsbehov och lönsamhetskalkyl

	tusen kr
Värmepumpleverans innefattande byggnad och utrustning men exkl grundplatta	2 400
Grundplatta	200
Yttre ledningar	550
Nätstation, elanslutning	400
Projektering	300
Administration	200
Index	120
Räntor	260
Oförutsett 10 %	400
	<u>4 830</u>

## 7.6 Lönsamhetskalkyl

Följande förutsättningar gäller för att ta fram årskostnader.

Kalkylränta	11 %
Avskrivningstid	15 år
Elpris	= 212 kr/MWh inkl skatt
Idrifttagning	= 8 mån efter beställning
Tillgänglighet	= 95 %

Utgifter

	tusen kr/år
Kapitalkostnad (13,9 % annuitet)	671
Drift och underhåll 5 %	240
Elförbrukning (95 % tillgänglighet)	739
	<u>1 650</u>

Inkomster

Oljebesparing 183 kr/MWh, 27 830 MWh/år x 95 % tillgänglighet	4 838
---	-------

Årlig vinst

Produktionskostnad för producerad värme 63 kr/MWh = 6,3 öre/kWh

Pay-off-tid (investering/vinst före ränta och avskrivning) 1,2 år

Tabell 8 Investeringsbehov och lönsamhet, mekanisk värmepump

## 7.6 Jämförelse mellan absorptionsvärmepump och mekanisk värmepump

De viktigare tekniska och ekonomiska data redovisas i tabell nedan

	Mekanisk värmepump	Absorptionsvärmepump
<u>Tekniska data</u>		
Kyleffekt (dimensionerande temperatur)	2,74 MW	2,75 MW
Drifttillgänglighet	95 %	95 %
Oljebesparing	26 440 MWh/år	22 950 MWh/år
Oljebesparing	2 750 m <sup>3</sup> /år	2 390 m <sup>3</sup> /år
Elbehov	3 490 MWh/år	ca 300 MWh/år
<u>Ekonomi</u>		
Investeringsbehov	4,8 milj KR	6,3 milj KR
Årliga utgifter	1,650 milj kr	1,210 milj kr
Årliga inkomster	4,838 milj kr	4,200 milj kr
Värmeproduktionskostnad	63 kr/MWh	53 kr/MWh
Återbetalningstid	1,2 år	1,6 år

Tabell 9 Tekniska och ekonomiska data

De redovisade anläggningarna har bedömts likvärdiga beträffande kapacitet, skötselbehov, underhållskostnad, avskrivningstid, drifttillgänglighet och återvunnen spillvärmemängd/år. Skillnaden i ekonomiskt avseende är att investeringsbehovet för absorptionsalternativet i detta speciella fall är ca 1,5 Mkr högre än för eldriven mekanisk värmepump. I gengäld ger absorptionsvärmepumpen en lägre årskostnad för drivenergi. Vid en jämförelse av den totala årskostnaden är prisskillnaden mellan värme och el av stor betydelse. I augusti 1983 var det aktuella värmepriset i Trollhättan 183 kr/MWh (tjockolja 1 755 kr/m<sup>3</sup>, pannverkningsgrad 90 %) medan det aktuella elpriset var 212 kr/MWh. Den mekaniska värmepumpen ger en elförbrukning av ca 3 500 MWh/år som skall belasta det mekaniska alternativet. Emellertid kommer elenergin nätet tillgodo i form av värme och ersätter sålunda motsvarande mängd olja. Den kostnad för drivenergi som skall belasta den mekaniska värmepumpen blir sålunda:

$$3\,500 \text{ MWh/år} \times (212 - 183) \text{ kr/MWh} = \underline{101\,000} \text{ kr/år}$$

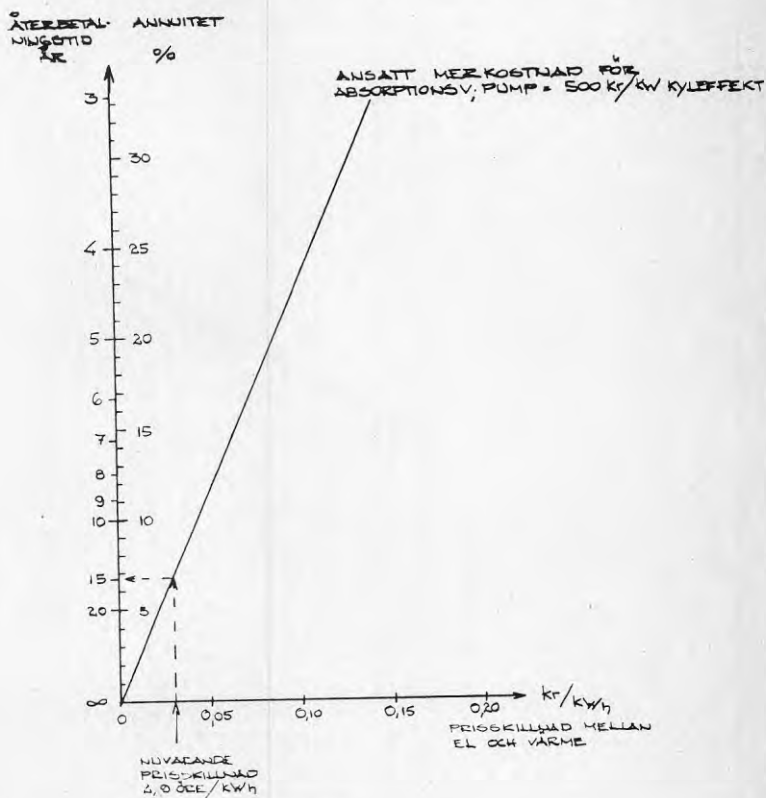
Återbetalningstiden (pay-off-tiden) för de 1,5 Mkr som absorptionsvärmepumpen betingar i merinvestering blir sålunda

$$1,5 \text{ Mkr} / 0,101 \text{ Mkr} = 14,8 \text{ år}$$

Man bör dessutom beakta att energipriset beräknas stiga med storleksordningen 10 % per år (ca 6 % inflation + 4 % reell prisökning).



För andra relationer mellan elpris och värmepris fås återbetalningstider enligt figur nedan. Slutsatsen är att valet av värmepumptyp är kraftigt beroende av skillanden mellan elpris och värmepris. Den nuvarande skillnaden på ca 29 kr/MWh torde förbli ungefär förändrad räknad i reellt penningvärde under detta decennium. Därefter får man räkna med att elpriset stiger snabbare än värmepriset på grund av att den nuvarande kärnkraften stegvis ersätts med andra elkällor (kolkondensel, mottrycksel etc). Vid nuvarande låga elpris ger merinvesteringen i absorptionsvärmepump endast utdelning som ungefär motsvarar bankränta.



### Företagsekonomisk bedömning

Om Trollhätte Fjärrvärme AB själv skulle bekosta merinvesteringen i absorptionsvärmepump bör man kräva betydligt större lönsamhet än bankränta för investerat kapital. Om man exempelvis fordrar en återbetalningstid på 5 år måste elenergin vara ca 8,5 öre/kWh dyrare än värme. Denna prisskillnad existerar ej i Trollhättan men däremot i värmeverk med billigare bränsle än olja (t ex kol, flis, torv).

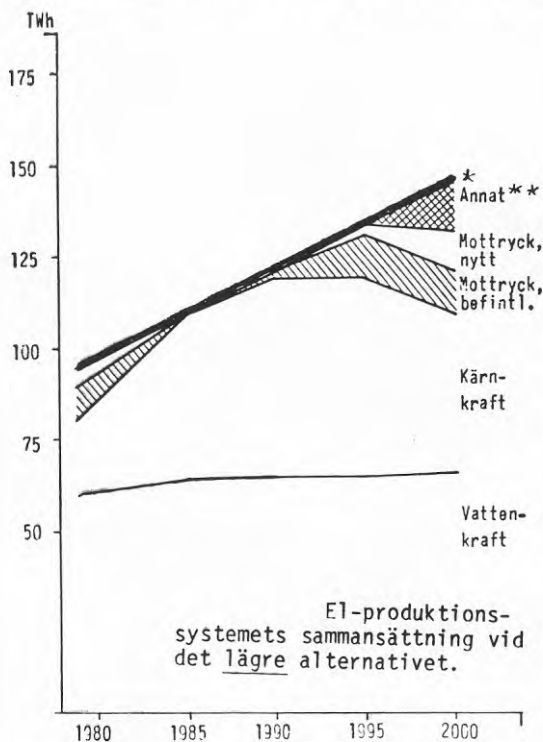
För Trollhättans del medför emellertid de fördelaktiga lånemöjligheterna för demonstrationsanläggningar att absorptionsvärmepumpen blir ekonomiskt jämförbar med en mekanisk värmepump. Vid de lånevillkor som gäller ställer staten upp med investeringsmedel till den ränta som gäller för bostadslån. Systemet med villkorlig återbetalningsskyldighet och ca 5 års ränte- och amorteringsfrihet eliminerar dessutom huvuddelen av de ekonomiska risker som kan finnas vid etablering av ny teknik. I fallet absorptionsvärmepumpar är dock tekniken redan så beprövad utomlands att riskerna bedöms vara minimala.



