



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.



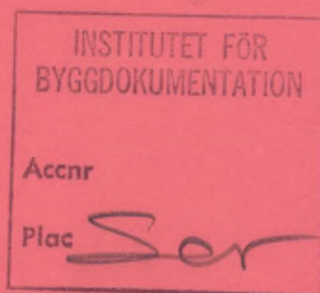
**Rapport**

**R6:1985**

**Byggnadsuppvärmning baserad  
på isbildning**

**Tekniköversikt**

**Hans Jelbring**



**Byggforskningsrådet**

R6:1985

BYGGNADSUPPVÄRMNING BASERAD PÅ ISBILDNING

Tekniköversikt

Hans Jelbring

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831564-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till INVETEX AQUA  
AB, Stenhamra.

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

R6:1985

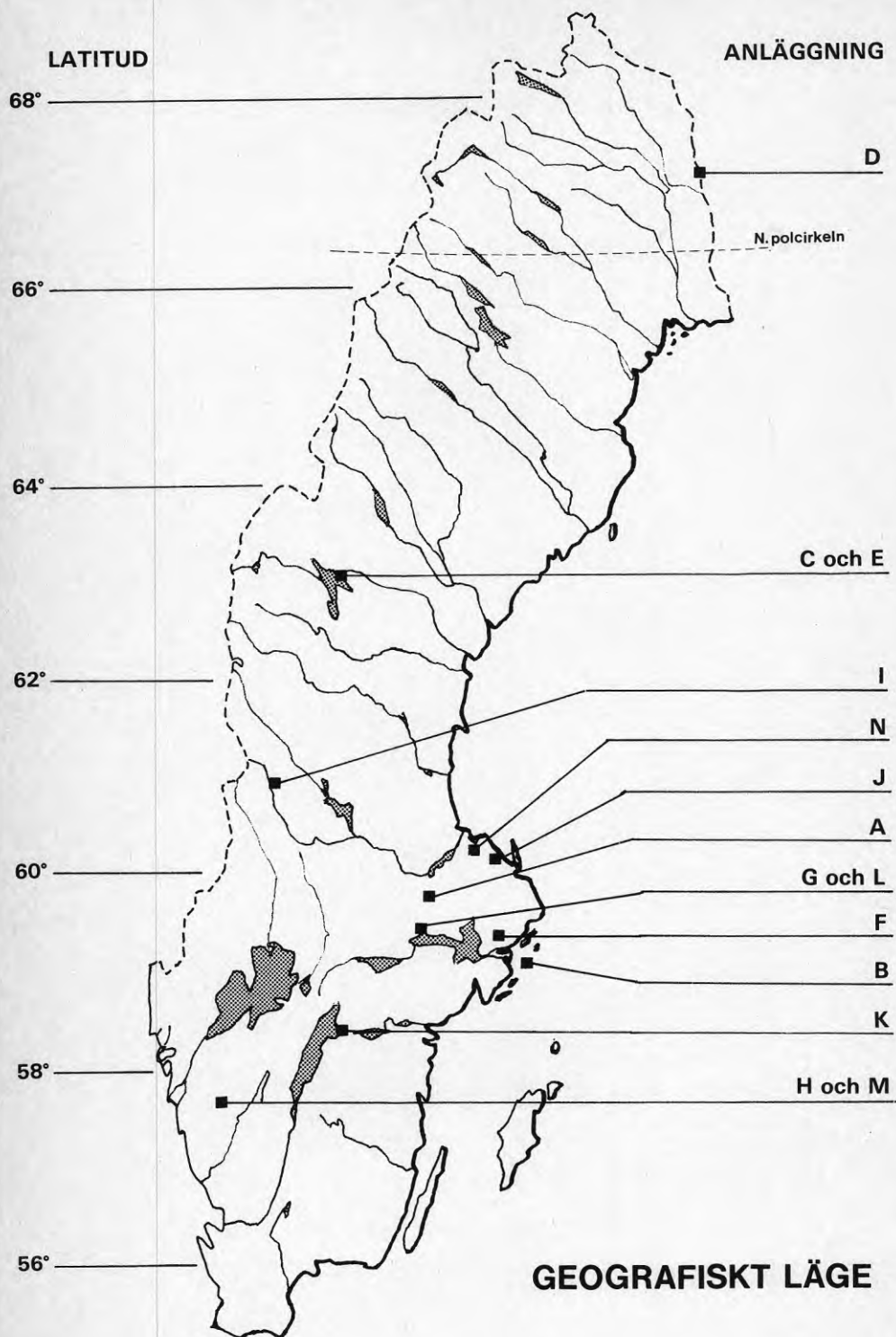
ISBN 91-540-4314-X  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

1. INNEHÅLLSFÖRTECKNING
  
1. INNEHÅLLSFÖRTECKNING
2. SAMMANFATTNING
3. INLEDNING
4. ALTERNATIVA SYSTEMLÖSNINGAR
  - 4.1 Värmepumpbaserade energiproduktionsanläggningar relativt olja och el
  - 4.2 Värmepumpanläggning med vatten som energikälla relativt andra energikällor
    - 4.2.1 Luft som energikälla
    - 4.2.2 Mark som energikälla
    - 4.2.3 Bergvärme
    - 4.2.4 Vatten som energikälla
5. SYSTEMLÖSNINGAR SOM UTNYTTJAR ISBILDNING
  - 5.1 Motiv för att utnyttja isbildning
  - 5.2 Huvudsakliga systemlösningalternativ
    - 5.2.1 Ett generellt blockschema
    - 5.2.2 Isproduktion vid värmepumpanläggningen
    - 5.2.3 Isproduktion vid vattendraget
    - 5.2.4 Lokal isackumulering
    - 5.2.5 Synpunkter på huvudalternativen
    - 5.2.6 Systemlösningar i existerande och planerade värmepumpanläggningar som utnyttjar isbildning
6. FAKTORER AV AVGÖRANDE TEKNISK-EKONOMISK BETYDELSE
  - 6.1 Förutsättningar
    - 6.1.1 Energikällan
    - 6.1.2 Värmepumpmekaniken
    - 6.1.3 Energiupptagning via köldbärare
  - 6.2 Nyproduktion eller konvertering
    - 6.2.1 Primärt effektbehov
    - 6.2.2 Passiva effektbehovsänkande åtgärder
    - 6.2.3 Energiåterförande åtgärder
    - 6.2.4 Temperaturkravsänkande åtgärder
    - 6.2.5 Ersättningseffekt
    - 6.2.6 Konvertering
  - 6.3 Temperatursteget
  - 6.4 Skalfaktor
  - 6.5 Hjälpffekter
  - 6.6 Teknikutveckling
    - 6.6.1 Ispåfrusna sjökollektorer
    - 6.6.2 Kontinuerlig isproduktion
    - 6.6.3 Systemlösningar
  - 6.7 Den ekonomiska värmefaktorn
7. TEKNISKT KRITISKA KOMPONENTER
  - 7.1 Identifiering
  - 7.2 Kontinuerlig isproduktion
    - 7.2.1 Ismaskiner med termisk avisning
    - 7.2.2 Ismaskiner med mekanisk avisning

BILAGEFÖRTECKNING FÖR ANLÄGGNINGAR OCH PROJEKT

- A. SALA HEBY - FJÄRRVÄRME  
Avloppsvatten utan isbildning
- B. TELEVERKETS ARBETSCENTRAL, DJURÖ  
Sjökollektorer med och utan ispåfrysning
- C. BIRKA FOLKHÖGSKOLA - FJÄRRVÄRME  
Kallt lokalvärmenät med ispåfrusen sjökollektor
- D. KAUNISJOENSUU TULLSTATION  
Sjökollektor med ispåfrysning
- E. LUGNVIK  
Kallt lokalvärmenät med ispåfrusen sjökollektor
- F. BÄLLSTA GÅRD  
Ispåfrusen sjökollektor i bottensediment
- G. AROSEKEN - VILLA I VÄSTERÅS  
Is under bottenplatta
- H. BORÅS PARK- OCH KYRKOSTIFTELSE  
Ismaskin
- I. SÄLEN ÖSTRA  
Ismaskin
- J. FORSMARK RESTAURANG  
Sjökollektor med ispåfrysning
- K. MOTALA VÄSTER - FJÄRRVÄRME  
Ispåfrusna sjökollektorer
- L. VÄSTERÅS BOCENTER  
Ispåfrusen sjökollektor - värme och kyla
- M. BRÅMHULTSPROJEKTET I BORÅS  
Solfångare, värmepump med luftenergi, värmepump med is/  
vattenenergi
- N. ÄLVKARLEBY  
Ismaskin
- P. KVITTBILIVNING AV IS FRÅN ISMASKIN
- Q. ISMASKIN FÖRLAGD I VATTENMAGASIN ELLER VATTENDRAG
- R. KORTTIDSLAGRING AV VÄRME OCH KYLA
- S. NY ISMASKINTYP
- T. ENERGITRANSPORTSYSTEM MELLAN VATTENDRAG OCH VÄRMEPUMP







## 2. SAMMANFATTNING

En introduktion av värmepumpsteknik i stor skala för energiproduktion avseende uppvärmning av byggnader innebär ett alternativ där olja kan sparas och elkonsumention begränsas. Omfattningen och hastigheten av en sådan introduktion begränsas till en stor del av kostnaderna för värmepumpinstallationen i samband med att teknikvalet kan medföra både en för hög anläggningskostnad och för liten besparing beträffande den rörliga energikostnaden.

Användning av våra vattendrag som energikälla i kombination med bättre systemutformning av värmepumpanläggningar, speciellt vid nyproduktion av bebyggelse synes ge möjlighet att uppnå konkurrenskraftiga alternativ. Utnyttjandet av isbildning utgör därvid en faktor som på flera sätt kan användas för att förbättra totalekonomin i en värmepumpanläggning.

Av innehållet i denna rapport kan följande slutsatser anföras:

- o Det finns i dag möjlighet att bygga värmepumpanläggningar i Sverige som arbetar med en ekonomisk värmefaktor omkring 3 oberoende av geografisk belägenhet förutsatt att anläggningen befinner sig i närheten av vatten. Med en ekonomisk värmefaktor som är 3 menas att en del betald energi till anläggningen genererar 3 delar energi för uppvärmning. Investeringen är på gränsen till lönsamhet eller lönsam. Tekniken baseras på ispåfrysta sjökollektorer.
- o En värmepumpanläggning i en storlek som ansluter väl till behovet hos ett större hus eller en grupp av hus kan i dag vid en omsorgsfull projektering bidra med 100 % av effekt- och energibehovet för uppvärmning oberoende av var i Sverige anläggningen befinner sig geografiskt varvid den betalda energin per m<sup>2</sup> uppvärmd yta och år bör ligga mellan 50-100 kWh. En förutsättning är att anläggningen befinner sig nära vatten. Investeringen är på gränsen till lönsamhet eller lönsam. Tekniken baseras på ispåfrusna sjökollektorer.
- o Det ovan nämnda beroendet av närhet till vatten kan elimineras om en värmepump baseras på kontinuerlig isproduktion. En sådan lösning är i dag tekniskt realiserbar. Bästa tekniska lösning är inte verifierad. Den ekonomiska värmefaktorn hamnar troligen kring 2,5. Anläggningar är inte ekonomiskt konkurrenskraftiga. Ovanstående uttalande gäller inte alls den potential kontinuerlig isproduktion skulle kunna få vid framtida applikationer. Den framtida potentialen såsom en generell energikälla i Sverige kan endast utvärderas via en kraftig satsning på utveckling och demonstrationsanläggningar.

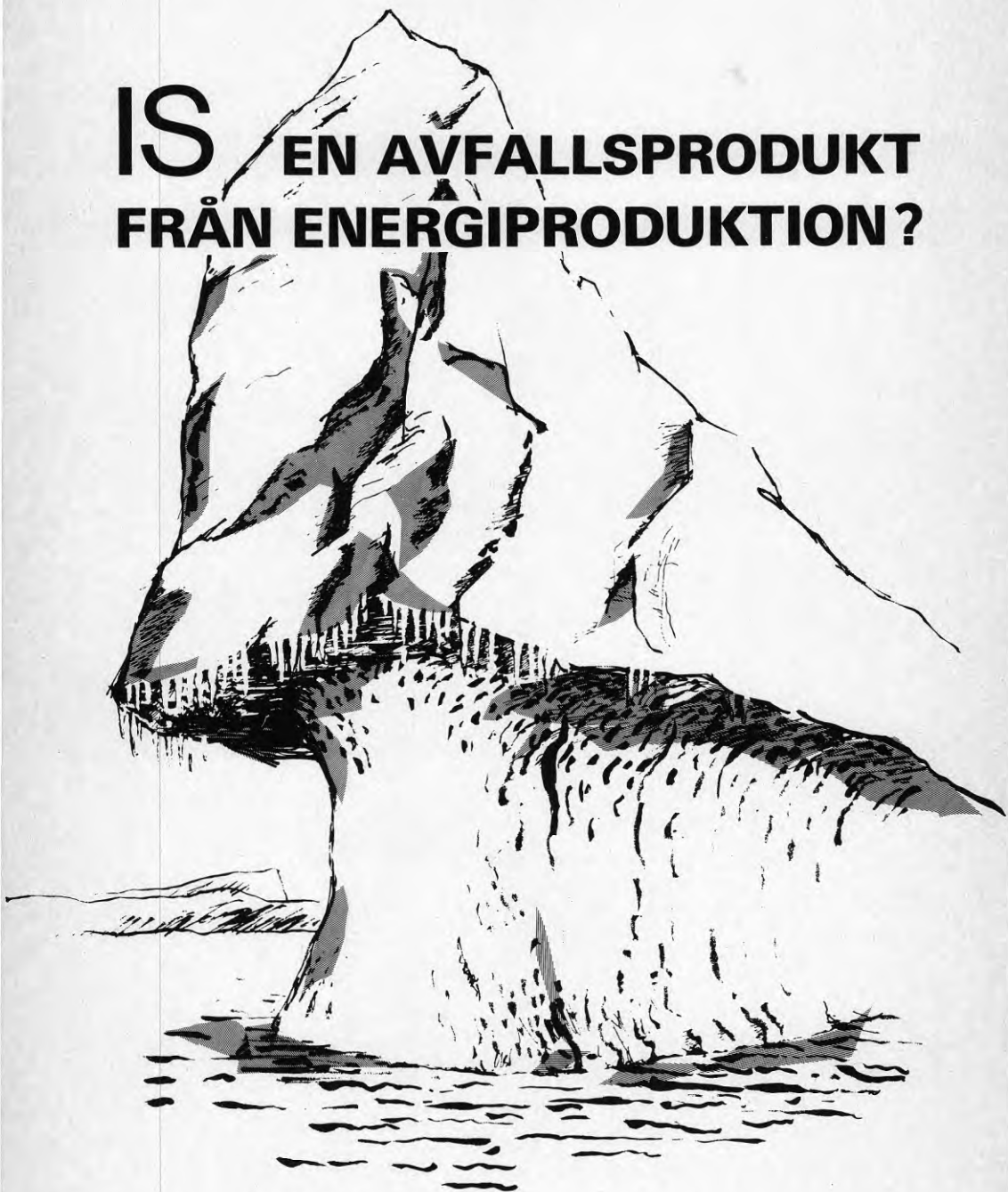
Isbildning i kombination med värmepumpar fyller följande funktioner vilka gynnar teknikgrenens konkurrenskraft relativt andra energiproduktionssystem:

- o Utnyttjande av isbildningsvärmets garanterar effektleverans från värmepumpaggregatet i alla lägen. Värmepumpanläggningar kan utföras utan ersättningseffekt.
- o Ispåfrusna sjökollektorer kan dimensioneras för ett effektuttag av 30 W/m eller mer med isen i stationärt tillstånd vid vattentemperaturer över +0,5°C.

- o Vid vattentemperaturer under c:a  $0,5^{\circ}\text{C}$  kan en ispåfrusen sjö-kollektor ackumulera is under hela vintersäsongen. Rimligt effektuttag per meter blir c:a 20 W vid 40 mm slangdiameter. Alla älvar och kustvatten är aktuella energikällor.
- o Lagring av is med hjälp av värmepumpar är ett utmärkt sätt att utjämna kortperiodiska variationer av energiunderskott och energiöverskott i en byggnad innebärande att installerad effekt och energibehovet för byggnaden kan sänkas.
- o Värmepumpanläggningar som utnyttjar isbildning kan byggas i alla storlekar. Den optimala storleken är beroende av uppvärmningsobjektet.
- o Framtida forskning och utveckling kan öka isbildningens betydelse för uppvärmning av Sveriges byggnader. Nya typer av ismaskiner kan bli ett resultat.

Ovanstående slutsatser finns motiverade i texten. För läsare med intresse för referensanläggningar kan ett studium av bilagedelen vara av värde.

# IS EN AVFALLSPRODUKT FRÅN ENERGIPRODUKTION?



### 3. INLEDNING

Vi vet alla att isbildning inträffar vid 0°C när rent vatten avkyles. Vattnets omvandling till is sker under kraftig energiavgivning, vilken vi inte uppfattar som värme emedan den sker på en temperaturnivå som vi inte betraktar som varm. Inte desto mindre så existerar den. Ett par exempel från naturens värld visar att de mänskligt initierade energiflödena framställer mycket små delflöden av naturens energivågor.

Antag att Sveriges insjöar beläggs med 10 cm is under en period av två veckor. Den avgivna energin vid isfrysningen uppgår till 380 TWh och effekten blir 1.130.000 MW. Den förnämnda energimängden kan jämföras med Sveriges totala energibehov under ett år, medan effektbeloppet motsvarar den producerade effekten från ca 1000 stora kärnkraftaggregat. Den bildade isen skulle komma att uppta en volym av 4,5 km<sup>3</sup>, vilket i sin tur utgör ca 6 % av Vätterns vattenvolym eller ett 2,5 m tjockt istäcke.

Ovanstående fakta poängterar den fysikaliska existensen av stora energiflöden överallt i vårt land där det finns vatten eller dit vatten kan förflyttas. Denna energi kan teoretiskt användas för de energibehov i vårt land där temperaturkravet är lågt. Sådana utgörs till största delen av lokaluppvärmning, vilken i sin tur svarar för ca hälften av Sveriges energibehov. En användning av den i naturen lagrade energin förutsätter användning av värmepump teknik i någon form. Det praktiska utnyttjandet av isbildningsvärme för lokaluppvärmning är kanske inte lika enkel som den teoretiska möjligheten förefaller. En sak är dock säker. Om en eller flera lämpliga tekniker utvecklas för att använda isbildningsvärmets för lokaluppvärmning så kommer inte energikällan d.v.s. vattnet att sina som råvarutillgång på någon ort i Sverige.

Denna rapport avhandlar ämnet "Uppvärmning av byggnader baserad på isbildning". Rapporten bör ge besked om denna teknik har något egenvärde och i så fall varför. Isbildningsvärmets framtida roll består av två huvudfrågor. Den ena utgörs av värmepump teknikens konkurrenskraft över huvud taget med i främsta hand alternativen el och olja. Den andra består av frågan hur utnyttjandet av isbildningsvärme som energikälla för en värmepump kan konkurrera med andra alternativa energikällor för värmepumpar d.v.s. luft, jord och vatten. För att få ett grepp över dessa frågor är det inte tillräckligt att begränsa ämnet till en värmepump och en isproducerande mekanism. Detta måste omfatta hela kedjan av funktioner i en energiproduktionsprocess såsom:

- o Energikälla i form av vatten.
- o Transport från energikälla till värmepumpanläggning.
- o Produktion av energi i värmepumpanläggning.
- o Transport av energi från produktionsanläggning till konsument.
- o Typ av konsument och temperaturkrav.
- o Eventuell borttransport av is.

Det är först när hela denna kedja betraktas för olika systemlösningar som man erhålla en realistisk bild av ekonomin och därmed marknaden för en typ av värmepumpalternativ. Bedömningen kompliceras av att vissa komponenter är nyutvecklade och relativt oprövade medan andra befinner sig på idéstadiet.

I ett försök att kombinera visioner om möjlig framtida utveckling med en omutbar verklighet har tyngdpunkten i denna rapport lagts

på en redovisning av redan befintliga anläggningar och sådana som snart förväntas tas i drift. Dessutom redogörs för en del projekt innehållande starka inslag av utveckling. Denna information finns i sista kapitlet och i bilagedelen vilken kan läsas fristående om man snabbt vill ha konkret information om specifika anläggningar eller projekt. De tidigare kapitlen har till syfte att försöka frambringa en helhetssyn beträffande isbildningsvärmets potential som energikälla där anläggningarna och projekten i bilageförteckningen får tjäna som pusselbitar. Värmepumpsystem med en markkolkektor där partiell isbildning kan ske i markens fuktighet tas inte upp i denna rapport. Dels behöver rapportens omfång begränsas och dels är fördelar, nackdelar och ekonomi med denna teknik välkända.

Författaren har varit eller är personligen involverad i flera av de presenterade anläggningarna och projekten på olika sätt och kan tänkas ha partsintressen att försvara. Min förhoppning är att dessa engagemang ska tolkas som satsningar grundade på en stark och långvarig övertygelse om den potentiella betydelsen av Sveriges naturliga vattendrag som energikälla för uppvärmning av nationens bebyggelse.

## 4. ALTERNATIVA SYSTEMLÖSNINGAR

## 4.1 Värmepumpbaserade energiproduktionsanläggningar relativt olja och el

Utän att gå in på detaljer gäller att en värmepumpänläggning kräver en högre investeringskostnad i anläggningen än motsvarande kostnad för en anläggning baserad på el eller olja. I gengäld ska värmepumpänläggningen ha en mindre rörlig kostnad per producerad energienhet genom att densamma hämtar "gratisenergi" från en yttre energikälla vilken tillsammans med drivenergin till kompressorn avges för uppvärmningsändamål.

Vi kan definiera en "ekonomisk värmefaktor" för värmepumpsystemet genom följande ekvation:

$$F(e) = \frac{P(v) + P(1)}{P(el) + P(1) + P(2)}$$

$P(v)$  = avgiven effekt från värmepumpen

$P(1)$  = hjälpeffekter som tillvaratas i värmesystemet

$P(el)$  = tillförd effekt till värmepumpkompressor

$P(2)$  = hjälpeffekter som inte kan tillvaratas i form av värme

Denna värmefaktor är ett grovt mått på värmepumpsystemets konkurrenskraft gentemot alternativen. Existerande värmepumpsystem har oftast en ekonomisk medelvärmefaktor varierande mellan ca 1,5 och 2,5 på årsbasis. Vid en noggrann utformning av framtida nyproducerade anläggningar ligger en ekonomisk medelvärmefaktor av 3 eller högre inom räckhåll. Man inser därmed att värmepumpänläggningens konkurrenskraft kommer att variera inom ett vitt område med anledning av dess tekniska utformning.

Betrakta två värmepumpänläggningar med en ekonomisk årsmedelvärmefaktor av 2,0 respektive 3,0 som ska försörja ett årsbehov av 1200 MWh vilket kan avyttras till Kr. 300.000:- samtidigt som elpriset är Kr. 250:-/MWh. Den förstnämnda anläggningen spar Kr. 150.000:- och den andra Kr. 200.000:- per år i rörliga kostnader. Omvänd kan detta motivera en merinvestering i värmepumpänläggningen av Kr. 750.000:- respektive Kr. 1.000.000:- jämfört med vad investeringen i en elpanna får kosta för närvarande om man antar en pay-off-tid av 5 år.

Ovanstående räkneexempel syftar enbart till att poängtera vikten av den ekonomiska årsmedelvärmefaktorn. Att erhålla en hög sådan kräver både rätt teknikval, komponentval och en noggrann projektering. Naturligtvis är förutsättningarna att uppnå en hög ekonomisk årsmedelvärmefaktor vida större vid värmepumpänläggningar i nyproducerade byggnader än vid konvertering till värmepumpenergi i äldre bebyggelse. Däremot är den existerande konverteringsmarknaden för närvarande mycket större än nyproduktionsmarknaden. Man bör emellertid notera att värmepumpsteknikens stora betydelse för vårt lands framtida energiförsörjning kommer att utgöras av hur densamma anpassas till nyproducerade byggnader där dess fördelar till fullo kan utnyttjas. Hur detta ska ske är en fråga som har rönt relativt ringa intresse trots att i stort sett alla nybyggnader i detta land skulle kunna värmas upp med hjälp av värmepumpsteknikens hjälp.

## 4.2 Värmepumpanläggningar med vatten som energikälla relativt andra energikällor

### 4.2.1 Luft som energikälla

Luft som energikälla har en stor fördel, nämligen dess tillgänglighet överallt. Dess nackdelar utgörs av:

- o Den ekonomiska årsmedelvärmefaktorn är latitudberoende. Investeringsutrymmet för anläggningen krymper ju längre norrut anläggningen befinner sig.
- o Överföringen av energi från luft till köldmedium sker via en värmeväxlare med relativt låg effekt per ytenhet. Det är frestande att bygga små värmeväxlare (förångare) av ekonomiska skäl medförande låg förångningstemperatur och låg värmefaktor.
- o Fläkten som driver luftflödet innebär en relativt stor hjälpeffekt vilket sänker den ekonomiska värmefaktorn.
- o Förångare måste avfrostas vid låga lufttemperaturer vilket innebär en kapacitetsnedsättande åtgärd.
- o Vid mycket kall utetemperatur ger luftvärmepumpen en mycket dålig värmefaktor innebärande att ett krav på tillsatseffekt från el eller olja nästan alltid finns.

### 4.2.2 Mark som energikälla

Mark som energikälla har fördelen gentemot luft att energin kan hämtas med en relativt god värmefaktor. Energiupptagningen från mark sker så gott som alltid via en köldbärare och med hjälp av polyetenslang.

En generell användning av markvärme har följande nackdelar:

- o Den kräver tillgång på tillgänglig relativt lättgrävd mark.
- o Ytkravet blir stort c:a  $1 \text{ m}^2$  per  $10 \text{ W}$  upptagen effekt.
- o Effektopptagningen per meter slang är låg c:a  $10 \text{ W/m}$  innebärande en dyr anläggning för kollektorsystemet.
- o Marken kyls ned vilket påverkar växtligheten.

### 4.2.3 Bergvärme

Energiupptagningen sker via ett slutet köldbärarsystem i ett borrhål. Fördelen består i att borrhål kan borraras nästan överallt i nära anslutning till värmepumpanläggningen. Nackdelen består i den höga kostnaden för borrhålen innebärande att man gärna förordar höga effektuttag per meter borrhål och därmed försämrar den ekonomiska årsmedelvärmefaktorn. Vid större anläggningar tillämpas ofta värmeladdning sommartid vilket medför extra investeringskostnader utöver borrhålen.

### 4.2.4 Vatten som energikälla

Vatten kan med fördel användas som energikälla för värmepumpar utan att isbildning sker. Antingen kan vattnet pumpas direkt till värmepumpens förångare där vattnets temperatur sänks eller också kan energin hämtas indirekt via en sluten slinga innehållande värmeväxlare och en köldbärare. Den förstnämnda metoden ställer krav på vattentemperaturen. Vid konventionella förångare behöver

ingående temperatur vara +4 till +6°C för att undvika igenfrysning. För att minska temperaturkravet har så kallade strilförångare utvecklats i vilka en smärre isbildning tolereras och där vattentemperaturen kan vara ända ned till +2°C.

Metoden med ett indirekt köldbärarsystem kan arbeta med energiupptagning ur vatten med mycket låga temperaturer.

Nackdelen med direktupptagning av vatten till värmepumpens förångare är:

- o Vid energiupptagning ur naturliga vattendrag kan metoden sällan användas på grund av att temperaturen i dessa vintertid oftast ligger mellan 0,0 och +1,0°C.
- o Denna teknik har använts vid de stora värmepumpanläggningarna i Ludvika, Visby och Lidingö. Samtliga har utsatts för kapacitetsnedsättningar beroende på icke planerade låga vattentemperaturer. I Visby måste man ha en elpanna som ersättnings-effekt. Vid Lidingö har intaget vatten i april 1984 varit ända ned till 0,5°C jämfört med den dimensionerande vattentemperaturen som antagits vara +4,0°C. Detta har föranlett en sänkning av anläggningarnas kapacitet från 11 till 6 MW.
- o Strilförångarna kräver pumpning av stora vattenmängder vintertid genom att temperatursänkningen i vattnet är låg. Detta innebär krav på en relativt hög hjälpeffekt för pumpen.
- o Den låga temperatursänkningen i det pumpade vattnet (1 till 2°C) kräver även stor dimensionering av vattenledningarna innebärande höga anläggningskostnader.
- o Energikällan finns oftast inte i direkt anslutning till värmepump-anläggningen vid användning av naturens vattendrag som energikälla.

