



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

R81:1978

**Spillvärmeprojekt
Perstorp**

**Bernt Bäckström
Ulf Westberg m fl**

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R81:1978

SPILLVÄRMEPROJEKT PERSTORP

Förstudie av möjligheterna att utnyttja
s k spillvärme från Perstorp AB för upp-
värmning av bostäder och övriga byggnader
i samhället Perstorp.

Bernt Bäckström
Lennart Jansson
Torbjörn Samuelsson
Ulf Westberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770638-5 från Statens råd för byggnadsforskning till
P.R. Processutveckling AB, Västra Frölunda.

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

Nyckelord:
uppvärmning
bostäder
värmeåtervinning
fabriker
processindustri
kylvatten
spillvärme
värmepumpar
fjärrvärme
ekonomi

R81:1978

ISBN 91-540-2912-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1978 857581

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1 ORIENTERING	7
2 SPILLVÄRMETILLGÅNG	8
3 TEKNISK UTFORMNING	10
3.1 Alternativa lösningar	10
3.2 Kommentarer	12
3.3 Val av utredningsalternativ	14
4 SAMHÄLLETETS EFFEKT- OCH TEMPERATURBEHOV .	15
4.1 Effektbehov	15
4.2 Temperaturbehov	15
5 VÄRMEPUMPAR	16
5.1 Allmänt	16
5.2 Befintliga värmepumpar	17
5.3 Värmefaktor- och driftsförhållanden . .	18
5.4 Energiomsättning	19
5.5 Anläggningskostnader	23
6 EKONOMI	24
6.1 Allmänt	24
6.2 Investeringsbehov	25
6.3 Energiförsäljning	27
6.4 Underhållskostnader	27
6.5 Lönsamhetsbedömning	28
7 RESULTAT	29
FIGURER 1-13	31
BILAGA 1 Frågeformulär	49
BILAGA 2 Situationsplan	51
BILAGA 3 Flödesschema, alt 2B	53
BILAGA 4 Principschema	55

Sammanfattning

Processindustrin Perstorp AB har stora kylbehov vid sina produktionsanläggningar i Perstorp. Denna förstudie avser att belysa de tekniska och ekonomiska möjligheterna att nyttiggöra de energimängder som idag bortföres med kylvattnet ("spillvärme") genom att överföra dem till ett fjärrvärmenät i det närbelägna samhället.

Tillgången på spillvärme från de olika fabrikerna motsvarar en värmeeffekt av ca 12 MW vid nedkylning av kylvattnet med 10°C från blandningstemperaturen +30°C.

Perstorps kommun har genomfört utredningar som anger en ansluten värmeeffekt av totalt 30 MW vid full utbyggnad av samhällets fjärrvärmesystem. Den första utbyggnadsetappen, som planeras att starta inom kort, uppgår till 6 MW anslutningseffekt.

Ett antal olika tekniska principlösningar har skisserats och översiktligt värderats. Av dessa lösningar har ett huvudalternativ mera ingående studerats med avseende på teknisk uppbyggnad och ekonomi. Alternativet innebär att spillvärme från befintliga samlingsledningar ledes till en värmepumpanläggning inom fabriksområdet, där varmet överföres till ett konventionellt fjärrvärmesystem. De dieselmotordrivna värmepumparna dimensioneras för ca 1/4 av fjärrvärmenätets anslutningseffekt d v s 1,5-2 MW vid starten

och 7,5 MW vid full utbyggnad. Perstorp AB:s ångcentral tillhandahåller resterande värmeeffekt, d v s $3/4$ av anslutningseffekten. Värmepumpanläggningen får en utnyttjningstid vid full drift på ca 6000 h/år vilket medför att den svarar för ungefär 75% av fjärrvärmenätets årliga energibehov.

Anläggningens lönsamhet är beroende av bl a fjärrvärmenätets utbyggnadstakt. Om nätet utbygges helt under en period av 15 år kräver värmepumpanläggningen en investering av 4,3 Mkr för den första utbyggnadsetappen, varav värmekulvert till anslutningspunkten för fjärrvärmenätet utgör ca $1/4$. Återbetalningstiden för denna investering utan bidrag är 6,7 år. Med ett investeringsbidrag för experimentbyggnadsprojekt av 2,3 Mkr, d v s 53%, blir återbetalningstiden 5 år.

Resultatet av förstudien pekar på att en första etapp av spillvärmeprojektet borde förverkligas i samband med fjärrvärmeutbyggnad i Perstorp. Möjligheterna är här gynnsamma att få en dieselmotordriven värmepumpanläggning som bas för en ev framtida utveckling på området. En fortsättning av utredningsarbetet med projektering fram till förslagshandling och bindande kalkyl föreslås.

1. Orientering

Ifrågavarande projekt gäller en undersökning av möjligheterna att nyttiggöra s k spillvärme från en processindustri - i detta fall Perstorp AB - för uppvärmning mm av bostäder och övriga byggnader i samhället Perstorp. Perstorp AB har undersökt andra möjligheter att nyttiggöra sitt spillvärme, bl a har växthusprojekt diskuterats. Tanken att med hjälp av värmepump höja temperaturnivån så att värme skulle kunna överföras i ett fjärrvärmenät har också funnits. Perstorps kommun har oberoende härav låtit utreda förutsättningarna för utbyggnad av fjärrvärme dock i första hand med konventionella panncentraler. Avsikten har därvid bl a varit att öka möjligheterna att utnyttja även fasta bränslen för att därigenom minska oljeberoendet på sikt.

Efter preliminära kontakter mellan Ingvar Borgström, Perstorp AB och Ulf Westberg, P R Processutveckling AB, Göteborg, diskuterades ett eventuellt spillvärme- värmepumpprojekt vid ett sammanträde i Perstorp våren 1977 där även Bernt Bäckström, Wahlings Bygginstallationer AB, Göteborg, deltog.

Under juni månad skisserades ett projekt omfattande förstudie, projektering och genomförande av en eventuell försöks- och demonstrationsanläggning. Statens Råd för Byggnadsforskning beviljade efter

ansökan medel till en förstudie - anslag nr 770638-5.

Utredningsarbetet påbörjades i november månad 1977 och projektmöten har vid fyra tillfällen hållits i Perstorp. Perstorps kommun har representerats av Tomas Hartwall och Perstorp AB av Ingvar Borgström, Claes Sparre och Nils Norrby. Redan före projektstarten hade Perstorp AB gjort en preliminär inventering av spillvärmeutsläppen. Denna visade att ganska betydande effekter med lång varaktighet släpptes ut, mest i form av kylvatten.

Genom fabriksområdet flyter en bäck, Ybbarpsån. Vattenföringen i denna är dock särskilt sommartid otillräcklig för att täcka hela kylvattenbehovet. Därför har kyltornsanläggningar av betydande omfattning byggts. Vatten från bäcken nyttjas dock för vissa kyländamål och som spädvatten till kyltornen.

Sänkning av kylvattentemperaturen i en eventuell värmepumpanläggning kan förutom att värme därigenom nyttiggörs också minska driftskostnaderna för kyltornen. Samtidigt minskas behovet av ökad kyltornskapacitet vid i framtiden växande kylbehov.

2. Spillvärmertilgång

Tillgången på spillvärme hade som ovan nämnts tidigare inventerats inom Perstorp AB. Det be-

dömdes dock som nödvändigt att inom ramen för denna studie förnya inventeringen. Ett frågeformulär utarbetades och distribuerades till olika driftsenheter, bilaga 1. Insamlade uppgifter sammanställdes och kompletterades delvis genom besök på platsen. Med tanke på möjligheterna att nyttiggöra spillvärme är uppgifter såsom varaktighet, tillgänglighet och temperatur på olika flöden av betydelse.

Efter bearbetning och sammanställning av uppgifter om spillvärmestillgången befanns att det värme som kan vara intressant att utnyttja externt finns i form av kylvatten som f n finns samlat i vissa huvudflöden - ledningar. Det kan finnas vissa möjligheter att separera och utnyttja delflöden med högre temperatur men detta bedömdes på tidigt stadium vara tämligen omständligt och därmed kostsamt. Delflöden med väsentligt högre temperatur är relativt små och har otillfredsställande varaktighet eller tillgänglighet och är därför av mindre intresse i detta sammanhang. Åtgärder för lokal värmeåtervinning kan här ligga närmare till hands.

Sammanfattningsvis finns i första hand utnyttjningsbara värmefflöden i kylvatten enligt följande:

Utsläpp nr	Flöde 1/s	Blandn temp °C	Effekt kW	Varaktig- het tim/år
U1	88	34	3700	6000
U2	173	30	7200	8000
U3	3	40	120	4000
U4	17	25	700	6500

Effekterna är baserade på kylning av kylvatten ca 10°C d v s från exempelvis 30 till 20°C. Uppgifterna finna också på flödesschema, bilaga 3.

Av sekretesskäl har benämningar på utsläppen - fabriksnamn etc - utelämnats. Sammanlagt rör det sig om ca 12 MW vid en nedkylning av 10°C. Spillvärmeutsläppens flöden och temperaturer är i stort sett konstanta under året. Utsläpp U1 varierar i temperatur något med utetemperaturen och utsläpp U2 varierar i temperatur något med vattentemperaturen i Ybbarpsån. Utsläpp U3 varierar både i flöde och temperatur med tillverkningsprocessen men sammanlagring av flera enheter kompenserar i stort dessa variationer.

3. Teknisk utformning

3.1 Alternativa lösningar

Vid utredningsarbetets början diskuterades olika principer eller tekniska lösningar för att nyttiggöra spillvärmets.

Följande alternativ ansågs rimliga och borde övervägas. En eller ett par lösningar borde slutgiltigt

utväljas som huvudalternativ och bli föremål för en mer ingående teknisk bearbetning och ekonomisk värdering i förstudien.

Alt	Princip	A Distr av spillvärme- kylvatten	B Fjärrvärme normaltemp	C Fjärrvärme låg temp
1.	Flöden med tillräckligt hög temperatur separeras och överförs via värmeväxlare till distributionsnät i samhället.	-	(x)	x
2.	Spillvärme från befintliga samlingsledningar överförs efter temperaturhöjning med värmepump vid fabriken till distributionsnät i samhället.	-	x	x
3.	Flöden med olika temperatur separeras. Lägre nivåer värmepumpas. (Komb av alt 1 och 2).	-	x	x
4.	Spillvärme från befintliga samlingsledningar pumpas i enkel ledning till samhället. Värmepumpar i varje hus. Utsläpp i regnvattensystemet.	x	-	-
5.	Spillvärme från befintliga samlingsledningar pumpas i enkel ledning till samhället. Central värmepump i samhället och inkoppling på fjärrvärmenätet. Spillvattenutsläpp i regnvattensystemet.	-	x	x
6.	Samhällets förbrukningsvatten värms i värmeväxlare till ca +25°C. Varmvatten/kallvattenberedning i varje hus med värmepump. (Uppvärmning/nedkylning).	x	-	-
7.	Samhällets förbrukningsvatten värms i värmeväxlare till ca +15°C.	x	-	-
8.	Lika alt 4 men fram- och återledning för kylvatten. Regnvattennätet berörs ej.	x	-	-
9.	Lika alt 5 men fram- och återledning för kylvatten. Regnvattennätet berörs ej.	-	x	x

3.2 Kommentar

Till de skisserade lösningsalternativen lämnas här följande kommentarer som förtydliganden och vägledning för den fortsatta bearbetningen.

Alt_1

De tillgängliga och separerbara flödena med så hög temperatur att direkt överföring i växlare kan ske är mycket ringa och det skulle bli dyrbart att genom rörledningar samla ihop dessa flöden. I den mån sådana flöden kan separeras bör man eftersträva att utnyttja dessa internt och så nära alstringsplatsen som möjligt. Beredning av tappvarmvatten för omklädningsrum kan vara ett lämpligt användningsområde. Alternativet är särskilt genom effektens otillräcklighet inte intressant.

Alt_2

Alternativet är intressant, då den tillgängliga effekten är tämligen stor även vid måttlig sänkning av kylvattnets temperatur. Alternativet bör detaljstuderas. Större förbränningsmotordrivna eller ångturbindrivna värmepumpar är tänkbara.

Alt_3

Se kommentarer till alt 1 och 2.

Alt_4

Lösningen kan vara av praktiskt intresse särskilt

som kostnaderna för distributionsnätet bör bli låga. Värmepumpar i varje hus eller nuvarande panncentral kan dock vara en viss olägenhet. Aggregatens storlek och placering gör att nästan enbart elmotordrift kan komma ifråga. Värmefaktorn och därmed ekonomin bör bli betydligt bättre jämfört med värmepumpar med uteluft som värmekälla. Enkelledningar och därmed utsläppet i regnvatten-nätet medför ett problem eftersom en stor del av kylvattnet inte återföres till Ybbarpsån. Ån berövas härigenom vatten och detta är inte utan vidare tillåtet.

Alt_5

Lösningen kräver en kompletterande panncentral för topplast och reserv, i likhet med värmepumpcentralen placerad i samhället. Liksom vid alt 4 kan avtappningen från Ybbarpsån innebära hinder för genomförandet. Tillgänglig spillvärmeeffekt är stor.

Alt_6

Alternativet ger inte möjlighet till total värmeförsörjning utan ger i stort sett endast värme för tappvarmvatten.

Det bör observeras att värmepumpar krävs överallt om inte "kallvatten" med en temperatur av ca +30°C kan accepteras. Det finns också stor risk för bakteriologiska invändningar.

Alt 7

Alternativet ger ännu mindre effekt än alt 6 men har också färre nackdelar. Lösningen kan vara ekonomiskt intressant genom låg investering och kan övervägas som ett tillägg till exempelvis alt 2.

Alt 8

Jämfört med alt 4 blir distributionsnätet något dyrare eftersom dubbelledning - d v s ett komplett distributionsnät - måste användas. Dock undviks olägenheter med bortförsl av Ybbarpsåns vatten. Alternativet kan vara värt att granska närmare.

Alt 9

Liksom i alt 5 kan större värmepumpenheter utnyttjas och alternativet är näst efter alt 2 det mest intressanta.

3.3 Val av utredningsalternativ

Med hänsyn till att förstudiens omfattning måste begränsas är det nödvändigt att välja ett par eller helst endast ett sannolikt alternativ för fortsatt bearbetning.