### Samhällsekonomisk bedömning

I fallet Trollhättan ger absorptionsvärmepumpen en merinvestering av ca 1,5 Mkr och en elbesparing av ca 3 500 MWh/år jämfört med mekanisk värmepump. Den mekaniska värmepumpen har ett medel-effektbehov av storleksordningen 500 kW elenergi. Merinvesteringen för absorptionstekniken blir sålunda ca 1,5 Mkr/0,5 MW = 3 000 kr/kW eleffekt. Detta är väsentligt lägre än investeringen i elproducerande enheter.

Enligt nuvarande prognoser räknar man med att en utbyggnad av elproduktionen med nya mottrycksanläggningar kommer att inledas ca 1990 och att utbyggnad av kolkondens inleds ca 1995.



Figur 3

I samband med dessa tidpunkter kommer samhällets marginalkostnader för el att öka avsevärt. Det är då intressant att diskutera ekonomin för elsnål värmepumpsteknik såsom absorptionsvärmepumpar och bränsle drivna mekaniska värmepumpar. Priset för el under 90-talet blir sannolikt av storleksordningen 26 - 30 öre/kWh räknat i nuvarande penningvärde dvs ca 10 öre/kWh högre än priset på värme. Dessa priser på el råder för övrigt redan i dag i de länder som producerar el på detta sätt. Förväntad prisutveckling för el anges i tabell 9. Prognosen återfinns i SIND. PM 1982:2 "Förutsättningar för mottrycksutbyggnad under 80-talet". Observera att priserna ges i rellt penningvärde (dvs att inflationen är borträknad).

ABONNENTTYP	TÄRT UTNYTTJNINGSTID $\tau = 4\ 500$ tim				INDUSTRI UTNYTTJNINGSTID $\tau = 6\ 000$ tim			
AVGIFTSLELEMENT								
EFFEKTAVGIFT 330 kr/kW	7,3				5,5			
ENERGI- AVGIFT	1985	1990	1995	2000	1985	1990	1995	2000
BASPRIS 1981 = 14 öre/kWh + + 2% per år	15,2	17,0	19,1	21,5	15,2	17,0	19,1	21,5
TILLÄGG FÖR STAM- LINJEÖVERFÖRING OCH RESERV	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SUMMA AVGIFTER	24,0	25,8	27,9	30,3	22,2	24,0	26,1	28,5

Elprisutveckling under 1990-talet, kolkondens, marginellt kraftslag.

Tabell 9 Elprisutveckling under 1990-talet. OBS: reellt pris (dvs inflationen borträknad).

Även om man skulle besluta om en vidareutbyggnad av kärnkraft-producerad el blir även denna nyutbyggda el ungefär lika dyr.

Slutsatsen är att det ur samhällsekonomisk synpunkt bör vara lönsammare att på 1990-talet satsa på absorptionsvärmepumpar än att bygga fler eldrivna värmepumpar.

Om prisskillnaden mellan el och värme ökar till 10 öre/kWh innebär detta nämligen att lönsamheten för en mekanisk värmepump försämras med ca 350 000 kr/år i fallet Trollhättan. Den aktuella merinvesteringen vid absorptionsteknik är 1,5 Mkr och får således en pay-off-tid av ca 4 år. Detta ger mycket god lönsamhet ur samhällsekonomisk synpunkt.

För att inte bromsa utnyttjandet av elbesparande teknik är det viktigt att eltaxorna anpassas till marginalkostnaden för elproduktion i nybyggda anläggningar.

Om taxepolitiken i fråga om el till mekaniska värmepumpar utformas på detta sätt kommer nuvarande absorptionsvärmepumpar att hävda sig väl på marknaden beträffande uppgradering av industriellt spillvärme. För högre pumphöjder får man också räkna med gasmotordrivna eller dieselmotordrivna mekaniska värmepumpar samt med nya absorptionsvärmepumpar med högre pumphöjd.

## 8 SLUTSATSER

Resultatet av studien kan i korthet sammanfattas enligt nedan:

- I tekniskt hänseende är förutsättningarna gynnsamma för att uppföra en absorptionsvärmepump i Trollhättan. Spillvärmets utgörs av industriellt kylvatten, drivenergin av industriell spillånga och den producerade värmen nyttjas i fjärrvärmenät.  
Absorptionsvärmepump av typ litiumbromid/vatten kan väljas vilket är den billigaste och kommersiellt mest beprövade anläggningstypen.
- Ur demonstrationsynpunkt är en absorptionsvärmepump i Trollhättan värdefull ty uppgradering av industriell spillvärme för användning i fjärrvärmenät kan anses utgöra en avsevärd energibesparingspotential.
- I ekonomiskt hänseende är förutsättningarna goda för en absorptionsvärmepump. Det totala investeringsbehovet är ca 6,3 Mkr för en anläggning som dimensioneras för 2,75 MW kyleffekt. Med anläggningen erhålls en oljebesparing av storleksordningen 4,2 Mkr/år vid nuvarande oljeprisnivå. Pay-off-tiden motsvarar ca 1,6 år vilket kan betecknas som en helt tillfredsställande lönsamhet.
- Jämförelsen med mekanisk värmepump visar att absorptionsvärmepumpen ger ca 1,5 Mkr högre investeringsbehov. Driftkostnaden för absorptionsvärmepumpen är dock lägre per år tack vare det lägre elbehovet. Om man antar att nuvarande reella prisnivåer blir oförändrade för olja och el under värmepumpens livslängd (15 år) blir totalekonomin för absorptionsvärmepumpen och den mekaniska värmepumpen likvärdiga vid en räntenivå av ca 11 % per år. Om man får en snabbare prisstegring för el än för olja gynnar detta absorptionsvärmepumpen. Om man har ett högt avkastningskrav för investerat kapital gynnar detta den mekaniska värmepumpen eftersom den är billigare i investering.

Beträffande projektets fortsättning föreslås följande:

- På basis av denna rapport samt efter eventuella kontakter med leverantörer beslutar sig Trollhättans Fjärrvärme AB om man skall söka BFR-anslag för uppförande av en demonstrationsanläggning eller inte. Beslut bör tas under slutet av september för att hinna behandlas av BFR före nyåret 1983/84.

## 9 FÖRSLAG TILL FORTSATT HANTERING AV PROJEKTET I TROLLHÄTTAN

På basis av redovisade tekniska och ekonomiska förutsättningar bedömer vi att Trollhättan är en ort där installation av en absorptionsvärmepump är ett gott alternativ. Beräkningarna visar att återvinning av elektrolysvärme från Kema Nord kan ge en oljebesparing av ca 4,2 Mkr/år och en vinst av ca 3,0 Mkr/år jämfört med oljeproducerad värme.

Eftersom absorptionsvärmepumpar tillhör de processer som skall introduceras i svensk energiteknik finns goda möjligheter att bygga demonstrationsanläggningar med medel från BFR. Detta innebär också att eventuella risker ej belastar kommunen.

### 9.1 Villkor för BFR-stöd till demonstrationsanläggningar

Ändamålet med BFR-stöd är att stimulera utveckling och utprovning av nya energitekniker inom bostadsuppvärmningssektorn. Kravet för att få stöd är i princip följande:

- Projektet skall bedömas tekniskt utförbart.
- Projektet skall bedömas ekonomiskt attraktivt jämfört med konkurrerande tekniker.
- Projektet skall bedömas ha demonstrationsvärde (äga viss allmängiltighet; ge avsevärd energibesparing; demonstrera nya applikationer etc).

För de projekt som erhåller BFR-medel gäller normalt följande villkor:

- BFR finansierar med lånemedel den andel av investeringen som är att hänföra till ny energiteknik. I det aktuella projektet i Trollhättan kan BFR väntas bidra med storleksordningen ca 6 Mkr medan TFAB får bidra med ca 1 Mkr för den konventionella delen (yttre ledningar m m).
- För BFR-medlen gäller ränte- och amorteringsfrihet i 3-5 år.
- Bidrag (ej återbetalningspliktigt) fås från BFR för mätning och utvärdering under 1-2 säsonger.
- Efter 2-3 års drift görs ekonomisk utvärdering av projektet. Vid "lyckade" projekt sker därefter amortering av lånen efter de lånebestämmelser som tillämpas för bostadslån (max 15 års avskrivningstid, paritetslån). Vid "misslyckade" projekt tar BFR den ekonomiska förlusten.