Vid användning av ett indirekt energiupptagningssystem från vatten i naturen via en köldbärare finns följande nackdelar:

- o Energin finns oftast inte i direkt anslutning till värmepump-anläggningen vilket kräver transportledningar på kalla sidan.
- o Energitransporten begränsas praktiskt till en temperaturdifferens av c:a 4°C i köldbärarsystemet.
- o Vid låga temperaturer på vattnet kan ispåfrysning ske på den energiupptagande värmeväxlaren varvid uppflytning och haveri hotar.



## 5. SYSTEMLÖSNINGAR SOM UTNYTTJAR ISBILDNING

### 5.1 Motiv för att utnyttja isbildning

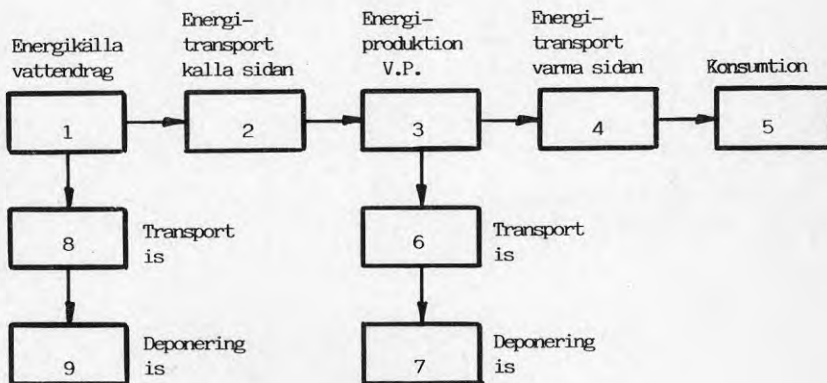
Emedan det inte utgör ett självändamål att producera is för dess egen skull kan man ställa frågan vilka motiv som finns för att ägna sig åt detta:

- o Befintligt vatten i naturen utgör en generellt användbar energikälla endast om isbildning kan utnyttjas tekniskt vid låga vattentemperaturer.
- o Utnyttjandet av isbildningsvärmets innebär att energin alltid finns tillgänglig när behovet finns. Man behöver inte utrusta anläggningen med ersättningseffekt från en annan energikälla.
- o Utnyttjandet av isbildningsvärme innebär egentligen ett utnyttjande av solenergi men utan att behov föreligger att jaga solen i exakt det ögonblick denna råkar skina. Lagring av is säsongvis i stället för varma energilager kan vara ett konkurrenskraftigt alternativ.
- o Lagring av is med hjälp av värmepumpar är ett utmärkt sätt att utjämna kortperiodiga variationer av energiunderskott och energiöverskott i en byggnad varvid installerad effekt och byggnadens energibehov kan sänkas.
- o En rimlig ispåfrysning på en sjökollektor nedsänkt i ett vattendrag med kallt vatten innebär en höjning av värmeväxlarens kapacitet vilket är av ekonomisk betydelse.

### 5.2 Huvudsakliga systemlösningalternativ

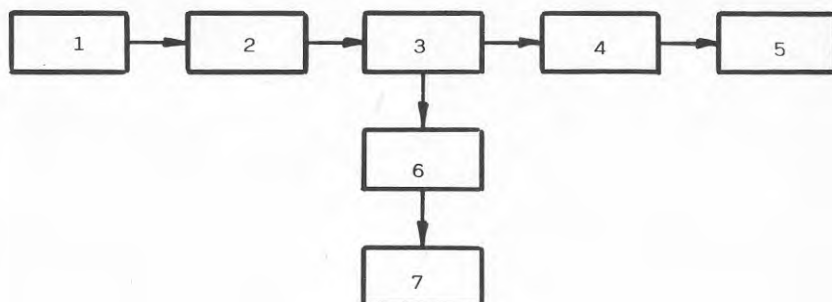
#### 5.2.1 Ett generellt blockschema

Vi betraktar ett generellt blockschema för systemlösningarna och konstruerar därefter olika alternativ.



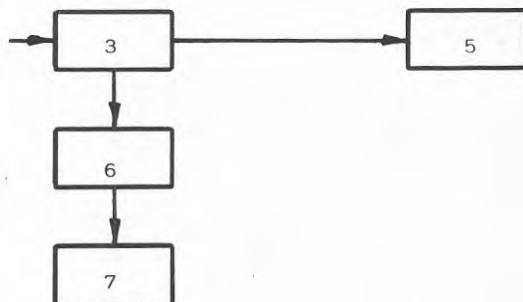
Varje block innehåller kostnader i form av anläggning och drift. Kostnaden för det enskilda blocket ska inte minimeras utan den sammanlagda kostnaden ska minimeras. Från detta generella system kan flera alternativ erhållas.

## 5.2.2 Isproduktion vid värmepumpanläggningen



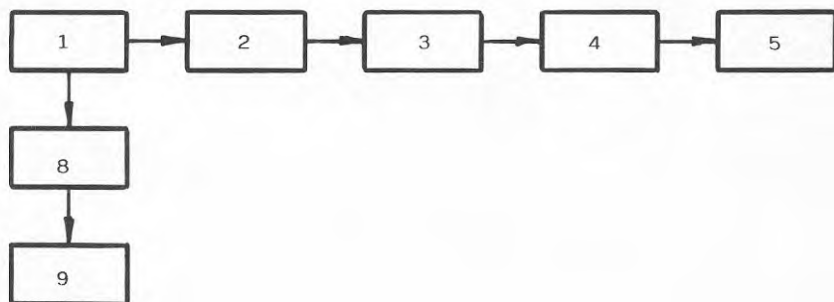
Vatten hämtas från ett vattendrag. Is produceras av en isvarmepump. Den bildade isen transporteras tillbaka till vattendraget.

Denna typ kan i bästa fall reduceras till i stort sett följande blockschema:



Detta blockschema innebär att vatten tages från kallvattennätet. Allt vatten fryses till is. Den producerade energin utnyttjas i en närbelägen byggnad. Isen transporteras bort och deponeras.

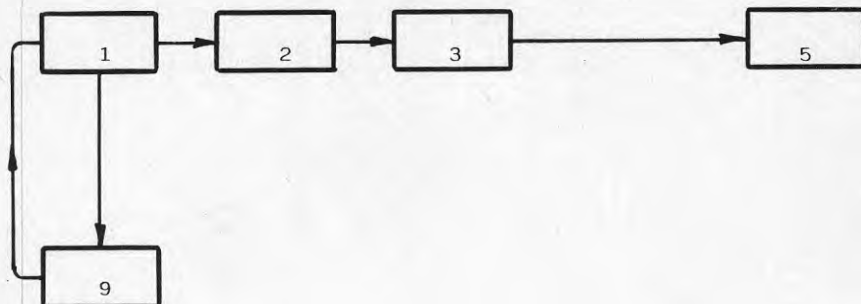
## 5.2.3 Isproduktion vid vattendraget



Ovanstående innebär att is bildas på en värmeväxlare nedsänkt i ett vattendrag. Isen bringas att släppa värmeväxlaren och flyta

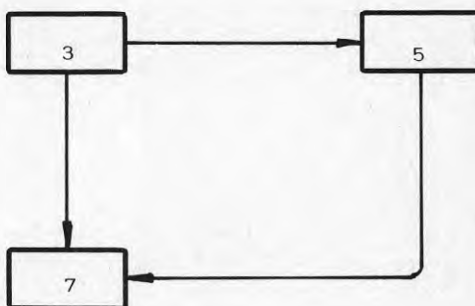
upp. Energin från isbildningen transporteras i en köldbärare till värmepumpcentralen varifrån varmvatten distribueras i ett värmenät.

En förenklad variant av denna princip ser ut:



Is bildas på en i vattendraget nedsänkt värmeväxlare. Denna is får ackumulera respektive smälta av beroende på omständigheterna. Energin från isbildningen transporteras i en köldbärarledning till värmepumpcentralen som försörjer ett närbeläget objekt med värme.

#### 5.2.4 Lokal isackumulering



Is bildas på en värmeväxlare nära värmepumpanläggningen när värmebehov föreligger. Denna is smältes delvis av överskottsvärme eller transmissionsenergi från byggnaden när effektbehoven är låga.

#### 5.2.5 Synpunkter på huvudalternativen

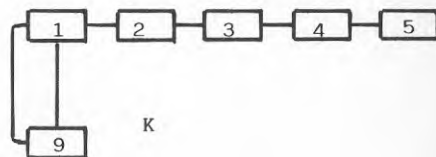
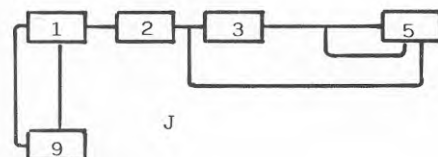
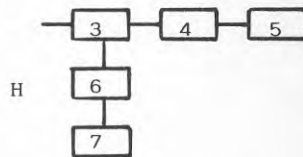
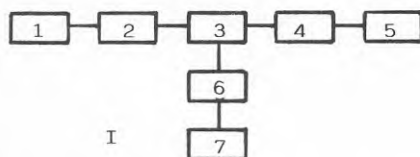
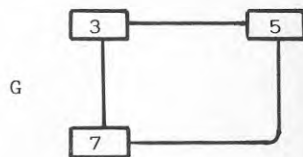
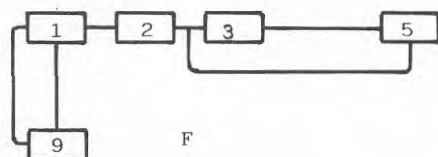
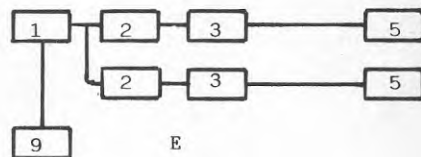
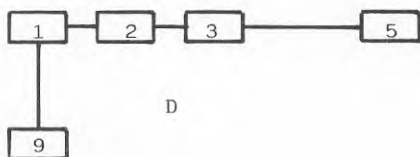
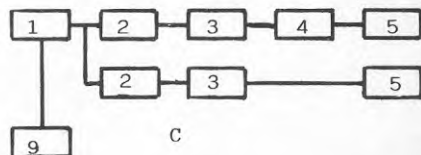
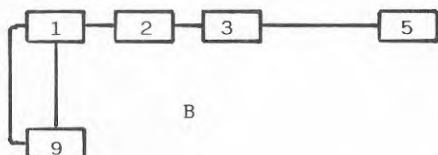
- o För samtliga alternativ är det lämpligt att optimera kostnaden för block 4. Block 4 innebär dyra kulvertnät för varmvatten med tillhörande transmissionsförluster.
- o Temperaturkravet i block 5 ska hållas så lågt som möjligt för att ge högsta möjliga ekonomiska värmefaktor.
- o För isproduktion är vattenkostnaden ofta försumbar medan blocken 6 och 7 får en avgörande betydelse för isvärmepumpanläggningen. Den ekonomiska värmefaktorn för block 3 är också avgörande.
- o För isproduktion vid vattendraget gäller att anläggningens

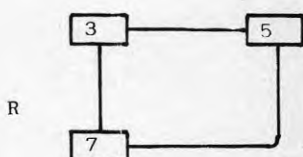
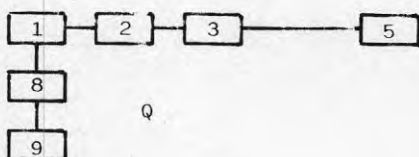
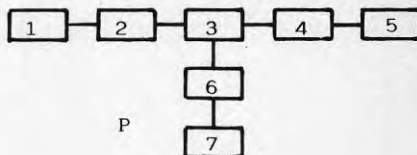
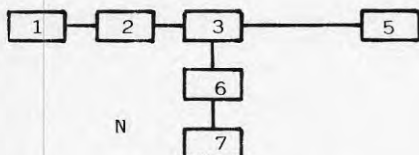
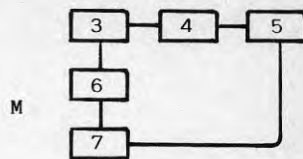
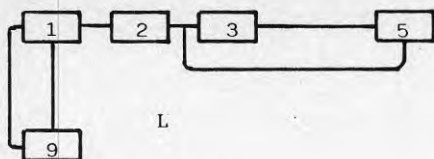
totala kostnad är beroende av transportsträckan i block 2. Denna kostnadspost är av avgörande betydelse för alla anläggningar som arbetar med indirekt energiupptagning via en köldbärare.

- o Beträffande all nyproduktion är det lämpligt att vidtaga passiva effekt- och energibesparande åtgärder i block 5 för att minska behovet av installerad effekt. När detta är gjort kan återföring av energi från frånluft och transmission gärna utnyttjas för att sänka kraven på yttre energikälla för värmepumpanläggningen.

#### 5.2.6 Systemlösningar i existerande och planerade värmepumpanläggningar som utnyttjar isbildning.

Bilagorna B - R beskriver anläggningar och projekt där isbildningsvärmets spelar en roll. Med den ovan använda blockschemasymboliken kan anläggningarnas systemlösningar anges enligt nedan:





Vi ser att den utvalda gruppen av anläggningar och projekt omfattar en imponerande variation av systemlösningsalternativ. Det finns således redan en hel del driftresultat från vilka lärdomar kan dras och ytterligare kunskapsökning inom området kan förväntas inom de närmaste två åren.

## 6. FAKTORER AV AVGÖRANDE TEKNISKT EKONOMISK BETYDELSE

### 6.1 Förutsättningar

Vid diskussionerna i denna rapport har och kommer en hel del förutsättningar att gälla. Vissa motiveringar kan vara på sin plats.

#### 6.1.1 Energikällan

Finns det tillgång till vatten i stor mängd med en temperatur av +4°C eller högre året runt i närheten av ett uppvärmningsobjekt behöver man inte gå via isbildningsvärme för att erhålla energi till en värmepumpanläggning. Där detta inte är fallet kan utnyttjandet av isbildningsvärme vara fördelaktigt. Geografiska områden med kalla vattendrag utgörs av bland andra Sverige, Finland, Canada och norra U.S.A.

#### 6.1.2 Värmepumptechniken

Värmepumpen förutsätts vara baserad på kolv- eller skruvkompressor teknik av den enkla anledningen att denna teknik visat sig vara tekniskt-ekonomiskt lämpligast. Densamma är väl utvecklad och kommersiellt tillgänglig.

#### 6.1.3 Energiupptagning via köldbärare

Energiupptagning från en yttre energikälla kan ske vid värmeväxling direkt mot köldmediet (oftast freoner) eller indirekt via en köldbärare (exempelvis glykol-vattenblandning).

Vid kontinuerlig isproduktion i en ismaskin används oftast direktvärmeväxling. Om en energikälla eller isackumulator befinner sig på ett relativt ringa eller stort avstånd från kompressorn används oftast en indirekt värmeväxling. Anledningen är att kostnaden för freon är hög liksom kraven på material i köldmediekretsen. Storleken och volymen på densamma hålls om möjligt liten. Man accepterar av denna anledning ökningen av temperatursteget mellan förångare och kondensor som uppstår på grund av värmeväxlingen mellan köldmedium och köldbärare.

### 6.2 Nyproduktion eller konvertering

En värmepumpanläggning avsedd för en nyproducerad byggnad eller ett område med byggnader bör skilja sig i mycket hög grad från en värmepumpanläggning avsedd för konvertering från el- eller oljeuppvärmning. I själva verket utgör dessa två typer av anläggningar artskiljda produkter. Nedan följer anledningarna:

#### 6.2.1 Primärt effektbehov

En värmepumpanläggning är dyr per installerad kW. Vid nyproduktion är det värt att vidtaga kraftiga effektsänkningar av det primära effektbehovet genom användning av frånluftvärmeväxlare m.m. Speciellt lönsamt blir detta om ingen ersättningseffekt alls behöver installeras utöver värmepumpeffekten. I bilaga J visas hur detta resonemang har inneburit att 65 kW primärt effektbehov har täckts med 25 kW installerad värmepumpeffekt.

#### 6.2.2 Passiva effektbehovsänkande åtgärder

Sådana består t.ex. av bättre isolerade hus, ett gott utnyttjande av solinstrålning och andra extra effekttillskott, användning av frånluftvärmeväxlare m.m.

### 6.2.3 Energiåterförande åtgärder

Ovanstående term används för energi som återförs till värmepumpens kalla sida. Därmed minskas energiupptagningen från den yttre energikällan medan installerad värmepumpeffekt inte minskas. Exempel på denna teknik är frånluftvärmepumpar, markslingor under husgrund m.m. I bilagorna F och G utnyttjas denna teknik.

### 6.2.4 Temperaturkravsänkande åtgärder

Detta innebär främst att överföringen av energi från värmepump till konsument sker vid så låg temperatur som möjligt genom generös dimensionering av radiatorer m.m. Det är numera tekniskt rimligt att dimensionera radiatorer för en framledningstemperatur av +50°C vid DUT (se bilaga D). Det är möjligt att klara uppvärmningen vid en maximal framledningstemperatur av maximalt +35°C (se bilaga J).

### 6.2.5 Ersättningseffekt

Vid värmepumpanläggningar i nyproducerade hus eller kvarter kan och bör man överväga att installera en 100 % effekttäckning med värmepump. En av poängerna är att ersättningseffekter i form av el eller olja inte alls behöver installeras. Driftsäkerhetskravet kan till stor del tillgodoses genom att värmeproduktionen sker via flera kompressorer. Exempel på denna typ av anläggningar ges i bilaga B, F, J och L.

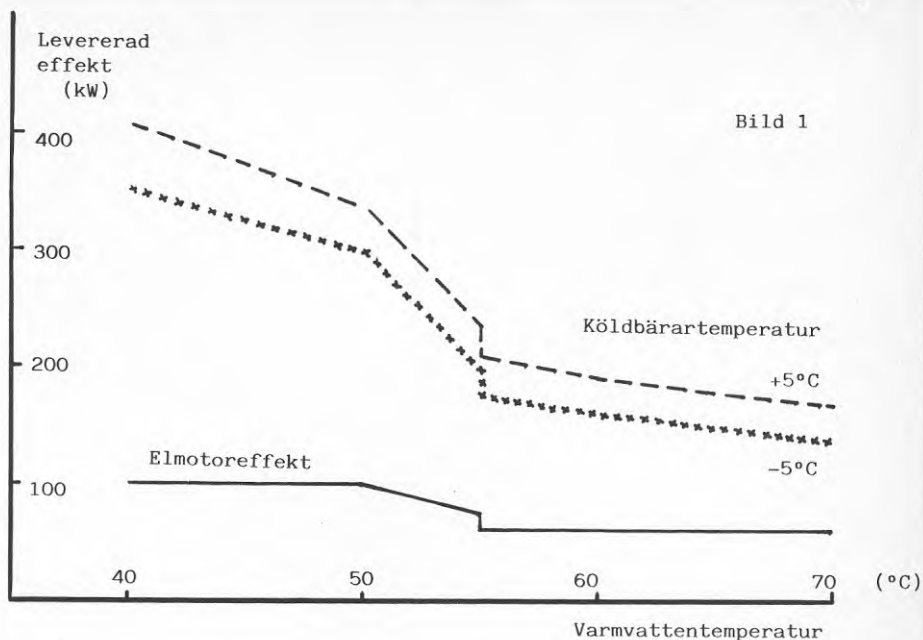
### 6.2.6 Konvertering

Ovan nämnda åtgärder är svåra eller oftast mycket dyra att genomföra vid konvertering från el- eller oljeuppvärmning. Detta framgår genom att ekonomin vid konvertering innebär att värmepumpen ligger i baslast (se bilagorna A, C och K). I bilaga E beskrivs ett konverteringsprojekt där man i stort sett har uppnått 100 % effekttäckning med värmepump. Detta har varit möjligt genom att konverteringsobjekten bestått av ett antal villor.

## 6.3 Temperatursteget

En värmepump levererar mindre effekt vid ett högt temperatursteg mellan förångare och kondensor än om detsamma är lågt. Det totala temperatursteget beror huvudsakligen på energikällans temperatur, temperaturkravet hos konsumenten och kompressorns tekniska utförande. Därutöver beror det totala temperatursteget även av temperaturfallet i förångare och kondensor. Fabrikanten som tillverkar värmepumpaggregat har en viss benägenhet att välja små värmeväxlarytor hos både förångare och kondensor vilket reducerar både aggregatets kostnad och värmefaktor. Det senare ökar driftkostnaden.

För en viss summa pengar kan man erhålla mycket olika mängd installerat värmepumpeffekt. Bild 1 illustrerar detta förhållande. Kurvorna är modifierade från information beträffande värmepumpaggregatet VMP 108 som tillverkas av STAL Refrigeration. Observera att temperaturerna gäller utgående köldbärartemperatur från aggregatet och levererad varmvattentemperatur från detsamma.



Innebörden av denna bild är att ett visst värmepumpaggregat kan leverera mellan 350 kW och 135 kW vid en utgående köldbärartemperatur av  $-5^{\circ}\text{C}$ . Brotten i kurvan beror på att olika köldmedier måste väljas beroende på varmvattentemperaturen. För varmvattentemperaturer t.o.m.  $+50^{\circ}\text{C}$  väljs R22, för c:a  $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$  väljs R500 och för  $55^{\circ}\text{C}$  och högre väljs R12. Ett tvång att använda R12 i stället för R22 innebär således 40 % effektreducering vid en likartad driftsituation. Ovanstående visar vikten av att begränsa temperaturkravet hos konsumenten så att R22 kan användas.

#### 6.4 Skalfaktor

Hur påverkas en värmepumpanläggnings ekonomi av dess storlek? Normalt brukar kostnaden i en fabrik per producerad enhet vara lägre ju större produktionen är. Förhållandet vid värmepumpanläggningar är mer komplicerat och många faktorer pekar mot att den optimala värmepumpanläggningen bör omfatta ett större hus, ett kvarter men knappast distrikt av den stroleksordning som ett fjärrvärmenät betjänar. Vid bedömningen av denna optimala storlek spelar en rad faktorer in. Nedan listas en del:

- o Temperaturkravet för fjärrvärmenät är större än temperaturkravet på lokala värmenät eller hos enskilda byggnader där värmeväxlare i undercentraler ej behövs (se punkt 6.3). Detta talar mot stora system.
- o Vid användning av en värmepumpanläggning kan man välja om energidistributionsributionen huvudsakligen ska ske på varma eller kalla sidan. Vid kontinuerlig isproduktion transporteras endast kallvatten. Vid användning av köldbärare ger transportledningarna ett energibidrag. Energidistribution på varma sidan ökar temperaturkravet och transmissionsförluster kommer alltid att finnas. Dessa fakta talar för relativt små enheter på konsumentensida.



- o Vid eldning av kol och olja anges ofta bättre reningsmöjligheter av rökgaser som ett argument för storskalighet. Värmepumpanläggningarna kan byggas utan att generera någon betydelsefull negativ miljöinverkan. Detta leder till valfrihet beträffande anläggningens storlek och en generell fördel för värmepumpanläggningar gentemot ovanstående alternativ.
- o Återföring av effekt från byggnaden till värmepumpens kallasida är en bra teknik för att minska behov av yttre energikällor. Kravet blir lokala värmepumpar i varje fastighet, vilket talar för småskalighet.
- o Vid nybyggnation av kontorsbyggnader finns ofta krav på kyla. I detta fall utgör en värmepumpanläggning ofta en tillräcklig källa för både kyl- och värmebehov. Kravet blir att en anläggning behövs i (nästan) varje fastighet vilket talar för småskalighet.
- o Vid anläggningar med kontinuerlig isproduktion kommer troligen en minsta storlek att krävas för att kunna uppnå ekonomi. Denna kan gissningsvis bli c:a 100 kW värmeeffekt.
- o Vid anläggningar som arbetar med ispåfrysta slangkollektorer krävs en större kollektor ju längre bort från energikällan (vattendraget) som bebyggelsen ligger. Detta ställer krav på en minsta kollektorstorlek men inte på en minsta värmepumpaggregatsstorlek emedan många värmepumpaggregat i olika byggnader kan anslutas till en sjökollektor på köldbärarsidan.

## 6.5 Hjälp effekter

Det är ingen idé att bygga en värmepumpanläggning med en god värmefaktor för ett värmepumpaggregat om denna faktor reduceras ordentligt av krav på stora hjälp effekter. Betrakta exempelvis direktpumpning av vatten till en förångare när endast en vattentemperatur-sänkning av 0,5°C kan tillåtas och totala pumphöjden är 40 m vid en värmefaktor 3,0 och en elmotoreffekt av 100 kW. Enbart pumpeffekten för vattenpumpen blir 60 kW och den ekonomiska värmefaktorn sjunker till 1,9 i stället för c:a 2,8.

Ovanstående kan synas elementärt men exemplet ovan har faktiskt föreslagits av en värmepumpaggregatleverantör. Ett annat effektivt och vanligt sätt att döda ekonomin i en värmepumpanläggning är att installera luftburen värme där fläkten ska övervinna ett högt motstånd i en underdimensionerad förångare.

Ett studium av faktabladen i bilagorna ger exempel på olika typer av hjälp effekter och deras inverkan på den tekniska årsmedelvärmefaktorn. Innan en värmepumpanläggning byggs är det lätt och mycket viktigt att summera kraven på hjälp effekter och konstatera att den önskade ekonomin inte stjälps av denna anledning.

## 6.6 Teknikutveckling

### 6.6.1 Ispåfrusna sjökollektorer

Underlag till en slutgiltig utvärdering av ispåfrusna slangkollektorer kommer att finnas när existerande och planerade anläggningar varit i drift ytterligare ett par år (se bilaga B, C, D, E, F, J, K och L).

Den framtida potentialen för dessa system kan komma att ökas genom utveckling av ett energitransportsystem på köldbärarsidan liknande det som finns beskrivet i bilaga T.

#### 6.6.2 Kontinuerlig isproduktion

Framtiden för isvärmepumpar som arbetar med kontinuerlig isproduktion kommer i hög grad att bestämmas av framtida teknikutveckling. Behovet av teknik gäller på kort sikt att bestämma vilken konventionell typ av isproducerande maskin som lämpar sig bäst i kombination med uppvärmning av byggnader (se bilaga M, N, H och I). Hur man på lämpligaste sätt tar hand om isen är inte heller klarlagt, vilket kräver utvecklingsinsatser. Bilaga P är ett exempel på detta.

#### 6.6.3 Systemlösningar

Det finns ett behov att bedriva utvecklingsarbete beträffande olika systemlösningar för värmepumpanläggningar. Ett sådant arbete skulle exempelvis kunna identifiera de kritiska komponenterna i olika systemlösningar och poängtera vikten av utveckling beträffande dessa därför att de genast skulle höja systemprestanda avsevärt. Energitransportsystemet i bilaga T är en sådan komponent. Denna är värdelös om energiuptagning via köldbärare från naturens vattendrag av någon anledning skulle vara en olämplig teknik. Omvänt kan denna komponent visa sig viktig om systemmässiga teoretiska och praktiska resultat visar att stora ispåfrusna sjökollektorer har framtiden för sig. Det finns definitivt plats för mer genomgripande systemtänkande vid konstruktion av värmepumpanläggningar.

På lång sikt kan man tänka sig en utveckling av ismaskiner som arbetar med helt nya metoder för isgenereringen innebärande att köldmediet kan förångas vid 0 till  $-5^{\circ}\text{C}$ . Exempel på tänkbara sådana system ges i bilaga S och T.

#### 6.7 Den ekonomiska värmefaktorn

Kombinationen av alla faktorer i punkterna 6.1 till och med 6.7 kan sammanfattas med en faktor, nämligen den ekonomiska värmefaktorn. Definitionen av denna finns given i punkt 4.1. Denna faktor anger i princip kvoten mellan behovet av producerad energi under en tidsperiod och mängden betald energi under samma tidsperiod. Denna faktor ska kunna nå en viss given nivå för varje påtänkt värmepumpanläggning, annars är densamma inte konkurrenskraftig. Omvänt så gäller naturligtvis att ju högre ekonomisk årsmedelvärmefaktor som kan uppnås desto större möjlighet erhålles att betala värmepumpanläggningens merinvestering jämfört med alternativen. Konstruktion av anläggningar med goda ekonomiska värmefaktorer kräver medvetenhet om hur alla delar i värmepumpsystemet samverkar. Konstruktion av ekonomiskt konkurrenskraftiga anläggningar kräver dessutom en insikt i val av de ekonomiskt bästa komponenterna.