Efter överläggningar inom arbetsgruppen och diskussion på projektmöten har alt 2 ansetts som mest realistiskt. Alt 5 och 9 är också troliga men alt 2 ger möjligheter att bättre utnyttja Perstorp AB:s befintliga pannanläggningar, mottrycksdrift mm.

Redan nu finns där möjligheter till avfallsförbrän-

ning och därmed till krisbränslereserv.

Förstudien har därför koncentrerats på utförande enl alt 2B d v s värmepumpanläggningen inom fabriksområdet och fjärrvärmenät med i stort sett konventionella temperaturer.

4. Samhällets effekt- och temperaturbehov

4.1 Effektbehov

Med ledning av fjärrvärmeutredningar som Perstorps kommun låtit göra, kan effektbehovet för befintlig bebyggelse inklusive nu kända, tillkommande byggnader uppskattas till ca 30 MW (maximalt effektbehov = summa anslutningseffekt).

Med hänsyn till att all befintlig bebyggelse inte kan antas bli ansluten förrän efter lång tid och med hänsyn till sammanlagring och rimliga "energisparande åtgärder" i husen kan värdet 30 MW anses täcka även en rimlig reserv för utbyggnad i samhällets centrala delar.

Enligt kommunens planer för fjärrvärmeutbyggnad är det sannolikt att en första etapp kommer att omfatta en anslutningseffekt på ca 6 MW, eventuellt förverkligad redan till eldningssäsongen 1979/80.

4.2 Temperaturbehov

Bebyggelsen och värmesystemen i husen är här till den helt övervägande delen befintliga och kan således inte fritt anpassas till nya förhållanden. Det kan antas att värmesystemen i husen huvudsak-

ligen är dimensionerad för temp 80/60°C och att beredarna för tappvarmvatten har en normal dimensionering. Endast i undantagsfall kan framledningstemperaturen kallaste dagen beräkningsmässigt vara 90°C.

Ett konventionellt fjärrvärmenät skulle normalt läggas ut för 120/70°C och befintliga radiator-system mm skulle då utan vidare kunna försörjas. Med tanke på värmepumpanvändningen och på vad som antagits beträffande de befintliga radiatorsystemen mm borde här helst väljas 110/60°C som ger samma ledningsdimension för en viss effekt som 120/70°C men som är bättre vid värmepumpdrift. Även temperaturerna 110/70°C eller 110/60°C för "kallaste dagen" är en tänkbar dimensionering som bör ge ca 70/45°C vid lägsta belastning och 75/60°C vid "genomsnittsbelastning".

I bifogade diagram redovisas varaktighetskurvor för temperaturer och effekter. Se figur 1-4.

5. Värmepumpar

5.1 Allmänt

En värmepump är egentligen en kylanläggning som byggts för att tillvarata den avgivna energin. Värmepumpen är intressant genom att temperaturen

på lågvärdigt värme kan höjas och detta därmed nyttiggöras. För temperaturhöjningen - värmepumpningen - krävs ett tillskott av högvärdig drivmotorenergi men storleken av denna är måttlig i förhållande till den uppumpade energimängden.

5.2 Befintliga värmepumpar

Egentliga värmepumpar, d v s anläggningar byggda enbart eller huvudsakligen för "värmealstring" fanns fram t o m 1950-talet endast i enstaka fall i Sverige.

År 1976 fanns i Sverige något mer än ett tusental värmepumpaggregat i drift. De flesta av dessa har tillkommit under de senaste åren och är av typen mindre enhetsaggregat för villor och liknande. Det är ofta fråga om s k konvertibla aggregat av typen luft/luft och helt eller delvis av amerikansk tillverkning. Något hundratal är större värmepumpanläggningar i platsbyggt utförande och dessa nyttjas genomgående som kylanläggningar för luftbehandling (lokalkylning) sommartid. Uppskattningsvis några hundra aggregat är av typen prefabricerade s k takaggregat i likhet med de större platsbyggda anläggningarna innehållande såväl kyl- som värmepumpfunktion.

De större platsbyggda anläggningarna finns till stor del i sjukhus och de något mindre i butiks- och kontorshus.

Utvecklingen har varit likartad i övriga i-länder.

I Västtyskland visas f n stort intresse för värmepumpar och där fanns 1976 ca 700 större värmepumpanläggningar som tar värme från uteluft, mark eller vatten och i vissa fall kylvatten och avloppsvatten.

I Danmark har tidigare utvecklats markvärmepumpar och ca 400 sådana är nu i drift. Trots det stora antalet har man inte redovisat objektiva mätningar varken på värmepumparnas presterande eller på de fysikaliska förloppet i marken. Utvecklingen av större anläggningar pågår.

I Sverige representeras värmepumpstekniken i princip av tre slags företag:

- kylfirmor med egen installationsavdelning som platsbygger värmepumpar
- verkstadsföretag som av delvis utländska komponenter bygger ihop och saluför enhetsaggregat
- företag som importerar kompletta värmepumpar i form av enhetsaggregat i vissa fall som kompletta luftbehandlingsaggregat med kylfunktion.

Representativa större värmepumpanläggningar finns i mycket begränsad omfattning och när det gäller kombination med spillvärmeutnyttjande och förbränningsmotordrift finns inga referensanläggningar alls från vilka erfarenheter redovisats.

5.3 Värmefaktorer - driftsförhållanden

Med värmefaktor för en värmepump menas förhållandet

avgivet värme/tillförd drivenergi

Vanligen menas i kondensorn avgivet (nyttiggjort)

värme och för en elmotordriven kompressor är det vanligtvis till motorn tillförd elenergi som avses. I motorns verkningsgrad är inkluderad i värmefaktorn. Om andra typer av drivmotorer är aktuella kan det vara enklare att kompressorns sk axeleffektbehov istället används.

I figur 6 ges axeleffektbehovet och kondensoreffekten för en större kolvkompressor vid olika förångnings- och kondenseringstemperaturer. Värmefaktorn kan också överslagsmässigt beräknas med hjälp av värden ur diagrammet.

Diagrammet visar bl a också att kondensoreffekten för en viss maskin snabbt avtar med sjunkande förångningstemperatur och stigande kondenseringstemperatur. Det är därför av vikt för driftsekonomi att driftsförhållandena blir så bra som möjligt d v s högsta möjliga förångningstemperatur och lägsta möjliga kondenseringstemperatur skall alltid eftersträvas. Som exempel kan nämnas att värmefaktorn som vid +22/+65 blir $540/113 = 4,8$ vid 10°C lägre förångningstemperatur d v s +12/+65 har sjunkit till ca $400/105 = 3,8$. Förhållanden och värden är likartade för andra tänkbara kompressortyper exempelvis skruvkompressorn som vid större effektbehov blir aktuell.

5.4 Energiomsättning

5.4.1 Elmotordrift

Vid en elmotordriven värmepump är energiomsättningen tämligen enkel att överblicka och "totala värme-

faktorn" är som ovan nämnts förhållandet mellan i kondensorn avgivet värme och till drivmotorn tillförd elenergi.

Vid elmotordrift finns två olika utföranden:

- öppen (axeltätad) kompressor med separat elmotor
- sk hermetisk typ där elmotor och kompressor är sammanbyggda och energiförlusterna i motorn tas upp av arbetsmediet (köldmediet).

Den förstnämnda typen förekommer mest vid större anläggningar och den andra vid mindre anläggningar. Ur energiomsättningssynpunkt är skillnaden måttlig och inverkar inte annat än vid mycket noggranna beräkningar.

5.4.2. Dieselmotordrift

Vid system med förbränningsmotordrivna kompressorer blir energiomsättningen något svårare att överblicka. För exempelvis en dieselmotordriven värmepump kan förhållandena enligt figur 7 nedan gälla.

De i figuren angivna siffervärdena är givetvis ungefärliga och har medtagits i första hand för att illustrera principen. Storleksordningen är dock fullt realistisk och de valda värdena innebär en värmefaktor för själva värmepumpen på 4. För en större kolvkompressor uppnås värdet vid exempelvis driftsförhållandena $+20/+70^{\circ}\text{C}$. Om en effekt lika stor som axeleffekten kan nyttiggöras i form av värme från dieselmotorns

kylvatten och rökgaser så ökar den totala värmefaktorn räknad på axeleffekten till ungefär värdet 5.

Förhållandet mellan total avgiven effekt och den i olja tillförda effekten kan också sägas vara anläggningens totala värmefaktor och detta värde blir i exemplet enligt figuren $5/2,5 = 2$ vilket också kan uttryckas som 200% verkningsgrad räknat på oljans bränslevärde.

Värdena för både kompressor och drivmotor kan givetvis variera men det är fullt möjligt att med en dieselmotordriven värmepump uppnå en total värmefaktor räknat på oljans bränslevärde av storleksordningen 1,7 vilket betyder att oljeförbrukningen blir 50% av vad den skulle bli om oljan eldades i en panna med 85% verkningsgrad. Vid större värmepumpanläggningar blir skruvkompressorer aktuella och axeleffektbehovet per maskin ligger då på 500 å 1000 kW. Varvtalet på dessa maskiner är 3 - 4000 r/min. Tyvärr är lämpliga dieselmotorer byggda för varvtal på ca 1000 r/min, varför varvtalsomsättning måste ske med hjälp av exempelvis mekanisk växel. En sådan är dock dyrbar och energikrävande. Det kan också vara av intresse att låta en stor dieselmotor driva ett antal kompressorer. Ett sätt är då att utnyttja elektrisk effektöverföring d v s dieselmotor driver en elgenerator - typ reservkraftaggregat - och kompressorerna förses med elektriska drivmotorer på vanligt sätt. Härigenom

löses givetvis samtidigt det ovan antydda problemet med olika varvtal för kompressor resp dieselmotor. Kompressorerna kan då också alternativt drivas med elkraft på nätet.

Verkningsgraden för en större dieselmotor är visserligen förhållandevis hög om både axel-effekt och värme kan utnyttjas, men en del av värmnet måste emellertid kylas bort vid ganska låg temperatur. Det gäller kylning av förbränningsluften efter överladdningskompressorn och smörjoljekylningen.

Cylinder- eller mantelkylningen d v s det normala motorkylvattnet kan ha en temperatur på 70 å 80°C d v s lika med de högsta möjliga kondensortemperaturerna. Från rökgaserna kan högvärdigt värme utvinnas d v s vatten kan utan svårighet värmas till 100 å 120°C.

Dieselmotorkylning i olika utföranden illustreras i fig 8.

5.4.3. Ångturbindrift

Det är också möjligt att driva både kolv- och skruvkompressorer med ångturbin. Energiomsättningen blir då schematiskt enligt fig 9.

Energien i avloppsången från turbinen måste nyttiggöras om systemet skall vara försvarbart.

Avloppsången kan användas för värmning av fjärrvärmvattnet men detta är möjligt endast under fjärrvärmnätets höglastperioder d v s då värmepumpeffekten är liten i förhållande till

nätets effektbehov. När nätets effektbehov närmar sig värmepumpens avgivna effekt kan följaktligen avloppsången inte ekonomiskt utnyttjas för eftervärmning av fjärrvärmvattnet. Härav följer att antingen kan värmepumpens kondensoreffekt endast utgöra en mycket ringa del av nätets maximala effektbehov - kanske ca 10% - eller också måste avloppsången hela tiden kunna nyttiggöras för andra ändamål.

5.5 Anläggningskostnader

Överslagsmässiga priser har infordrats på värmepumptrustningar och olika typer av drivmotorer. Sammanfattningsvis kan följande värden anses gälla vid kostnadsnivån april 1978. Priserna gäller för kompletta anläggningar exkl byggnader.

	Pris i kr per kW värme
- Eldrivet värmepumpaggregat med kondensoreffekt ca 500 kW	500
- Dieseldrivet värmepumpaggregat med värmeeffekt ca 500 kW (direktdriven kompressor)	800
- Ångturbindrivet värmepumpaggregat med värmeeffekt 1 å 2 MW	650
- Dieselaggregat och elmotordrivna kompressor, värmeeffekt 5 å 8 MW	800

Det visar sig således att kostnaden per effekt-enhet för en dieselmotordriven anläggning inte sjunker med ökande anläggningsstorlek för de effekter som undersökts. Detta sammanhänger med att elöverföring måste väljas för de större aggregaten med skruvkompressorer eftersom aggregatstorleken och varvtal inte passar ihop. Fortsatt studium kan möjligen ge även andra lösningar. Det torde här vara mest aktuellt att välja kolv-kompressorer med långsamtgående drivmotorer, typ båtmotor. Kringutrustningen såsom startutrustning mm blir också betydligt enklare än för en större "kvalificerad" motor.

6. Ekonomi

6.1 Allmänt

Anläggningens ekonomi är beroende av bl a

- principiell teknisk uppbyggnad
- fjärrvärmenätets utbyggnadstakt
- framtida utveckling av energipriset
- utrustningens driftsäkerhet

Utredningsgruppen har valt att närmare studera ekonomin för alt 2B, uppbyggd efter principen angiven i bilaga 4. För att begränsa anläggningskostnaderna har endast en spillvärmekälla, U2, utnyttjats.

Enligt kommunens planer kommer man inom kort

att påbörja utbyggnad av ett fjärrvärmenät med en anslutningseffekt av 6 MW vid starten. Man tänker sig en snabb utbyggnadstakt upp till maximalt ca 30 MW. I fig 10 motsvaras detta av "utbyggnadstakt II". Ekonomiska kalkyler har även upprättats för tre andra utbyggnadstakter där I är snabbast och IV motsvarar ingen utbyggnad alls utöver ursprungliga 6 MW.

Värmepump-anläggningens uteffekt utlägges på ca 1/4 av anslutningseffekten. Se fig 11. Härvid kommer ca 75% av energibehovet för de anslutna fastigheterna i samhället att täckas av värmepumpanläggningen. Jämför fig 5.