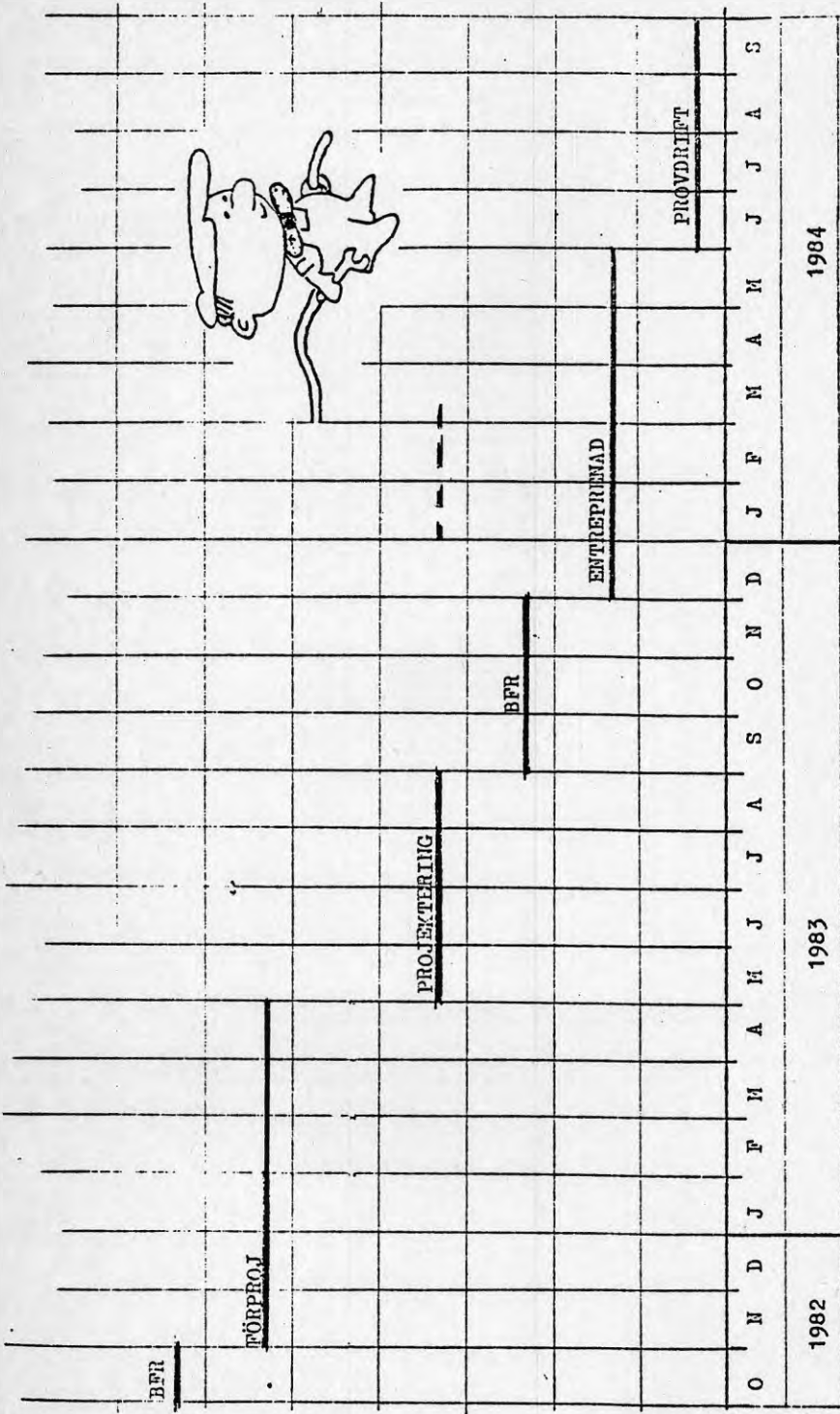
## 9.2 Förslag till handläggning

För den fortsatta handläggningen fram till upphandling förutser vi följande viktiga skeden:

- Granskning och presentation av denna rapport hos TFAB.
- Beslut av TFAB om ansökan till BFR.
- Anbudsinfordran, offertgranskning och avtalsförhandlingar med leverantörer.
- Beslut av BFR om tilldelning av demonstrationsmedel.
- Beslut om upphandling.

## 9.3 Tidplan

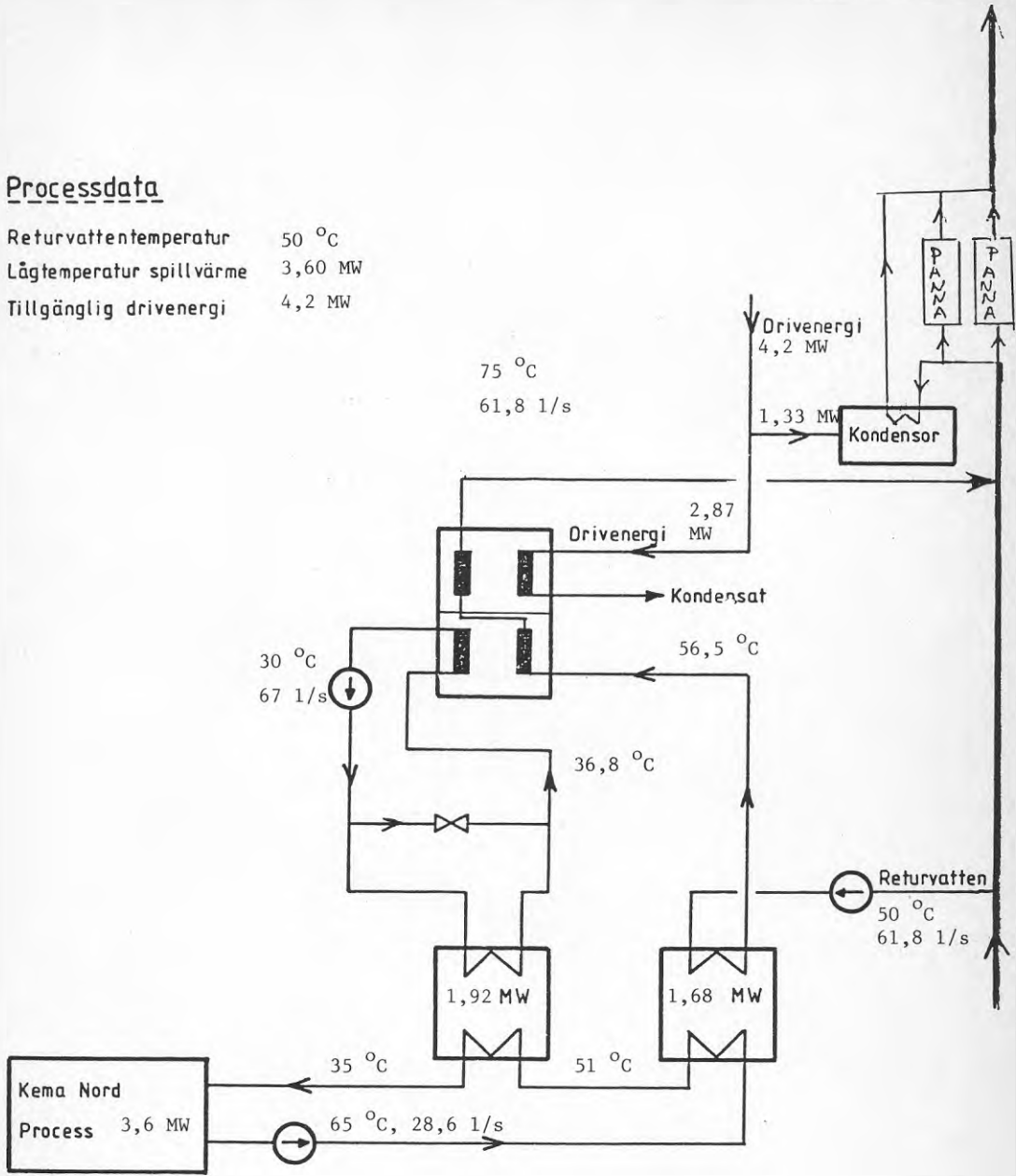
Tidplan framgår av figur på nästa sida. Absorptionsvärmepump-anläggningen beräknas kunna tas i drift hösten 1984. Om anläggningen försenas innebär detta ett bortfall av spillvärme som belastar alternativet med absorptionsvärmepump. Ett av de hinder som kan försena projektet är att absorptionsvärmepumpen måste godkännas av Svensk Anläggningsprovning. Behandlingen i SA kommer att äga rum under hösten 1983 vilket gör att man vid årsskiftet 83/84 bör kunna ge slutligt besked om huruvida utrustningen blir godkänd. Om utrustningen blir underkänd av SA (vilket är föga troligt) har man tid att i Trollhättan köpa en mekanisk värmepump som kan tas i drift september 1984.