## 7. TEKNISKT KRITISKA KOMPONENTER

### 7.1 Identifiering

En komponent som är en del i ett system kan vara en kritisk komponent av flera tekniska anledningar men oberoende av anledningen så leder dess brist eller dåliga funktion till avsevärda kapacitetsnedsättningar på hela systemets prestanda, vilket i sin tur innebär en försämrad ekonomi. Nedan följer ett försök att identifiera dessa ur teknisk synpunkt kritiska komponenter. Förslag ges på vilket sätt komponentens prestanda möjligen kan förbättras. I tidigare kapitel har framgått att de huvudsakliga systemlösningarna för utnyttjande av isbildningsvärme utgörs av:

- o Kontinuerlig isproduktion där isvärmepumpen befinner sig i närheten av konsumenten. Energikällan kan vara vatten från vattenledningsnätet, grundvatten eller från naturens vattendrag.
- o Ispåfrusna sjökollektorer där energin flyttas från ett i naturen befintligt vattendrag till värmepumpanläggningen som är belägen i närheten av konsumenten.
- o Isackumulatorer för utjämning av effektöverskott och effektunderskott vid olika tidpunkter där tidscyklerna vanligtvis är 1-2 dygn. Isackumulatören består av ispåfrusna rör eller slangar som befinner sig i en vattenvolym (eventuellt lera eller torv) inuti eller utanför byggnaden i nära anslutning till värmepumpen.

Den sistnämnda systemlösningen innehåller ingen tekniskt kritisk komponent. Tekniken är välkänd och isackumulatorer för inomhusbruk finns på marknaden både i U.S.A. och Sverige idag (se bilaga R och punkt 9.18). Beträffande användning av t.ex. torv som vattenbehållare för ispåfrusna slangar straxt utanför byggnader så finns inga tekniska problem som är av större betydelse, men det vore naturligtvis intressant med några provanläggningar.

### 7.2 Kontinuerlig isproduktion för uppvärmningsändamål

Teknikens status kan sammanfattas:

- o Det finns ingen anläggning i drift i Sverige idag.
- o Det finns isproducerande maskiner för Fiskeriindustrin vilka i Skandinavien främst produceras av ATLAS-SABROE, Danmark, FINSAM, Norge och STAL-Refrigeration, Sverige. ATLAS och STAL kan inte namnge en enda ismaskin där kondensorvärmets har utnyttjats för uppvärmningsändamål.
- o I U.S.A. har omfattande tester gjorts med isvärmepumpar med termisk islossning (typ FINSAM och TETAB). Resultaten visar klart att själva ismaskinen behöver vidareutvecklas för denna typ av ismaskiner. Resultatet visar även hur denna utveckling bör ske för denna ismaskintyp (se ref. 18).
- o Ismaskinen vid Älvkarleby har mött så många problem av skiftande slag att den tagits ur drift (se bilaga N).
- o Det finns konventionella metoder för transport av is inom industrin såsom skruvtransportörer, bandtransporter, lastmas-

kiner och t.o.m. pneumatisk transport. Det finns däremot inte exempel på vattenburen transport inkluderande dosering is/vatten i rätt förhållande vilket vore önskvärt för isvärmepumpen.

### 7.2.1 Ismaskiner med termisk islossning

Denna typ tillverkas av TETAB, FINSAM och STAL-Refrigeration. TETAB har levererat anläggningen till Älvkarleby och kommer att leverera anläggningen till Sälen (se bilaga I). TETAB:s ismaskin med platta vertikala förångare (se bilaga N:1) avisas via köldmediekondensatet. En diskussion beträffande tekniken framgår av punkt 9.15.

STAL fryser is inuti rör med en diameter av c:a 50 mm. Isen lossas genom att hetgas bringas i kontakt med rörens utsida. Enbart denna teknik gör STAL:s ismaskiner mindre lämpliga som kandidater för isvärmepumpar eftersom hetgasavisning minskar den ekonomiska värmefaktorn. STAL har själva fattat beslut om att inte utveckla isvärmepumpar baserade på sina nuvarande ismaskiner.

Även om ismaskinen i Sälen kommer att fungera tekniskt mycket bra måste man ställa frågan om komponenten ismaskin med termisk avisning är lämplig och denna fråga kommer i så fall att besvaras genom att beräkna den ekonomiska värmefaktorn för hela systemet. Är denna låg ställer man följdfrågan vad detta beror på. Det är av stor vikt att mätningar utförs i Sälen så att den ekonomiska värmefaktorn kan beräknas med rimlig noggrannhet och att komponenternas inverkan kan bestämmas. Det förefaller lämpligt att vänta och se vad anläggningen i Sälen kommer att ge för bidrag till isvärmepumparnas framtid.

### 7.2.2 Ismaskin med mekanisk avisning

ATLAS-SABROE tillverkar en ismaskin som avisas mekaniskt genom att den is som fryses på utsidan av en roterande trumma skärs itu och lossas med knivar. Istjockleken kan fås att variera mellan 0,7-10 mm genom att trummans rotationshastighet ändras.

Ovanstående typ av ismaskin har prövats i Brämhultprojektet (se bilaga M och punkt 9.14). Förhållandena i Brämhult har inte varit jämförbara med de förhållanden som gäller för en isvärmepump som ska stå för baslasten hos en anläggning. Den mekaniska avisningen har flera positiva egenskaper såsom kontinuerlig drift, tekniskt okomplicerad, små hjälpeffekter och valfri istjocklek på förångarytan, vilka alla bör hjälpa till att höja den ekonomiska värmefaktorn för systemet. En negativ faktor utgörs av att ATLAS-SABROE specificerar att lägsta temperatur på inkommande vatten bör vara +6°C, ty annars riskerades fastfrysning av trumman med driftavbrott som följd. Thore Abrahamsson, Brämhultprojektet visste inte om detta krav. Han kunde vittna om att ismaskinen gått bra med låga temperaturer på inkommande vatten men att fastfrysning har inträffat när ismaskinen stannat vid intermittent drift. Skälet var att den underkylda istrumman och isen hade kunnat frysa kvarvarande vattendroppar så att ihopfrysning skett, vilket medfört att trumman varit fastlåst vid nästa start. Enligt ATLAS-SABROE kan ismaskinen modifieras så att kravet på +6°C vatten elimineras.

### 7.2.3 Istransport

Vid kontinuerlig isproduktion blir borttransport av den bildade isen en nödvändighet. Denna kan ske medelst många konventionella

tekniker som är mindre lämpliga eller dyra. Borttransport med vatten som bärmedium är lämpligt och har använts i Älvkarleby. Kvaliteten på denna transport har varit låg såtillvida att mycket bärsvatten använts för att transportera lite is. Ett likartat förhållande kommer att gälla i Sälen. En lösning av ovanstående problem torde kräva ett separat utvecklingsinriktat projekt (se bilaga H:3 och P) där alla lämpliga alternativ penetreras.

#### 7.2.4 Slutsatser beträffande kontinuerlig isproduktion

Hittills gjorda ansträngningar i Sverige med isvärmepumpar har givit relativt negativa resultat beträffande uppnådda systemprestanda. Delvis beror detta på att komponentutvecklingen av systemets delar inte har varit eller är slutförd. Överföringen av teknik för isproduktion inom industrin till isvärmepumpstekniken är inte utan problem speciellt när höga krav på en ekonomisk värmefaktor ställs. Man kan vara kritisk beträffande att man direkt har upphandlat ismaskiner för värmeproduktionsändamål istället för att först bedriva utveckling av komponenterna. Samtidigt torde det tillämpade sättet vara det snabbaste beträffande möjligheten att identifiera de verkliga problemen så att inte utvecklingsresurserna satsas åt fel håll. Risken är naturligtvis att teknikområdet får dåligt rykte genom de första negativa erfarenheterna så att dessa inte utnyttjas för att söka tekniskt-ekonomiskt sunda utföranden för framtida tillämpningar. I dag har vi identifierat problemen. En optimal användning av isvärmepumpstekniken baserad på konventionella ismaskiner kommer att kräva en del informationsinhämtning, utvecklingsarbete och utvärdering.

#### 7.3 Ispåfrusna kollektorer

##### 7.3.1 Förutsättningar och funktion

Ispåfrusna kollektorer kan ha sitt berättigande när följande villkor är uppfyllda:

- o En energikälla finns i form av ett naturligt vattendrag eller damm.
- o Vattendragets temperatur är mindre än  $+4^{\circ}\text{C}$  under hela eller delar av vintersäsongen.
- o Ett energibehov finns i form av byggnader med en värmepumpcentral.
- o Avståndet mellan energikälla och byggnader är mindre än  $x$  meter där  $x$  huvudsakligen är en funktion av transporterad effekt.

Isen som fryser på kollektorerna fyller följande funktioner:

- I Energi hämtas via isbildning därför att bidraget via värmeväxling är för litet under en stor del av vintersäsongen.
- II Isbildning garanterar ett effektuttag så att värmepumpanläggningen kan konstrueras utan installation av ersättningseffekter i form av vattenburen el eller oljeeldning.
- III Isbildningen fungerar som en energibuffert när vattentemperaturen i energikällan under kortare perioder är kallare än normalt.
- IV Isbildningen fungerar som en förstorare av värmeväxlarytan innebärande ett högre effektuttag per m PE-rör eller slang.

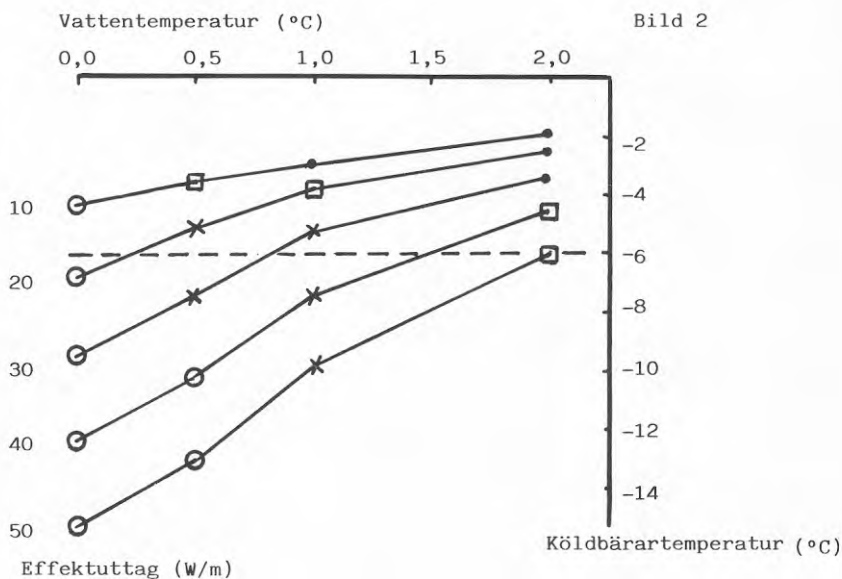
### 7.3.2 Resultat från simuleringar

För att lättare begripa hur en ispåfrusen kollektor fungerar har ispåfrysning simulerats under följande förutsättningar:

- o Kollektorns värmeupptagande ytor är ett PEH-rör med en diameter av 40 mm och en tjocklek av 3 mm.
- o Ett konstant köldbärarflöde av 0,5 l/s.
- o En konstant temperaturhöjning av 4°C i värmeväxlaren.
- o Kollektorn ligger förlagd fritt i vattnet och egenkonvektiva förhållanden råder.

Simuleringarna har utförts vid vattentemperaturerna 0,0, 0,5 och 2,0°C och vid ett effektuttag av 10, 20, 30, 40 och 50 W/m värmewäxlarrör. Vidare har ispåfrysningen simulerats under 30 dygn. Om skillnaden mellan utgående temperatur från värmepumpen har varit mindre än 0,01°C det 29:e och 30:e dygnet antas stationär ispåfrysning föreligga, d.v.s. varken ny isbildning eller avsmältning sker vid oförändrad vattentemperatur.

Bild 2 visar hur långt ned i temperatur den utgående köldbäraren från värmepumpen pressas för att upprätthålla ett konstant effektuttag per meter värmewäxlarslang.



- Ingen ispåfrysning
- Slangen delvis ispåfrusen i stationärt läge
- x Hela slangen ispåfrusen i stationärt läge
- o Ispåfrysning fortsätter efter 30 dygn, ej stationärt läge

Emedan man av ekonomiska skäl inte vill driva ned köldbärartemperaturen till alltför låga temperaturer så inser vi att isackumulering över hela vintersäsongen endast sker vid låga vattentemperaturer i kombination med höga effektuttag per meter slang.

Isackumulering blir därmed bara nödvändig i vattendrag med en temperatur underskridande c:a  $+0,5^{\circ}\text{C}$  om man nöjer sig med ett effektuttag av c:a  $30\text{ W/m}$ . Observera att relationen endast gäller värmeväxlar slang med en yttre diameter av  $40\text{ mm}$ .

Den påfrysta isens lyftkraft per meter värmeväxlar slang vid värmeväxlar slangens inlopp ges av bild 3-5. Vi ser att vid en ispårfrysning i stationärt läge begränsas lyftkraften per meter slang till c:a  $5\text{ kp}$  medan den redan efter en månad kan vara uppe i  $20\text{--}30\text{ kp/m}$  när vattentemperaturen är  $0,0^{\circ}\text{C}$ . Övanstående illustrerar med önskvärd tydlighet behovet av förankring när is ackumuleras på en värmeväxlar slang.

Isens lyftkraft som funktion av effektuttag per meter värmeväxlarrör.

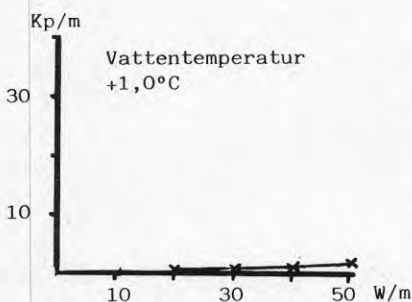


Bild 3

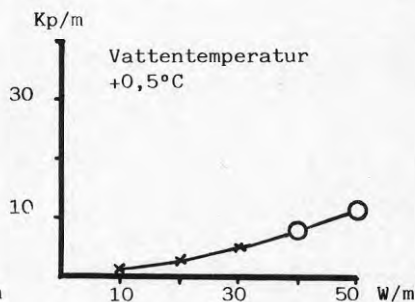


Bild 4

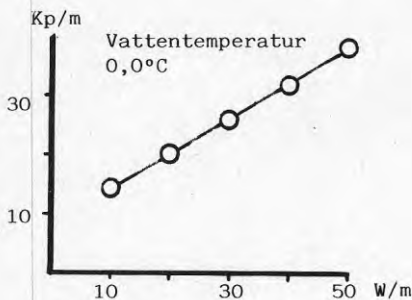


Bild 5

- x Ispårfrysning i stationärt tillstånd
- o Ispårfrysning ej i stationärt tillstånd efter 30 dygn

### 7.3.3 Förankringsmetoder

Ett tidigare dominerande problem med ispårfusna kollektorer utgjordes av risken för uppflytning. För närvarande existerar två metoder för förankring av ispårfusna slangkollektorer som uppges klara säsongackumulering av is.

Den förstnämnda metoden innebär att de ispårfusna slangarna hålls nere genom användning av freonfyllda rör som sticks ned i botten och fryser fast i den bildade isen och bildar is runt rören i botten (se bilaga C och E).

Den andra metoden använder virke som distanshållare för slangarna och distanshållare och slangar täcks på enstaka ställen med singel. Vid isbildning fryser singlet ihop och bildar en tyngd. Naturligtvis sker även fastfrysning mot botten (se bilagorna B, D, J, K och L).

#### 7.3.4 Dimensionering

Bild 2 visar att om en köldbärare inte får bli kallare än  $-6^{\circ}\text{C}$  gäller att vattentemperaturen får vara c:a 0,0, 0,3, 0,8, 1,5 och  $2,0^{\circ}\text{C}$  vid effektuttag av 10, 20, 30, 40 och 50 W/m värmväxlarrör och givna förutsättningar. Det är således en ekonomisk fråga hur många Watt per meter man ska ta ut ty vid en viss vattentemperatur måste minskad slanglängd vägas mot ökade förankringskrav. En rimlig gissning beträffande utvecklingen är att slangvärmväxlarna dimensioneras för att ha en relativt liten stationär ispåfrysning men med en viss isackumuleringskapacitet när vattentemperaturerna kräver detta.

En dimensionering för stationär ispåfrysning kan alltid ske vid en vattentemperatur över  $+0,5^{\circ}\text{C}$  utan större nackdelar. Behov för isackumulering över hela säsongen skulle därmed kvarstå för mycket kalla sjöar och istäckta rinnande vattendrag där temperaturen är under c:a  $0,5^{\circ}\text{C}$  (se bilagorna C, D och E och punkt 9.5.3).

#### 7.3.5 Slutsatser

Ispåfrusna sjö- och älvkollectorer har nått en så stor omfattning i existerande och beslutade anläggningar att dess framtid med stor säkerhet kan bestämmas via befintliga och kommande driftresultat. En fördel med desamma består i teknisk enkelhet. Två väsentliga nackdelar består dels i transportsträckan mellan energikälla och värmepumpanläggning och dels i dess känslighet för mekanisk påverkan. En tröst beträffande det senare utgörs av att isen är ett bra mekaniskt skydd vintertid när följderna av driftstopp är som störst. Flera av de planerade anläggningarna har försetts med ispåfrusna sjökollectorer i en kommersiell upphandling. Detta gäller anläggningarna i bilagorna F, K och L och eventuellt någon mer så tekniken är redan kommersiellt konkurrenskraftig.



## 8. TEKNIKUTVECKLING

### 8.1 Allmänt

Det senaste årtiondets satsning på välisolerade, täta hus med treglasfönster har förvisso minskat energibehovet för en nyproducerad byggnad väsentligt. Men mer finns att göra. Beträffande det fortsatta utvecklingsbehovet för en kvalitativt högtstående teknik som utnyttjar isbildning i kombination med värmepump teknik framgår författarens synpunkt angående utvecklingsläget och utvecklingsbehovet i nedanstående stycken.

### 8.2 Isackumulering för kortvariga effektbehov

Denna produkt finns redan kommersiellt tillgänglig på marknaden gällande inomhus placerade ackumulatörer (se punkt 9.18). Motsvarande teknik med en utomhus förlagd ackumulatör i form av lera eller torv innehållande en slangkollektor bör kunna försvara en position vid nyproducerad lågbebyggelse tillsammans med småskaliga värmepumpar (se bilaga G och punkt 9.8). Varianter på detta tema bör prövas. Tillämpningen kräver ringa teknikutveckling men kommer att bidra till minskat installerat effekt- och energibehov för byggnaderna.

### 8.3 Ispåfrysta sjökollektorer

Beträffande själva produkten ispåfrysta sjökollektorer har mycket utvecklingsarbete utförts under de senaste åren. En del arbete pågår fortfarande men den viktigaste utvecklingsfasen har passerats och nu återstår en anpassning av produkten för att få den ekonomiskt konkurrenskraftig och väl anpassad till olika användarkrav. Detta kommer att ske automatiskt genom att flera leverantörer finns på marknaden. För forskningsändamål behövliga data kan erhållas från existerande eller planerade anläggningar.

Indirekt energiupptagning från ett vattendrag har en ekonomisk begränsning beroende på kostnader för kulvertsystemet mellan vattendraget och värmepumpanläggningen. För närvarande torde maximalt tänkbart avstånd vara 3-5 km. I Motala Väster är avståndet c:a 1,5 km. Denna kostnad skulle kunna reduceras kraftigt genom energitransport via en is/köldbärandeblandning (se bilaga T). En sådan teknik kan endast realiseras genom en ordentlig utvecklingsinsats.

### 8.4 Ismaskiner

Isvärmepumpen har den teoretiska fördelen att kunna fungera överallt bara vatten och el finns på platsen tillsammans med ett lämpligt uppvärmningsobjekt. Dessa villkor kan lätt uppfyllas nästan överallt i Sverige. Nedanstående frågor bör besvaras innan isvärmepumpens framtid avgörs.

- o Hur ser den bästa isvärmepumpen ut som baseras på känd teknik för isproduktion?
- o Hur ser det bästa isutmatningssystemet ut som använder vatten som bärmedium?
- o Kan isvärmepumpar nå upp till en ekonomisk årsmedelvärmefaktor av c:a 3,0 och i så fall vad krävs av utveckling för att nå dit?
- o Hur stor blir investeringen och driftkostnaderna?
- o Hur ser den framtida isvärmepumpen ut?

Isvärmepumpen har en lång väg att vandra för att nå en kommersiell marknad. Först måste dess tekniska funktion styrkas för respektive ismaskintyp. Därefter måste kvalitativa krav på ekonomisk värmefaktor uppnås. När detta är klart ska priset vara konkurrenskraftigt. Ingen av ovanstående frågor kan besvaras med den satsning som har gjorts hittills på isvärmepumpanläggningar. Den första kommer endast delvis att kunna besvaras när och om anläggningarna enligt bilaga I och bilaga H varit i drift under en eldningssäsong. En ordentlig penetrering av hur långt man kan komma med isvärmepumpsystem kräver en ordentlig satsning omfattande både komponentutveckling och experimentanläggningar.

### 8.5 Systemlösningar

En korrekt uppfattning av framtida kostnader och följder av en omfattande introduktion av värmepumpsteknik och då speciellt värmepumpar vars energikälla utgörs av vatten kan knappast erhållas utan en grundlig genomgång av hela systembilden. Denna har under det senaste årtiondet påverkats av införda åtgärder beträffande normer för isolering, täthetskrav i byggnader, treglasfönster m.m.

I samband med värmepumptillämpningar är det plötsligt lönsamt att investera i ytterligare passiva effektbehovs- och energibehovs-sänkande åtgärder emedan värmepumpanläggningen är dyr per installerad kW. Till sist innebär en satsning på värmepumpsteknik att byggnadens uppvärmning sker med låga temperaturkrav, vanligtvis via vattenburen värme. Beträffande denna systembild finns mycket att göra. Några steg på vägen illustreras speciellt av bilagorna G och J. Effekterna blir att behovet av en yttre energikälla minskar per  $m^2$  och år uppvärmd yta och speciellt kommer den betalda energin per  $m^2$  och år att minska vilket ju är ett väsentligt mål. Den sistnämnda storheten är t.ex. 95, 85 och 65 kWh/ $m^2$  och år för anläggningarna som beskrivs i bilagorna D, L och G. Som jämförelse kan nämnas oljeförbrukningssiffror för gamla hyreshus i Stockholm. Dessa varierar mellan 30-55 l/ $m^2$  och år innebärande 300-550 kWh/ $m^2$  och år. Vid nyproduktion av lägenheter med vattenburen elvärme nås normalt värden på 200-250 kWh/ $m^2$  och år. Det finns förvisso stora vinster att hämta genom att analysera och prioritera de bästa typerna av systemlösningar.

## 9. PRESENTATION AV ANLÄGGNINGAR OCH PROJEKT

### 9.1 Översikt

Följande presentation anknyter till bilageförteckningen bilaga A - bilaga T.

Bilaga A är medtagen som exempel på en värmepump ansluten till fjärrvärmenät men har inget att göra med isbildning.

Bilaga B - bilaga G beskriver anläggningar som går i drift med isbildning på slangkollektorer.

Bilaga H - bilaga I beskriver planerade och beslutade isvärmepumpanläggningar.

Bilaga J - bilaga L beskriver planerade och beslutade anläggningar med ispåfrysning på slangkollektorer.

Bilaga M - bilaga N behandlar isvärmepumpar som tagits ur drift.

Bilaga P - bilaga T beskriver pågående eller föreslagna projekt med ett starkt inslag av utveckling.

Anläggningarna och projekten är utvalda därför att de var och en bidrar till en helhetsbild beträffande den roll som isbildningsenergi kan spela vid uppvärmning av byggnader. Vid presentationen av anläggningarna och projekten har innehållet begränsats. De saker som tas upp till diskussion är oftast systemsynpunkter beträffande värmeproduktionen vid respektive anläggning. Den intresserade läsaren kan själv dra en hel del slutsatser av bilagorna vars sakinnehåll har kontrollerats så långt som möjligt. Många värden baseras på beräkningar vilket naturligtvis inte behöver stämma med en framtida verklighet. Beträffande uppförda anläggningar baseras de flesta värdena på mätresultat.

### 9.2 Sala Heby - fjärrvärme (se bilaga A)

#### 9.2.1 Bakgrund och driftresultat

Beslutet att bygga värmepumpanläggningen i Sala Heby fattades våren 1980 av Sala Heby Energi AB. STAL Refrigeration AB blev totalentreprenör. Driften startades ett år senare.

Anläggningen var vid driftstart den största värmepumpen för uppvärmning av byggnader i Sverige. Driften har inte varit problemfri men problemen har kunnat avhjälpas (se referens 17). För närvarande uppfyller anläggningen högt ställda krav på tillgänglighet och teknisk funktion. Lönsamheten torde vara god eller t.o.m. mycket god.

#### 9.2.2 Dimensionering

Energikällan för anläggningen utgörs av avloppsvatten vars lägsta temperatur har angivits som +8°C. Detta vatten passerar en tubförångare och kyles till +2°C d.v.s. en temperatursänkning av 6°C. På den varma sidan skulle anläggningen arbeta med en högsta ingående temperatur av +65°C. Det är kanske värt att notera att ingen av dessa förutsättningar har varit realistisk. Temperaturen på avloppsvattnet vintertid är ofta +5 till +6°C medan fjärrvärmenätets returtemperatur ofta varit för hög och man har tvingats reglera ned värmepumpens kapacitet. Ovanstående faktorer utgör orsak till en del av problemen under anläggningens första driftår.

Det är naturligtvis av största vikt att de dimensionerade storheterna vid en upphandling av en värmepumpanläggning är korrekta. I Sala Heby har man lyckligtvis kunnat anpassa driften till de verkliga förhållandena utan att behöva ta till genomgripande ombyggnader eller alternativa tekniska lösningar.

### 9.2.3 Systemsynpunkter

Sala Heby skulle egentligen inte ingå som ett exempel i denna rapport som ju handlar om uppvärmning av byggnader baserad på isbildning med hjälp av värmepumpar. Sala Heby är ändå intressant som ett exempel på användning av värmepumpsteknik i kombination med fjärrvärmenät oberoende av om värmepumpen producerar is eller inte.

Värmepumpanläggningen i Sala Heby beslöts med vissa givna förutsättningar nämligen:

- o Ett fjärrvärmenät existerar med en maximal returtemperatur av +65°C.
- o C:a 3 MW termisk effekt kan utvinnas ur ett avloppsvatten vid en temperatur av +8°C.
- o Alternativa energiproduktionsmetoder utgörs av kolpanna, elpanna eller oljepanna.

Värmepumpen anlades därför att detta energiproduktionssätt skulle bli mer ekonomiskt än alternativen. Beslutet har visat sig helt korrekt sett från energiproducentens synpunkt men följande frågor kan ställas beträffande uppbyggnaden av framtida energiproduktionssystem:

- o Värmepumpanläggningen i Sala Heby täcker c:a 3 MW av det totala effektbehovet i fjärrvärmenätet som utgör c:a 40 MW. En ytterligare utbyggnad av värmepumpkapaciteten är föga trolig på grund av en rad tekniskt-ekonomiska faktorer. Kan inte ett värmepumpsystem i stor skala utföras så att effekt-täckningsgraden blir åtminstone 50-80 %?
- o Värmepumpanläggningen i Sala Heby täcker c:a 27 % av fjärrvärmenätets energibehov. Hur ser ett energiproduktionssystem ut som täcker åtminstone 95 % av årsbehovet?
- o För en viss summa pengar kan vi köpa en värmepumpanläggning. Denna anläggning kan producera en effekt varierande mellan 1 enhet till 3 enheter beroende på hur stor temperaturskillnaden är mellan energikälla och högsta leveranstemperatur. Har vi råd att i framtida anläggningar undvika att köpa 2-3 enheter effektproduktion till samma pris som man i dag köper 1 enhet effekt i kombination med ett existerande fjärrvärmenät?
- o Värmepumpanläggningar passar systemmässigt illa ihop med existerande fjärrvärmenät. Trots detta är de troligen ofta lönsamma vid baslastdrift. Hur lönsamma kan de då bli om hela systemlösningen optimeras kring värmepumpens förutsättningar i stället för att värmepumpen ska acceptera fjärrvärmenätets förutsättningar?