6.2 Investeringsbehov

Grundinvesteringen för "utbyggnadstakt II" kan beräknas enligt följande:

Fjärrvärmeledning 2 x DN 150 mm	1,1 Mkr
Spillvärmeledning DN 300 från U2	0,2 "
Byggnad för värmepumpar	0,3 "
Pumpar, armatur	0,3 "
Värmepumpar 4 x 0,5 MW á 0,8 Mkr/MW	1,6 "
Projektering	0,3 "
	<hr/>
Summa	3,8 Mkr
Oförutsett	0,5 "
	<hr/>
Summa totalt	4,3 Mkr

Fjärrvärmeledningen har härvid dimensionerats för en totaleffekt av 7,5 MW, vilket är den maximala värmeeffekt som värmepumparna tänkes ge vid full utbyggnad. Ledningen drages till en anslutningspunkt strax utanför fabriksområdet och förlägges till 2/3 ovan mark. Om anläggningen kommer till utförande bör emellertid större rördimension (DN 250-300 mm) väljas så att totala värmeeffekten till samhället kan distribueras från Perstorp AB via denna ledning. Den marginella ökningen av grundinvesteringen uppgår därvid till ca 0,4 Mkr, vilken dock ej skall belasta denna kalkyl.

Under utbyggnadsperioden krävs succesiva investeringar i utökad värmepumpeffekt. (Figur 11). Investeringsbehoven vid olika utbyggnadstakt framgår av följande tabell:

Investeringsbehov, Mkr

År	Utbyggnadstakt			
	I	II	III	IV
0	4,7	4,3	3,9	3,9
1	0,4	0,8	0,4	-
2	1,2	-	-	-
3	1,2	0,8	0,4	-
4	0,8	-	-	-
5	-	0,8	0,4	-
6	0,4	-	-	-
7	-	1,2	0,4	-
8	-	-	-	-
9	-	-	0,4	-
10	-	0,8	-	-
\sum 10 år	8,7	8,7	5,9	3,9

6.3 Energiförsäljning

Efter diskussion med kommunen har försäljningspriset vid anslutningspunkten till kommunens fjärrvärmenät satts till 80 kr/MWh (93 kr/Gcal). Detta pris garanteras även av Perstorp AB vid produktion i egen ångcentral och levererat till värmepumpcentralen. Priset baseras på ett oljepris av 600 kr/m³.

Energibehovet vid 1 MW anslutningseffekt är ca 2000 MWh/år. Därav kan som tidigare nämnts 75% täckas av värmepumpanläggningen d v s 1500 MWh/år. Med en totalverkningsgrad av 200% erfordras härför en utifrån tillförd energimängd av 750 MWh/år. Resten d v s 750 MWh/år utgör den effektiva spillvärmeutnyttningen per MW anslutningseffekt.

Energiförsäljningen år 0 då anslutningseffekten är 6 MW kan sålunda värderas till

$$6 \cdot 750 \cdot 80 \text{ kr} = 360\,000 \text{ kr.}$$

6.4 Underhållskostnader

Underhållskostnaderna är svårbedömda men har här antagits till 2% av anläggningskostnaderna för värmepumparna.

6.5 Lönsamhetsbedömning

Kapitalvärdet, d v s ackumulerade värdet av avkastning minus investering ger en bild av anläggningens lönsamhet. Figur 12:1 - 12:4 visar kapitalvärdet vid olika utbyggnadstakt, dels om oljepriset stiger 5% resp 10% snabbare än inflationen. Ur figurerna kan återbetalningstiden, payoff-tiden, utläsas som kurvans skärningspunkt med x-axeln. Genom förflyttning av x-axeln kan inverkan av olika bidrag utläsas.

En mera sofistikerad kalkylmetod med hänsynstagande till en viss kalkylränta har använts för att ytterligare belysa ekonomin vid "utbyggnadstakt II", se figur 13.

Nuvärdet av energiförsäljningen resp investeringarna summeras år för år till ett ackumulerat nuvärde. Skärningspunkten mellan kurvorna anger den tidpunkt vid vilken investeringarna har betalat sig.

Vid investeringar i industrin ställs mycket hårda avkastningskrav. Payoff-tider på 1-3 år är inte ovanliga. Kommunala investeringar eller investeringar i bostäder anses däremot lönsamma vid payoff-tider på 15-20 år. De ur kurvorna utlästa payoff-tiderna på 6,5-10,5 år pekar sålunda på en ur värmeförsörjningssynpunkt god lönsamhet vid alla utbyggnadstakter. Skall

emellertid industrins normala avkastningskrav tillgodoses fordras statliga bidrag på åtminstone ca 2,5 Mkr för att projektet skall bli intressant.

En eventuell framtida omstrukturering av produktsortimentet inom Perstorp AB kan givetvis innebära att spillvärmekällorna får annan karaktär. Även detta liksom en viss osäkerhet i tekniken talar för en relativt kort pay-off-tid och sålunda ett behov av statliga bidrag.

7. Resultat

Den genomförda förstudien visar att ett utnyttjande av spillvärme från Perstorp AB för uppvärmning av bostäder och övriga byggnader i samhället Perstorp är tekniskt genomförbart. Med ett ekonomiskt statsbidrag till grundinvesteringen på ca 2,5 Mkr kan projektet dessutom ge tillfredsställande lönsamhet, speciellt vid en relativt snabb utbyggnad av fjärrvärmenätet i samhället.

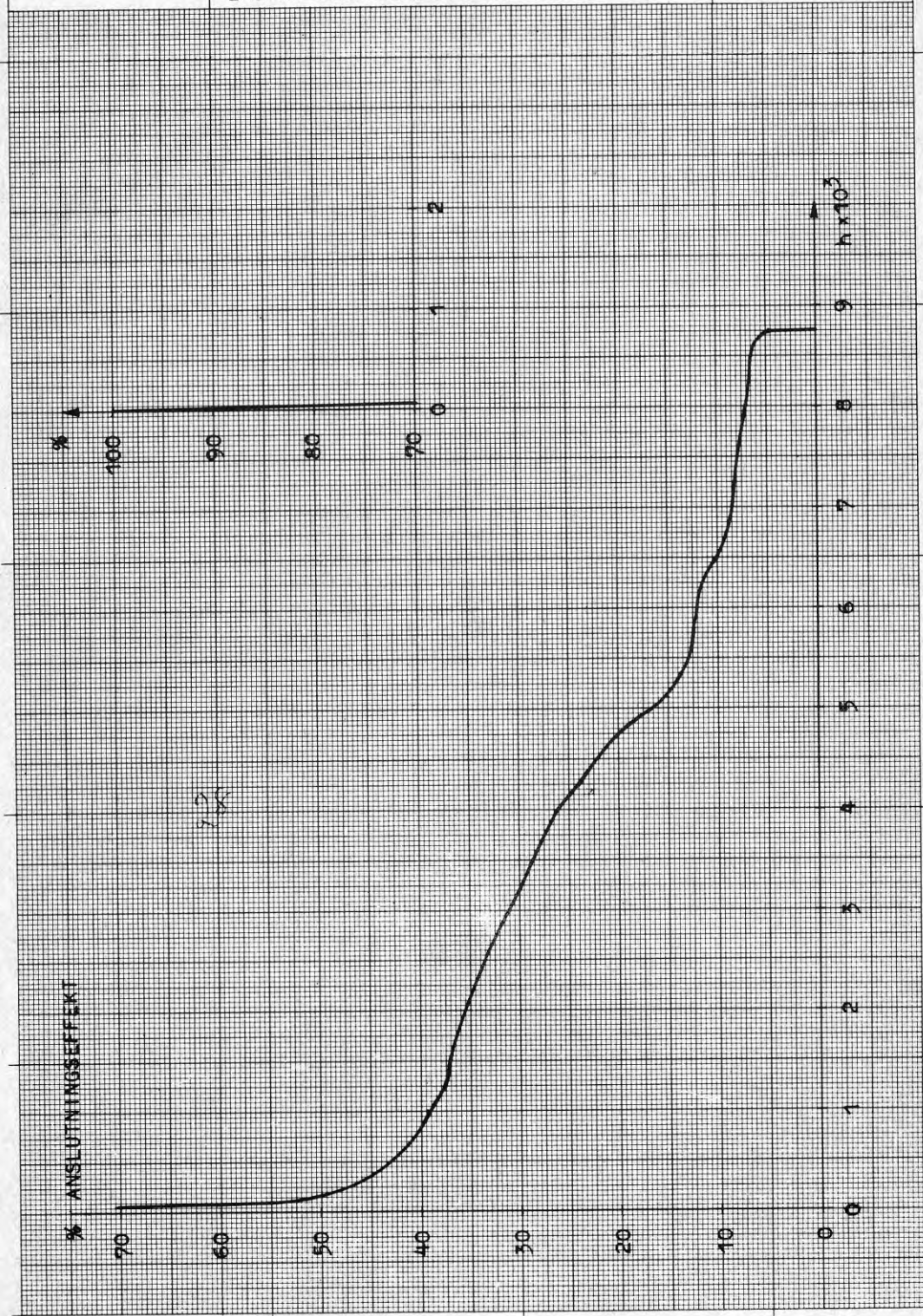
För att få fram ett mer detaljerat beslutsunderlag bör en förprojektering omgående genomföras, inkluderande detaljerade kostnadskalkyler för projektets huvuddelar. Det kommunala fjärrvärmenätet som inom kort skall byggas bör redan nu utläggas så att en försörjning från spillvärmeanläggningen blir möjlig.

VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR SAMMANLAGRAD
FJÄRRVÄRMEEFFEKT UNDER ETT NORMALÅR.
ENLIGT ENERGIVERKEN GÖTEBORG

FIG. 1

31

78-02-24



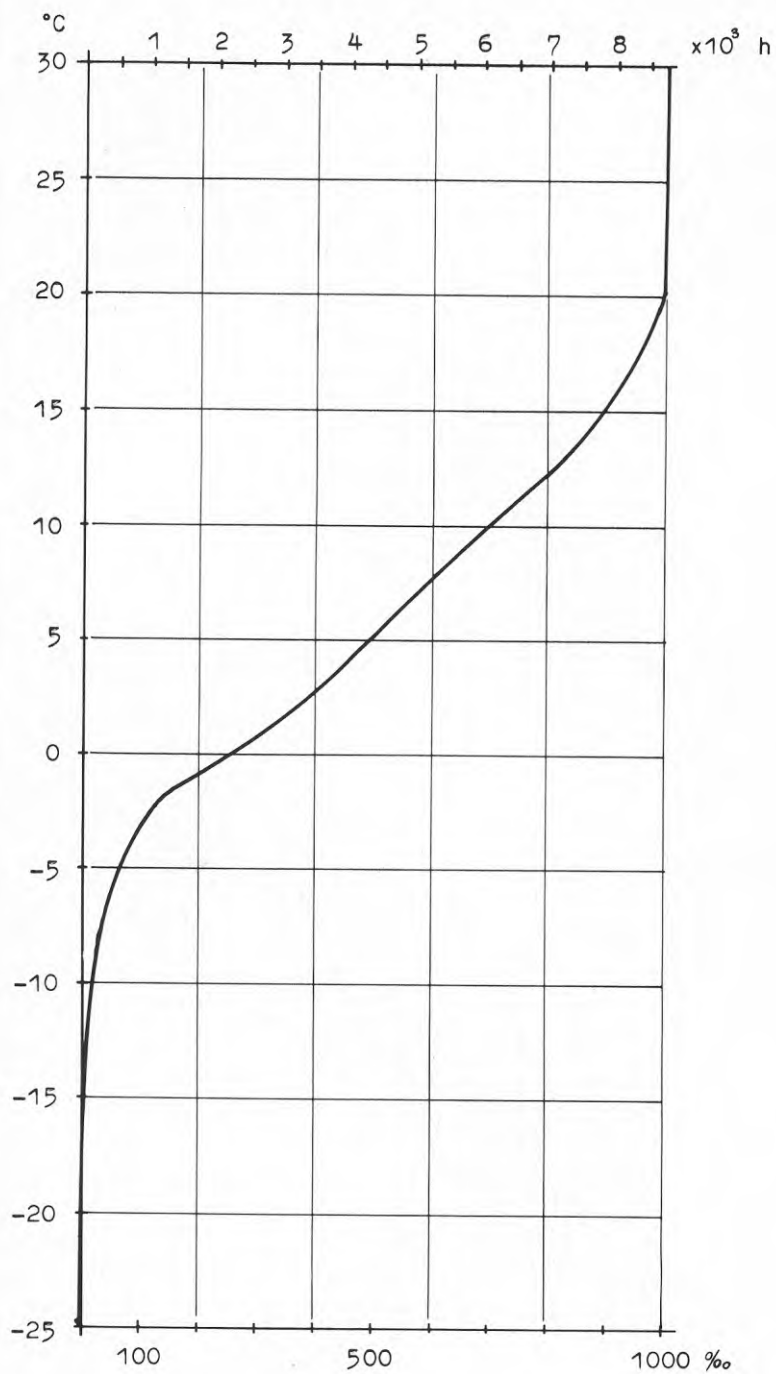


FIG. 2.
 VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR UTETEMPERATUR- FREKVENSKURVA.
 ORT: LJUNGBYHED F5. (ENLIGT CTH/INSTALLATIONSTEKNIK)