AVP - TROLLHÄTTAN  
Preliminär tidplan

Processdata

Returvattentemperatur 50 °C  
 Lågtemperatur spillvärme 3,60 MW  
 Tillgänglig drivenergi 4,2 MW

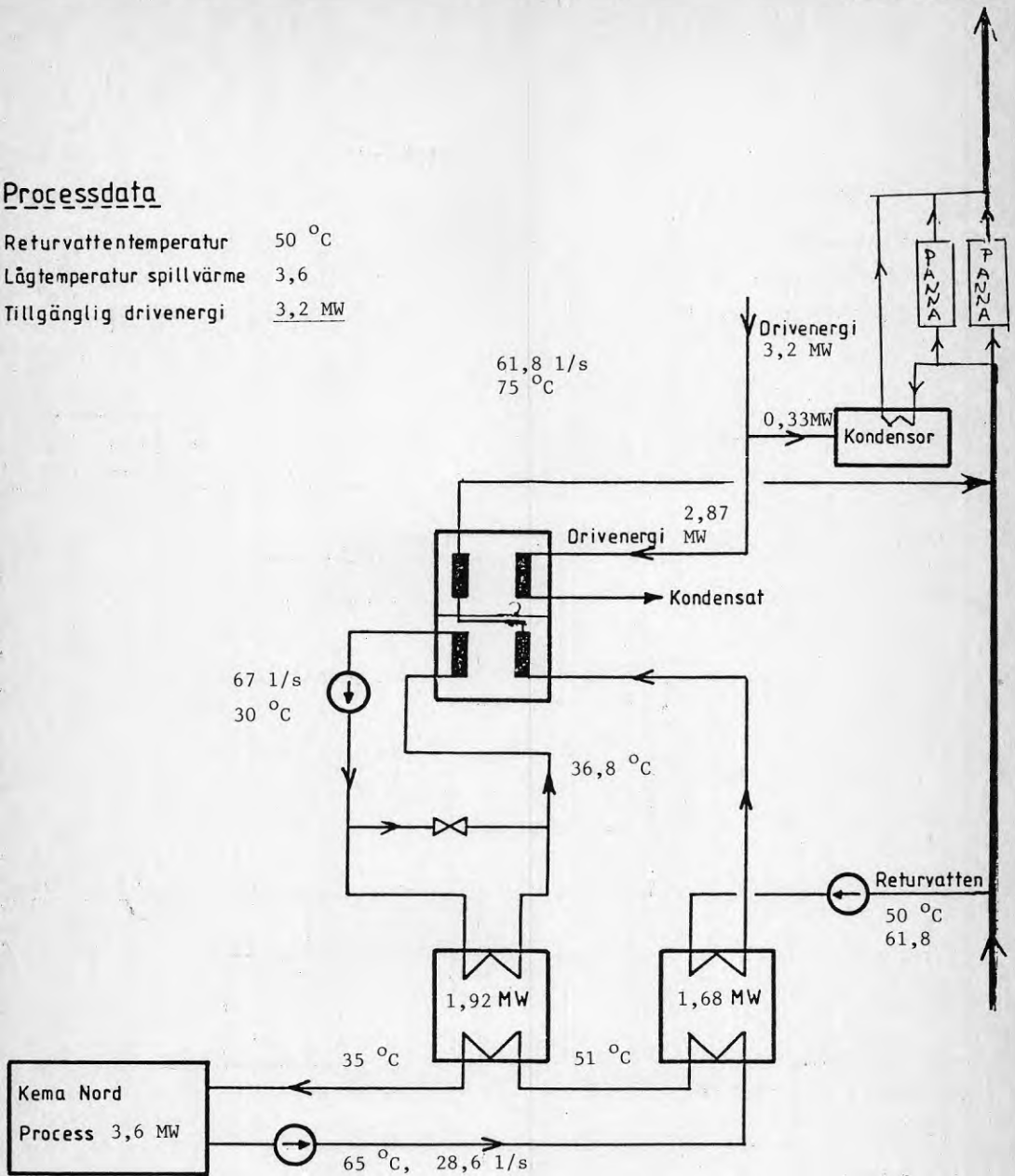


Driftfall 1 Normalfall



Processdata

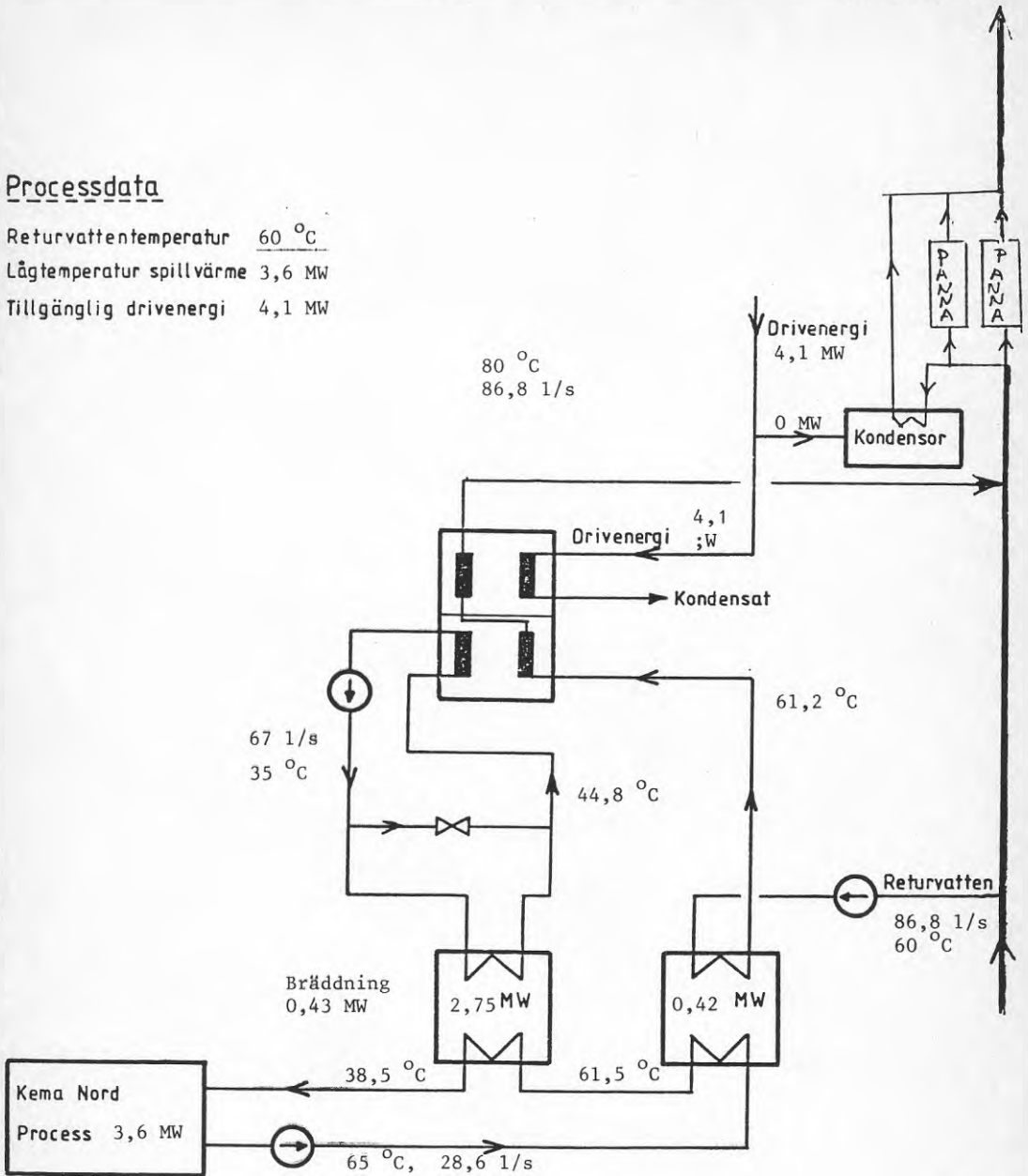
Returvattentemperatur 50 °C  
 Lågtemperatur spillvärme 3,6  
 Tillgänglig drivenergi 3,2 MW