### 9.3 Televerkets arbetscentral, Djurö (se bilaga B)

#### 9.3.1 Bakgrund och driftresultat

Anläggningen byggdes 1980. Byggherre var Generaltullstyrelsen som samtidigt byggde en anläggning straxt intill. Televerket specificerade att uppvärmningen skulle ske med värmepump och jord-slingor. Den bergiga tomtens uteslöt jordslingor varför slingorna lades i vattnet.

Anläggningen värms upp med hjälp av 2 stycken värmepumpar, en för kontorsdelen och en för garagedelen. Värmepumparna svarar för 100 % av effekt- och energitäckningen vilket innebär att dessa går i intermitterent drift. Ingen extraenergi finns tillgänglig. Typiska värden vid  $-5^{\circ}\text{C}$  utetemperatur är 45 % gångtid för garagevärmepumpen och 60 % för kontorsvärmepumpen.

Värmen distribueras från de båda värmepumpaggregaten via varmluft. Anläggningen är försedd med ett mekaniskt FT-system, som automatiskt stryker uteluftmängden från  $5600\text{ m}^3/\text{h}$  till ett minimum av  $1400\text{ m}^3/\text{h}$  vid utetemperaturer lägre än  $0^{\circ}\text{C}$ . Värmeväxling av från-luften finns således inte. Värmefaktorn blir hög men vinsten av detta åts till stor del upp av luftfläktarnas energibehov (se bilaga B:3).

#### 9.3.2 Värmeväxlarutveckling

BFR stöder ett projekt benämnt "Storskalig sjöförlagd slangvärmeväxlare för värmepumpar - Pilotförsök Djurö". Arbetet utförs av INVENTEX AQUA AB med Hans Jelbring som projektledare. Projektet syftar till:

- o Konstruktion av en kompakt typ av värmeväxlare där värmeväxlarytorna utgörs av PE-rör i storleksklassen 100 kW-10 MW. Värmeväxlaren ska kunna användas i kalla vattendrag där en väsentlig ispåfrysning kan förväntas.
- o Konstruktion, projektering, produktion och installation av en prototypanläggning vid Televerkets arbetscentral, Djurö.
- o Registrering av prestanda och utvärdering av resultaten.

För närvarande värms Televerkets arbetscentral upp med hjälp av prototypvärmeväxlaren sedan i mitten av februari 1984. Prototypvärmeväxlaren tar upp en bottenyta av c:a  $75\text{ m}^2$  i jämförelse med  $1300\text{ m}^2$  för den ursprungliga värmeväxlaren. Slanglängden på prototypvärmeväxlaren är 720 meter mot 1300 för den gamla värmeväxlaren innebärande ett effektuttag av 30 W/m vid DUT.

Dykarinspektioner under mars månad har visat en ringa ispåfrysning varför prototypvärmeväxlarens slanglängd kommer att minskas till 480 m under nästa eldningssäsong innebärande ett effektuttag av 45 W/m vid DUT.

Naturligtvis beror ispåfrysningen i hög grad av vattentemperaturen. Vintervattentemperaturen har varit c:a  $+0,2$  till  $+0,3^{\circ}\text{C}$  d.v.s.  $+0,4$  till  $+0,5^{\circ}\text{C}$  över fryspunkten på 8 meters djup straxt ovan botten. Vattentemperaturer kring  $+0,1^{\circ}\text{C}$  har mätts upp på samma plats under en lång period vintersäsongen 80/81.

## 9.4 Birka folkhögskola (se bilaga C)

### 9.4.1 Bakgrund

Birka folkhögskola utgör ett konverteringsobjekt från oljeenergi till värmepumpenergi. Folkhögskolan ligger i närheten av Östersund vid Storsjön som utgör energikällan för värmepumpanläggningen. Storsjön är en kall sjö vintertid även på relativt stora djup. Vid användning av ett indirekt energiupptagningsystem med köldbärare i slangar kan man därför förvänta en väsentlig ispåfrysning av slangarna. Lennart Backlund vid FFV, Östersund har via flera BFR-projekt utprova en värmeväxlartyp av FFV:s konstruktion, där man har löst det viktiga problemet med förankring av värmeväxlarna vid kraftig ispåfrysning vilket sker med så kallade heat pipes. Denna lösning har banat väg för FFV:s totalentreprenad avseende värmepumpanläggningen vid Birka folkhögskola, där det stora värmepumpaggregatet har levererats av STAL Refrigeration medan de små värmepumparna har levererats och installerats av Ventteknik AB, Östersund.

### 9.4.2 Systemlösning

Systemlösningen är en form av hybridlösning beträffande anslutningen av byggnaderna. Huvudbyggnaden, i vars källare det stora värmepumpaggregatet befinner sig, värms upp direkt via varmvatten från kondensorn. Detsamma gäller 5 andra hus vilka erhåller sitt varmvatten via en kulvert men utan värmeväxling i de enskilda byggnaderna. Ytterligare 6 byggnader har anslutits till köldbärarsystemet och har försetts med var sin liten värmepump för uppvärmning av respektive hus och förvärmning av tappvarmvattnet. Totalt beräknas värmepumparna kunna stå för 80 % av årsenergi-behovet vid Birka folkhögskola.

Anläggningen är intressant i egenskap av konverteringsobjekt i en storlek som kan bedömas som vanlig, och där byggnaderna i objektet fysiskt och administrativt hör samman.

Den applicerade lösningen med en gemensam värmeväxlare för flera separata värmepumpar i olika byggnader inom ett relativt begränsat område kommer troligen att finna många framtida efterföljare. Speciellt intressant kommer denna lösning att kunna bli vid framtida nyproduktion. Det bör vara värdefullt att dokumentera driftresultat från denna anläggning, vilka bör vara till hjälp vid framtida design av både konverteringsobjekt och nya objekt.

## 9.5 Kaunisjoensuu tullstation (se bilaga D)

### 9.5.1 Bakgrund

Anläggningen byggdes hösten 1981. Byggherre var Generaltullstyrelsen och Nils P Lundh utsågs till totalentreprenör. Byggnaden försågs med oljepanna i vars varmvattenberedare 36 kW eleffekt installerades men den förbereddes samtidigt för anslutning av en värmepumpanläggning genom att lågtemperaturreadiatorer monterades. BFR stödde ett projekt med syfte att utvärdera de praktiska möjligheterna att använda älvvatten (+0,02 till +0,04°C) som energikälla för värmepumpanläggningen. Projektet har utförts av INVENTEX AQUA AB med Hans Jelbring som projektledare.

### 9.5.2 Systemlösning

Utformningen av värmepumpanläggningen är avsedd att ge densamma en hög värmefaktor trots de kärva klimatförhållanden som gäller i Kaunisjoensuu. Av speciell vikt är att värmepumpaggregatet aldrig kapacitetsregleras och att varmvattnet, som produceras i kondensorn, inte tillåts bli mer än några grader högre än framledningstemperaturen trots att värmepumpaggregatet nästan alltid går i intermittert drift. Detta kan uppnås oberoende av att varmvattenflödet till radiatorerna tillåts variera, när de på radiatorerna befintliga radiatorerna stänger. Funktionen erhålls genom att en separat pump alltid driver ett relativt stort flöde genom värmepumpens kondensator och genom utnyttjande av en bufferttank för styrning av värmepumpmotorns starter och stopp. (se bilaga D:2)

### 9.5.3 Resultat

Beträffande värmefaktor och energiåtgång för anläggningen har utmärkta resultat erhållits. (se bilaga D:3)

Värmeväxlaren har utgjort en kapacitetsbegränsande faktor genom att befintliga betongvikter med en total sjunkkraft av c:a 8 ton inte har räckt till för lyftkraften hos påfrusen is. Detta problem har avhjälpats via singelpåfyllning på strategiska punkter längs de två värmeväxlarpaketen. På våren 1983 var mängden påfrusen is c:a 240 m<sup>3</sup> med en lyftkraft av sammanlagt c:a 20 ton. Sedan driftsättningen av värmepumpen har densamma svarat för energiförsörjningen till c:a 98 %.

Det främsta hotet mot värmeväxlaren i den oreglerade älven utgörs av drivsand varigenom kapaciteten kan minskas. För närvarande är den för forskningsändamål projekterade värmepumpanläggningen en ren produktionsanläggning vilket den förhoppningsvis kommer att förbli under många år.

## 9.6 Lugnvik (se bilaga D)

### 9.6.1 Bakgrund

I Lugnvik utanför Östersund har 8 stycken privata villaägare bildat en förening och enats om att installera värmepumpar vilka hämtar energi från ett gemensamt köldbärarnät och en gemensam värmeväxlare nedsänkt i Storsjön. Den drivande kraften i projektet är verkställande direktören Torbjörn Andersson i Ventteknik AB, Östersund, som har levererat och installerat värmepumparna. Värmeväxlaren har tillverkats och levererats av FFV, Östersund.

### 9.6.2 Systemlösning

Värmeväxlaren är av plaströrstyp vilken tål stor ispåfrysning genom att den förankrats med freonfyllda metallrör, som drivits ned i sjöbotten och fästs vid rören.

Samtliga villor har konverterats från olja till värmepump. I de flesta har oljepannan inkopplats för att ge toppeffekten. Den befintliga varmvattenberedaren i oljepannan har använts för tappvarmvattenproduktion via värmepumpen. Lösningen har tre nackdelar nämligen:

- o Tappvarmvattnet producerat av värmepumpen blir relativt kallt.
- o Värmeförlusterna via självdug i skorsten blir stora.
- o En sällan arbetande oljepanna har mycket dålig verkningsgrad.

Lyckligtvis har man installerat värmepumpaggregat, vilka levererar relativt stor effekt vintertid. 7 kW per villa har visat sig vara tillräckligt för att minska toppeffektbehovet till 0 i de flesta villorna innebärande att man stängt av oljepannan och täppt till skorstenskanalen med mineralull. För närvarande överväger de flesta villaägarna att helt koppla bort oljan och att installera en varmvattenberedare för eftervärmning av tappvarmvattnet.

Den slutligen funna lösningen vid konverteringen med c:a 80-100 % effekttäckning och 95-100 % energitäckning med värmepump, hel bortkoppling av oljeeldning utom för reservändamål och tappvarmvatten förvämt med värmepump och slutvämt med el, förefaller helt korrekt. Samma principer utom att oljepannan inte alls är med utgör ett mycket starkt koncept vid nyproduktion av villor med förbehållet att installerad värmepumpeffekt/villa bör kunna sänkas kraftigt.

### 9.6.3 Ekonomi

Villaägarna har fått ansluta sig till systemet för en garanterad kostnad av Kr. 45.000:-- . Detta är emellertid inte ett marknadspris. Både FFV och Ventteknik uppges ha subventionerat anläggningen.

## 9.7 Bällsta gård (se bilaga F)

### 9.7.1 Bakgrund

Chefen för Vallentuna värmeverk, Hans Garderyd är sedan några år en drivande kraft när det gäller att tillämpa värmepumpsteknik för värmeproduktionsändamål. Han har insett dilemmat i kombinationen fjärrvärmenät och värmepump. Emedan han själv har dimensionerat en stor del av fjärrvärmenätets utbyggnad har han anpassat detsamma till en framtida anslutning till en stor värmepumpanläggning. Samtidigt har han förordat byggandet av flera lokala värmepumpanläggningar.

Bällsta gård utgör ett nyproducerat bostadskvarter, vars värmeförsörjning till 100 % sker från två närbelägna värmepumpcentraler och där Vallentunasjön utgör energikällan. Vallentuna kommun är byggherre. Vallentuna värmeverk har medverkat vid projekteringen av värmepumpanläggningen. Leverantör av värmepumparna har varit TETAB.

### 9.7.2 Energiproduktionsanläggningens uppbyggnad

Energiupptagningen sker via en slangkollektor, som ligger nedplöjd i Vallentunasjöns bottenlam. Köldbärarledningen mellan sjöstrand och de två värmepumpcentralerna är c:a 150 m. De två värmepumpcentralerna är vardera försedda med tre värmepumpaggregat med separata hetgasväxlar.

I de fyra byggnaderna värmväxlas frånluften via ett köldbärarfyllt batteri och den återvunna energin används för att höja inkommande köldbärartemperatur till värmepumparnas förångare. Två av de sex värmepumpaggregaten använder R500 som köldmedium för att kunna producera varmt tappvarmvatten och för att eventuellt kunna spetsa varmvattnet om behov föreligger.



### 9.7.3 Systemsynpunkter på anläggningen

Det är mycket intressant att man har satsat på en anläggning som klarar 100 % av både effekt- och energibehov via värmepumpenergi. Uppdelningen i många separata värmepumpaggregat minskar risken för ett omfattande effektbortfall vid haveri på ett aggregat.

Återföringen av energi från frånluften minskar effekt- och energiuttaget på slangkollektorn. Däremot minskar det inte behovet av installerad effekt i värmepumpanläggningen. Om frånluften kunnat direktvärmväxlas till tilluften skulle installerad värmepumpeffekt kunnat minskas med c:a 25 kW eller ett av värmepumpaggregaten.

Värmväxlaren ligger förlagd c:a 0,5 m ned i bottensedimentet. Pågående temperaturmätningar visar på en relativt omfattande isbildning (c:a 30 cm diameter) åtminstone i den första delen av de parallella slingorna. Hälften av värmväxlaren har inte försetts med vikter som förankring mot uppflytning. Denna första vintersäsong kommer att ge besked om nedplöjningen i bottenslammet ensamt utgör en bra förankringsmetod för en ispåfrusen PE-slang.

Ispåfrysningen i början på värmväxlargrenarna kan minskas kraftigt och fördelas bättre över hela värmväxlaren genom att de sex separata cirkulationspumparna i varje värmepumpaggregat byts ut till en central yttre cirkulationspump.

Utgående köldbärartemperatur har som lägst uppmätts till  $-5^{\circ}\text{C}$ . Förläggningen av slangarna i bottensedimenten bidrar till en relativt låg utgående köldbärartemperatur vid ett ganska lågt effektuttag per m/slang jämfört med en förläggning av slangarna i fritt vatten.

Man kan ifrågasätta lämpligheten av att välja så många värmepumpaggregat till anläggningen. Totalt 2 eller 3 borde räcka för att klara en hög driftsäkerhet. Ledningsdragningen på varma sidan har blivit mycket komplicerad delvis genom att varje värmepumpaggregat har en separat hetgasvärmväxlare. Totalt finns exempelvis inte mindre än 14 motorstyrda shuntventiler, 6 varmvattenberedare och 14 cirkulationspumpar i de två värmepumpcentralerna. Troligtvis har ekonomiska orsaker gjort att på marknaden befintliga serieproducerade värmepumpaggregat har valts.

## 9.8 Aroseken - villa (se bilaga G)

### 9.8.1 Bakgrund

Bostadsstiftelsen Aroseken i Västerås bygger 250-300 villor per år i Västeråstrakten. Dessa villor brukade anslutas till fjärrvärmenätet via gruppcentraler som omfattade c:a 30 hus och där energiuttaget registrerades. Lars Danemo, VD i Aroseken, startade ett utvecklingsprojekt beträffande energiförsörjningen till fri- liggande, serieproducerade villor. Efter ett omfattande teoretiskt arbete beslöt man att bygga 4 stycken provhus. Ett av dessa provhus utnyttjar bland annat den vattenhaltiga leran under husets betongplatta som värmeåtervinnare av transmissionsenergi genom golvet och som energikälla via isbildning runt i leran förlagda slangar, när denna extraenergi behövs.

Resultatet av Arosekens utvecklingsansträngningar har blivit att inga av de nyproducerade husen numera ansluts till fjärrvärmenätet. Vidare vet man att den tidigare fjärrvärmeförbrukningen

av c:a 35.000 kWh/år kan reduceras till c:a 12.000 kWh/år för både uppvärmning och tappvarmvatten. Utformningen av åtgärderna är inte slutgiltig men en redovisning av uppvärmningssystemet hos ett av provhusen påvisar de huvudsakliga komponenterna.

### 9.8.2 Systemutformning (se bilaga G:2)

Huset är byggt på betongplatta med markisolering under plattan. Tilluften tas in under taköverhänget på en sydlig sida av huset och leds under en enkel solfångare av polyesterplast. Därefter förs tilluften antingen ned i en slinga i marken eller direkt till luftkanaler i betongplattan för vidare befördran till respektive rum.

Energien i frånluften tas till vara via en frånluftvärmepump vars energi i första hand levereras till radiatorerna och i andra hand till tappvarmvattnet. En andra värmepump hämtar energi från en 100 meter lång slangvärmexlarsare, som ligger c:a 30 cm ned i lermarken som håller 35-40 % vatten. Denna energi levereras till radiatorerna.

### 9.8.3 Resultat och kommentarer

Husets totala effektbehov har kapats 1,2 kW via förvärmning av tilluften i mark. De båda värmepumparna täcker c:a 3,7 kW med en sammanlagd motoreffekt av 1,3 kW. Installerad tillskottseffekt är 3,5 kW el. Totala effektinstallationen för husets uppvärmning och tappvattenbehov är således 4,8 kW. Den totala årliga elkonsumtionen av 12.000 kWh innebär 75 kWh/uppvärmd kvadratmeter och år.

Tilluften har aldrig varit kallare än +3°C vid inloppet till kanalerna i betongplattan. Utgående köldbärare till slangkollektorn under bottenplattan har varit omkring -3°C på senvintern. Framledningstemperaturen har varit +41°C vid -10°C ute och +36°C vid 0°C ute.

De båda värmepumparna ovan skulle med fördel kunna sammanföras i en enhet men sådana aggregat finns inte på marknaden. På sikt ska inte energin i frånluften återvinnas med hjälp av en värmepump utan värmexlarsare för att ytterligare sänka kravet på installerad effekt för villan.

## 9.9 Sälen Östra

### 9.9.1 Bakgrund (se bilaga I)

Stiftelsen Malungshem har uppfört 43 lägenheter i Sälen under 1982. I samband med projekteringen av lägenheterna gjordes även en förstudie beträffande uppvärmning via en värmepump som hämtar energi från kontinuerlig isproduktion. Förstudien finns dokumenterad i BFR-rapport R49:1981 av Sven-Erik Persson. BFR har stött fortsättningen av projektet och upphandling av isvärmepumpen har skett. Leverantör är TETAB och anläggningen planeras att tas i drift vintern 84/85.

Sälen Östra kommer att värmas med den enda isvärmepumpen i Sverige vilken är speciellt utvecklad för värmeproduktion, sedan både isvärmepumpen i Brämhult och Älvkarleby har tagits ur drift. Isvärmepumpen i Sälen ska förhoppningsvis vara helt befriad från de problem som visat sig vara behäftade med isvärmepumpen i Älvkarleby.

### 9.9.2 Systemsynpunkter

Radiatorsystemet i Sälen Östra är ett lågtemperatursystem, vilket kräver en framledningstemperatur av +55°C. Lite olyckligtvis gäller detta temperaturkrav oberoende av utomhustemperaturen emedan värmekulverten från värmecentralen till de olika byggnaderna är av tvåörstyp och temperaturkravet sätts av de lokala varmvattenberedarna i respektive byggnad. Därmed har man systemmässigt frånträngt sig möjligheten att höja värmefaktorn vid höga utetemperaturer innebärande att densamma kommer att vara relativt konstant under eldnings säsongen.

En principiell fördel med isvärmepumpar är det teoretiskt låga vattenflödet som krävs för isproduktion, innebärande att vatten-transporten mellan vattenresurs och värmekälla sällan ska behöva utgöra en stor kostnadspost i anläggningen. Vid 100 kW effektupptagning fryses c:a 0,3 kg vatten till is per sekund. Denna fördel kommer inte att gälla vid Sälen där kravet på vattenintag från älven är 5,0 kg vatten/s. Den bildade isen kommer endast att utgöra c:a 6 % av det pumpade vattenflödet. Det tekniska problemet att koncentrera isbitar i vatten för transportsyfte är inte alls löst.

Isvärmepumpen kräver en rad hjälpeffekter för att alla funktioner ska uppfyllas. Det är nödvändigt att separat kunna registrera storleken på dessa för att kunna räkna fram en "ekonomisk värmefaktor" baserad på mätningar i driftläge.

### 9.9.3 Ekonomi

Den verkliga elförbrukningen för uppvärmning och tappvarmvatten till Sälen östra har dokumenterats vara 696 MWh för ett normalår. Om isvärmepumpen kan täcka 90 % av energibehovet och om den "ekonomiska värmefaktorn" kan nå upp till 2,5 erhålles således ett årligt "gratisbidrag" av 375 MWh. Om priset per MWh är Kr. 250:- innebär detta c:a Kr. 94.000:-/år. Man får svårt att motivera en totalinvestering högre än c:a Kr. 700.000:- - 800.000:-. Investeringen i isvärmepumpen vid Sälen Östra är betydligt högre men den väsentliga frågan är inte investeringsbeloppet vid Sälen Östra utan hur stora investeringsbeloppen kommer att bli, när teknikutvecklingen är klar och serieproduktion av isvärmepump-aggregat är en realitet.

## 9.10 Borås Park- och Kyrkostiftelse

### 9.10.1 Bakgrund

Isvärmepumpen som tidigare använts i Brämhultprojektet kommer att installeras för uppvärmning av kontor, garage och växthus tillhöriga Borås Park- och Kyrkostiftelse. Projektledare är Thore Abrahamsson, RNK, Göteborg. Isvärmepumpen är en ATLAS-SABROE.

### 9.10.2 Synpunkter

Det är mycket lämpligt att man erhåller ordentliga drifterfarenheter av isvärmepumpar. Isvärmepumpen i Brämhultprojektet var inte avsedd att ligga i kontinuerlig drift för baslasten. De erfarenheter som erhållits vid de relativt korta driftperioderna har varit positiva beträffande själva ismaskinen. Samma isvärmepump kommer i detta projekt att utsättas för långa perioder med kontinuerlig drift. Det är värdefullt att en ismaskin av skalistyp

får testas ordentligt. Den bildade isen kommer att avlägsnas med hjälp av lastmaskiner, vilket kan betraktas som känd teknik, varigenom intresset kan koncentreras på själva isvärmepumpens prestanda.

Projektet förefaller vara mycket angeläget att följa upp mättekniskt för att bredda vår erfarenhet av isvärmepumpar. Dessa erfarenheter torde dessutom kunna erhållas till en vettig kostnad. Thore Abrahamsson torde här ha en möjlighet att projektera en lösning med relativt hög värmefaktor på grund av uppvärmningsobjektens rimliga temperaturkrav.

## 9.11 Forsmark restaurang (se bilaga J)

### 9.11.1 Bakgrund

Forsmarks bruk ägs av Forsmarks kärnkraftgrupp och därmed är Vattenfall delägare. Solprojektet, Vattenfall har redan installerat 2 stycken värmepumpsystem på bruket som hämtar energi från sjövattnet. Restaurangen vid bruket som ligger i en separat byggnad ska restaureras och byggas om. Projektledaren Roine Österberg, Solprojektet beslöt att förse restaurangen med en värmepumpanläggning med en väl genomtänkt systemlösning. Den naturliga energikällan för värmepumpen utgjordes av en närbelägen damm. Projekteringen utfördes under sommaren 1983 och sjökollektorn installerades vintern 83/84. Under tiden ändrades planerna för ombyggnaden, vilken har senarelagts. Anläggningen beräknas vara ombyggd och färdig hösten 1984.

### 9.11.2 Systemupbyggnad (se bilaga J:2)

För att säkra kapacitet vid haveri på vissa komponenter är sjökollektorn och värmepumpen uppdelade i två enheter vardera. Reservel motsvarande kapaciteten hos den ena kompressorn kan kopplas till med ett manuellt ingrepp.

Sjökollektorn är dimensionerad för vattentemperaturen 0,5°C men ska klara drift i en månad vid vattentemperaturen 0,1°C genom ackumulering av is på slangarna.

En mycket hög värmefaktor ska uppnås via det låga maximala temperaturkravet +35°C på framledningstemperaturen i kombination med styrning av kompressorernas gångtider genom avkänning av temperaturen i en bufferttank. En separat cirkulationspump finns för kretsen bufferttank-kondensorer för att alltid hålla nere kondensortemperaturen på en låg nivå.

Alla värmeavgivande enheter styrs med termostatventiler för tillvaratagande av olika typer av "gratisvärme". Tilluften som står för en betydande del av effekt- och energibehovet förvärms via ett batteri innehållande köldbäraren. Denna förvärmning sker endast vid lufttemperaturer under 0°C vintertid. Förvärmningen innebär, att energin hämtas direkt från slangkollektorn utan hjälp av värmepumpen. Efter förvärmningen värms tilluften ytterligare i en roterande värmväxlare för återvinning av frånluftens energi-innehåll.

### 9.11.3 Synpunkter på systemlösningen

Värmecentralen i Forsmark restaurang utgör ett försök att uppfylla

följande systemkriterier:

- o 100 % effekt- och energitäckning med en värmepumpanläggning.
- o Hög driftsäkerhet.
- o Maximal "ekonomisk värmefaktor".
- o Optimal avvägning mellan passiva effektsparande komponenter och installerad värmepumpeffekt.

Vid avvägningen av passiva effektsparande komponenter har den marginella kostnaden för den sista sparade installerade kW:en fått kosta Kr. 3.000:-, vilket fortfarande är billigare än en kW installerad värmepumpeffekt.

På detta sätt har ett primärt effektbehov av 65 kW kunnat täckas in genom installation av 25 kW värmepumpeffekt. Märkligt nog så leder ovanstående optimering till att 100 % effekttäckning med enbart värmepump av det kvarvarande effektbehovet blir en helt naturlig lösning innebärande en ringa merkostnad jämfört med att dimensionera värmepumpen för ett baslastfall. Giltigheten av ovanstående kalkyler kommer framtiden att utvisa.

## 9.12 Motala Väster - fjärrvärme (se bilaga K)

### 9.12.1 Bakgrund

Statens Vattenfallsverk ska i samarbete med Motala Ströms Kraftbolag uppföra en värmepumpanläggning. Värmekällan utgöres av Motalaviken, där sjökollektorer utlägges. Värme kommer att avges till två separata panncentraler i kvarteret Neptunus och kvarteret Tellus, vilka huvudsakligen försörjer bostäder med värme. Det sammanlagda effektbehovet för de två panncentralerna är efter vissa sparåtgärder c:a 10 MW. Värmepumpanläggningen dimensioneras i första etappen för en värmeeffekt av 4,8 MW. En utbyggnad till 8 MW planeras i etapp II, varvid nya värmeförbrukare ansluts.

Vid topp effekter vintertid samköres värmepumpen med befintliga oljepannor. Värmepumpen kommer att inkopplas till lokalvärmenätens returledningar via värmeväxlare. Maximal vattentemperatur i returledningen är c:a +65°C före värmeväxlaren. Vid låga effektbehov sommartid krävs dellastdrift av värmepumpen. En god verkningsgrad för kapacitetsreglerad drift kräves.

Ovanstående är hämtat ur Vattenfalls förfrågningsunderlag för anbudsgivning. Upphandling kommer att beslutas i april 1984. Anläggningen är planerad att tas i drift i december 1984.

### 9.12.2 Sjäkkollektorerna

Energien ska hämtas ur Motalaviken via ett slutet köldbärarsystem. Motalavikens vattentemperatur anges till lägst 0,6°C utgörande ett månadsmedelvärde. Denna temperatur förväntas vara lägre ungefär vart 7:e år.

Huruvida sjökollektorerna, som kommer att bestå av PE-slang eller PE-rör, beläggs med is eller inte är dels en dimensioneringsfråga och dels en fråga om vilket det verkliga temperaturutfallet i Motalaviken blir förutsatt att de dimensionerade effekterna av 3x950 kW uttages kontinuerligt.

Om vi antar att värmeväxlarytorna består av PE-slang med en ytter-

diameter av 40 mm så gäller med stor sannolikhet att ett effektuttag av 15 W/m inte kommer att medföra ispåfrysning i någon nämnvärd utsträckning utom vid tillfällena med mycket kallt vatten. Ett kontinuerligt effektuttag av c:a 30 W/m innebär att ispåväxt kommer att ske tills isens tillväxt balanseras av ökad energiupptagning. Den bildade isens diameter bör variera mellan c:a 100-200 mm. Ett effektuttag av 45 W/m leder med säkerhet till att isen kontinuerligt växer över hela vinterperioden innebärande att en isdiameter av 500-600 mm lätt kan uppstå. Ett så högt effektuttag kommer även att driva ned köldbärartemperaturen till ett oekonomiskt lågt värde.