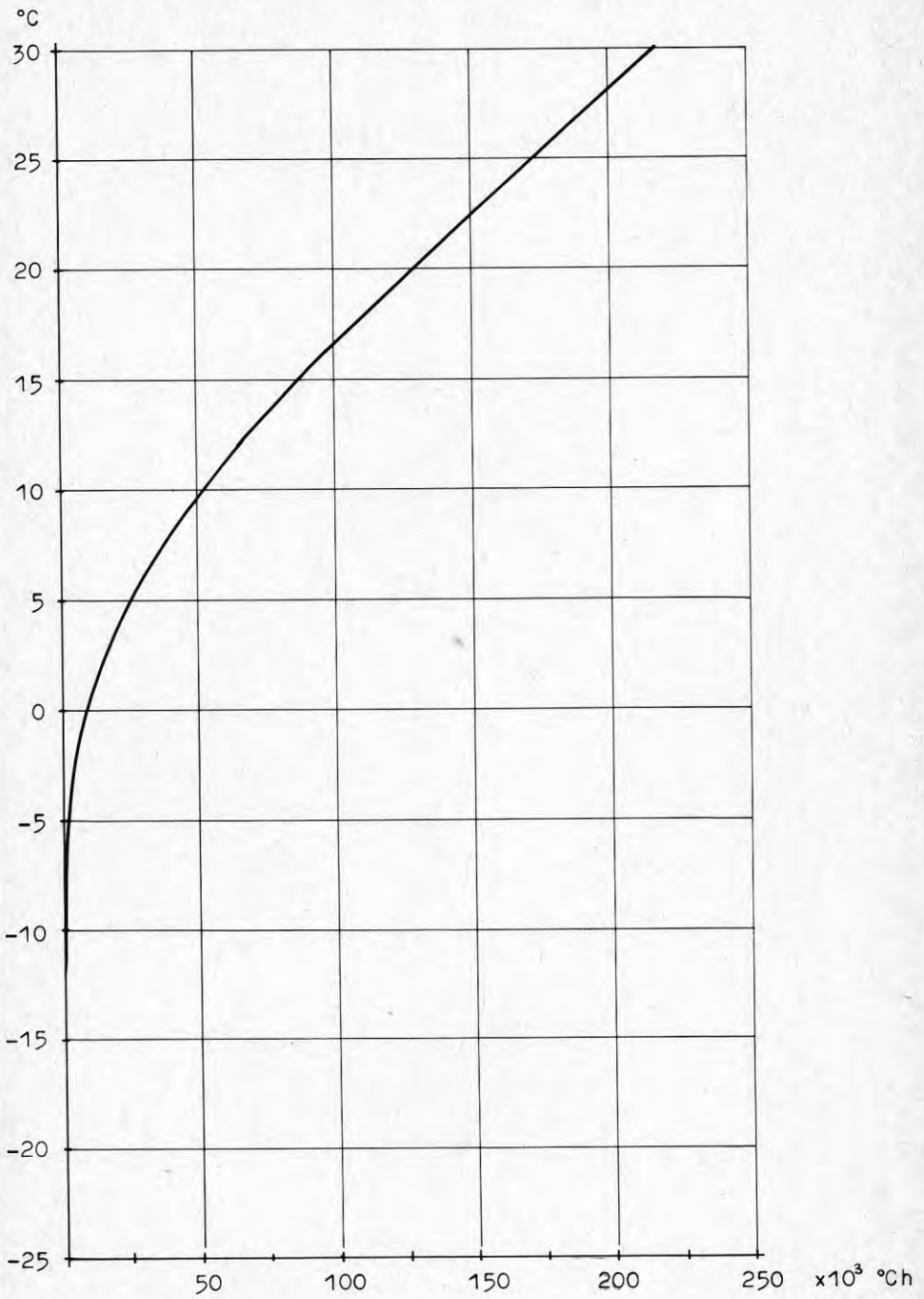


FIG. 3.
VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR UTETEMPERATUR- INTEGRALKURVA.
ORT: LJUNGBYHED F5. (ENLIGT CTH/INSTALLATIONSTEKNIK)

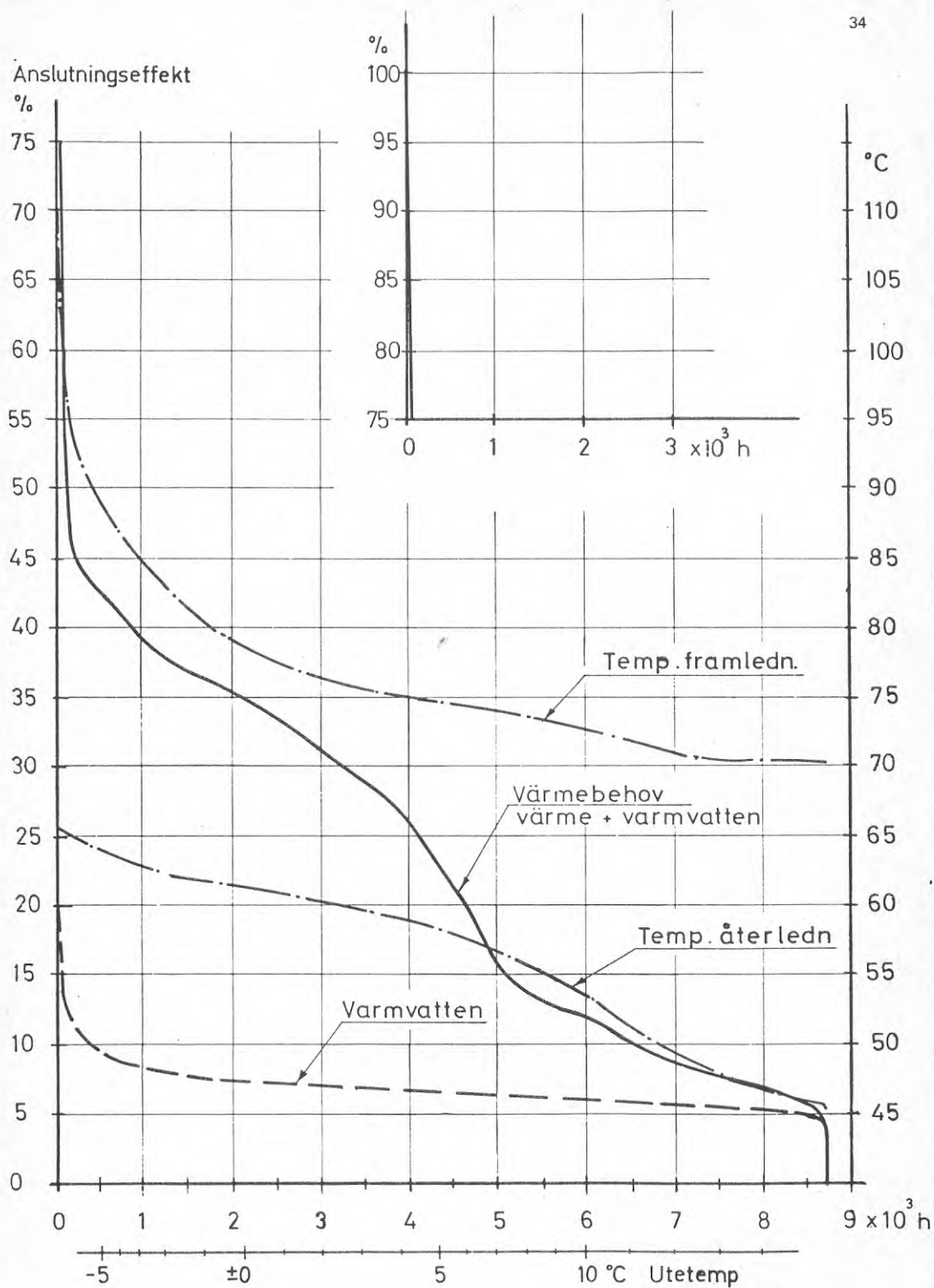


FIG. 4 VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR EFFEKT OCH VÄRMEBÄRARETEMPERATUR.
FULLEFFEKTDRIFTTID 2000 h/ÅR

1978-03-17

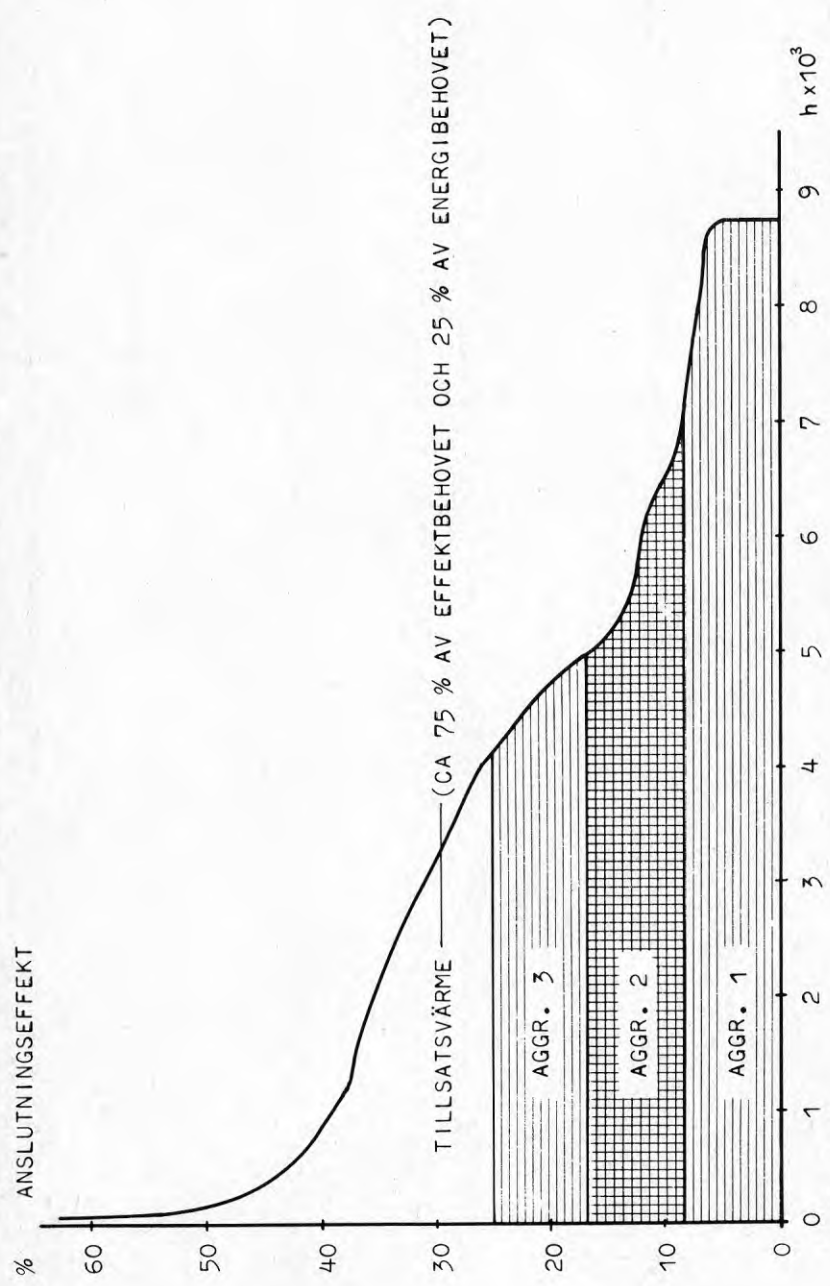


FIG. 5
ENERGIFÖRDELNING ENLIGT VARAKTIGHETSDIAGRAMMET. EXEMPEL MED 3 LIKA VÄRMEPUMPHETER
MED TILLSAMMANS 25 % AV ANSLUTNINGSEFFEKTEN (GER UNG. 75 % AV ENERGIBEHOVET).

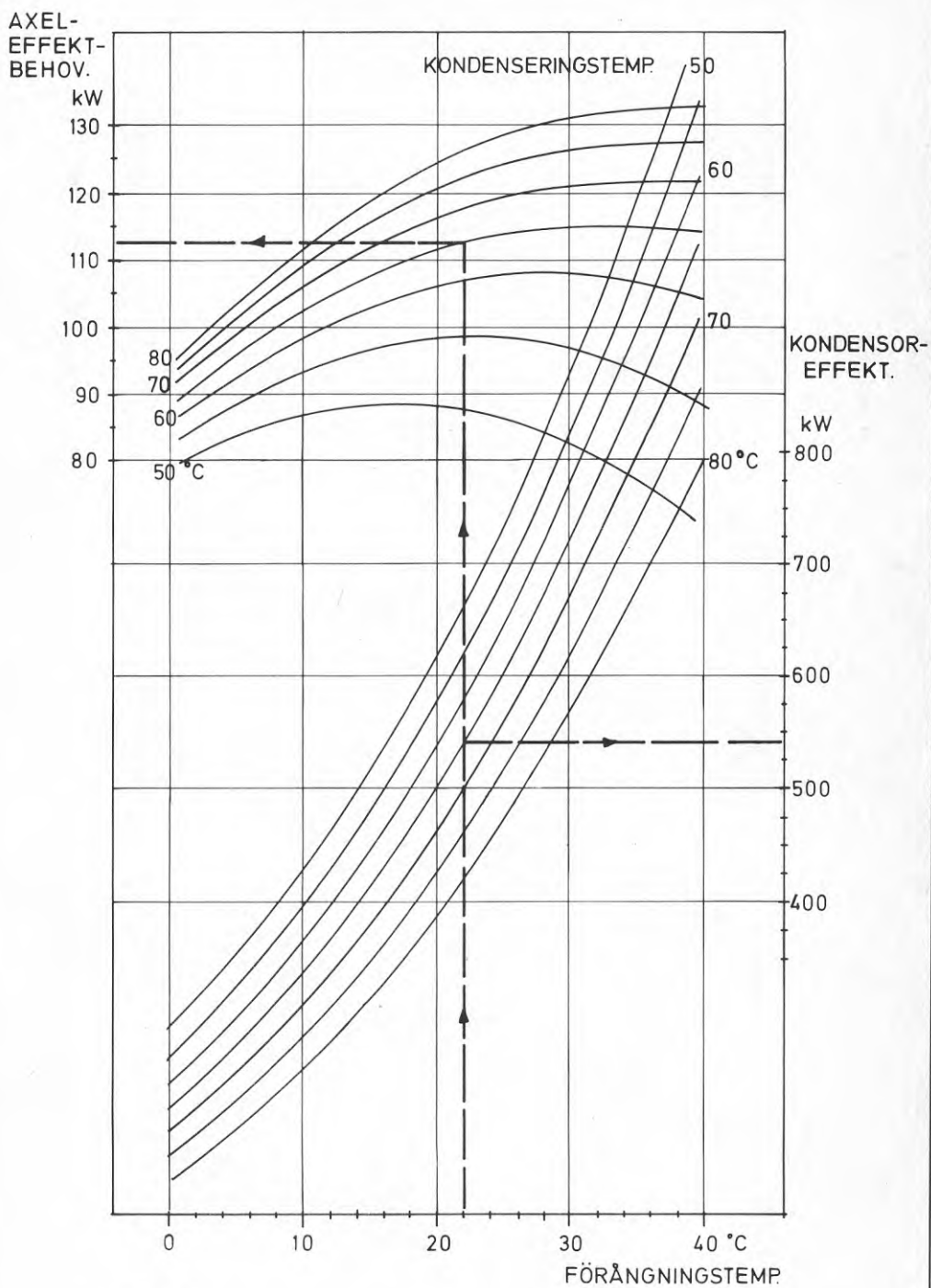


FIG. 6
 DATA FÖR STÖRRE KOLVKOMPRESSOR
 1978-04-25

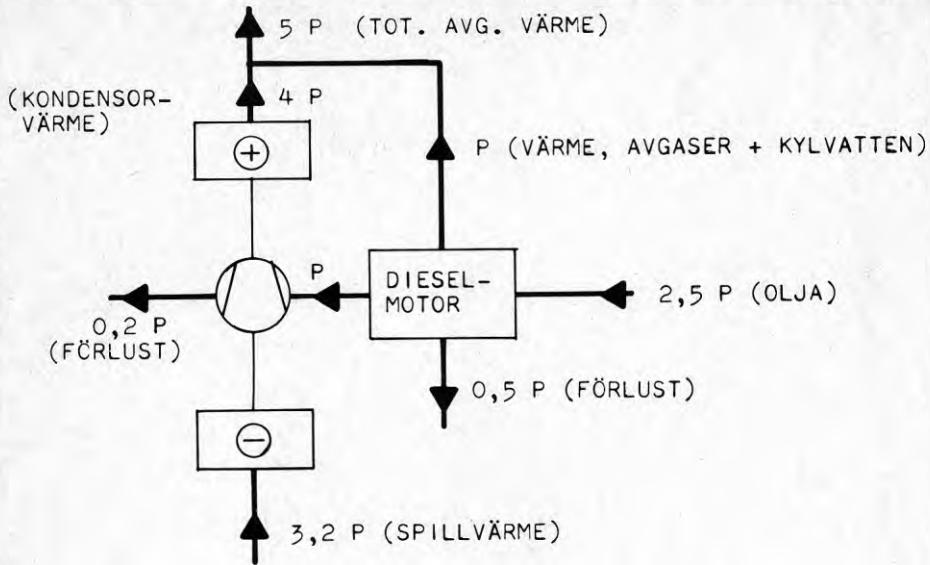


FIG. 7:1
DIESELDRIVEN VÄRMEPUMP- ENERGIOMSÄTTNING
(PRINCIP)