Driftfall 2 Låg drivenergitillgång

Processdata

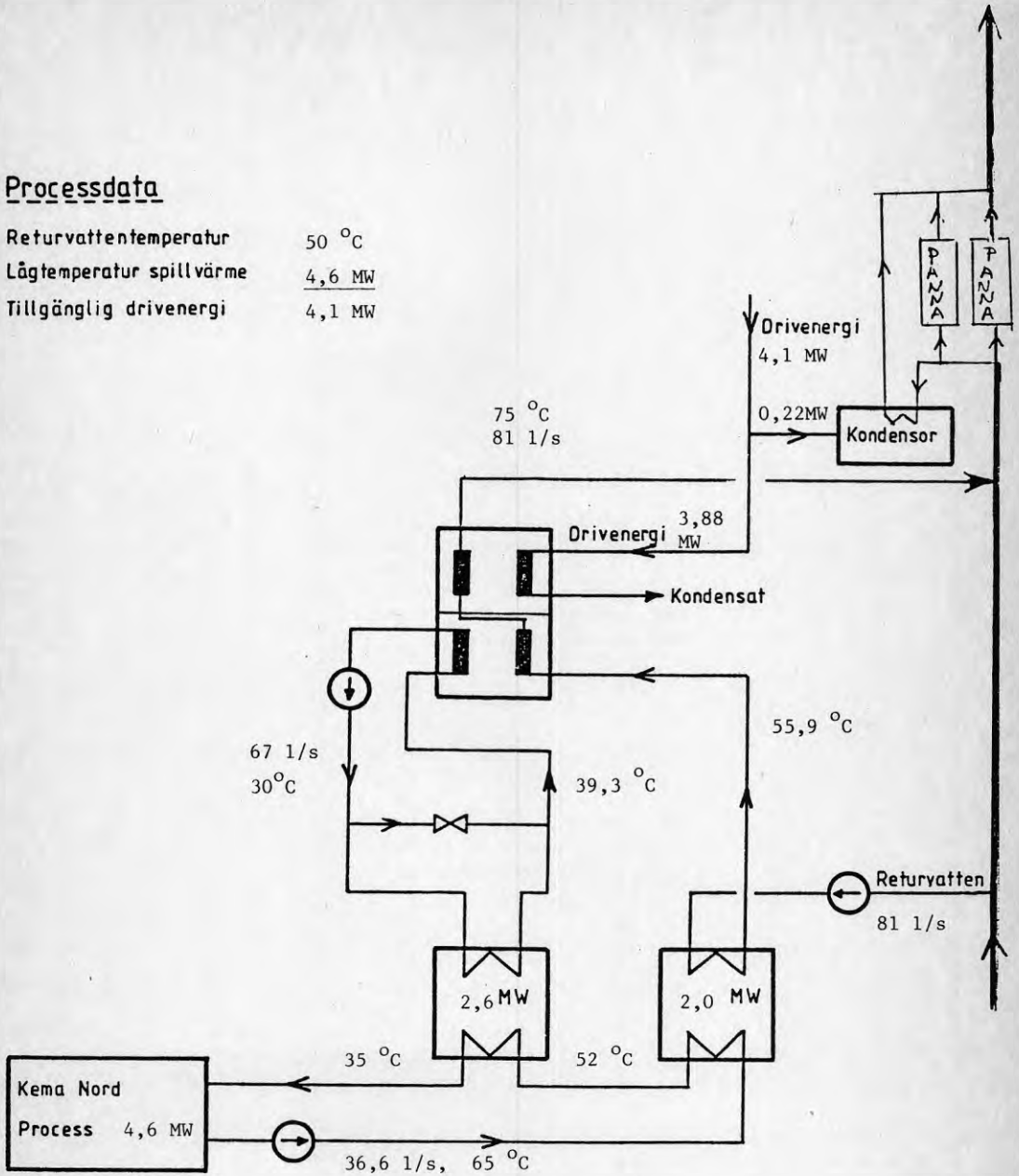
Returvattentemperatur 60 °C  
 Lågtemperatur spillvärme 3,6 MW  
 Tillgänglig drivenergi 4,1 MW



Driftfall .3 Hög returtemperatur

Processdata

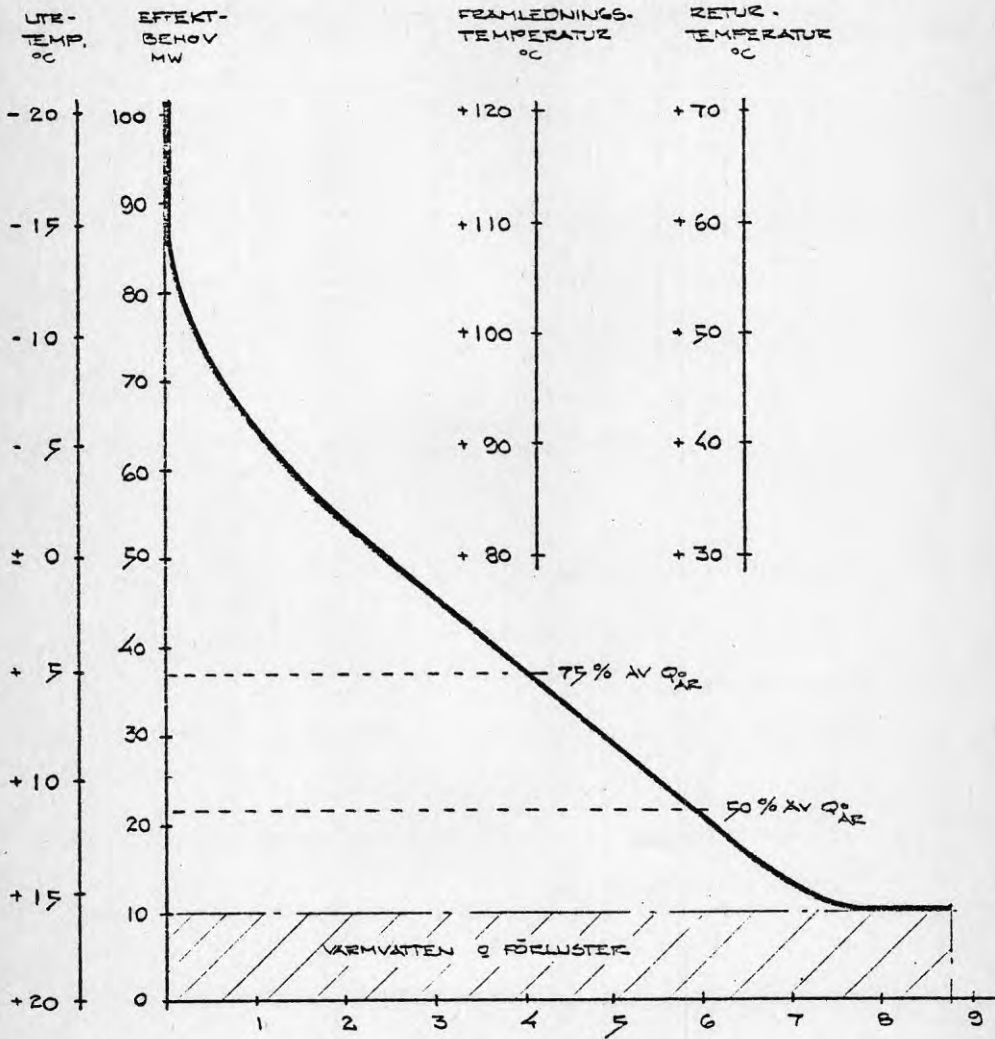
Returvattentemperatur	50 °C
Lågtemperatur spillvärme	4,6 MW
Tillgänglig drivenergi	4,1 MW



Driftfall 4. Hög lågtemperaturspillvärmertilgång

Kravspecifikation för absorptionsvärmepump i Trollhättan

Parameter	Krav
Kyleffekt	Kapacitet minst 2,8 MW (SANYO FH 800 T)
Tryckklass	Absorbator och kondensor 1,7 MPa, förångare 0,8 MPa generator 1,0 MPa.
Drivenergi Elförsörjning	Mättad ånga 10 bar 220/380 V, 50 Hz
<b>Flödeskapacitet</b>	
Förångare	Maxflöde 67 l/s, minflöde 34 l/s
Absorbator/kondensor	Maxflöde 90 l/s, minflöde 55 l/s
<b>Temperaturprestanda under normaldrift</b>	
Förångare	Ingående temperatur 37 <sup>o</sup> C utgående temperatur 30 <sup>o</sup> C
Absorbator/kondensor	Ingående temperatur 57 <sup>o</sup> C utgående temperatur 75 <sup>o</sup> C
<b>Temperaturprestanda under spetslastperioden</b>	
Förångare	Ingående temperatur 45 <sup>o</sup> C utgående temperatur 35 <sup>o</sup> C
Absorbator/kondensor	Ingående temperatur 62 <sup>o</sup> C utgående temperatur 80 <sup>o</sup> C.