Ovanstående resonemang baseras på angivna temperaturer i Motalaviken vilka är mycket osäkra. Av resonemanget framgår att det är en ekonomisk fråga att undvika ispåfrysning emedan slangkollektorn blir stor. Det omvända problemet är att det kostar pengar att förankra kollektorn för isens lyftkraft. Ispåfrysningen kan dessutom utnyttjas som en energibuffert vid exceptionellt låga vattentemperaturer över en viss tidsperiod, om önskemål om detta föreligger. Ytterligheten i detta fall är att energi hämtas via ispåfrysning en hel säsong i ett vatten som är 0,00°C.

Den bästa lösningen torde vara att dimensionera kollektorerna efter de specifika förutsättningar som finns på varje plats och beställarens önskemål att undvika kapacitetsnedsättningar vid låga vattentemperaturer. Det senare blir av stor vikt för att slippa installera ersättningseffekt i anläggningar där värmepumpaggregatet står för en stor del av effektproduktionen.

### 9.12.3 Systempunkter

I Motala Väster kommer värmepumpanläggningen att stå för en stor del av det årliga energibehovet (80 %). Detta sker till priset av ett stort temperatursteg mellan förångningstemperaturen (-10°C) och kondenseringstemperaturen (max. 80°C). Det blir intressant att konstatera om kalkylerad årsmedelvärmefaktor kommer att uppnås.

Motala Väster kommer att bli Sveriges hittills största värmepumpanläggning med energiupptagning via ett köldbärarsystem från ett av naturens vattendrag. Ett lyckat resultat kan innebära ett genombrott för indirekt energiupptagning vid stora anläggningar där direktpumpning av sjövattnet till förångaren har använts hittills. Dessa drabbas lätt av kapacitetsnedsättningar vid perioder av kallt vatten vilket är en nackdel, som kan undvikas med ett indirekt energiupptagningsystem.

## 9.13 Västerås bocenter (se bilaga L)

### 9.13.1 Bakgrund

Byggherre är stiftelsen Aroseken och ansvarig för VVS-projektningen är Roland Holmgren, ÅF Energikonsult. Västerås bocenter består till stor del av kontorsytor och dessutom en utställningshall.

Vid dimensioneringen av VVS-anläggningen har kylbehovet varit lika viktigt som uppvärmningsbehovet. Önskemålet beträffande både värme och kyla förde genast tanken till en värmepumptillämpning. Som energikälla för värmepumpen har luft och vatten från den närbelägna Svartån tagits i beaktande. Energiupptagning från

Svartån visade sig överlägset och en slangvärmväxlare har dimensionerats med en ispåfrysningkapacitet motsvarande 1 månads energibehov vid en vattentemperatur av 0,00°C. Vattentemperaturen har vid kontrollmätningar visat sig pendla mellan 0,05 till 0,4°C i februari 1984.

#### 9.13.2 Utförande

Principlösningen beträffande kylning och värme framgår av bilaga L:2. Kylkretsen lämnar värme till köldbärarsystemet via en värmväxlare vilket minskar belastningen på slangvärmväxlaren. Värme-systemet är dimensionerat för en framledningstemperatur av 55°C vid DUT.

#### 9.13.3 Synpunkter på systemlösningen

Västerås bocenter utgör en nyproducerad anläggning där värme- och kyleffekt liksom motsvarande energier till 100 % kan täckas med värmepumpen. Värmepumpens storlek har avpassats efter kylbehovet sommartid. Anledningen till att en tillsatsenergi i form av en elpatron behövs utgörs av att man begränsat radiatorytorna av ekonomiska skäl, vilket leder till att framledningstemperaturen kan behöva höjas vid mycket kall väderlek. Naturligtvis tjänar elpatronen dessutom som säkerhet vid ett eventuellt haveri på värmepumpen men dess kapacitet är bara 10 kW.

Västerås bocenter kan tjäna som ett typexempel på hur värme- och ventilationsproblem kommer att lösas i framtida kontorsfastigheter. Energiöverskottet under kontorstid tillföres värmepumpens kalla sida, medan ispåfrysning på en slangkolektor utgör en energiresurs under nätter och helger när energibehovet är som störst. Beräknad årlig elkonsumtion per uppvärmd kvadratmeter blir 90 kWh.

### 9.14 Brämhultprojektet (se bilaga M)

#### 9.14.1 Bakgrund

Brämhultprojektet utgör ett av de mest välkända, utvärderade och redovisade byggforskningsprojekten i Sverige och för en noggrann redogörelse rekommenderas läsning av referens 21.

För närvarande har isvärmepumpen tagits ur drift och ersatts med en värmepump med slangkolektor vilken tål ispåfrysning. Slangkolektorn ligger nedsänkt i värmelagret.

#### 9.14.2 Systemuppbbyggnad

Ett problem med Brämhultprojektet utgörs av dess komplexitet vilket försvårar en överblick och en utvärdering. Granskar man projektet ingår till exempel följande funktioner i detsamma.

- o Solenergi för direktvärmning av tappvarmvatten lokalt.
- o Solenergi för uppvärmning av värmelager.
- o Värmelager för direktvärme till radiatorer.
- o Varmvatten i värmelager som energikälla för värmepump.
- o Vatten i värmelager som energikälla för isvärmepump.
- o Luft som energikälla för värmepump.
- o Elpanna som reservenergi.

Man kan konstatera att oberoende av uppmätta resultat i Brämhult-

projektet är systemvalet ingenting att kopiera för framtida anläggningar. Brämhultprojektets resultat kan däremot i hög grad underlätta valet av systemlösning i framtida anläggningar. Dessutom föreligger en rad intressanta data beträffande olika komponenter i systemet. En av dessa komponenter utgörs av isvärmepumpen.

#### 9.14.3 Isvärmepumpen

Isvärmepumpen i Brämhult var aldrig avsedd att ligga som baslast i ett värmeproduktionssystem utan avsågs vara den sista chansen att erhålla energi (utom el) när de andra källorna sinat.

Det dominerande problemet med isvärmepumpen har varit transportbandet som skulle flytta isen från ismaskinen till avloppsbrunnen. Däremot är omdömena om själva ismaskinens funktion positiva även om ett frågetecken kan sättas beträffande dess verkliga värmefaktor. Den typ av isproduktion (skalismaskin) som skett i Brämhult bör prövas i en isvärmepumpanläggning som är projekterad för att täcka baseffektbehovet i en lämplig byggnad. Detta är inte minst aktuellt med hänsyn till de problem som framkommit vid driften av Älvkarlebys isvärmepump, som har en annan teknisk uppbyggnad.

### 9.15 Älvkarleby (se bilaga N)

#### 9.15.1 Bakgrund

Isvärmepumpen i Älvkarleby driftsattes till uppvärmningssäsongen 80/81. Nedanstående sammanfattning är skriven av Hans O Lindström, Vattenbyggnadslaboratoriet i Älvkarleby i en rapport daterad 82-05-17 (referens 16).

"Rapporten sammanfattar teknikläget efter två års prov med isvärmepumpen vid Vattenbyggnadslaboratoriet och redovisar drifterfarenheter från vintern och våren 1982. Drifterfarenheterna visar att isvärmepumpens princip fungerar men att ytterligare åtgärder krävs för att uppnå en tillförlitlig anläggning med bra prestanda. Utvecklingssamarbetet mellan Vattenfall och Thermia Energiteknik AB kommer därför att fortsätta. Prov med värmepumpen kommer att genomföras under säsongen 82/83 och en slutrapport kommer att presenteras i juni 1983. Slutrapporten kommer även att omfatta resultat från planerade studier av isutmatning i vattendrag och sjöar."

Isvärmepumpen togs ur drift efter eldningssäsongen 83/84. Anledningen har uppgivits vara att den helt enkelt var för dyr att hålla i drift plus obemästrade bullerproblem i närliggande kontorslokaler. Den ovannämnda slutrapporten har inte skrivits och kommer förmodligen inte heller att skrivas. En rad problem, fel och modifieringar av isvärmepumpen har förekommit. Drifttiden under eldningssäsongen 80/81 blev 340 timmar och under 81/82 1650 timmar. Under den senare producerades 102 MWh.

Många av felen har berott på ett mindre bra tekniskt utförande av isvärmepumpen medan andra fel kan sägas bero på avsaknad av kunskap eftersom tillämpningen har varit ny. De senare berör framför allt iskrossningsfunktionen, koncentration av is i vatten och isutpumpningsfunktionen där mer utvecklingsarbete borde ha företagits före inköpet av isvärmepumpen. Lindström säger i sin rapport att isvärmepumpens princip fungerar. Frågan om kvaliteten på denna typ av isvärmepumpar kvarstår.



### 9.15.2 Funktionsbeskrivning

Isvärmepumpens värmekälla är nollgradigt älvvatten som vid värmeutvinningen tillåts frysa till is på förångaren. På detta sätt erhålls en jämn och hög förångningstemperatur under hela vintern. De värmeupptagande ytorna i förångaren består av vertikala plattor av aluminium i vilka köldmediet pumpas i kanaler. Över plattornas ytor sprids älvvatten i en tunn film. Vattnet avger värme till köldmediet varvid is bildas under den del av året, då vattentemperaturen är nära noll grader. När isfilmen växer på plattornas ytor försämras värmeupptagningen och dessa måste avisas.

Förångaren är uppdelad i fem grupper om vardera fem plattor. Var och en av de fem grupperna avisas med jämna intervall medan de övriga upptar värme. Avisningen sker genom att värma upp en av grupperna med det varma köldmediekondensatet från kondensorn. Värmepumpen kan genom denna koppling arbeta kontinuerligt och någon uppoffring av energi för avisningen behöver inte ske. Värmeinnehållet i kondensatet kan normalt inte nyttiggöras i värme-systemet. När isen lossnar från förångaren krossas den till små bitar i en iskross och pumpas sedan ut till älven tillsammans med överskottsvatten. Utsläppet av is i älven måste ske på ett sådant sätt att ingen risk finns för ansamling av stora mängder is invid eller nedströms utsläppsplatsen.

Ovanstående beskrivning är citerad från referens 16.

### 9.15.3 Synpunkter på systemutförandet

Den slutliga typen av ismaskin för värmeproduktionsändamål finns troligen inte i sinnesvärlden. Men duger då inte de ismaskiner som finns på marknaden? Nedan följer en del synpunkter på den typ av ismaskin som utprovats i Älvkarleby.

- o Isproduktionen sker diskontinuerligt. En viss bråkdel av förångarytan är alltid inaktiv. Denna yta kostar pengar.
- o Den påfrusna istjockleken kan inte minskas under en viss tjocklek, vilket huvudsakligen avgörs av effektöverföring per  $m^2$  förångaryta, avisningstiden och bråkdelen av förångaryta som avisas. Ovanstående innebär att förångningstemperaturen sjunker vid förlängd avisningstid. Detta har hänt vid Älvkarleby, där avisningen tagit ända upp till 6 minuter. Minsta tid mellan varje avisningsperiod har därmed blivit 30 minuter.
- o Nästan all is vid avisningen faller ned i iskrossen under den sista minuten av avisningsperioden. Den intermittenta is-tillförseln försvårar en koncentration av is i bärvattnet som pumpas ut i älven.
- o En potentiell systemfördel för isvärmepumpen utgörs av det minskade vattenflödesbehovet jämfört med indirekt energiupptagning via köldbärare. (se figur bilaga N:1) Detta kräver en koncentration av is i bärvattnet till c:a 25-30 %. Vid Älvkarleby har denna siffra varit c:a 10 %. Detta är ett utvecklingsarbete som kvarstår.
- o Den sektionsvisa avisningen kräver en omfattande reglering och många rörliga delar. Både magnetventiler och vattenspridarpumpar regleras.
- o Oak Rigde National Laboratory (se referens 18) har utfört

omfattande tester beträffande olika avisningstekniker för vertikala plattförångare nämligen:

1. Hetgasavisning
2. Avisning via kondensatet.
3. Avisning via kondensat med extra buffert.
4. Avisning via separat värmeackumulator som laddas via kondensatenergi.

Typ 3 innebär en vidareutveckling av "Älvkarleby-metoden" innebärande att avisning kunde ske på 35 sekunder. Trots detta förordas typ 4 kraftigt i referens 18 på grund av att denna kombinerar de flesta önskvärda egenskaperna inklusive ett enkelt utförande med inneboende hög driftsäkerhet.

Ett studium av referens 18 är mycket givande för den som vill sätta sig in i problematiken för isvärmepumpar med termisk avisning.

#### 9.16 Isvärmepumpsystem för grupphusområde i Sollentuna (se bilaga P)

##### 9.16.1 Bakgrund

I en förstudie av Lennart Sandin och Lars Pappila, SIKOB AB (se referens 7) har en isvärmepump föreslagits till ett grupphusområde i Sollentuna. I en intervju med Lennart Sandin har han uppgivit att ett genomförande av projektet i Sollentuna har blivit inaktuellt medan det principiella intresset för en anläggning av den föreslagna typen kvarstår.

##### 9.16.2 Synpunkter på förstudiens förslag

Förstudien lägger tyngdpunkten på ett förslag beträffande utformningen av ett istransportsystem mellan ismaskin och den närbelägna Norrviken liksom vid problemet med isdeponeringen i Norrviken. Däremot antages en bra tekniskt fungerande isvärmepump finnas tillgänglig på marknaden. Följande principiella synpunkter kan anföras beträffande förstudien:

- o Ett fungerande isutmatningssystem med vatten som bärmedium behöver utvecklas liksom att isdeponeringens funktion måste säkras.
- o Ett isutmatningssystem måste definitivt kombineras med "iskoncentrationsfunktion" så att mängden bärvatten minimeras.
- o Man bör inte direkt välja en specifik teknik för isutmatningen utan att redogöra för vettiga alternativa lösningar.
- o Man bör behandla ett "vinterdriftfall" och ett "sommardriftfall". "Vinterdriftfallet" innebär huvudsakligen isproduktion med krav på litet vattenflöde. "Sommardriftfallet" innebär krav på att höja isvärmepumpens värmefaktor när vattentemperaturen är c:a +5°C eller högre.

Det finns onekligen en hel del kvarvarande utvecklingsarbete beträffande isvärmepumpen, isutmatningen, isdeponeringen och isavsmältningen.

## 9.17 Att årslagra solvärme vid lågtemperatur. Förstudie av smältvärmelager av vatten och is (se bilaga Q)

### 9.17.1 Bakgrund

Ovanstående rubrik är titeln på ett BFR-uppdrag med Ernst Morawetz som projektledare. Förstudien finns dokumenterad i BFR-rapport R107:1982. Ernst Morawetz uppger att han inte längre tror på projektet och inte har för avsikt att driva det vidare. Skälet är i första hand att han är tveksam om att det finns en marknad för den produkt han beskrivit.

### 9.17.2 Beskrivning

Morawetz beskriver en ismaskin som ligger fritt förlagd i ett vattenmagasin i mark eller i ett vattendrag. Ismaskinen producerar is på utsidan av en gummislang som ingår i en sluten köldbärarkrets. Isen bringas att lossna via tryckstötter från cirkulationspumpen eller en separat pump under en avisningsperiod var- efter ispåfrysningen kan fortsättas och cykeln upprepas.

### 9.17.3 Synpunkter

- o Morawetz' idé med ett smältvärmelager av vatten och is förutsätter inte alls någon specifik teknik för isproduktionen. Morawetz behandlar ingen annan teknik för isproduktion än den beskrivna. Troligen är ett smältvärmelager tekniskt enklare och ekonomiskt billigare att realisera med ispåfrysna slangar i ett markförlagt vattenmagasin än med slangismaskinen.
- o Slangismaskinen förlagd i naturliga vattendrag har samma nackdel som alla energiupptagningssystem via en köldbärare. Man kan endast transportera energi motsvarande en temperaturdifferens av c:a 4°C i köldbäraren. Därmed blir ispåfrysna slangar även i detta fall ett enklare och billigare alternativ än slangismaskinen.
- o Har man tekniskt sett klarat avisningsförloppet kvarstår ett väsentligt problem. Värmeöverföringen i en gummislang är låg. Det är mycket tveklaktigt att ett effektuttag per m gummislang kan erhållas som kan betala slangismaskinen jämfört med ispåfrysning på PE-slang.

## 9.18 Korttidslagring av värme och kyla (se bilaga R)

### 9.18.1 Bakgrund

Lars-Erik Bengtsson i Lars-Erik Bengtsson AB har tagit fram en systemlösning för byggnader som har ett varierande överskott och underskott på värme beroende på driftsituationen. Detta gäller exempelvis nybyggda kontorshus som har energiöverskott under dagtid i stort sett hela året medan värmebehov oftast föreligger nattetid och över helger.

Systemlösningen innehåller två komponenter som är speciellt viktiga. Det ena utgörs av ett värme/kyldon som kan styras att avge antingen värme eller kyla eller omvänt uppta värme eller kyla. Värmen alternativt kylan transporteras i vattenledningar medan styrningen sker via påtryckning av ett luftflöde över de varma alternativt de kalla ytorna i donen som finns i alla rum. Styrluften levereras från en central fläkt. Den andra huvudkompo-

nenten består av en värmepump kopplad till två vattentankar i vilka värme eller kyla kortsiktigt kan ackumuleras samtidigt som ny effekt tillförs systemet när värmepumpens kompressor är i drift. Vid speciellt höga kortvariga krav på värme (över helger) kan värmepumpen hämta energi genom isbildning på rör nedsänkta i kallvattenackumulatoren. Denna is smältes återigen nästa gång byggnaden levererar ett energiöverskott.

#### 9.18.2 Kommentarer

Lars-Erik Bengtsson har ägnat sig åt ett systemtänkande i en bransch som är mycket konservativ. Resultatet blir enligt honom själv ett årsenergibehov per uppvärmd kvadratmeter av 25 kWh. Denna siffra är inte otrolig. Bra värmepumpsystem når fram till c:a 60-80 kWh/m<sup>2</sup> och år i byggnader utan väsentliga energitillskott och utan värmeåtervinning i Stockholms-trakten. Det blir inte mycket energibehov kvar för anslutning till ett eventuellt fjärrvärmenät i någotdera fallet. Utveckligen av den typ av is/vattenackumulatörer, som Bengtsson använder, har framför allt utvecklats i USA och Canada där de mestadels används för kylfunktionen.

#### 9.19 Ny ismaskintyp?

##### 9.19.1 Bakgrund

Vid Studsvik pågår ett projekt som stöds av BFR men som är sekretessbelagt. Projektledare är Sven Ragnarsson, Studsvik energiteknik AB. Projekttiteln är "Trippelvärmepump med kemiskt försteg". En rapport kan förväntas till hösten 1984.

Rykten via ATLAS-SABROE:s huvudkontor i Köpenhamn anger att man i Danmark har fattat intresse för isbildning vid undertryck. Ytterligare information har ej gått att få.

##### 9.19.2 Kommentarer

I brist på information har författaren gjort en preliminär konstruktion som kanske kan passa till de pågående utvecklingsarbetena (se bilaga S). Det är mycket möjligt att konventionella tekniker för isvärmepumpar har svårt att hävda sig ekonomiskt. Ett stort framsteg för isvärmepumpprincipen som sådan vore att kunna producera is vid en förångningstemperatur mellan 0° och -5°C. Detta skulle kunna göra isvärmepumparnas värmefaktorer överlägsna värmefaktorn vid ispåfrysning av sjökollektorer. Därmed skulle konkurrenssituationen förbättras väsentligt mellan de två alternativen till förmån för isvärmepumpen.

#### 9.20 Energitransportsystem mellan vattendrag och värmepump (se bilaga T)

##### 9.20.1 Bakgrund

Hans Jelbring presenterade detta projekt för BFR för c:a 5 år sedan. För ungefär ett år sedan inlämnades en ansökan till BFR för en första etapp innebärande en grundlig genomgång av idéns bärkraft genom konkret tillverkning av prototyper. Projektet skulle drivas i samarbete mellan INVENTEX AB och professor Lorentzens värmepumpgrupp, NTH i Trondheim. Efter moget övervägande avtog BFR ansökan.

### 9.20.2 Beskrivning

Köldmediekondensatet i en kompressionscykel bringas i direktkontakt med en köldbärare med en fryspunkt av  $-2$  till  $-5^{\circ}\text{C}$ , varvid köldmediet förångas medan upp till 25 % av vattnet i köldbäraren nästan momentant bildar iskorn. Kvarvarande köldbärare med iskorn förs via transportledningar i en sluten krets till en slangvärmewäxlare nedsänkt i ett vattendrag. Det förångade köldmediet avfuktas och komprimeras sedan på normalt sätt.

### 9.20.3 Kommentarer

Två huvudsakliga syften finns med projektet, nämligen:

- o Öka transportkapaciteten i en sluten köldbärarledning med en faktor 5-6 vid ett givet flöde genom att utnyttja fasövergången is/vatten.
- o Öka värmepumpens värmefaktor genom att förångningen kan ske vid lägst  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Projektet kan karaktäriseras som ett tungt utvecklingsprojekt. Projektets värde står och faller dessutom med marknaden för användning av storskaliga slangkollektorer. Den senares betydelse verkar vara i tilltagande i Sverige så det är möjligt att detta projekt kan få förnyad aktualitet.

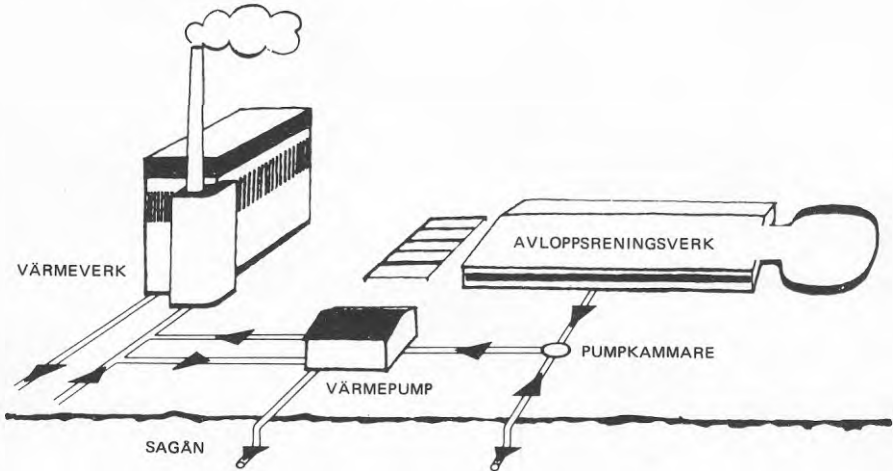
## 10. REFERENSLISTA

1. Store varmpumper, foredrag ved de første nordiske varmpumpedager 30.- 31. august 1982.
2. International Heat Storage in theory and practice, Stockholm, June 6-8, 1983.
3. Sjövärmesystem, BFR-seminarium maj 1982, BFR rapport R143:1982.
4. Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 1982.
5. Termokemisk energilagring, Underlag för BFR:s programplan 1984-1987. BFR rapport G5:1983
6. Att årslagra solvärme vid låg temperatur, förstudie av smältvärme- lager av vatten och is. Ernst Morawetz BFR rapport R107:1982
7. Isvärmepumpsystem för grupphusområde i Sollentuna, förstudie. Lennart Sandin och Lars Pappila BFR rapport R121:1983
8. Termisk energi ur vattendrag, Värmeväxlare för sjövärmesystem - provanläggning i Storsjön. Lennart Backlund BFR rapport R83:1982
9. Värmepump med ismaskin för 43 lägenheter i Sälen, förstudie. Sven-Erik Persson BFR rapport R49:1981
10. Energiutvinning ur sjö- och havssediment, en förstudie. Torbjörn Svensson, Erik Degerman, Bo Jansson och Staffan Westerlund BFR rapport R76:1980
11. Energiutvinning ur ytvatten via varmpump, förprojektering i Borlänge. Anders Backman, Jonas Hallenberg, Kjell Norbäck och Herje Wahlberg BFR rapport R109:1980
12. Värmeupptagning med bottenförlagda kylslangar i stillastående vatten, Laboratorieförsök. Torbjörn Svensson och Lars-Ove Sörman BFR rapport R41:1983
13. Värmeupptagning med bottenförlagda kylslangar i rinnande vatten, Laboratorieförsök. Torbjörn Svensson och Lars-Ove Sörman Chalmers Report B:39
14. Mätningar av Sjötemperatur vid SMHI. A Moberg SMHI HB rapport nr 45 1981
15. Utvärdering av Ekerö varmpumpprojekt, examensarbete i kylteknik. Björn Lindén KTH 1983
16. Isvärmepump vid Vattenbyggnadslaboratoriet i Älvkarleby. Hans O Lindström Statens Vattenfallsverk 1982
17. Driftrapport, Avloppsvärmepump 3 MW värme, Sala. Mätningar och drifterfarenheter. Hans O Lindström Vattenfall rapport SOL 1983:4
18. Ice-Maker Heat Pump Development: Final Report. Oak Ridge National Laboratory. Report ORNL/CON-50

19. Värmepump för utvinning av havsvattenvärme, förstudie beträffande havsvattenvärmeväxlare. Saltech rapport nr 478/79  
Börje Stenström, Anders Lindahl och Staffan Öst
20. Studies on the R-12 Gas Hydrate formation Process for Heat Pump Cool Storage Applications.  
M. P. Ternes Rapport från ORNL 1983
21. Värme ur sol och luft med lagring i vatten och is, Brämhultprojektet i Borås. BFR rapport T25:1981  
Thore Abrahamsson, Sten Jonsson och Knut-Olof Lagerkvist

# SALA HEBY - FJÄRRVÄRME

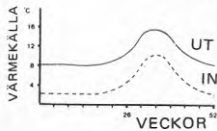
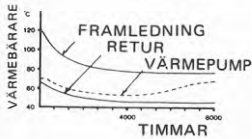
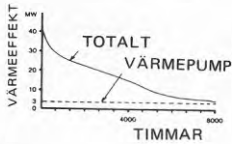
## AVLOPPSVATTEN UTAN ISBILDNING



SITUATIONSPLAN

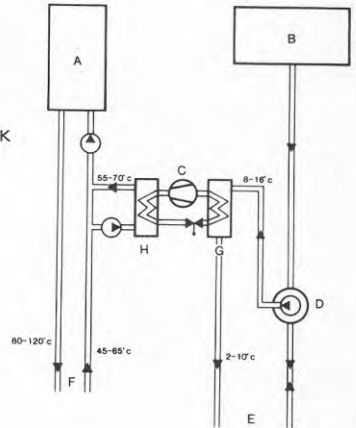
### TEKNISKA DATA

VÄRMEEFFEKT: 3000 kW  
 TILLFÖRD ELEFFEKT: 1000 kW  
 ÅRSVÄRMEFAKTOR: 2,7

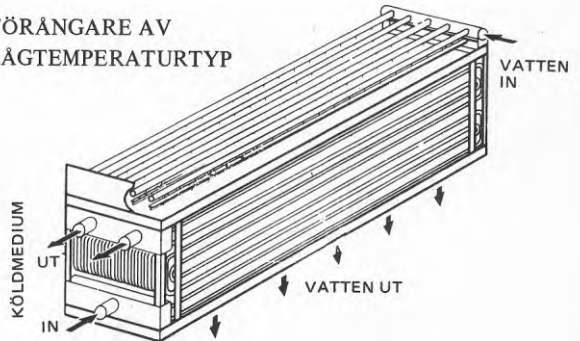


### PRINCIPSCHEMA

- A: VÄRMEVERK
- B: AVLOPPSRENINGSVERK
- C: VÄRMEPUMP
- D: PUMPKAMMARE
- E: SAGÄN
- F: FJÄRRVÄRMENÄT



### FÖRÄNGARE AV LÅGTEMPERATURTYP





## SALA HEBY

Uppvärmningsobjekt: Fjärrvärmenät Sala  
 Driftsättning värmepump: Våren 1981

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -22 °C  
 Årsmedeltemperatur: +5,9 °C  
 Uppvärmningsbehov: 112.000 °Ch  
 Energikälla: Avloppsvatten  
 Avloppsvattentemperatur (vinter): 5 - 6 °C