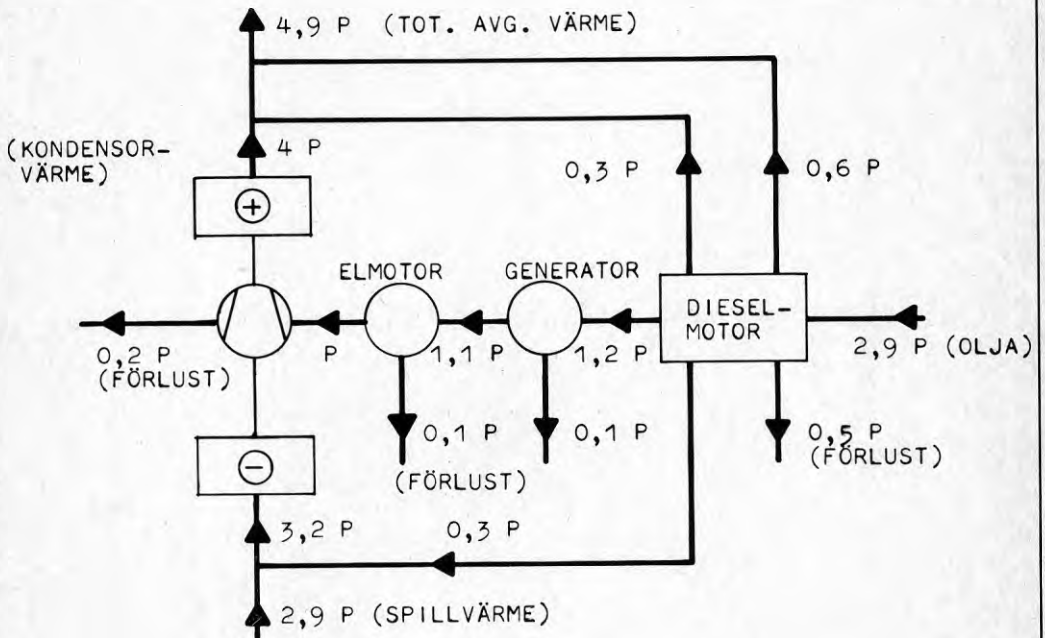
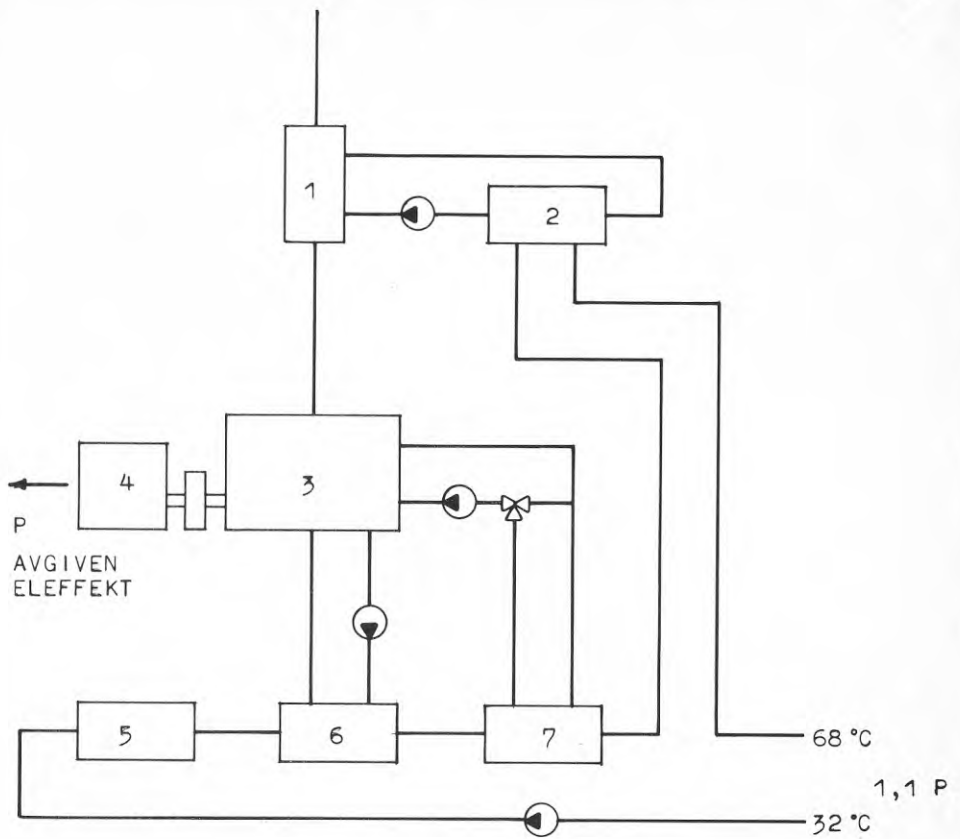


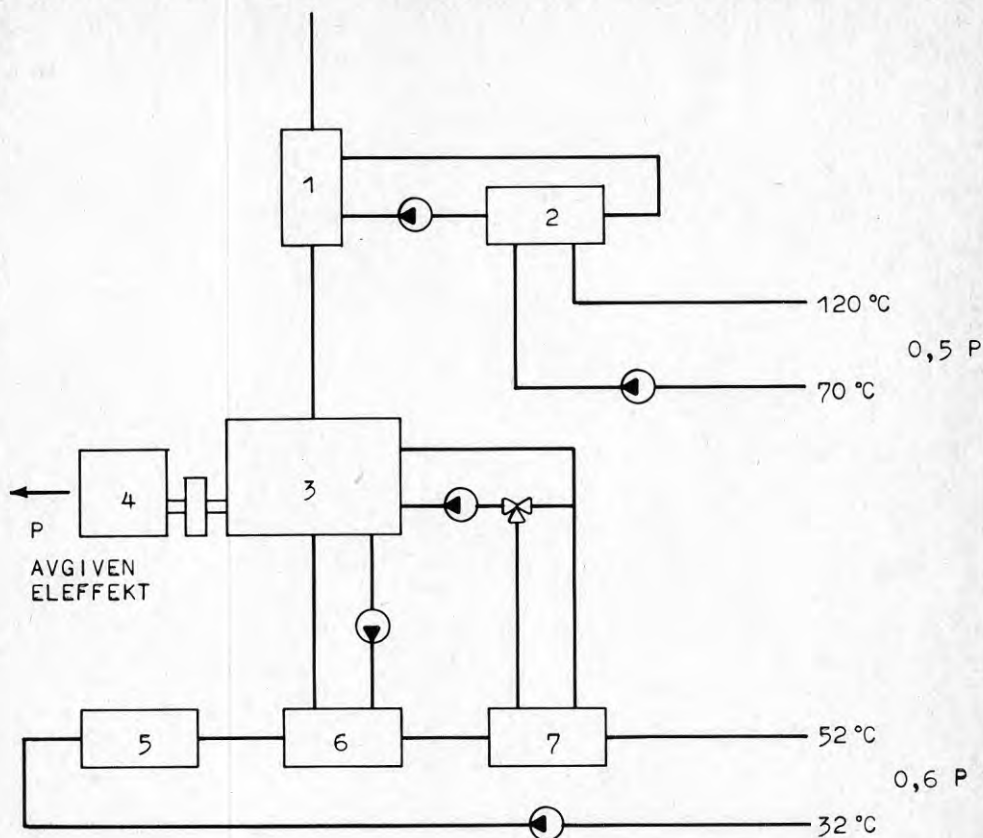
FIG. 7:2
DIESELDRIVEN VÄRMEPUMP- ENERGIOMSÄTTNING
(STÖRRE ANLÄGGNING)



1. AVGASPANNA
2. VÄRMEVÄXLARE
3. DIESELMOTOR
4. GENERATOR
5. LUFTKYLARE
6. OLJEKYLARE
7. KYLVATTENKYLARE

FIG. 8:1. DIESELELAGGREGAT
ENERGIOMSÄTTNING OCH
KYLMEDELTEMPERATURER
UTFÖRANDE 1.

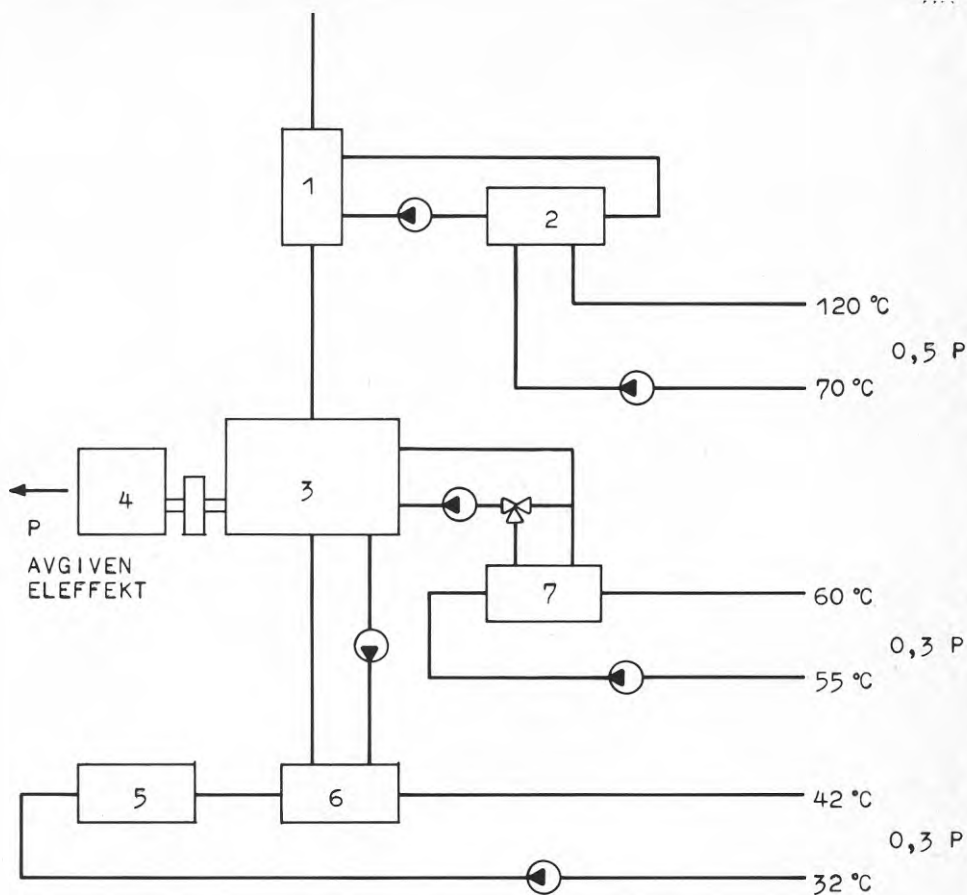
78-04-25



1. AVGASPANNA
2. VÄRMEVÄXLARE
3. DIESELMOTOR
4. GENERATOR
5. LUFTKYLARE
6. OLJEKYLARE
7. KYLVATTENKYLARE

FIG. 8:2. DIESELELAGGREGAT
ENERGIOMSÄTTNING OCH
KYLMEDELTEMPERATURER
UTFÖRANDE 2.

78-04-25



1. AVGASPANNA
2. VÄRMEVÄXLARE
3. DIESELMOTOR
4. GENERATOR
5. LUFTKYLARE
6. OLJEKYLARE
7. KYLVATTENKYLARE

FIG. 8:3. DIESELELAGGREGAT
ENERGIOMSÄTTNING OCH
KYLMEDELTEMPERATURER
UTFÖRANDE 3.