$\times 10^3 \text{ h/år}$

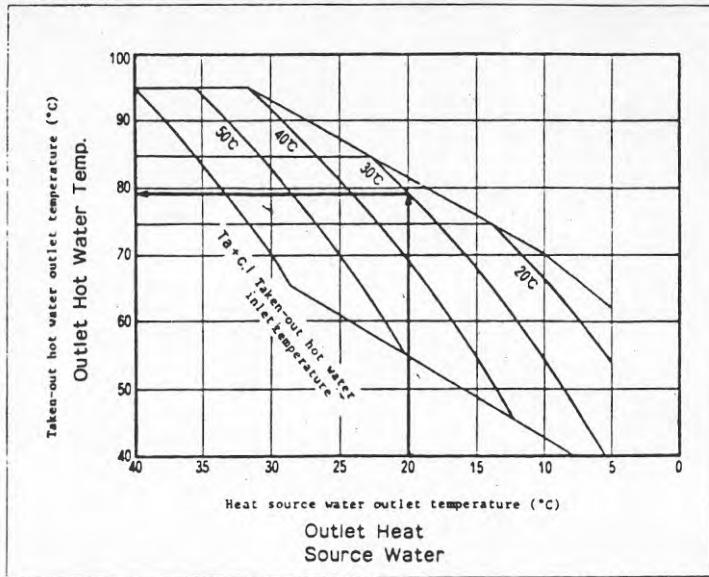
**TROLLHÄTTANS FJÄRRVÄRMENÄT**

VÄRKTIGHETSDIAGRAM - VÄRMEENERGI

LUTE-TEMPERATUR, EFFEKTBEHÖV, FRÅM-  
OCH RETURLEDNING

820804

• TEMPERATURE-RISE CHARACTERISTIC CURVES



5-3. Reading of temperature rise characteristic chart

In the illustrated example, the heat source water condition is

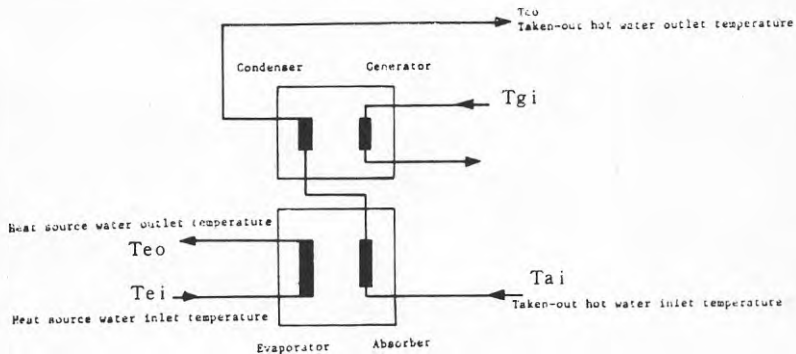
Heat source water outlet temperature ( $T_{eo}$ ) = 20°C

The hot water taken out is

Inlet temperature of hot water taken out ( $T_{ai}$ ) = 30°C

Then, the result is

Outlet temperature of hot water taken out ( $T_{co}$ ) = 79°C



RENÄMNING. AHP I TYP	AH- 50	AH- 75	BH- 110	BH- 150	CH- 200	CH- 250	CH- 310	DH- 410	DH- 510	EH- 610	EH- 710	FH- 800	FH- 1000	FH- 1000XS
Utgående <u>värmeväxlar</u> effekt, kW.....	439	659	967	1318	1750	2197	2725	3604	4483	5450	6155	7032	8790	9303
Flöde m <sup>3</sup> /h $\Delta t$ 40°..	9,4	14,2	20,8	27,2	37,8	47,2	58,6	77,5	96,4	117,2	132,3	151,2	189	200
Ingående <u>spillvatten</u> effekt, kW.....	175	263	386	527	703	879	1090	1441	1793	2197	2460	2813	3516	3715
Flöde m <sup>3</sup> /h $\Delta t$ 15°..	10	15	22	29	40	50	62	82	103	125	141	161	201	213
Ingående <u>driv effekt</u> ånga kW.....	264	396	581	791	1055	1218	1635	2163	2690	3270	3695	4219	5274	5508
Flöde kg/h.....	425	638	935	1275	1700	2125	2635	3485	4335	5269	5954	6798	8498	9100
ELförbrukning, kW...	3,7	3,7	3,7	3,7	5,6	5,6	5,6	7,8	7,8	10	10	11,5	11,5	11,5
Alternativ <u>drivkälla</u> olja 12,09 kW/kg <sup>(kg/h)</sup>	27	40	59	80	107	133	165	218	271	329	378	424	530	
Alternativ <u>drivkälla</u> gas 12,79 kW/Nm <sup>3</sup> /h.	27	40	59	80	107	133	165	218	271	329	378	424	530	
Längd i mm ångtyp gas/olja	3140 3085	3140 3085	4390 4335	4410 4335	5630 5520	5730 6900	7000 6900	5700 5900	5900 7100	7100 7200	7300 7300	7300 7400	8900 9000	8900
Bredd i mm ångtyp gas/olja	1710 2275	1710 2275	1710 2275	1810 2635	1810 2635	1900 3150	2010 3150	2500 3400	2500 3500	2800 4100	3200 5000	3200 5600	3300 5700	
Höjd i mm ångtyp gas/olja	2650 2650	2650 2650	2650 2650	2800 2800	2800 2800	3050 3050	3050 3050	3700 3700	3700 3700	4000 4000	4500 4500	4700 4700	4700 4700	

Data för Sanyo absorptionsvärmepumpar för värme-  
produktion.



Civ ing Rune Blomqvist  
c/o Riksbyggen  
Box 6709  
113 85 STOCKHOLM

Er referens/Your ref.

Vår referens/Our ref.  
32.056/Bo Tallving,  
Håkan Lundström/BM

Norrköping  
1983-04-18

Värmepump Trollhättan

Refererande till Er förfrågan av den 21 mars 1983  
Återkommer vi med en budgetoffert på värmepumanlägg-  
ningen.

Utförande och omfattning framgår av bifogad specifica-  
tion. För leveransen har vi räknat med att AB 72 och  
ABT 74 ska gälla.

Budgetpris 2 400 000:- exkl moms räknat som dagspris.

Leveranstiden är för närvarande ca 8 arbestmånader.

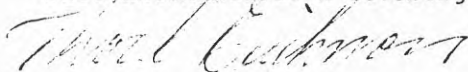
Vi hoppas att offerten är intressant för Er och för  
vidare kontakter svarar

Håkan Lundström vid vårt försäljningskontor i Göteborg  
tel 030 - 20 03 50 och

Bo Tallving tel 011/ 13 98 00.