KOLLEKTORSYSTEM

Uppbyggnad: Strilförångare  
 Kapacitet: 2 MW

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Effektbehov: 40 MW  
 Energibehov: 85.000 MWh  
 Temperaturkrav: Max 120 °C  
 Returtemperatur: Max 65 °C

PRODUKTION

Effekttäckning: 8 %  
 Energitäckning årsbasis: 27 %  
 Tillsatseffekt: Olja  
 Effekt VP (vinter): 2,7 MW  
 Motoreffekt VP (vinter): 1,1 MW

HJÄLPEFFEKTER

Avloppsvattenpump: 22 kW  
 Extra fjärrvärmepump: 15 kW  
 Oljepump: 7 kW

ENERGIBALANS

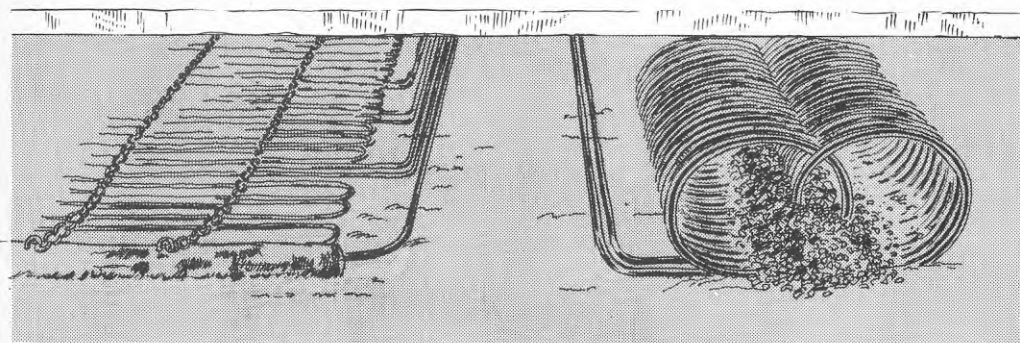
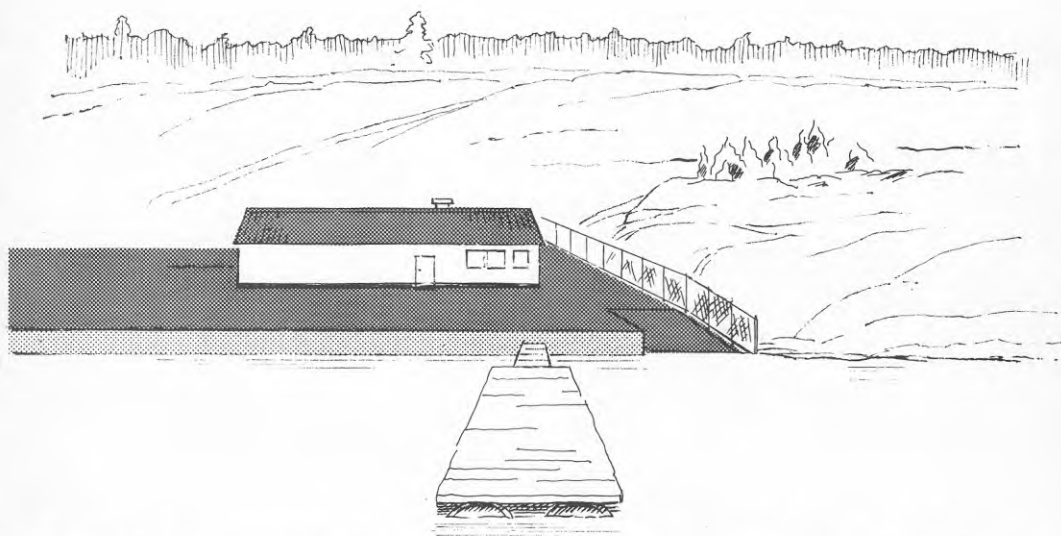
Hjälpenergier: 400 MWh  
 Kompressormotor: 8.800 MWh  
 Från avloppsvatten: 14.200 MWh  
 Tillsattsenergi (olja): 62.000 MWh  
 Summa: 85.400 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,6

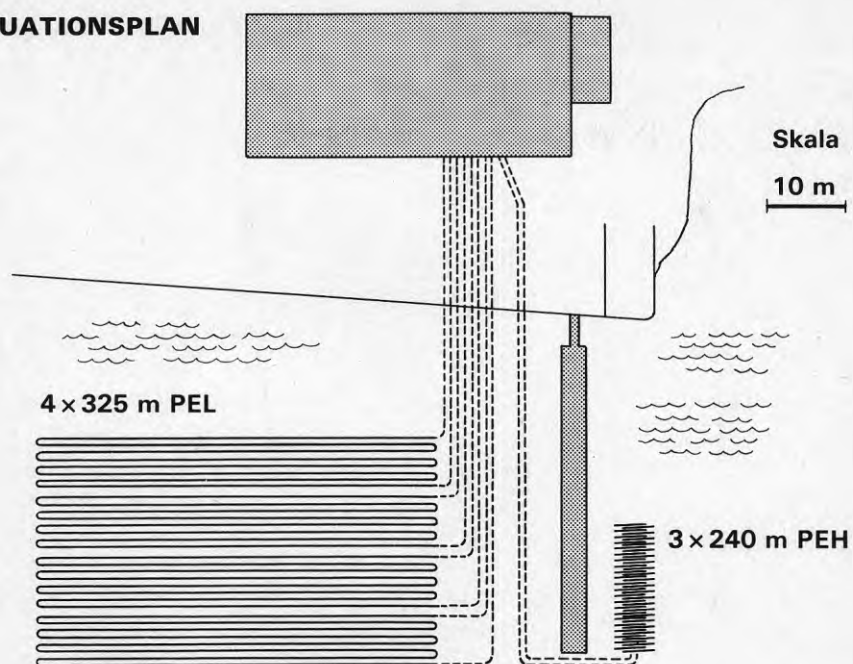
EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,5

# TELEVERKETS ARBETSCENTRAL, DJURÖ

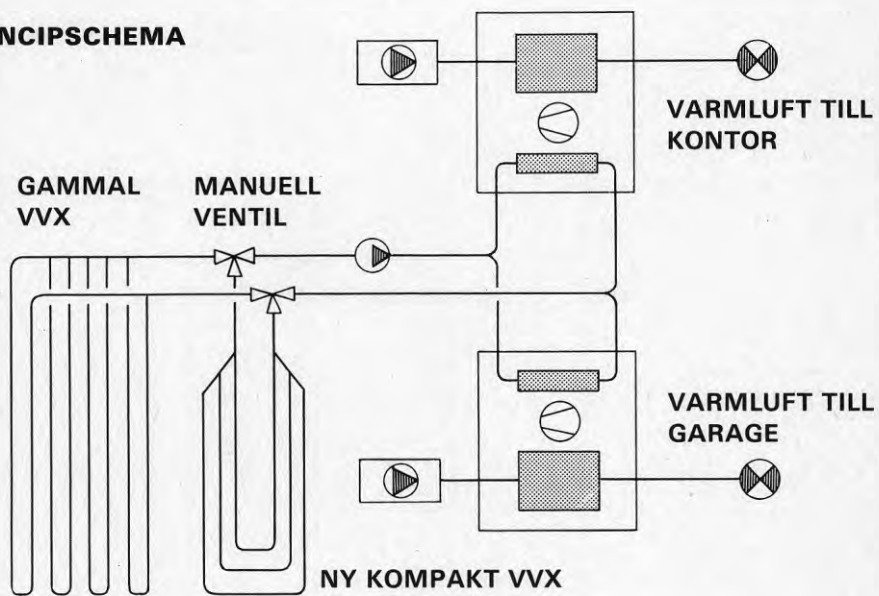
## SLANGKOLLEKTORER MED OCH UTAN ISPÅFRYSNING



## SITUATIONSPLAN



## PRINCIPSCHEMA



## TELEVERKETS ARBETSCENTRAL: DJURÖ

Uppvärmningsobjekt: Nyproduktion 1980  
 Driftsättning värmepump: 1980

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -18°C  
 Årsmedeltemperatur: +6,5°C  
 Uppvärmningsbehov: 100.000 °Ch  
 Energikälla: Östersjövatten  
 Vattentemperatur vinter: 0,3 - 0,5 °C över fryspunkten  
 Isförhållanden: 10 - 20 cm jan - mars

KOLLEKTORSYSTEM

	Alternativ I	Alternativ II
Typ:	1300 m PEL-slang utan ispåfrysning	720 m PEH-slang med ispåfrysning
Uppbyggnad:	4 parallella slingor	3 parallella slingor
Förtöjning:	Kättingar och betong	Singel
Bottenytkrav:	1300 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Typ av byggnad: Enplan med regelstomme och gjuten platta  
 Uppvärmda ytor: 240 m<sup>2</sup> kontor och 490 m<sup>2</sup> garage  
 Effektbehov: C:a 30 kW plus tappvarmvatten  
 Värmebehov per år: C:a 110.000 kWh

PRODUKTION

Effektäckning: 100% värmepumpar  
 Effekt VP I (vinter): 11,5 kW  
 Effekt VP II (vinter): 19,5 kW  
 Motoreffekter: 3,6 respektive 6,2 kW  
 Tappvarmvatten: Från separat frånluftvärmepump

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspump köldbärare: 1,3 kW  
 Fläkt kontor: 2,4 kW  
 Fläkt garage: 1,6 kW

ENERGIBALANS (preliminär)

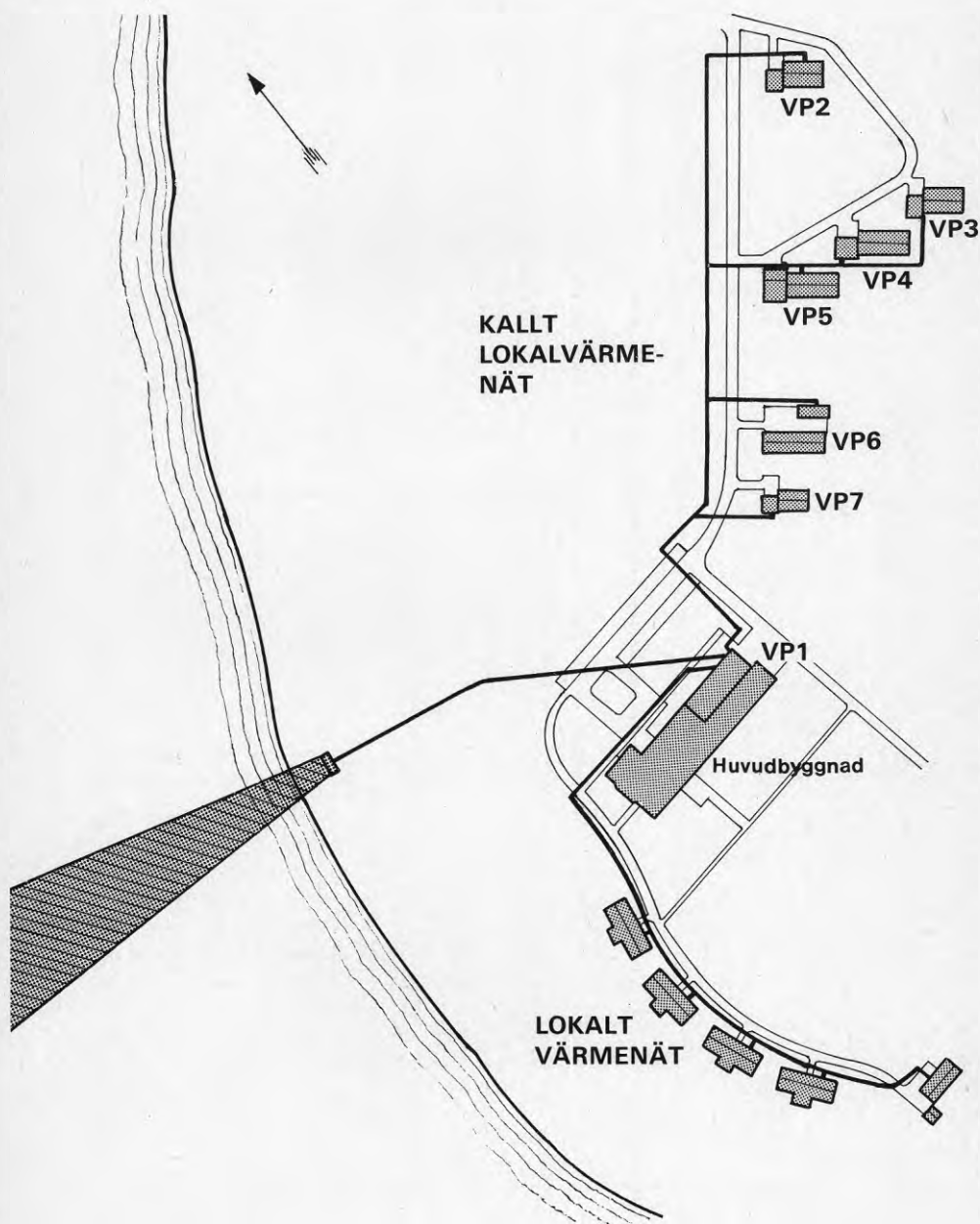
Cirkulationspump: 6.000 kWh  
 Fläkt kontor: 12.000 kWh  
 Fläkt garage: 5.000 kWh  
 Kompressormotorer: 26.000 kWh  
 Från vatten: 57.000 kWh  
 Summa: 106.000 kWh

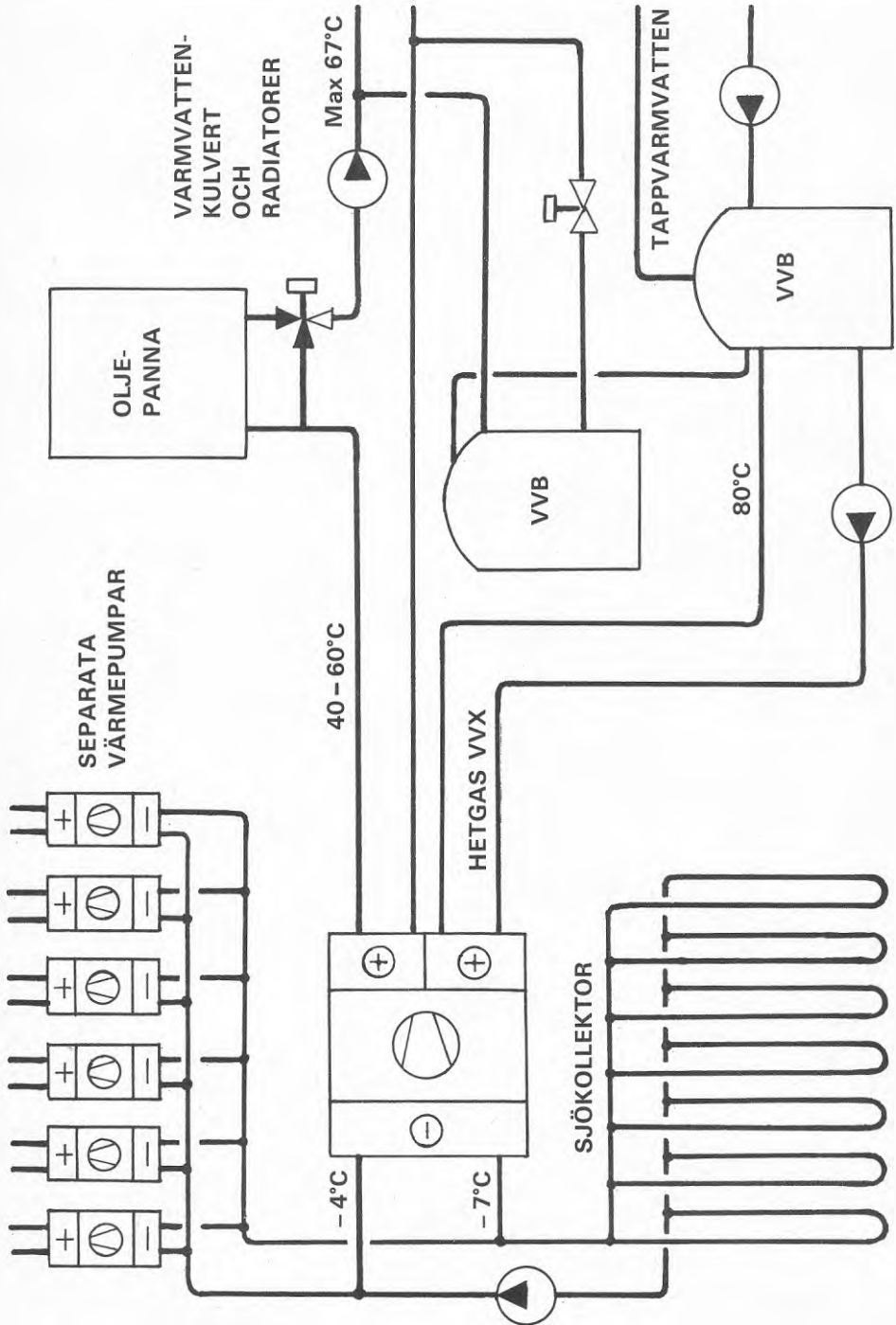
KOMPRESSORERNAS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 3,2

EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,2

# BIRKA FOLKHÖGSKOLA – FJÄRRVÄRME

## KALLT LOKALVÄRMENÄT





## BIRKA FOLKHÖGSKOLA

Uppvärmningsobjekt: Huvudbyggnad 2 plan och källare  
(konvertering från olja) 5 byggnader via lokal värmekulvert  
6 byggnader via kall kulvert  
Driftsättning värmepumpar: Hösten 1983

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -28 °C  
Årsmedeltemperatur: 2,7 °C  
Uppvärmningsbehov: 143.000 °Ch  
Energikälla: Storsjön  
Vattentemperatur (vinter): 0,2 - 0,5 °C  
Isförhållanden: 60 - 80 cm istäcke

KOLLEKTORSYSTEM

Uppbyggnad: 2.920 m PEH-rör i 7 parallella slingor  
Kapacitet: 200 kW  
Förläggingsdjup: 0 - 20 m  
Förtöjning: Heat pipes  
Bottenytkrav: 3.000 m<sup>2</sup>

<u>UPPVÄRMNINGSOBJEKT</u>	Kall kulvert	Varm kulvert	Huvudbyggnad
Uppvärmda ytor:	1.200 m <sup>2</sup>	2.400 m <sup>2</sup>	4.500 m <sup>2</sup>
Tidigare oljeförbrukning:	33 m <sup>3</sup>	Tillsammans 220 - 240 m <sup>3</sup>	
Värmebehov per år:	220 MWh	Tillsammans c:a 1900 MWh	

PRODUKTION

Effekttäckning:		35 %
Energitäckning årsbasis:		80 %
Effekt VP (vinter):	6x8 kW	210 kW
Motoreffekt VP (vinter):	6x3 kW	75 kW
Tillsatseffekt:		Olja
Tappvarmvatten:	El	Via värmepump

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspump:	5 kW
Övrigt:	2 kW

ENERGIBALANS (beräknad)

	Små VP	Stor VP
Hjälpenenergier:		50 MWh
Kompressormotor:	80 MWh	520 MWh
Från vatten:	120 MWh	980 MWh
Tillsatsenergi (olja):	(3 m <sup>3</sup> ) 20 MWh	(50 m <sup>3</sup> ) 380 MWh
Summa:	220 MWh	1.930 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR:	2,5	2,9
EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR:	2,5	2,6

# **KAUNISJOENSUU TULLSTATION**

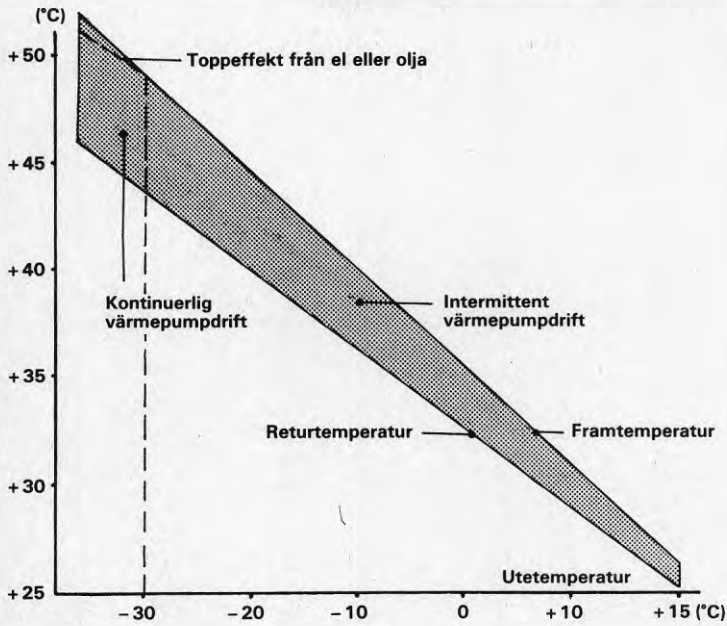
## **SLANGKOLLEKTOR MED ISPÅFRYSNING**



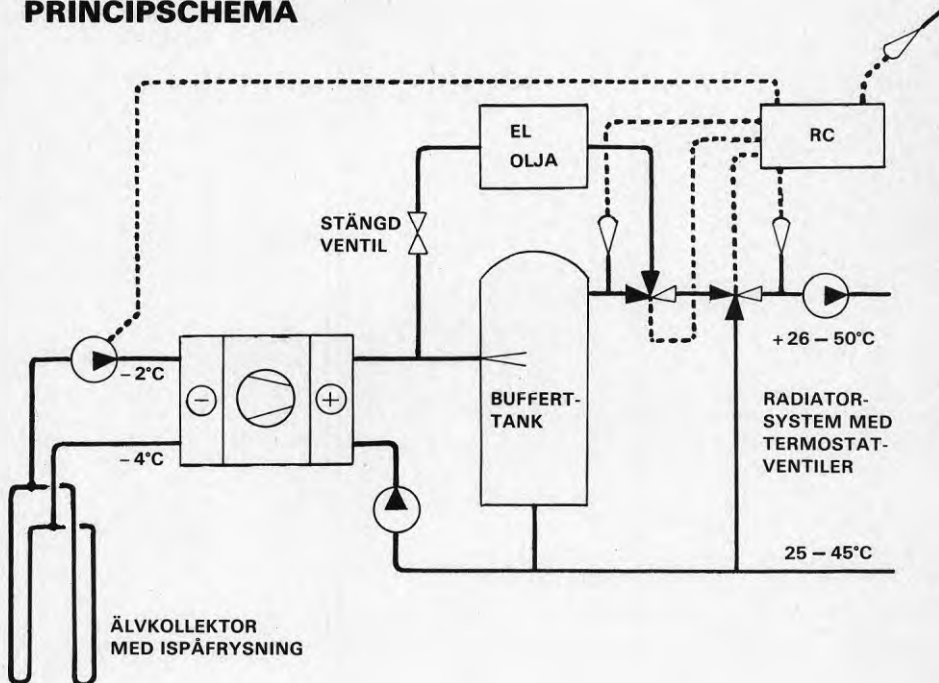
**DIMENSIONERANDE UTETEMPERATURER -36° C**



## DRIFTLÄGEN OCH TEMPERATURER



## PRINCIPSCHEMA



## KAUNISJOENSUU TULLSTATION

Uppvärmningsobjekt: Nyproduktion hösten 1981  
 Driftsättning värmepump: Mars 1982

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -36 °C  
 Årsmedeltemperatur: -0,5 °C  
 Uppvärmningsbehov: 170.000 °Ch  
 Energikälla: Muonio älv  
 Vattentemperatur (vinter): 0,02 - 0,04 °C  
 Isförhållanden: 80 - 110 cm 6 månader per år

KOLLEKTORSYSTEM

Typ: 2x600 m PEL-slang  
 Uppbyggnad: 12 parallella slingor. Plan med trähållare  
 Förtöjning: Betongvikter och singel  
 Förläggingsdjup: 2 - 3 m  
 Bottenytkrav: 500 m<sup>2</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Typ av byggnad: 1 1/2 plan, källarlöst trähus  
 Uppvärmda ytor: 390 m<sup>2</sup>  
 Varav bilvisitationshall: 105 m<sup>2</sup>  
 Effektbehov: C:a 30 kW  
 Värmebehov per år: C:a 95.000 kWh

PRODUKTION

Effektäckning: 90 % värmepump  
 Energitäckning: 99 % värmepump  
 Tillsatseffekt: El efter manuellt ingrepp  
 Effekt VP (vinter): 27 kW  
 Effekt VP (sommar): 44 kW  
 Motoreffekt VP: 9,0 - 10,7 kW  
 Tappvarmvatten: Alltid från elpanna

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspump köldbärare: 1,1 kW  
 Cirkulationspumpar varma sidan (2 st): 0,5 kW

ENERGIBALANS

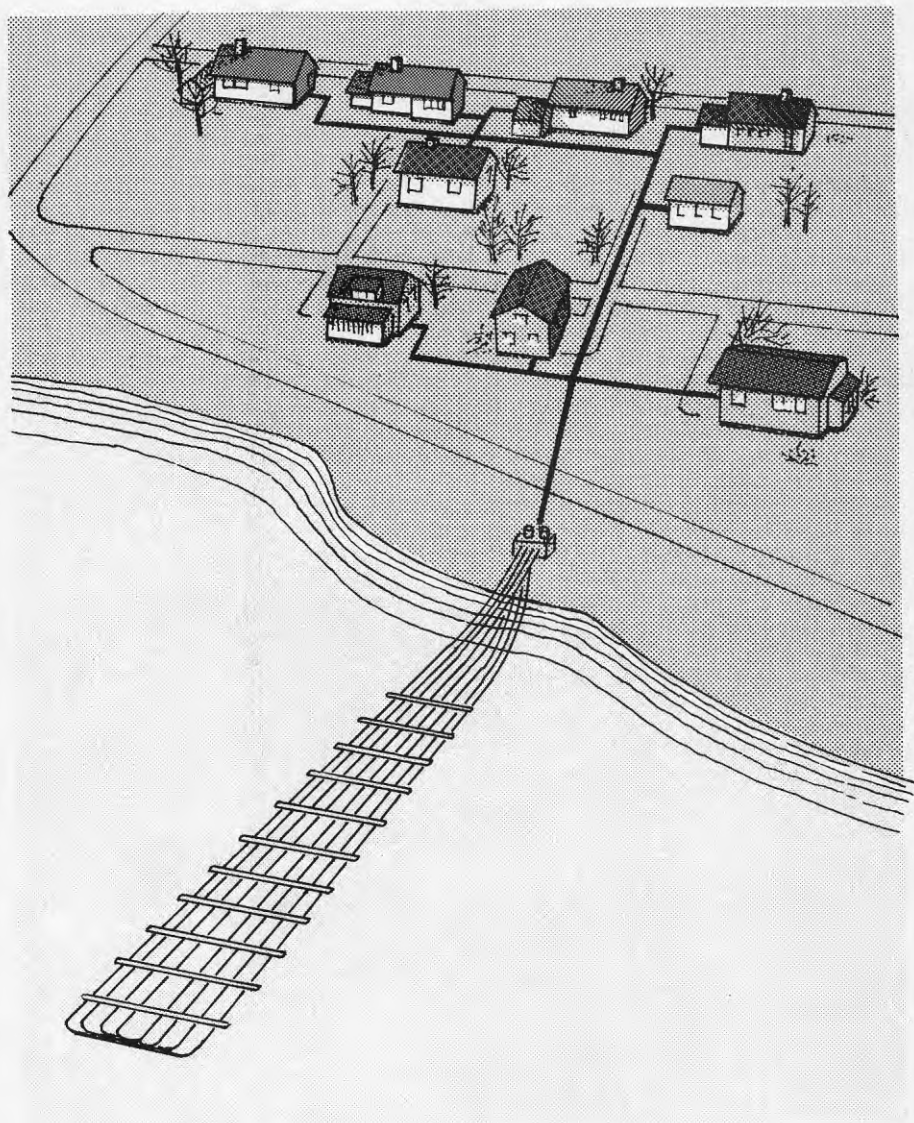
Cirkulationspump köldbärare: 4.500 kWh  
 Cirkulationspumpar varma sidan: 4.400 kWh  
 Kompressormotor: 28.100 kWh  
 Tillsatsenergi: 900 kWh  
 Från älvvatten: C:a 59.000 kWh  
 Summa: 96.900 kWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 3,1

EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,8

# LUGNVIK

## KALLT LOKALVÄRMENÄT



LUGNVIK

Uppvärmningsobjekt: 8 villor och 1 verkstad  
 Driftsättning värmepumpar: Nov - jan 82/83