78-04-25

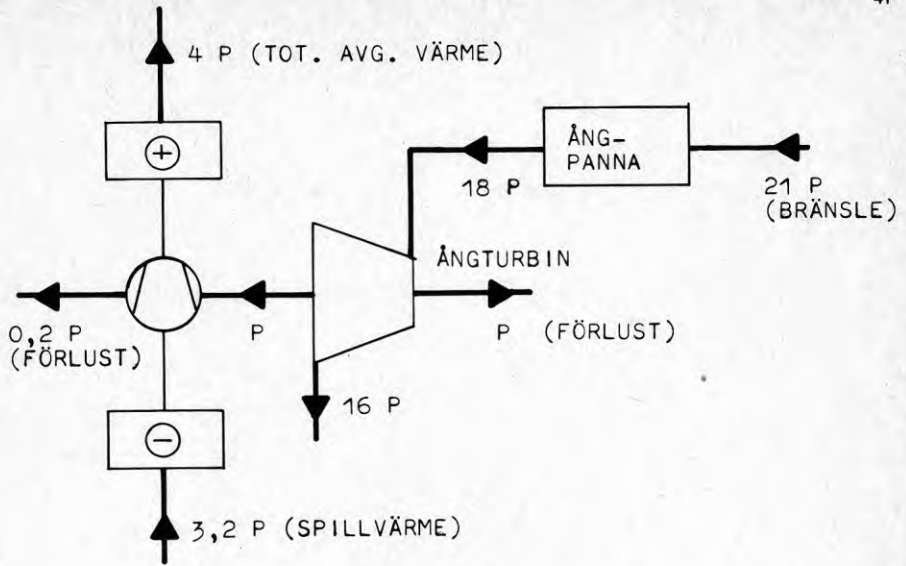
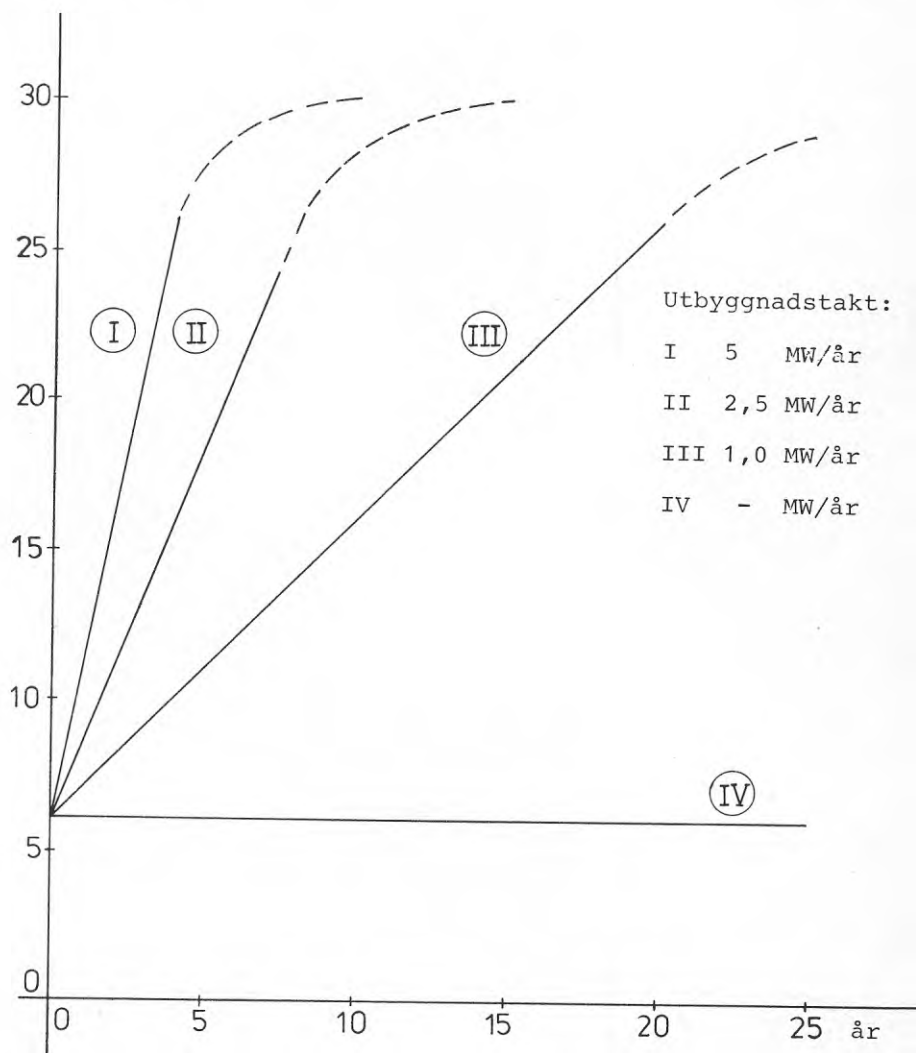


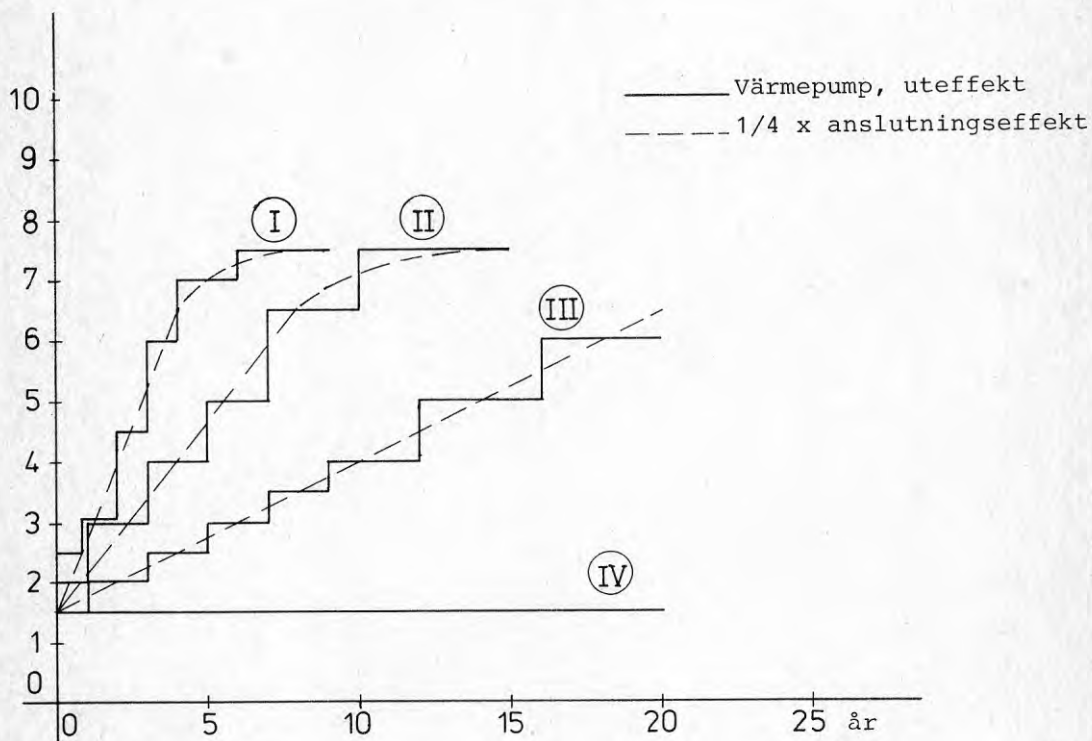
FIG. 9
 ÅNGTURBINDRIVEN VÄRMEPUMP- ENERGI-
 OMSÄTTNING

Anslutnings-
effekt, MW

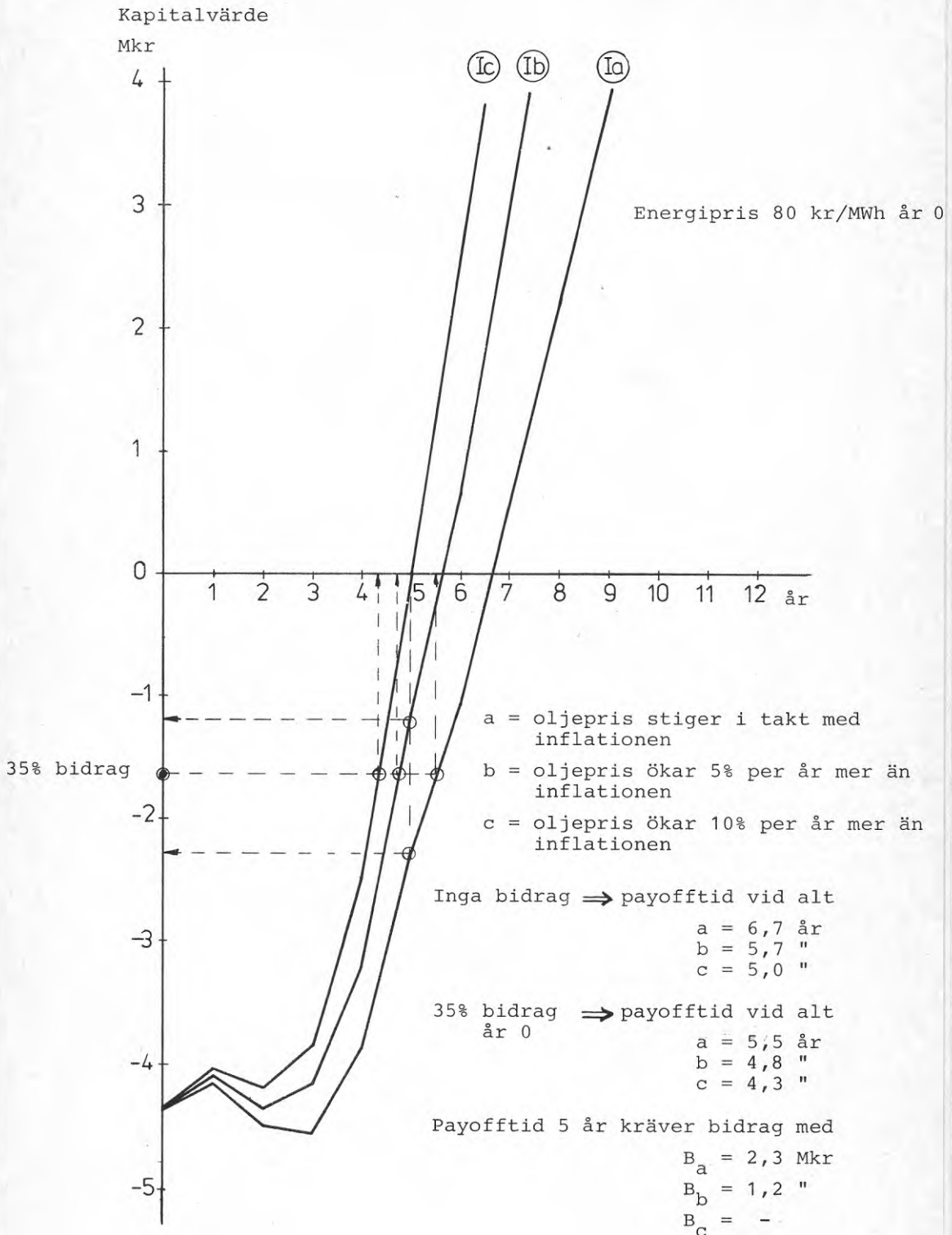


Figur 10. Utbyggnad av fjärrvärmenät.