Med vänlig hälsning

STAL REFRIGERATION AB  
Distriktskontoret i Göteborg



Kopia: Cg

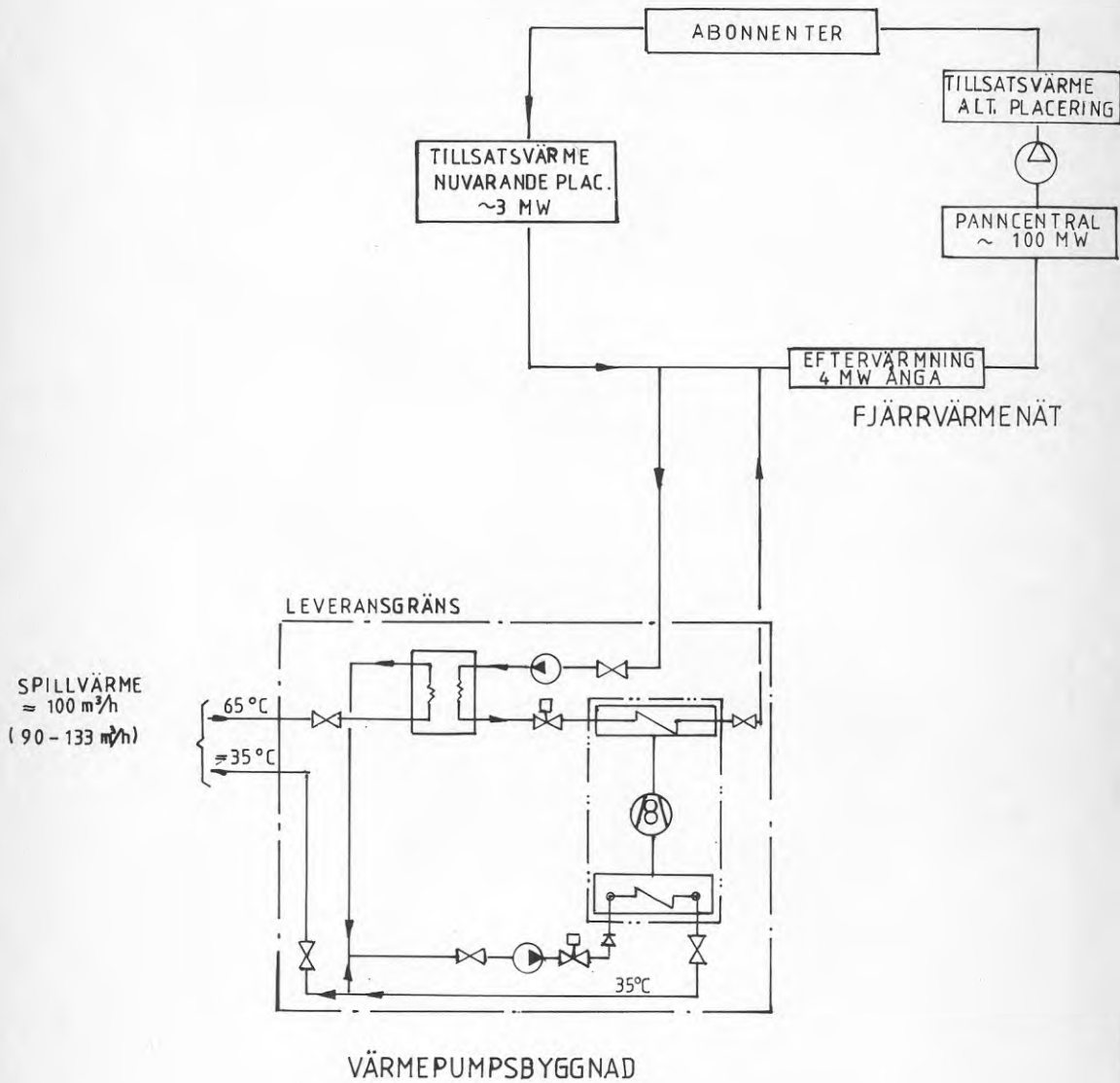
SPECIFIKATION

Värmepumpanläggning för Trollhättans Fjärrvärme AB  
(TFAB)

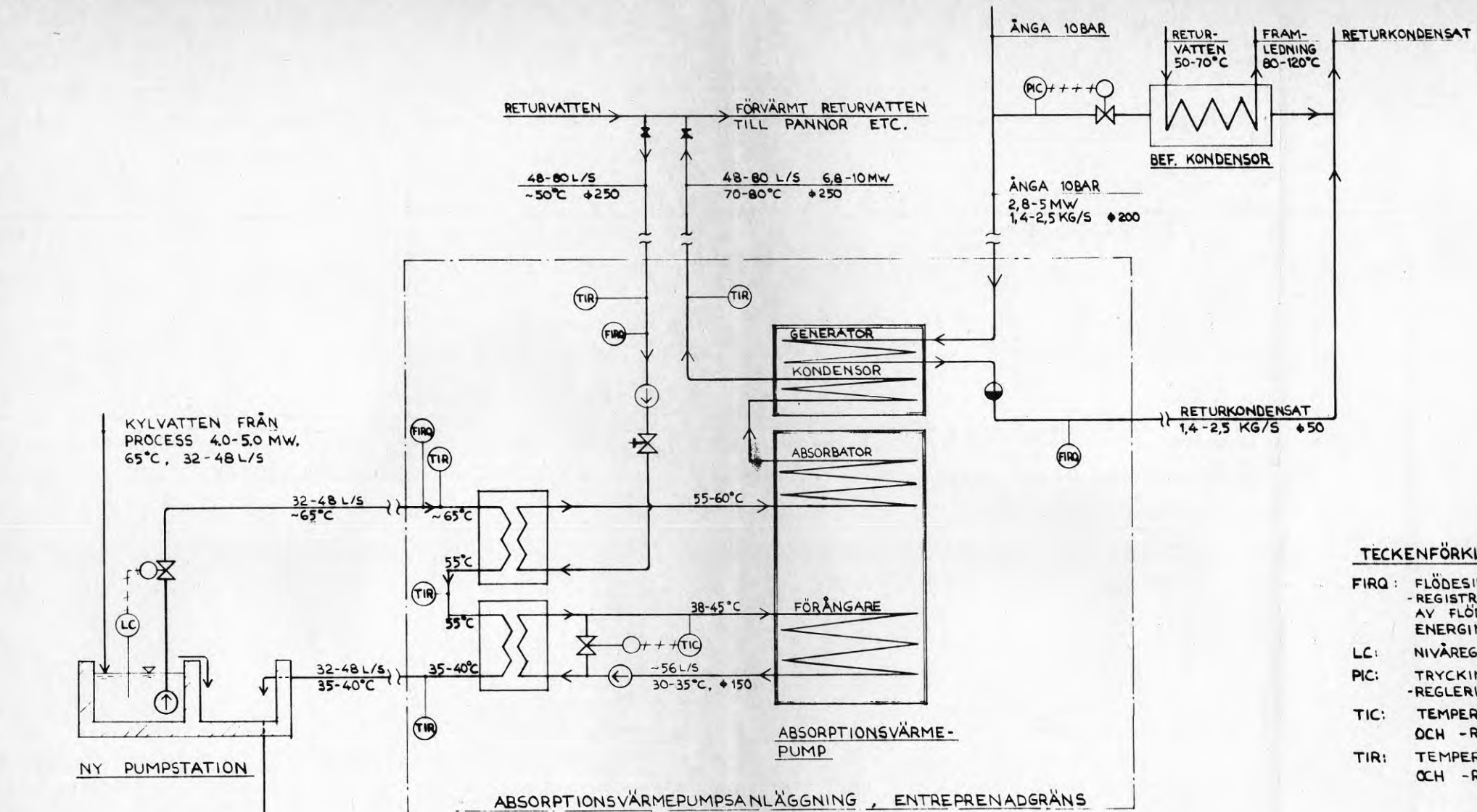
Ref: Anbudsbegäran från Riksbyggen 83-03-21

Innehållsförteckning

- Flik 1 Allmänt
- Flik 2 Specifikation maskinleverans
- Flik 3 Specifikation byggnadsarbeten
- Flik 4 Tekniska data
- Flik 5 Leveransgränser
- Flik 6 Rörprincipschema F-26766  
Utrymmesbehov F-26767  
Måttskiss VP-aggregat 7834-H-5 (VSM73EB)  
Måttskiss värmeväxlare A-L 32296-2076
- Flik 7 Prospekt och standardblad
- Flik 8 Förslag till serviceavtal 4572
- Flik 9 Referenslista



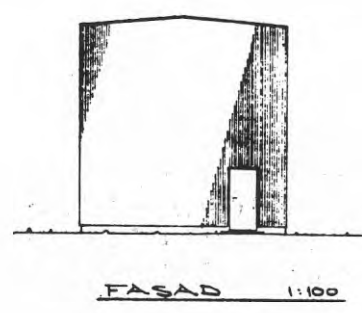
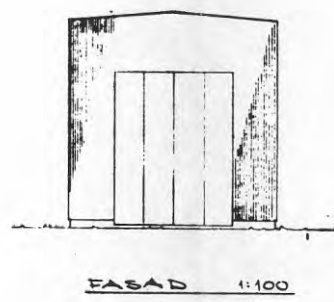
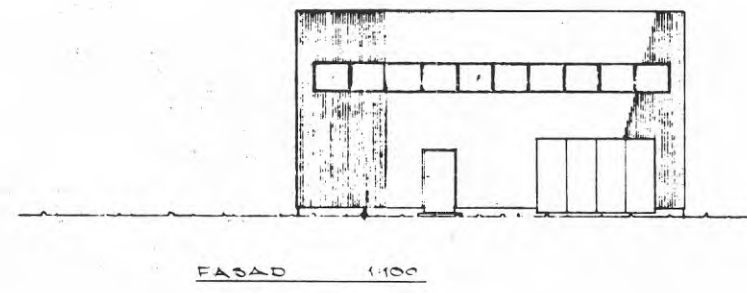
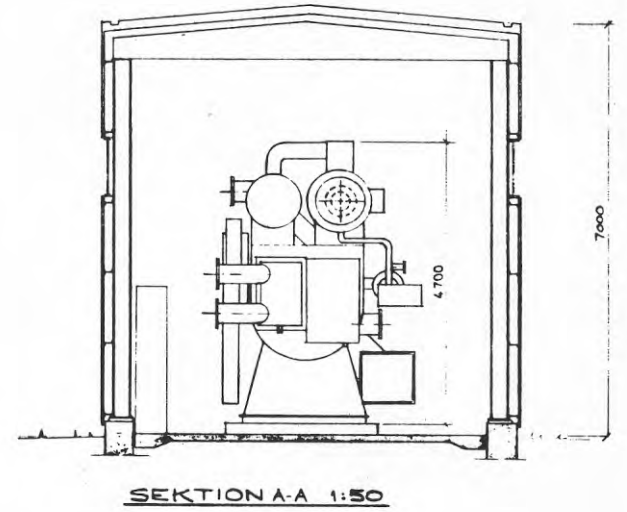
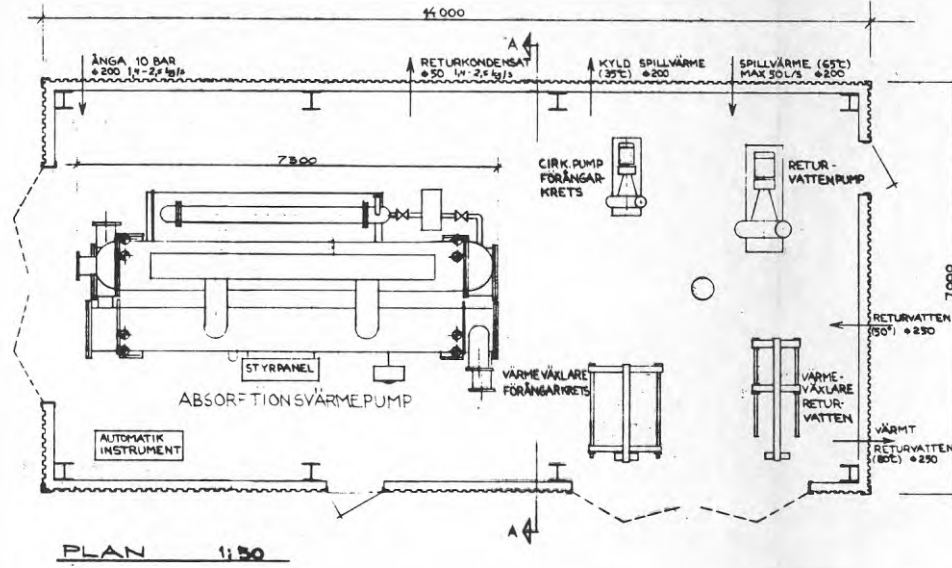
FIGUR PRINCIPSCHEMA FÖR MEKANISK VÄRMEPUMP.