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -28 °C  
 Årsmedeltemperatur: +2,7 °C  
 Uppvärmningsbehov: 143.000 °Ch  
 Energikälla: Storsjön  
 Vattentemperatur (vinter): 0,5 - 0,8 °C  
 Isförhållanden: 70 - 80 cm istäcke

KOLLEKTORSYSTEM

Uppbyggnad: 800 m PEH-rör i 4 parallella grenar  
 Kapacitet: 55 kW  
 Förläggningsdjup: 1 - 5 m  
 Förtöjning: Heat pipes  
 Bottenytkrav: 1.500 m<sup>2</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Typ av byggnader: Äldre villor ofta med källare  
 Uppvärmda ytor: C:a 1.200 m<sup>2</sup>  
 Tidigare total oljeförbrukning: 36 m<sup>3</sup>  
 Värmebehov /år inkl tappv: 220 MWh

PRODUKTION

Effektäckning: 70 - 100 %  
 Energitäckning årsbasis: 95 - 100 %  
 Effekt VP (vinter): (8x7) 56 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): (8x2,9) 23 kW  
 Tillsatsenergi: C:a 1 m<sup>3</sup> olja  
 Tappvarmvatten: VP med el för eftervärmning

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspump: 0,6 alternativt 1,8 kW

ENERGIBALANS

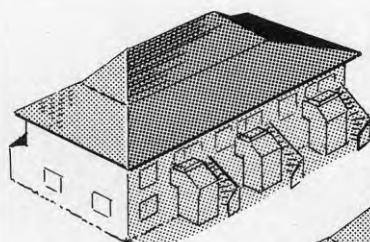
Hjälpenergi: 13 MWh  
 Kompressormotorer: 84 MWh  
 Från vatten: 125 MWh  
 Tillsatsenergi: 11 MWh  
 Summa: 233 MWh

KOMPRESSORERNAS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTORER: 2,5

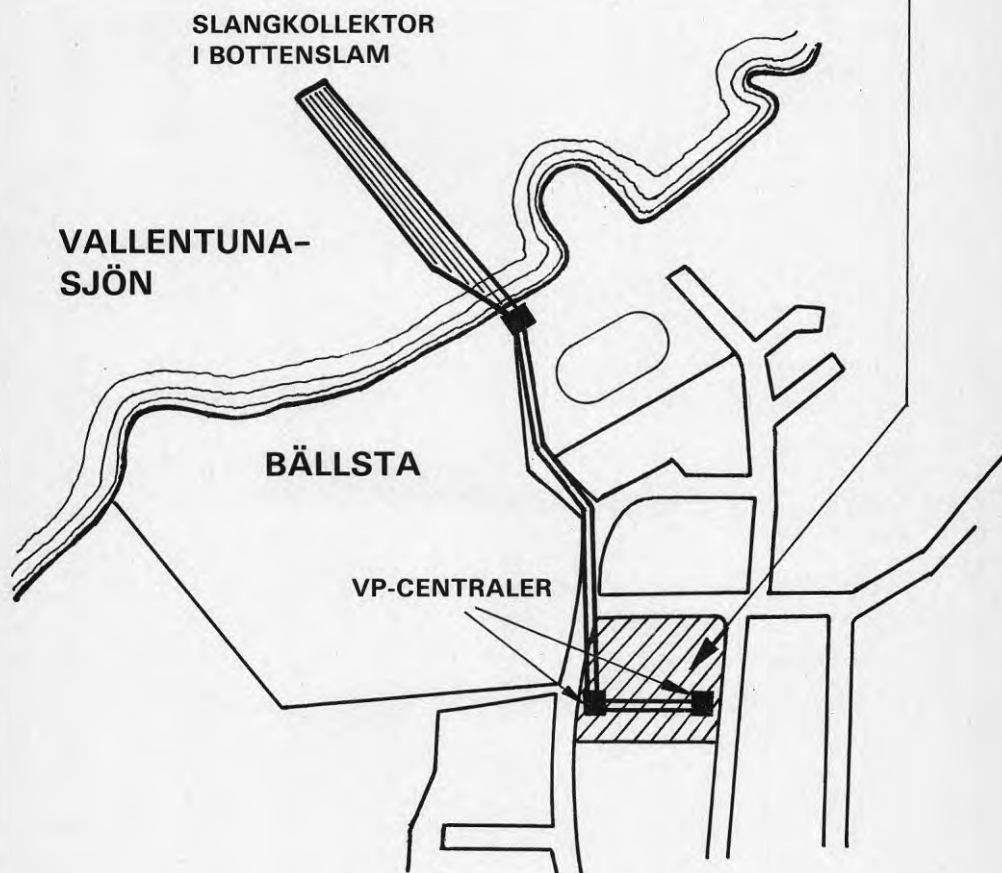
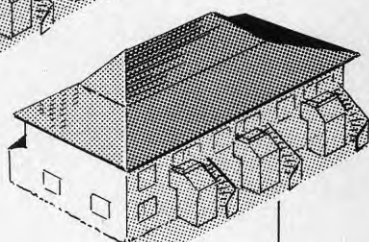
EKONOMISKA ÅRSMEDELVÄRMEFAKTORER: 2,2

# BÄLLSTA GÅRD

## ISPÅFRUSEN SLANGKOLLEKTOR I BOTTENSEDIMENT



Byggnadstyp



BÄLLSTA GÅRD

Uppvärmningsobjekt: Nyproduktion, 4 hus med 40 lägenheter  
 Driftsättning värmepumpar: Juni - nov 1983

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -20 °C  
 Årsmedeltemperatur: 6,2 °C  
 Uppvärmningsbehov: 109.000 °Ch  
 Energikälla: Bottenslam i Vallentunasjön  
 Bottentemperatur (vinter): 4 - 5 °C

KOLLEKTORSYSTEM

Uppbyggnad: 4.800 m PEH-slang i 12 parallella grenar  
 Kapacitet: C:a 100 kW  
 Förläggning: 0,5 m ned i bottenslam  
 Förtöjning: Enbart slaminlagring  
 Bottenytkrav: 2.400 m<sup>2</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnader: 4 st tvåplans med 3.000 m<sup>2</sup>  
 Värmecentraler: 2 st med 6 st värmepumpar  
 Temperaturkrav: +60 °C vid DUT  
 Energiåterföring: Frånluftvärmväxlare 22 kW  
 Värmebehov inkl tappv: 520 MWh

PRODUKTION

Effekttäckning: 100 %  
 Energitäckning årsbasis: 100 %  
 Tillsatseffekt: El efter manuellt ingrepp  
 Effekt VP (vinter): 130 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): 50 kW

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspumpar: (6x0,55) 3,3 kW

ENERGIBALANS

Hjälpenergi: 15 MWh  
 Kompressormotorer: 195 MWh  
 Från bottenslam: 325 MWh  
 Summa: 535 MWh

KOMPRESSORERNAS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,7

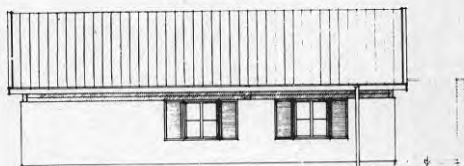
EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,5

# AROSEKEN - VILLA I VÄSTERÅS

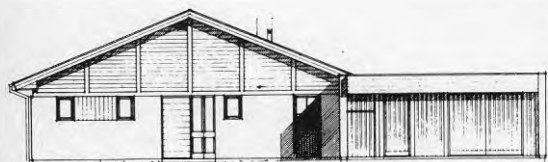
## IS UNDER BOTTENPLATTA



Gavelfasad

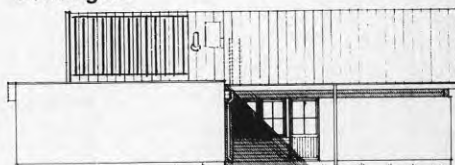


Långfasad



Entréfasad

Solfångare

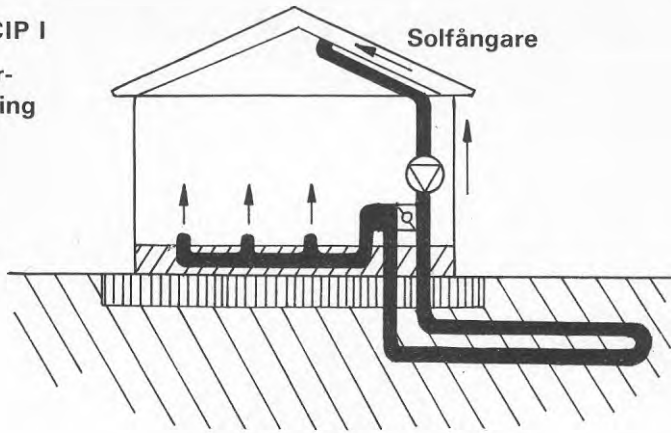


Långfasad

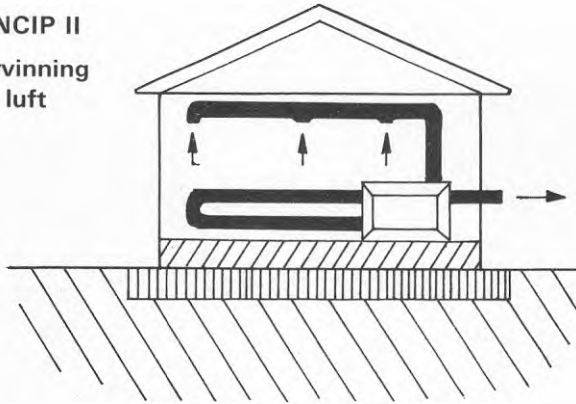


**4 RUM OCH KÖK**  
 Invändig yta 120 m<sup>2</sup>.  
 Förråd 17 m<sup>2</sup>.  
 Garage 23 m<sup>2</sup>.

## PRINCIP I

Luftför-  
värmning

## PRINCIP II

Återvinning  
från luft

Betongplatta



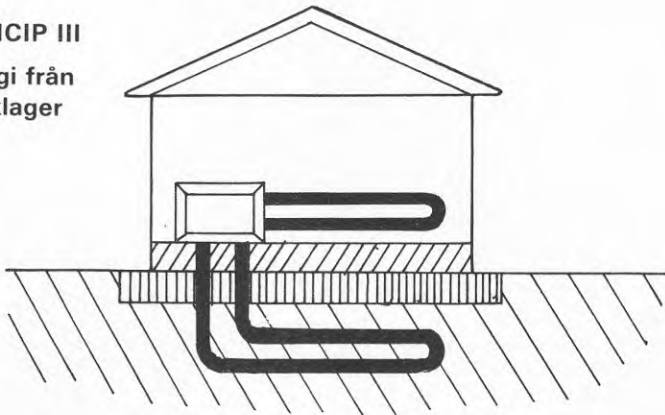
Markisolering



Lerjord



## PRINCIP III

Energi från  
marklager



## AROSEKEN VÄSTERÅS

Uppvärmningsobjekt: Nyproduktion, friliggande villa  
 Driftsättning värmepumpar: Maj 1981

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -22 °C  
 Årsmedeltemperatur: +5,9 °C  
 Uppvärmningsbehov: 112.000 °Ch  
 Energikällor: Lera, frånluft och sol

KOLLEKTORSYSTEM

Vattenhaltig lera (38 %): 40 m PEH-rör (förvärmning tilluft)  
 100 m PEL-slang under bottenplatta  
 Frånluft: Frånluftvärmepump (40 l/s)  
 Sol: 40 m<sup>2</sup> solfångare av polyester  
 Kapacitet (lera, luft och sol): 2, 1 respektive 2 kW

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnad: Enplan villa 120 + 40 m<sup>2</sup>  
 Markisolering under bottenplatta  
 Effektbehov: C:a 6 kW  
 Värmebehov per år inkl tappv: C:a 25.000 kWh

PRODUKTION

Effekttäckning: 60 %  
 Energitäckning årsbasis: 90 %  
 Tillsatseffekt: El maximalt 3,5 kW  
 Effekt VP (vinter): (1,5+2,2) 3,7 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): (0,55+0,75) 1,3 kW  
 Tappvarmvatten: Frånluftvärmepumpen

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspumpar: 0,1 kW

ENERGIBALANS

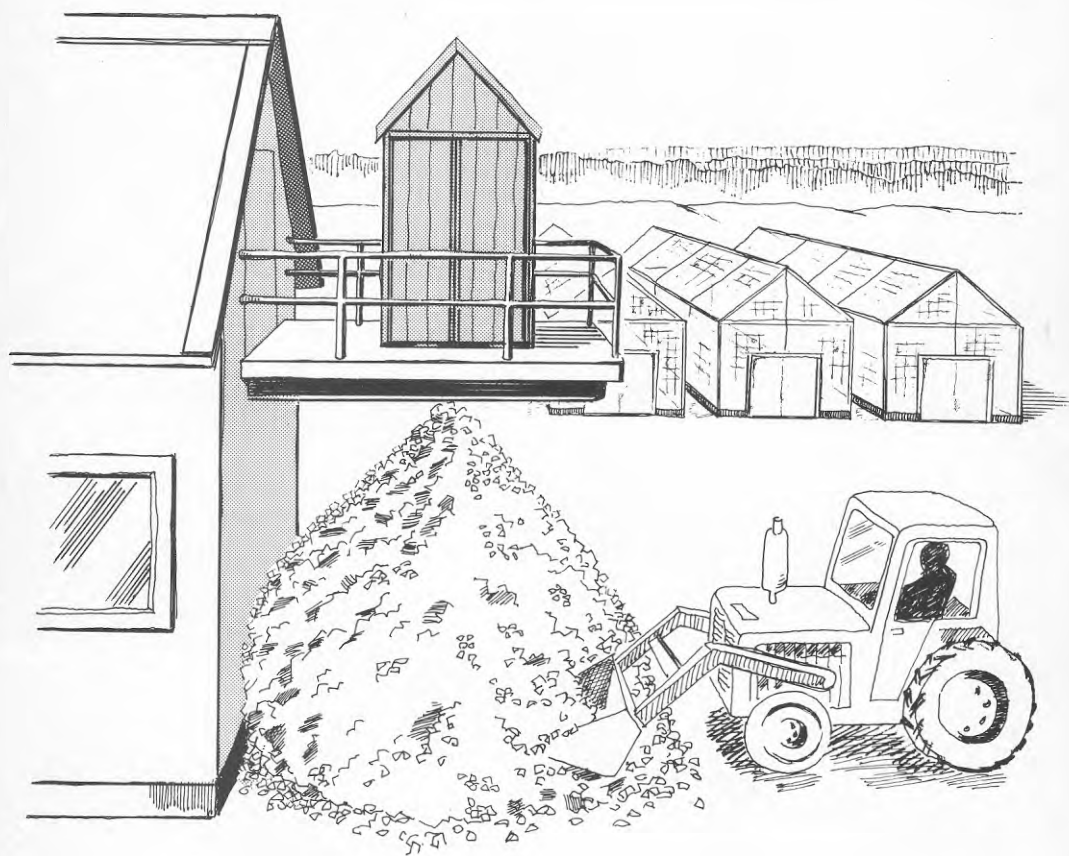
Hjälpenergi: 500 kWh  
 Kompressormotorer: 8.000 kWh  
 Tillsatsel: 2.000 kWh  
 Från lera och frånluft: 12.000 kWh  
 Summa: 22.500 kWh

KOMPRESSORERNAS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,5

EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,3

# BORÅS PARK- OCH KYRKOSTIFTELSE

## ISMASKIN



## BORÅS PARK- OCH KYRKOSTIFTELSE

Uppvärmningsobjekt: Växthus, garage och kontor  
 Driftsättning värmepump: Planerad till 84/85

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -22 °C  
 Årsmedeltemperatur: +6,3 °C  
 Uppvärmningsbehov: 108.000 °Ch  
 Energikälla: Närbelägen å  
 Vattentemperatur (vinter): Mindre än 0,5 °C

ISMASKIN

Typ: Skalismaskin med mekanisk avisning  
 Uppbyggnad: 5 m ovan mark med underliggande körbana  
 Isdeponering: På istipp med hjälp av lastmaskin

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnadstyp: Tegelbyggnader (kontor och garage) 1580 m<sup>2</sup>  
 Växthus: (Värms ej upp dec-feb) 3 st 2400 m<sup>2</sup>  
 Effektbehov: 260 kW?  
 Tidigare oljeförbrukning/år: 110 m<sup>3</sup>

PRODUKTION

Effektäckning: c:a 25 %  
 Energitäckning årsbasis: c:a 50 %  
 Effekt VP (vinter): 65 kW?  
 Motoreffekt (vinter), 22 kW  
 Tillsatsenergi: Olja

HJÄLPEFFEKTER

Uppfordringspump: 0,5 kW  
 Motor för avisning: 0,5 kW  
 Isdeponering: Lastmaskin

ENERGIBALANS

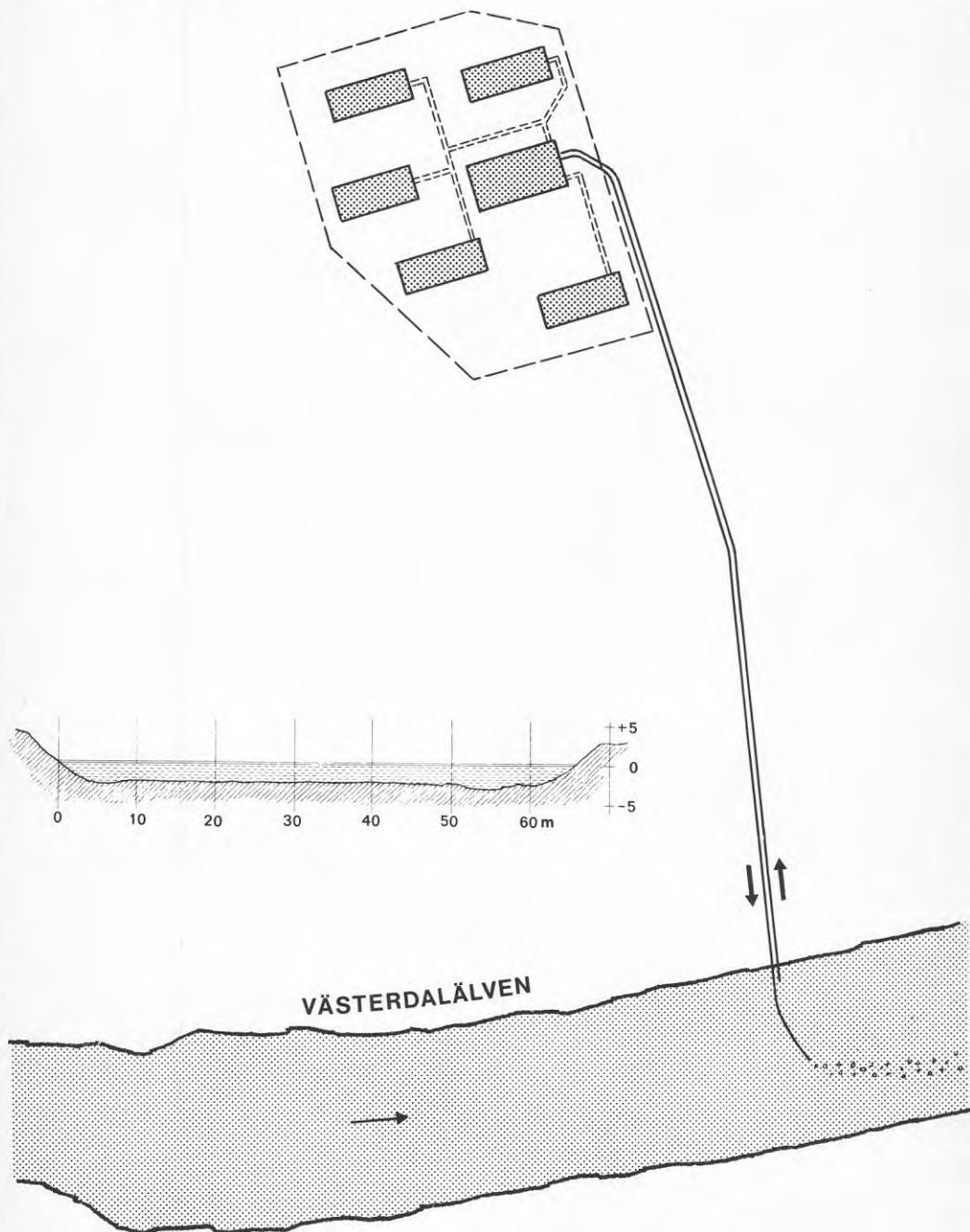
Hjälpeffekter: 7 MWh  
 Kompressormotor: 155 MWh  
 Från vatten: 340 MWh  
 Från olja: (53 m<sup>3</sup>) 530 MWh  
 Summa: 1.030 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 3,0 ?

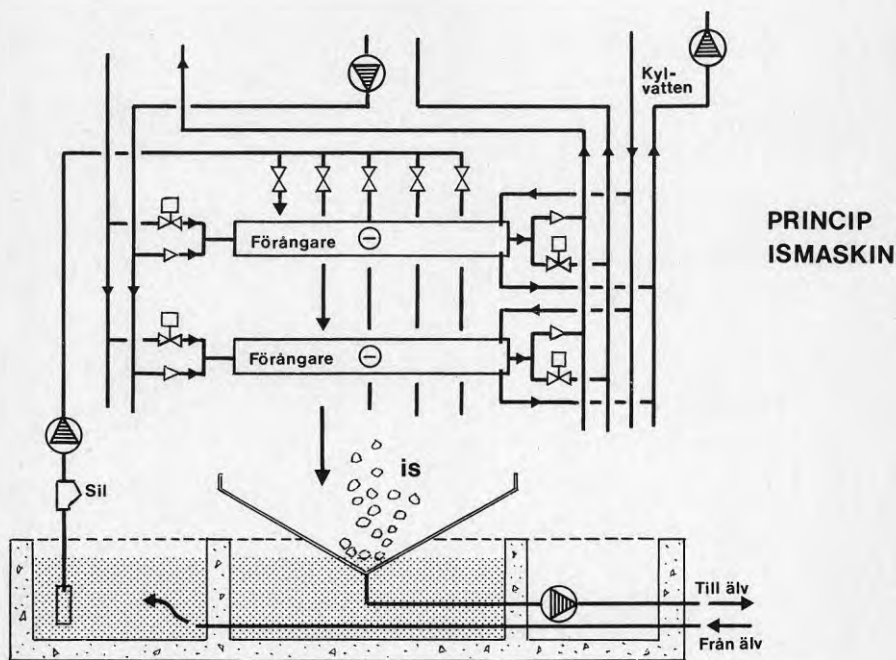
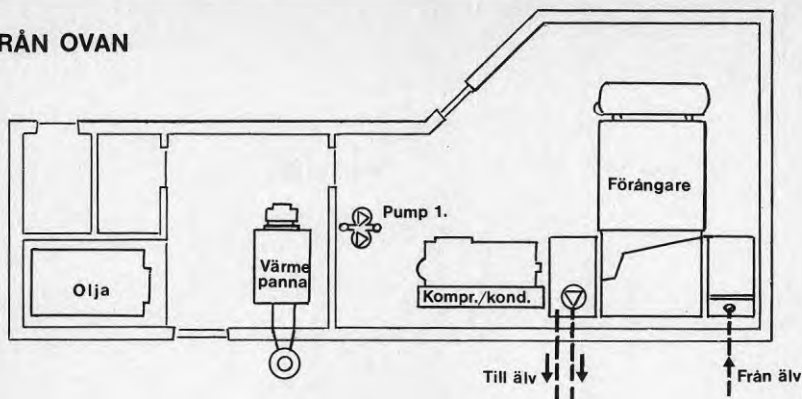
EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR (exkl lastmaskin) 2,8 ?

# SÄLEN ÖSTRA

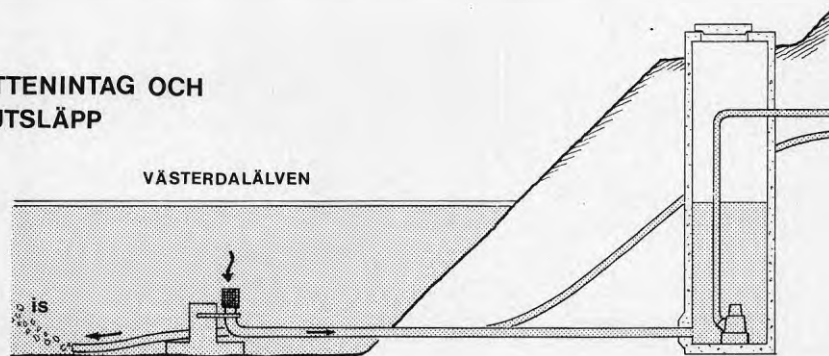
## ISMASKIN



VY FRÅN OVAN



VATTENINTAG OCH ISUTSLÄPP



## SÄLEN ÖSTRA

Uppvärmningsobjekt: 43 lägenheter byggda 1982  
 Driftsättning ismaskin: Vinter 84/85

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -34 °C  
 Årsmedeltemperatur: 2,9 °C  
 Uppvärmningsbehov: 139.000 °Ch  
 Energikälla: Västerdalälven  
 Vattentemperatur (vinter): Omkring 0.05 °C  
 Isförhållanden: Älven istäckt 5 mån/år

ISMASKIN

Typ: Vertikala plattförångare  
 Avsningsmetod: Termisk via köldmediekondensatet  
 Isdeponering: Vattenburen transport till älven  
 Köldmedium och förångningstemperatur: R 22 och -10 °C

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnader: 5 st tvåplan, 3.270 m<sup>2</sup>  
 Beräknat värmebehov (år): 470 MWh  
 Uppmätt elförbrukning (värme/år): 670 MWh  
 Temperaturkrav: +55 °C

PRODUKTION

Effektäckning: 40 %  
 Energitäckning (år): 80 %?  
 Effekt VP (vinter): 105 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): 35 kW  
 Tillsatseffekt: EI

HJÄLPEFFEKTER

Vatten och istransportpumpar: 6 + 2 kW  
 Vattenspridarump: 1 kW  
 Iskrossmotor: 0,5 kW

ENERGIBALANS

Hjälpenergi: 40 MWh  
 Kompressormotor: 180 MWh  
 Från vatten: 350 MWh  
 Tillsatsenergi (el): 135 MWh  
 Summa: 705 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,9

EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,4

# **FORSMARK RESTAURANG**

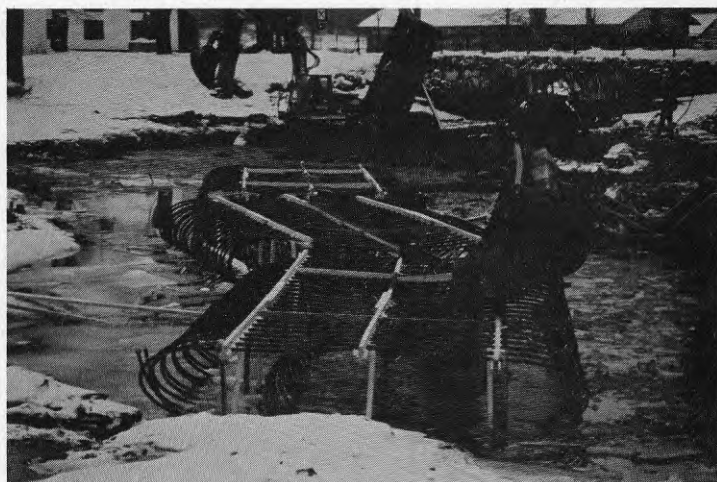
## **SLANGKOLLEKTOR MED ISPÅFRYSNING**



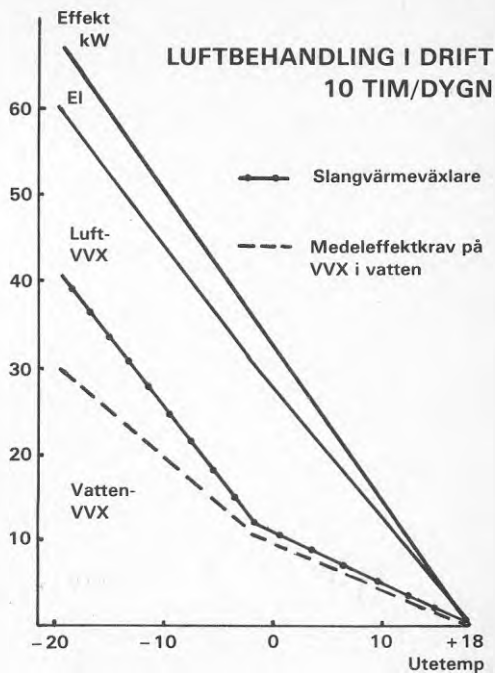
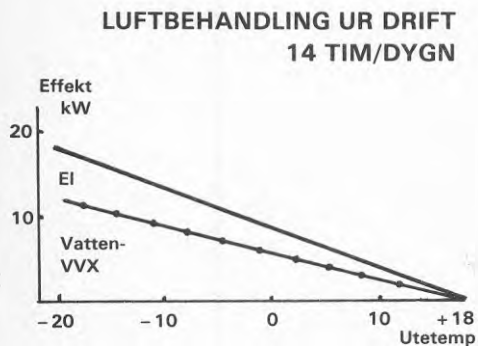
**VÄRDSHUS  
FÖRE  
OMBYGGNAD**