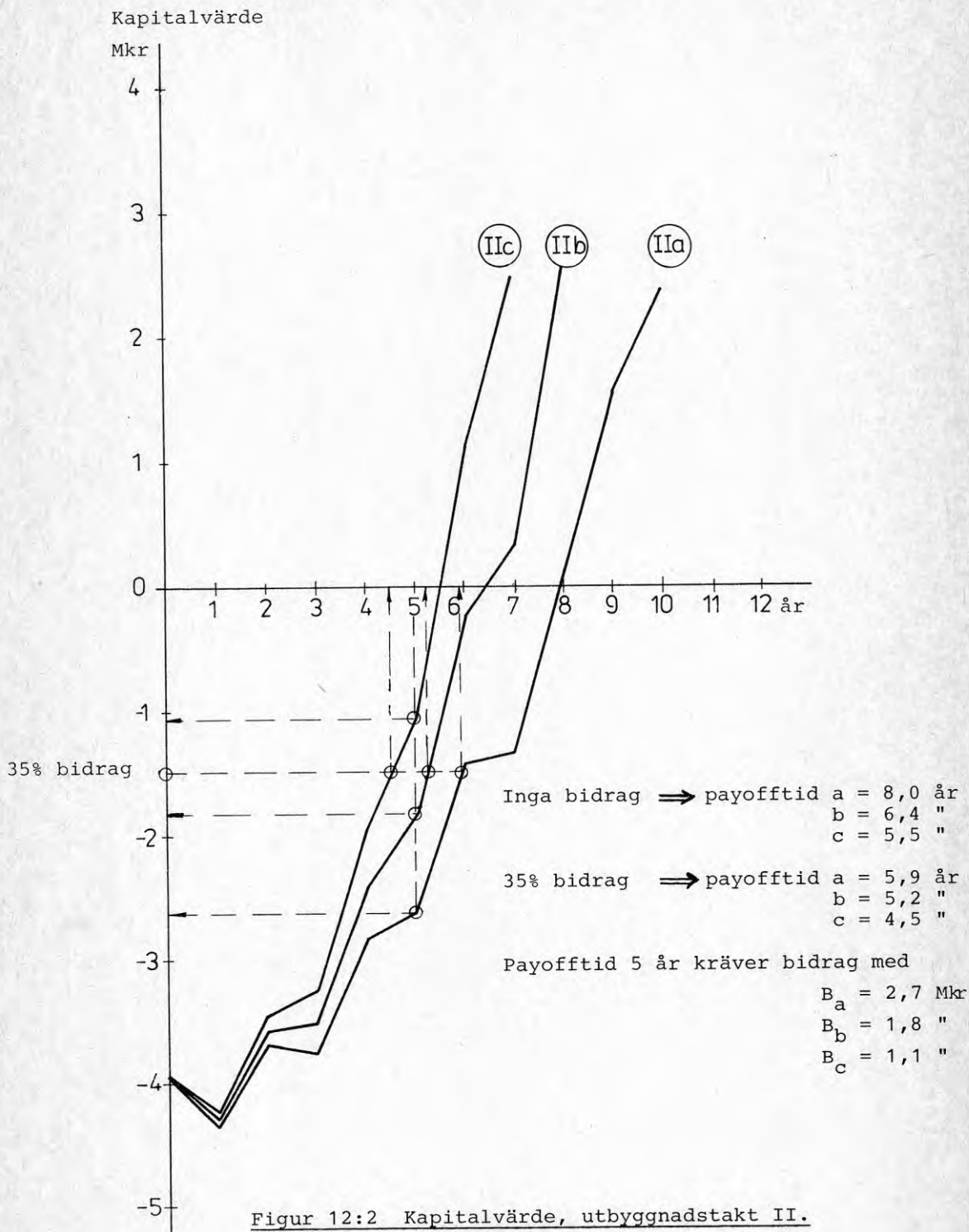
Värmepump
Uteffekt
MW

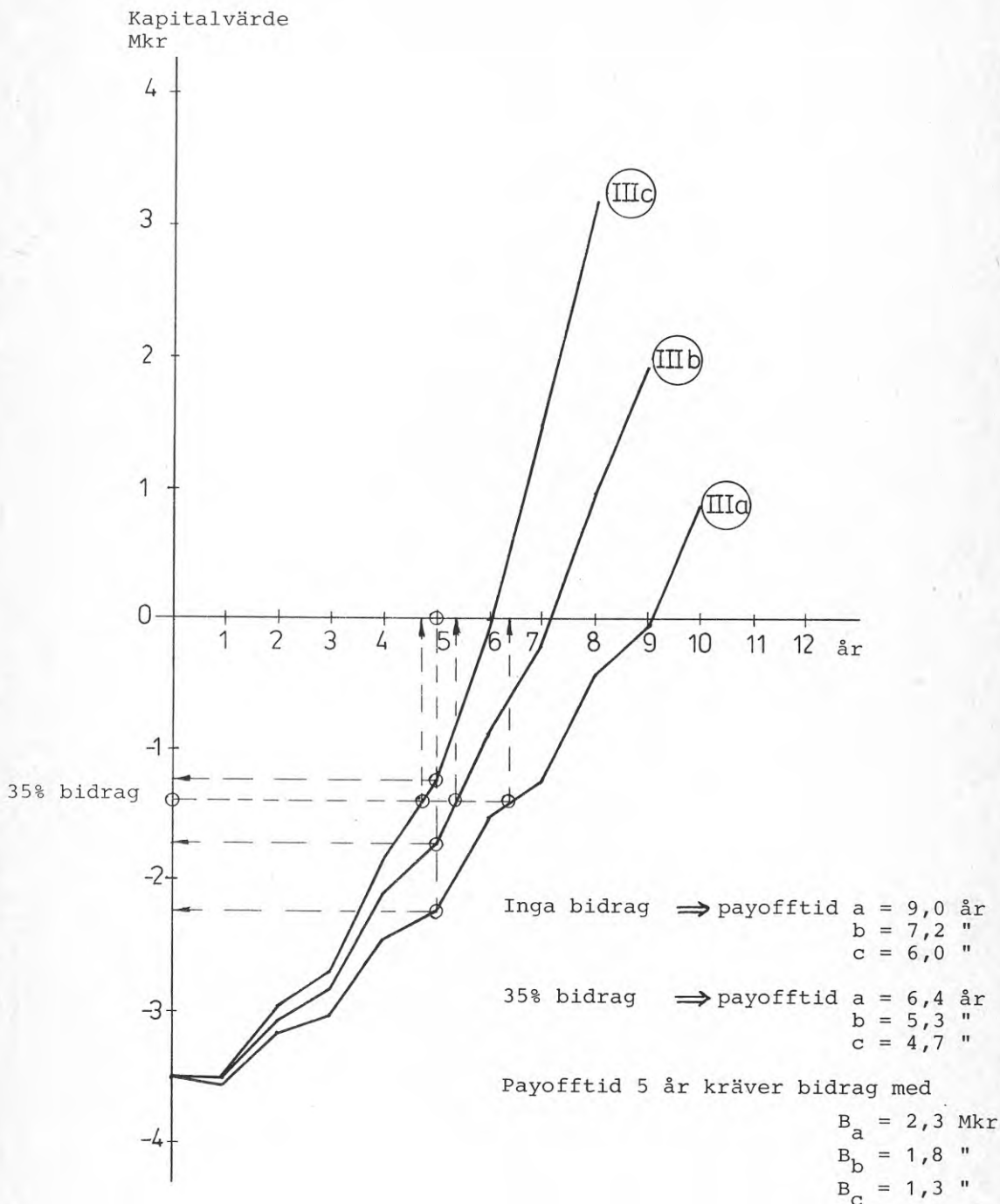


Figur 11. Utbyggnad av värmepump-effekt.

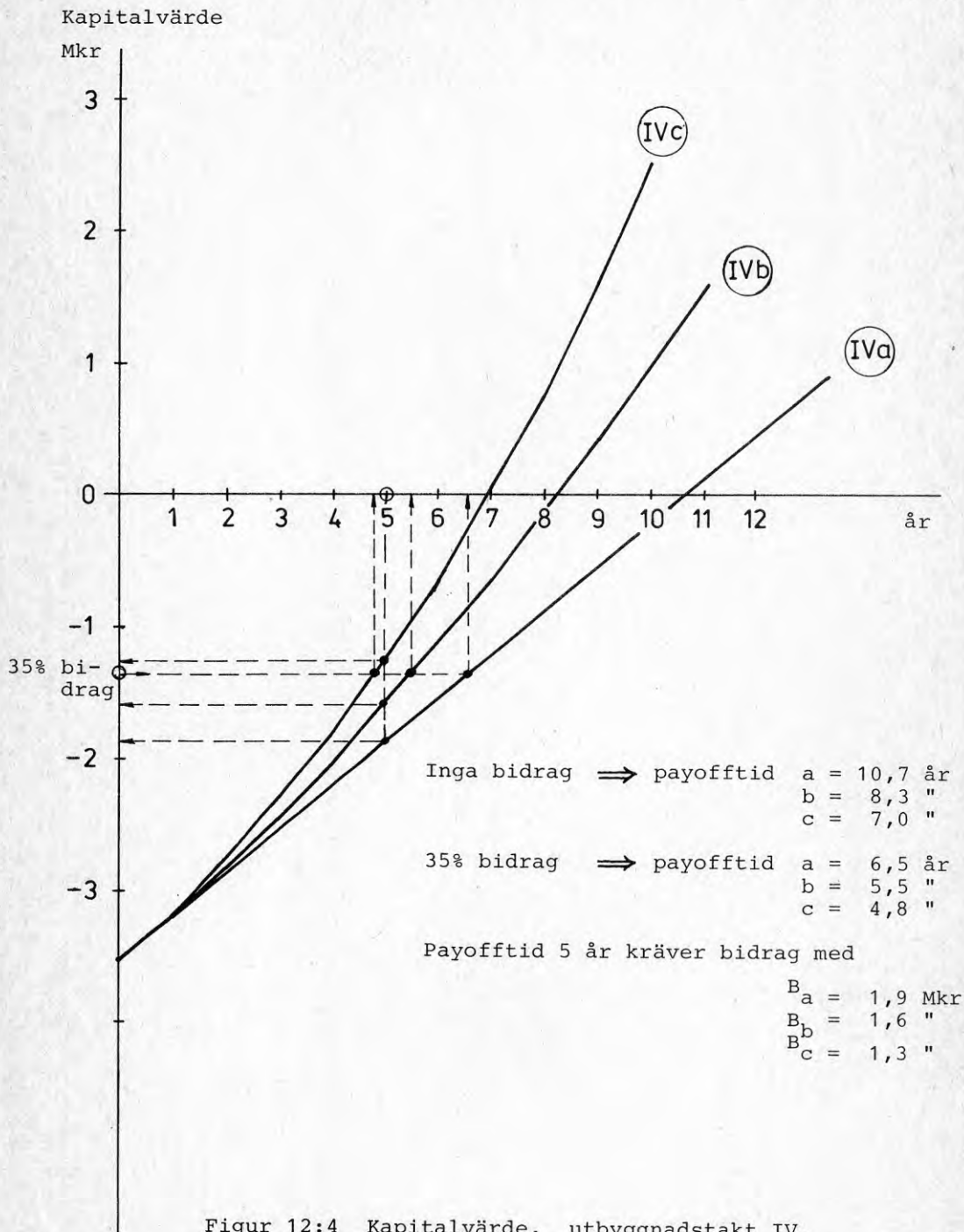


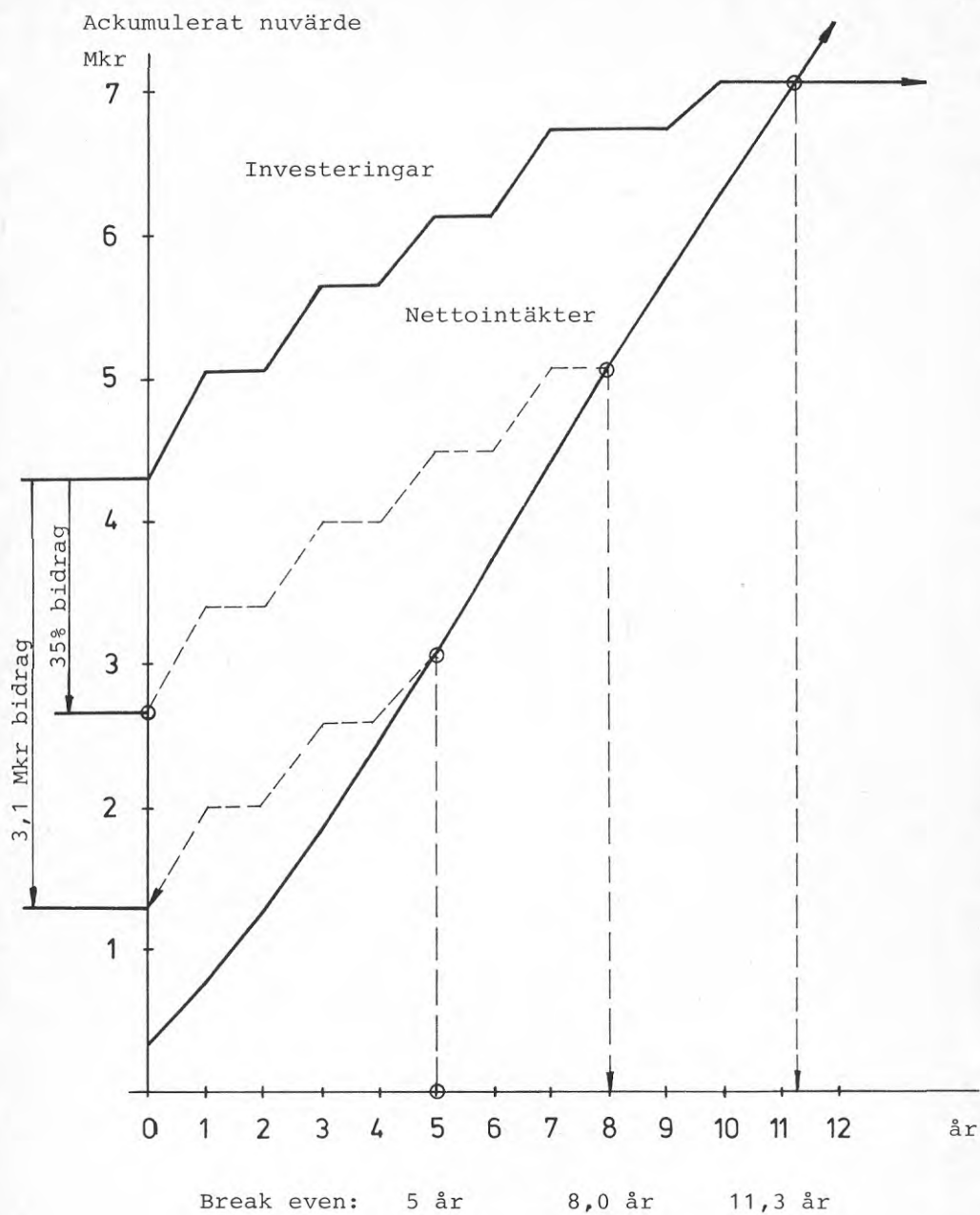
Figur 12:1 Kapitalvärde, utbyggnadstakt I





Figur 12:3 Kapitalvärde, utbyggnadstakt III.





Figur 13 Akkumulerat nuvärde, utbyggnadstakt II

Räntefot $i = 10\%$

Fabrik:
Avdelning:
Process/Maskin:

Processens/Maskinens värmebehov:.....kg ånga/h vidatö
.....kW

Utsläppt medium:

vatten	<input type="checkbox"/>	Utsläpps var: kyltorn	<input type="checkbox"/>	Vilket?.....
luft	<input type="checkbox"/>	bäcken,norra	<input type="checkbox"/>	
.....	<input type="checkbox"/>	" ,mellersta	<input type="checkbox"/>	
		" ,södra	<input type="checkbox"/>	
		annan plats	<input type="checkbox"/>	Vilken?.....

Flöde:

kontinuerligt dygnet } liter/minut
runt, året om } m³/h
varierar under dygnet Hur?.....
" " veckan
" " året

Temperatur:

jämn dygnet runt, } Temperatur:.....°C
året om }
varierar under dygnet Hur?.....
" " veckan
" " året

Kommentar: lämnade uppgifter baseras på:

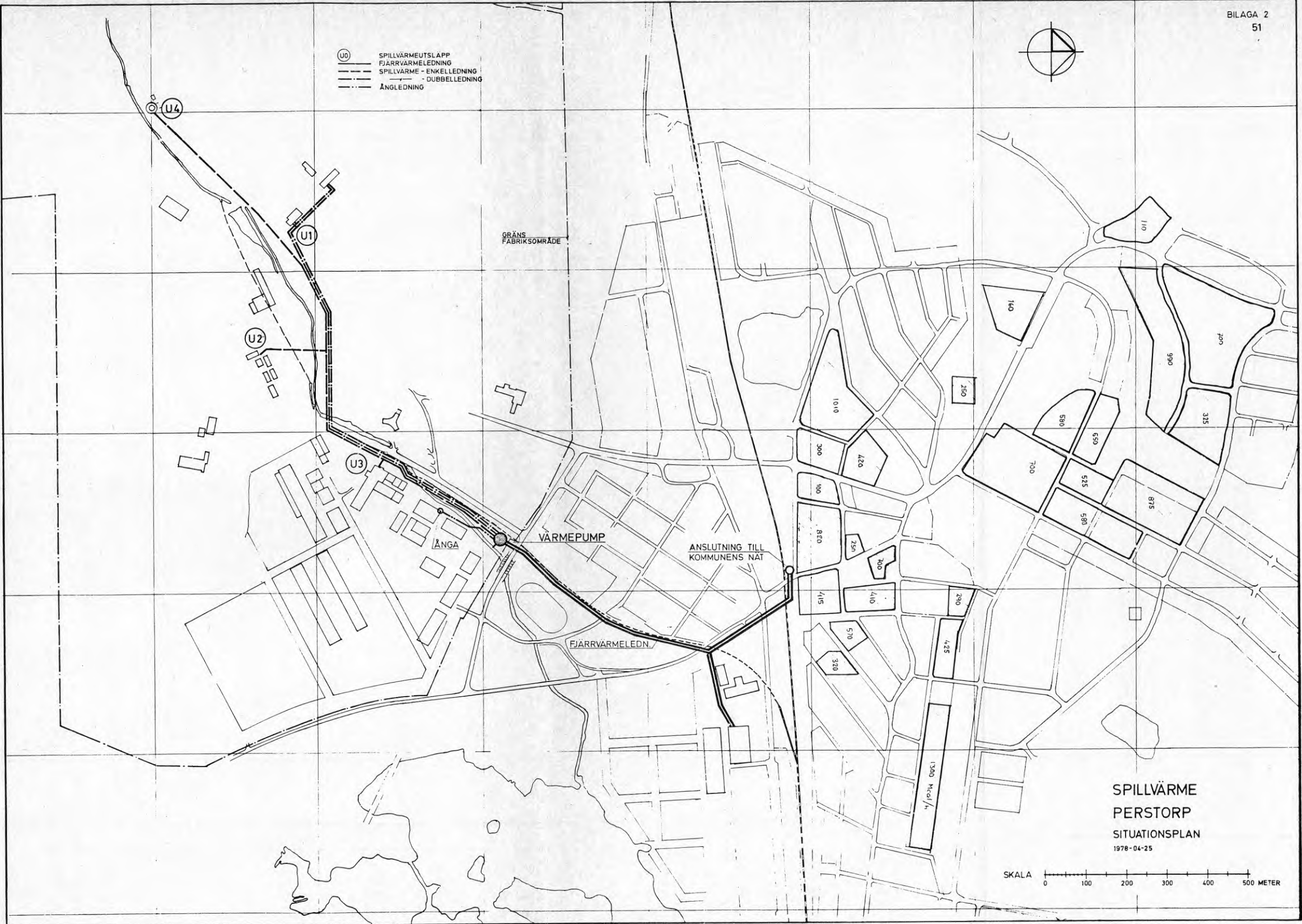
egna mätningar När:.....
tidigare mätningar När:.....Av vem:.....
beräkningar
uppskattningar

Övriga upplysningar:

Perstorp den.....
Utfärdare:.....