**TECKENFÖRKLARING**

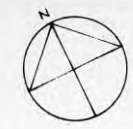
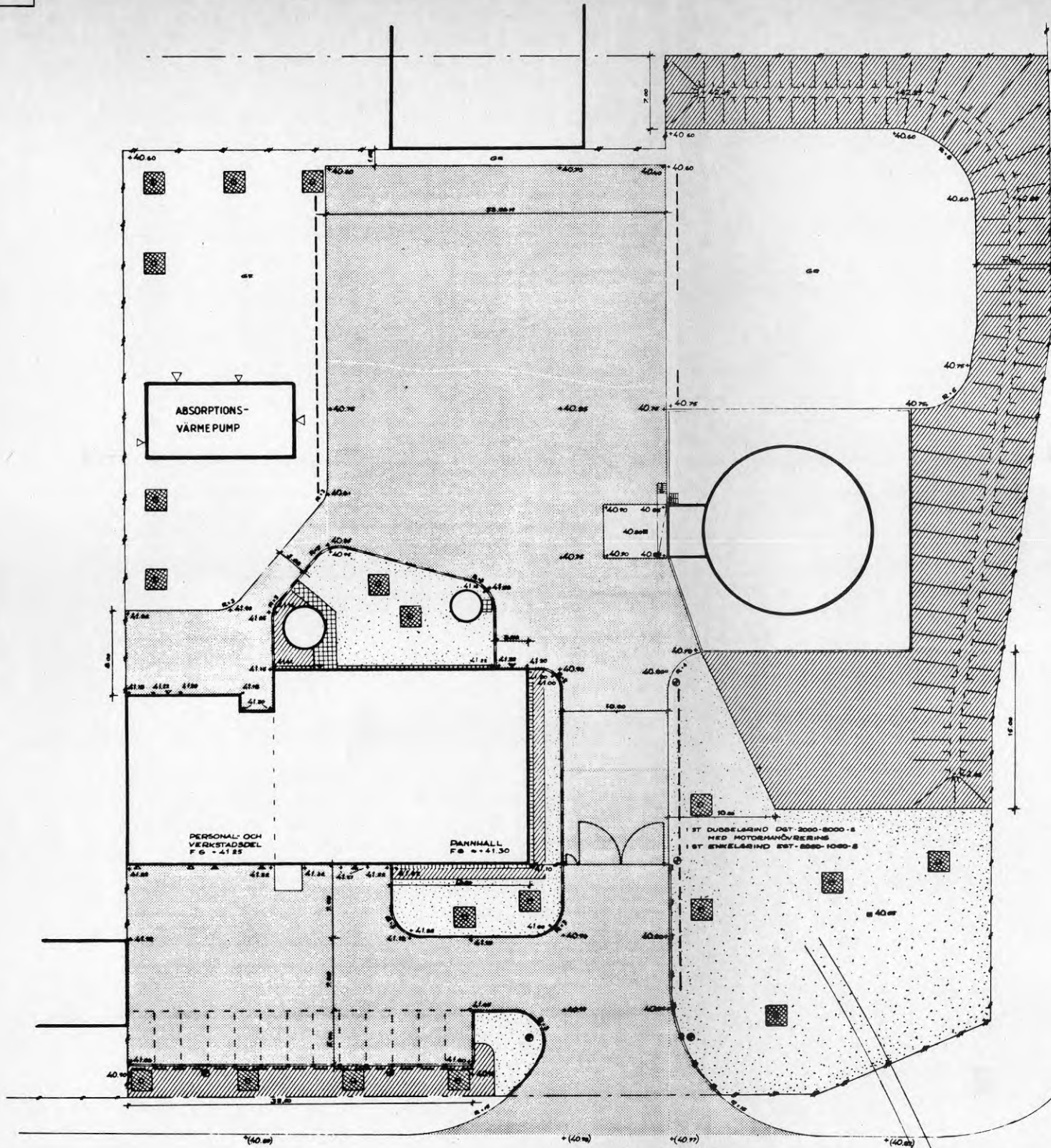
- FIRQ: FLÖDESINDIKERING, -REGISTRERING, SUMMERING AV FLÖDESMÄNGD OCH ENERGIMÄNGD
- LC: NIVÅREGLERING
- PIC: TRYCKINDIKERING OCH -REGLERING
- TIC: TEMPERATURINDIKERING OCH -REGLERING
- TIR: TEMPERATURINDIKERING OCH -REGISTRERING

<b>SCANDIACONSULT</b>		<b>ABSORPTIONSVÄRME PUMP</b>	
08-24 20 80		<b>TROLLHÄTTAN</b>	
		<b>FLÖDESSCHEMA</b>	
RT/KONSTR LJ	GRANSKAD	UPPLYS M.WESTERMARK	SKALA
1000 STÖCKHÅLL	UPPERAS	REVIS	1



<b>SCANDIACONSULT</b>		ABSORPTION SVÄRME PUMP TROLLHÄTTAN	
OBJ. NR. 1000			
BYGGNAD E. WALLINER	UPPDRAG M. WESTERHÄG		
330502	UPPDRAG 57.2726.01	BYGGNAD 2	SKALA 1:50, 4/50





**TECKENFÖRKLARING**

- TOTTGRÄNS
- [Hatched pattern] ASPALTVTA "BRAND"
- [Dotted pattern] GRÄSVTA
- [Horizontal lines] GRÄSVTA
- [Grid pattern] PLATTVA BETONPLATTOR 30x30x8 CM, DANSK SJÖSTEN
- [Diagonal lines] PLANTERINGSVTA, BUSKAR
- [Cross-hatch pattern] PLANTERINGSVTA, TRÄD
- KANTSTEN, GRANIT, 10 CM
- BEF STAKET
- FÖRESLAGET STAKET FÖTTERSTÄNGSEL N.3 TAGSTÄDAR, PLASTBELAGT SINTRETT, NÄTHÖJD 2000 MM, TRÄDDIM 30/30
- AVVISARPLANK
- [Vertical lines] SLÄNT
- FÖRESLAGEN BELYSNINGSSTOLPE
- (00.00) BEF HÖJD
- 00.00 FÖRESLAGEN HÖJD
- - - "KAKADANDIKE"

STALLBACKAVÄGEN

<b>SCANDIACONSULT</b>		<b>ABSORPTIONS-VÄRMEPUMP</b>	
		<b>TROLL-ÄTTAN</b>	
		<b>STUAT ÖUSPLAN</b>	
08-714 700			
ERIKSSON	WALLIN	WALLIN	WÄSTERHÄLV
850503		SKALA 1:200	
		BYGGNING	57 2726-01
		BLAD NR	3

HAMNVÄGEN





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
821531-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Trollhättans Fjärrvärme AB, Trollhättan.**

**R74: 1984**

**ISBN 91-540-4149-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704074**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 30 kr exkl moms**