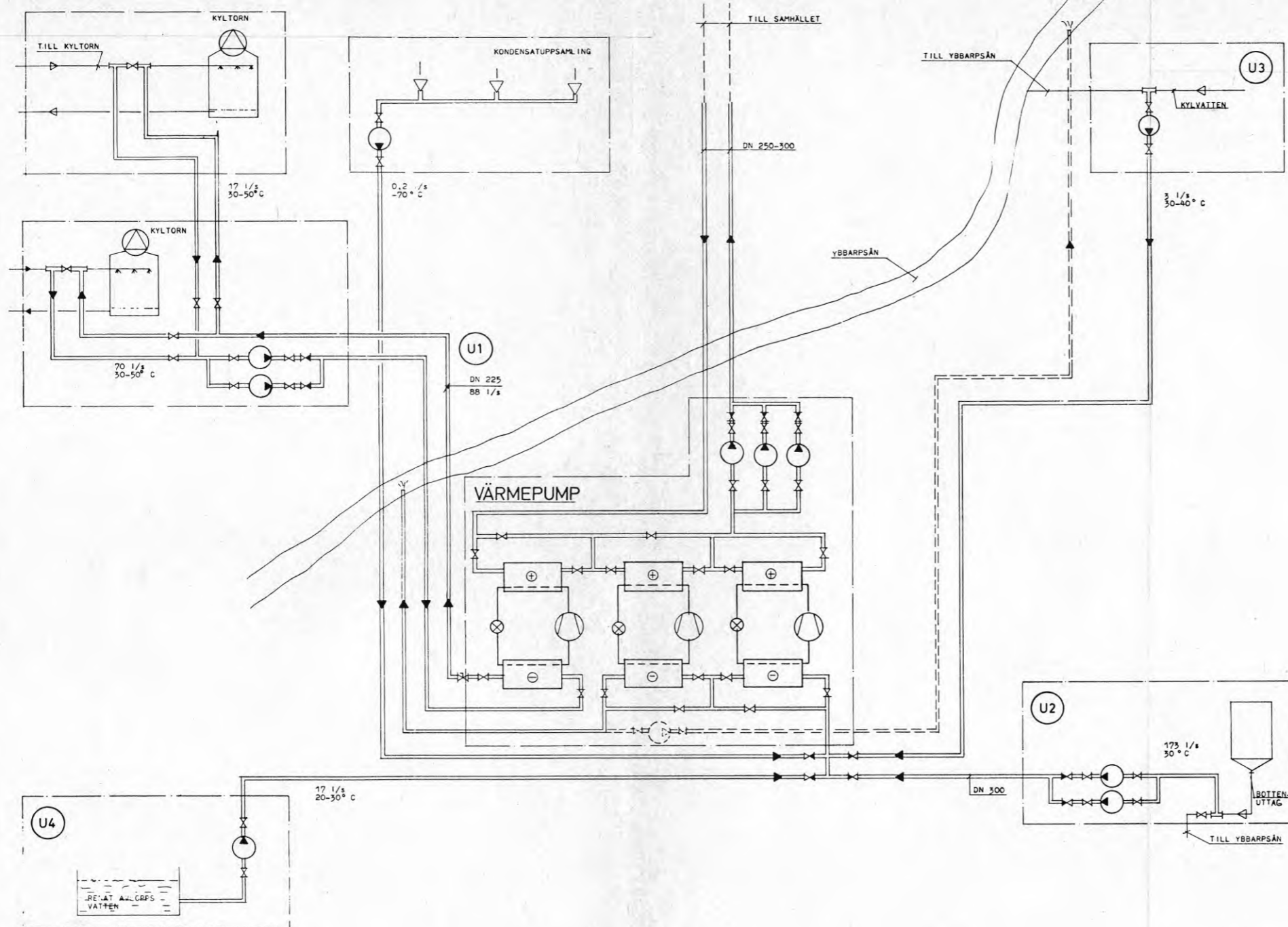


- U0 SPILLVÄRMEUTSLÄPP
- FJÄRRVÄRMELEDNING
- SPILLVÄRME - ENKELLEDNING
- SPILLVÄRME - DUBBELLEDNING
- ÅNGLEDNING

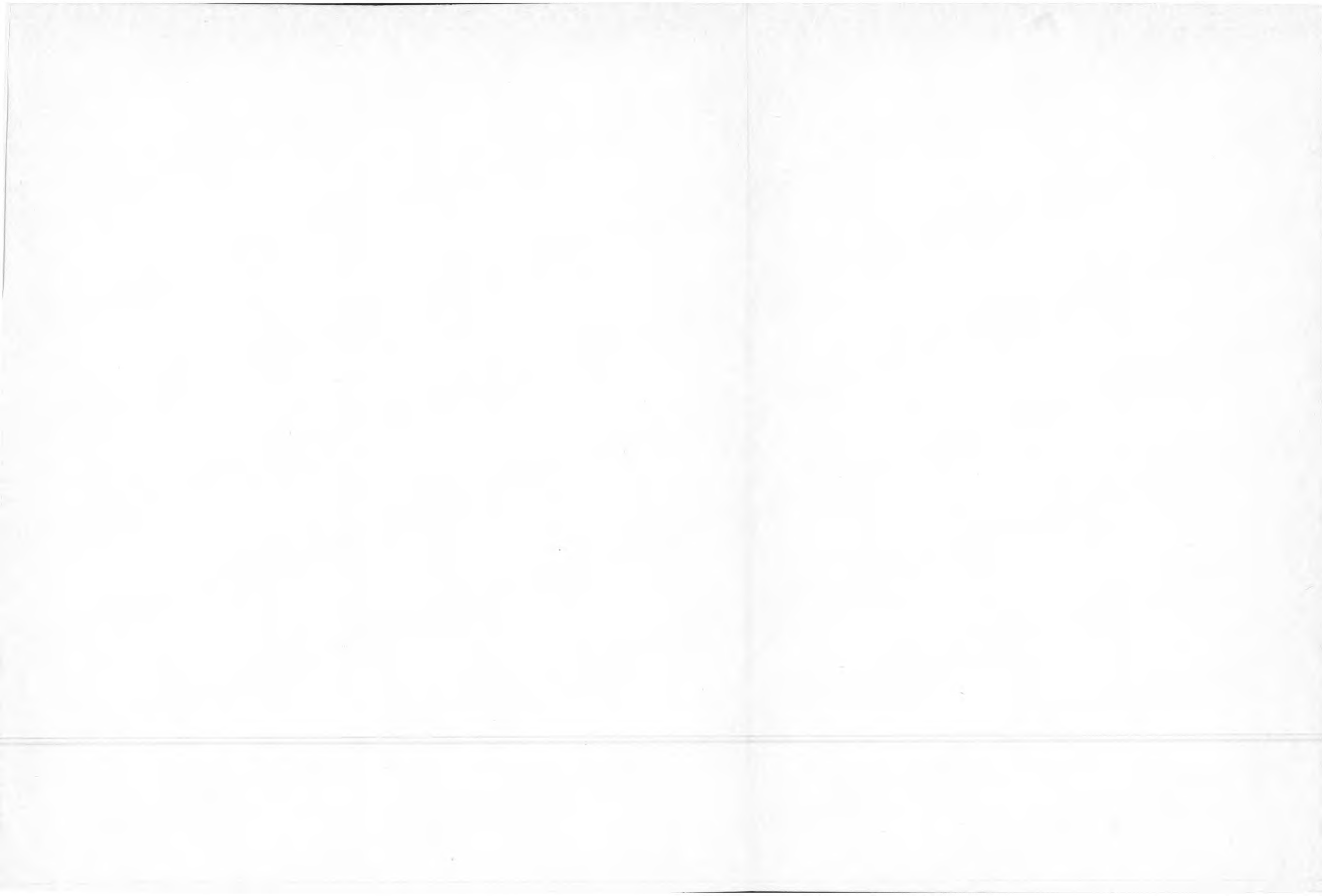


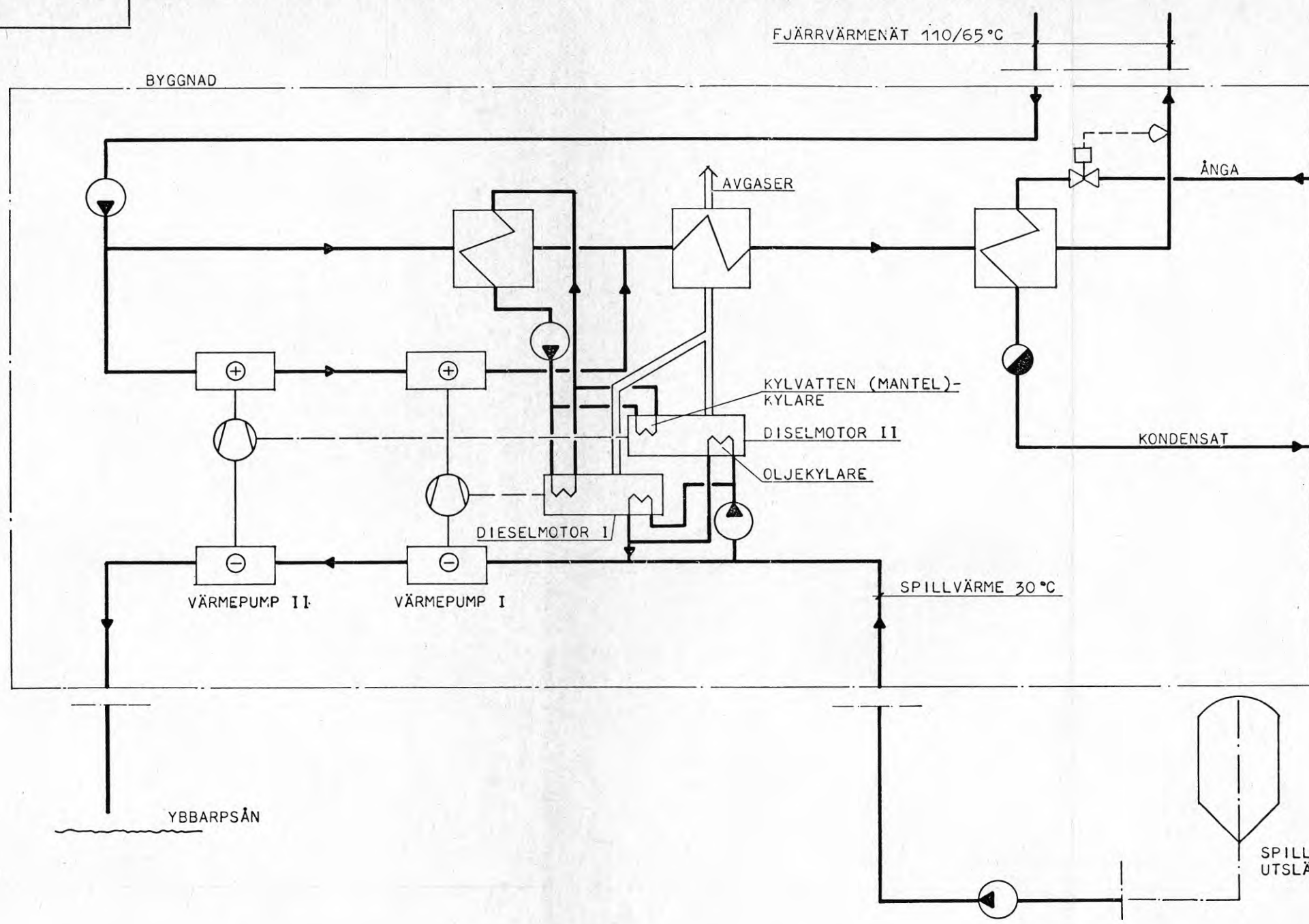
SPILLVÄRME
PERSTORP
SITUATIONSPLAN
1978-04-25

SKALA 0 100 200 300 400 500 METER



SPILLVÄRME PERSTORP
 FLÖDESSCHEMA ALT. 2 B
 1978-03-10





SPILLVÄRME PERSTORP PRINCIPSCHEMA

1978-04-25

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770527-6 från
Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för
Fysikalisk Kemi, KTH, Stockholm.**

Art.nr: 6600781

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 20 kr exkl moms

R81:1978

**ISBN 91-540-2912-0
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**