**DAMMEN  
TÖMD**

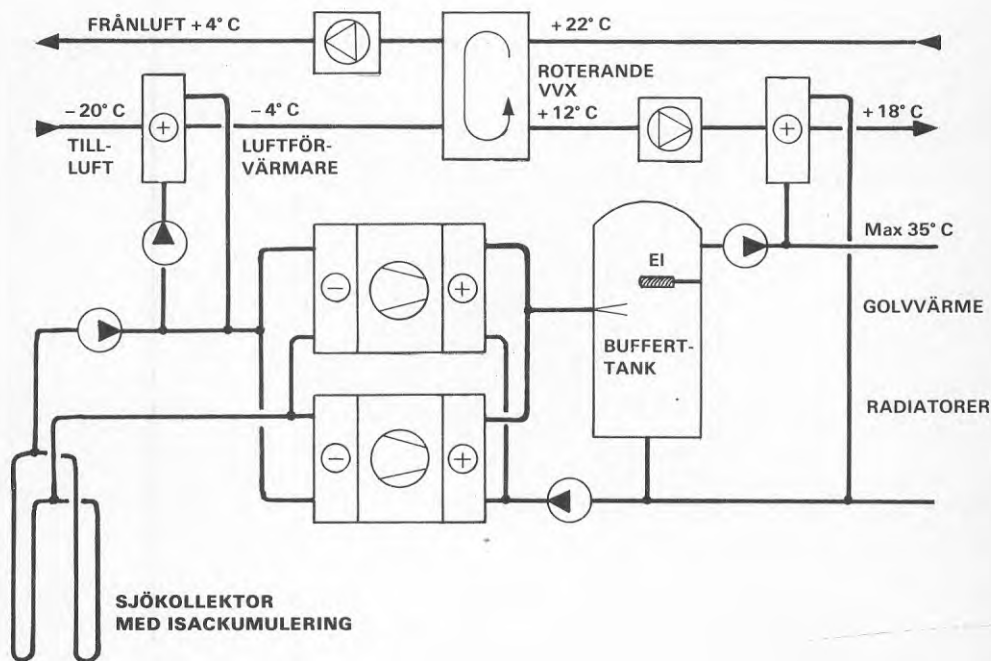
**FÖRANKRING  
MED SINGEL**



## EFFEKTBEHOV



## PRINCIPSCHEMA





FORSMARK RESTAURANG

Uppvärmningsobjekt: 2 plan villa, ombyggnad  
 Driftsättning värmepump: Hösten 1984

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -20 °C  
 Årsmedeltemperatur: +5,5 °C  
 Uppvärmningsbehov: 116.000 °C h  
 Energikälla: Strömgenomfluten damm  
 Vattentemperatur (vinter): Mindre än 0,5 °C

KOLLEKTORSYSTEM

Typ: 2x600 m PEH-slang  
 Uppbyggnad: Liggande spiraler  
 Kapacitet: 40 kW  
 Förtöjning: Singel  
 Bottenytkrav: 200 m<sup>2</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Typ av byggnad: Gammal med trästomme  
 Uppvärmda ytor: Omfattning av ombyggnad ej helt beslutad  
 Effektbehov (rest. stängd/öppen): 20/65 kW  
 Energibehov årsbasis: C:a 110.000 kWh  
 Temperaturkrav: Max 35 - 40 °C

PRODUKTION

Effekttäckning VP: 100 %  
 Energitäckning VP: 100 %  
 Effekt VP (vinter): 26 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): 8 kW  
 Tillsatseffekt: El endast vid haveri  
 Tappvarmvatten: Separat frånluftvärmepump

HJÄLPEFFEKTER

Fläktar (till- och frånluft): 2 + 2 kW  
 Cirkulationspump köldbärare: 1,5 kW  
 Övrigt: 0,6 kW

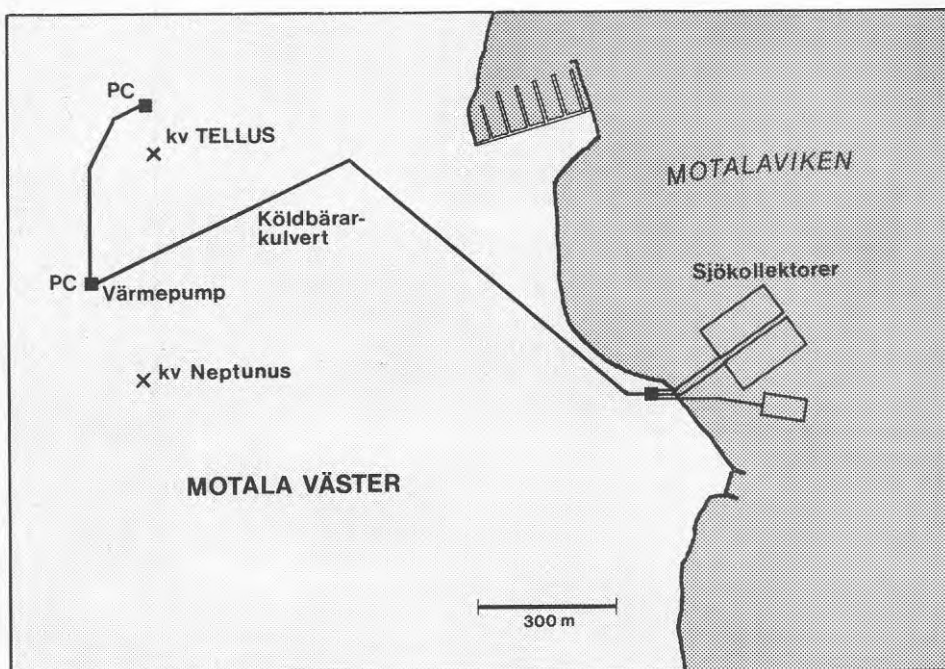
ENERGIBALANS

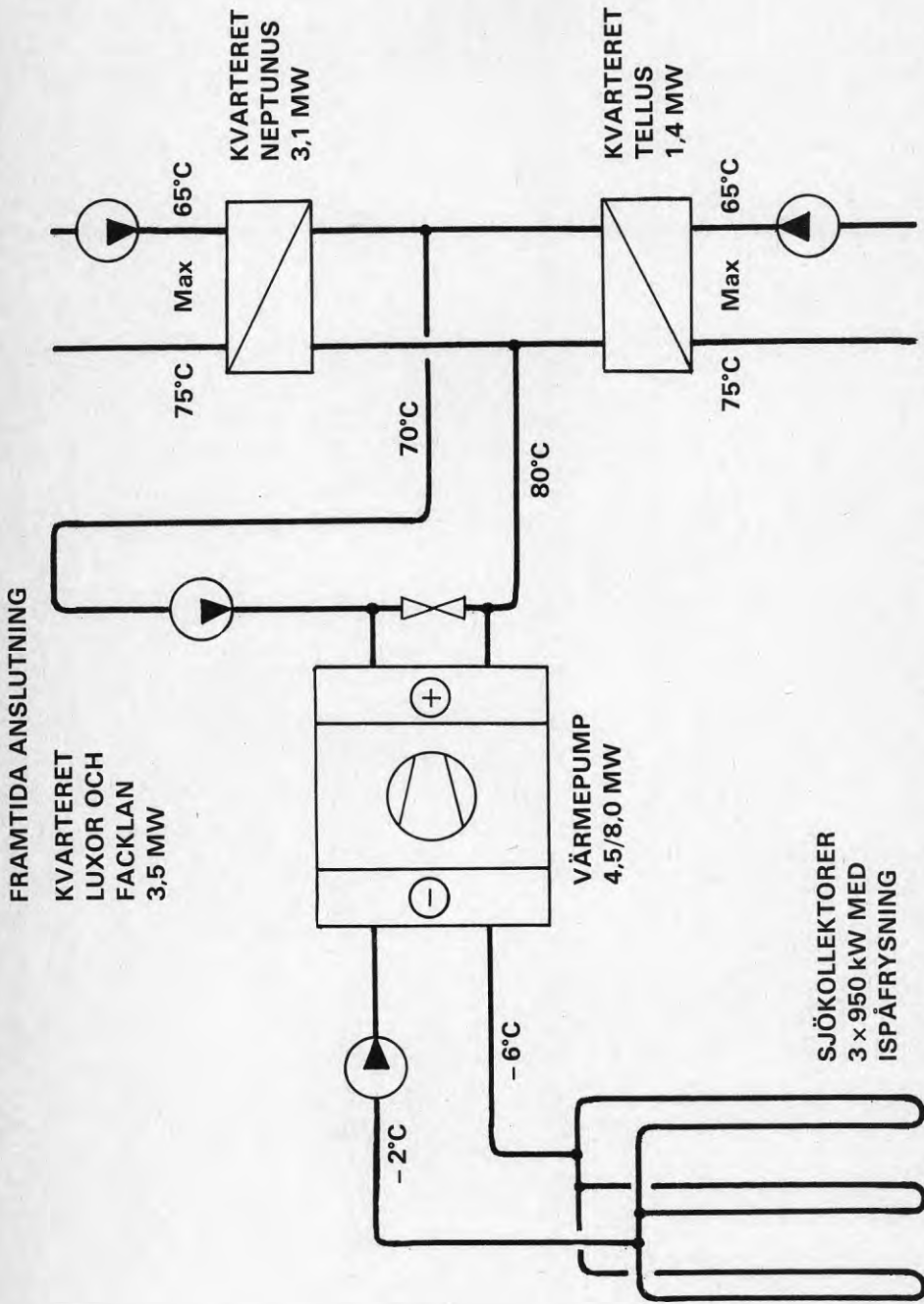
Hjälpenergi: 17.700 kWh  
 Kompressormotorer: 19.000 kWh  
 Från frånluft (värmeväxling): 39.000 kWh  
 Från vatten: 45.000 kWh  
 Summa: 120.700 kWh

KOMPRESSORERNAS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 3,5  
 EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: (inkl fläktar) 3,0

# MOTALA VÄSTER – FJÄRRVÄRME

## ISPÅFRUSNA SLANGKOLLEKTORER





## MOTALA VÄSTER

Uppvärmningsobjekt: Fjärrvärmnät Motala  
 Driftsättning värmepump: December 1984

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -18 °C  
 Årsmedeltemperatur: +6,4 °C  
 Uppvärmningsbehov: 108.000 °Ch  
 Energikälla: Motalaviken i Vättern  
 Vattentemperatur (vinter): 0,4 - 1,2 °C  
 Isförhållanden: 20 cm istäcke

KOLLEKTORSYSTEM

	Typ I	Typ II
Uppbyggnad:	28.000 m PEH-slang liggande spiraler	56.000 m PEH-slang plant förlagd
Kapacitet:	950 kW	1.900 kW
Förläggingsdjup:	4 - 9 m	2 - 12 m
Förtöjning:	Singel	Singel
Bottenytkrav:	2.500 m <sup>2</sup>	24.000 m <sup>2</sup>
Tillåten isbildning:	3.000 m <sup>3</sup>	5.000 m <sup>3</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

	Kv Tellus	Kv Neptunus
Effektbehov:	3,2 MW	6,8 MW
Värmebehov:	Tillsammans	c:a 32.000 MWh
Temperaturkrav:	Max 75 °C	Max 75 °C
Returtemperatur:	Max 65 °C	Max 65 °C

PRODUKTION

Effektäckning: 45 %  
 Energitäckning årsbasis: 80 %  
 Effekt VP (vinter): 4,5 MW  
 Motoreffekt VP (vinter): c:a 2,0 MW  
 Tillsatsenergi: Olja

HJÄLPEFFEKTER

Cirkulationspumpar: C:a 140 kW

ENERGIBALANS

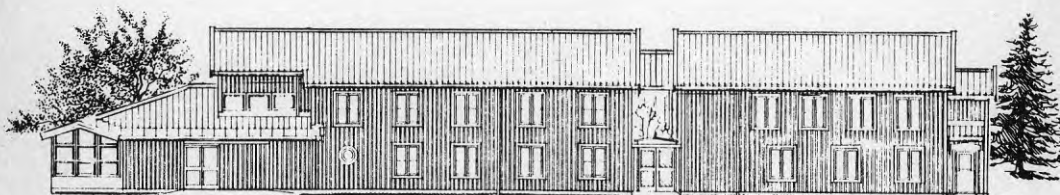
Hjälpenenergier: 1.200 MWh  
 Kompressormotor: 10.000 MWh  
 Från vatten: 15.000 MWh  
 Tillsatsenergi (900 m<sup>3</sup> olja): 9.000 MWh  
 Summa: 35.200 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,5

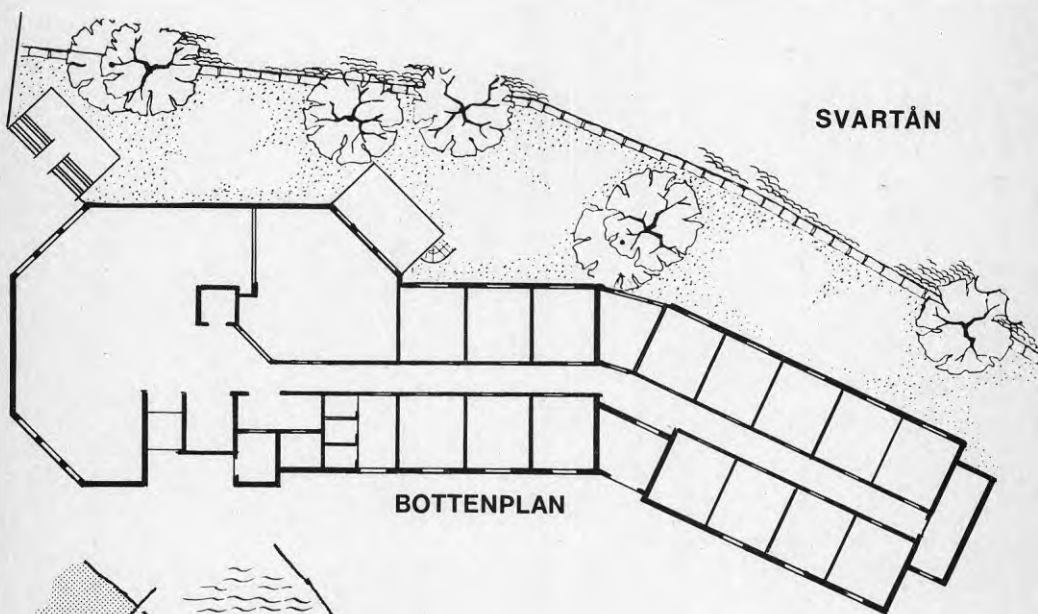
EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,25

# VÄSTERÅS BOCENTER

## ISPÅFRUSEN SLANGKOLLEKTOR – VÄRME OCH KYLA



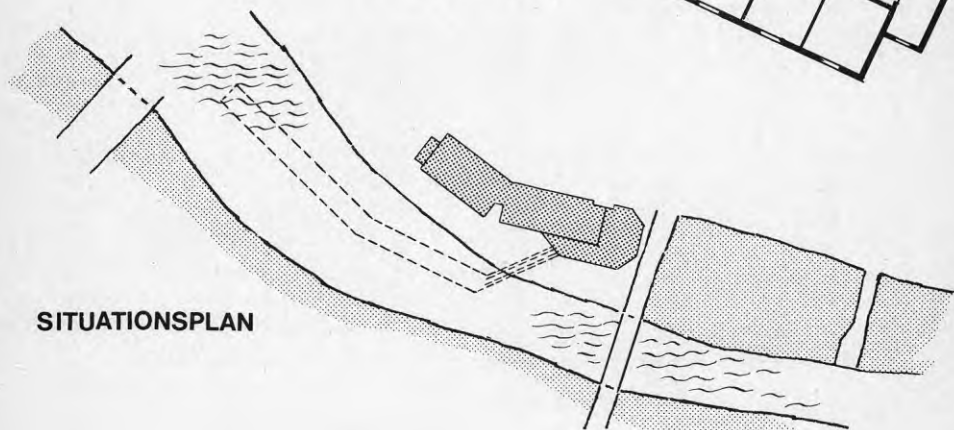
FASAD

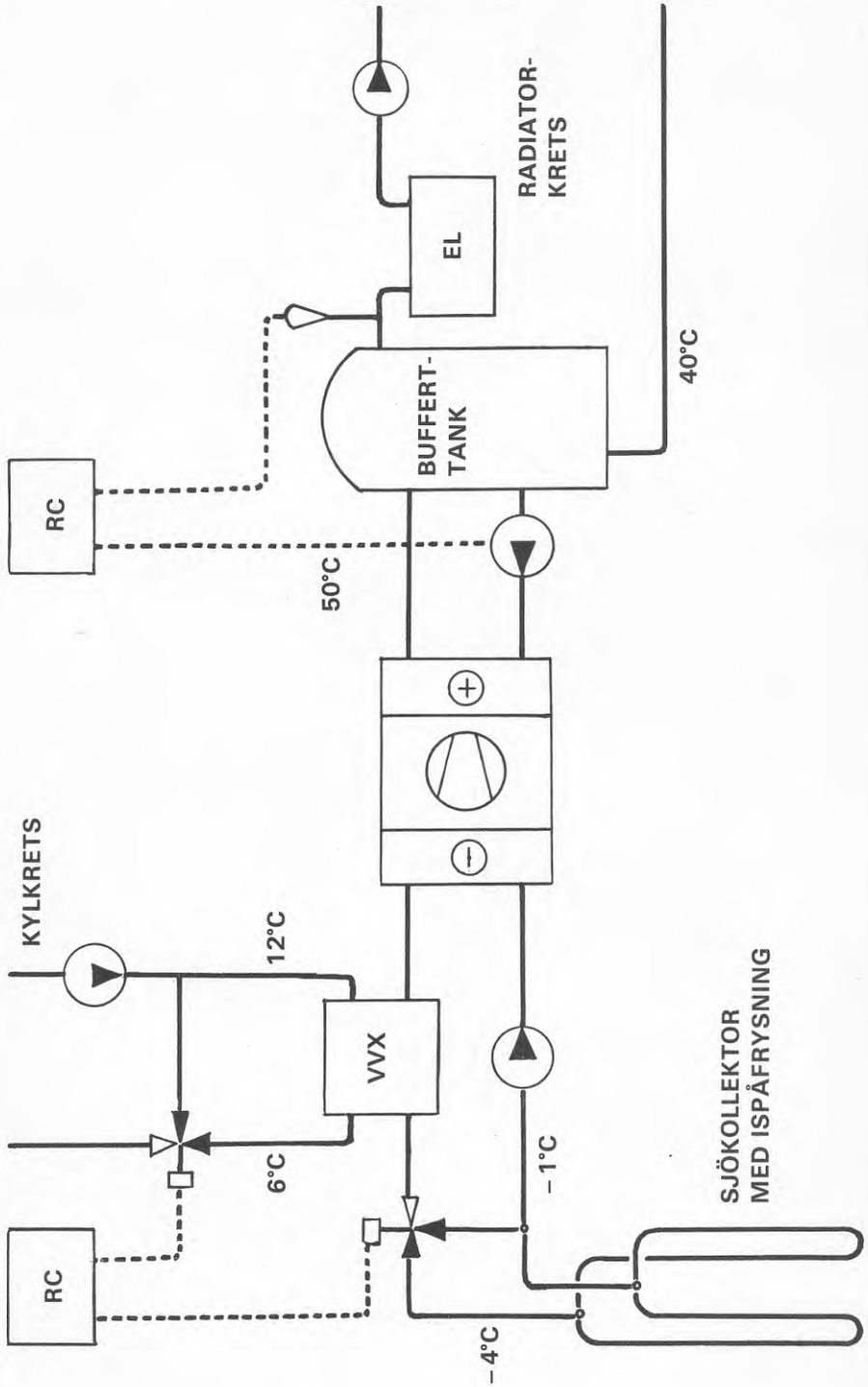


SVARTÅN

BOTTENPLAN

SITUATIONSPLAN





## VÄSTERÅS BOCENTER

Uppvärmningsobjekt: Nyproduktion, 3 plan kontorsbyggnad  
 Driftsättning värmepump: Hösten 1984

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -22 °C  
 Årsmedeltemperatur: +5,9 °C  
 Uppvärmningsbehov: 112.000 °Ch  
 Energikälla: Svartån  
 Vattentemperatur (vinter): 0.05 - 0.4 °C  
 Isförhållanden: Svag is

KOLLEKTORSYSTEM

Typ: 2x520 m med 8 parallella grenar  
 Uppbyggnad: Plan förläggning med trähållare  
 Kapacitet: 30 kW  
 Förtöjning: Betongbalkar och singel  
 Bottenytkrav: 350 m<sup>2</sup>

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnadstyp: Trähus med källare  
 Uppvärmad yta: 1050 m<sup>2</sup>  
 Effektbehov värme: 50 kW  
 Effektbehov kyla: 35 kW  
 Temperaturkrav: Max 45 °C

PRODUKTION

Effektäckning: 90 %  
 Energitäckning årsbasis: 97 %  
 Effekt VP (vinter): 45 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): 15 kW  
 Tappvarmvatten och tillsatseffekt: El 10 kW

HJÄLPEFFEKTER

Fläktar (frånluft/tilluft): 2 + 2 kW  
 Cirkulationspump köldbärare: 1,5 kW

ENERGIBALANS

Cirkulationspump köldbärare: 3 MWh  
 Kompressormotor: 29 MWh  
 Från vatten: 53 MWh  
 Tillsatsenergi (el): 2 MWh  
 Tappvarmvatten (el): 5 MWh  
 Summa: 92 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,8

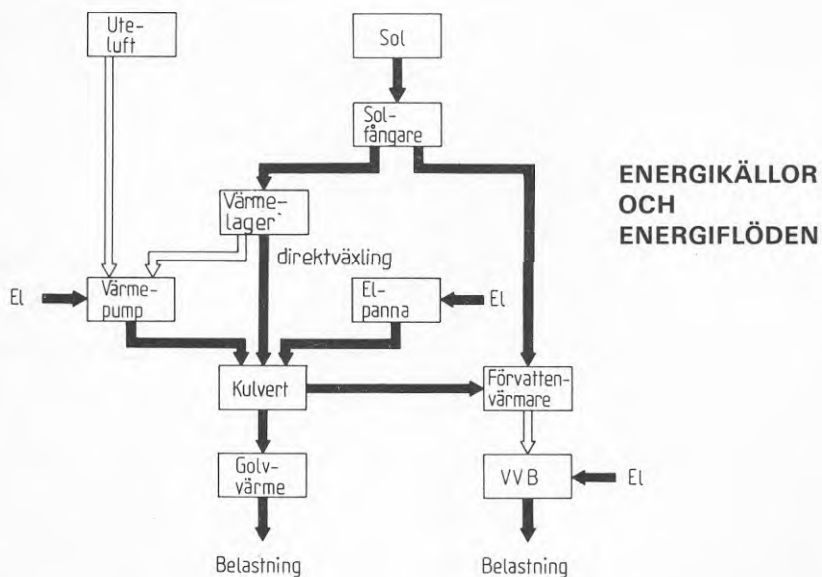
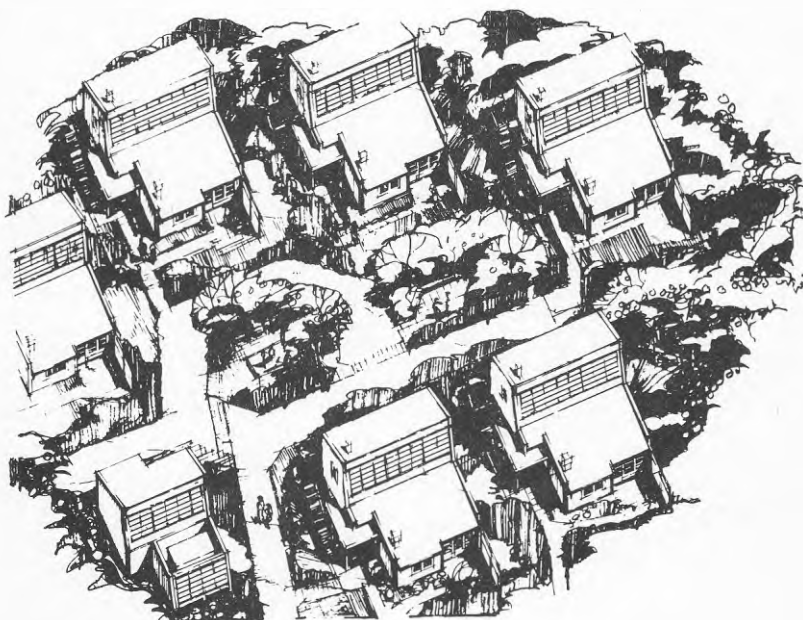
EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,5

# BRÄMHULTSPROJEKTET I BORÅS

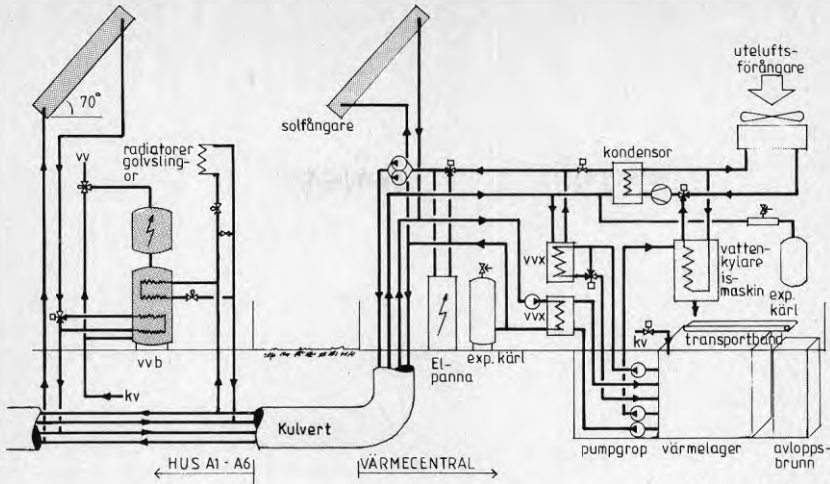
SOLFÅNGARE

VÄRMEPUMP MED LUFTENERGI

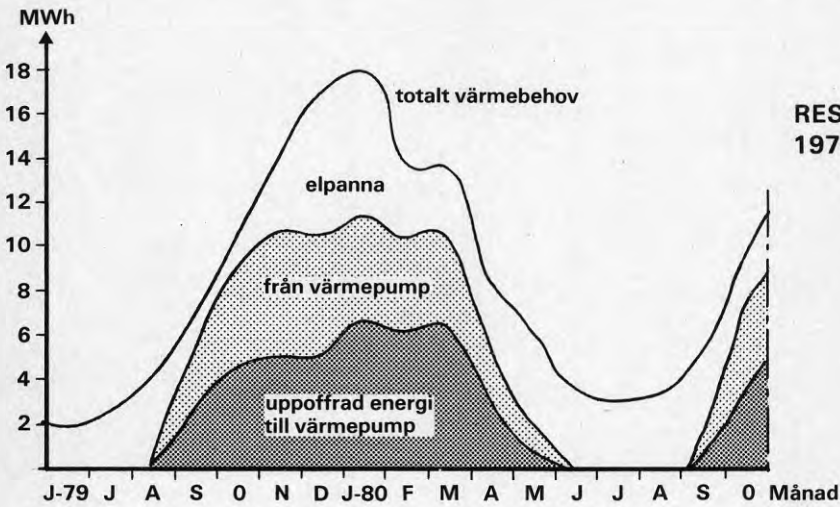
VÄRMEPUMP MED IS/VATTENENERGI



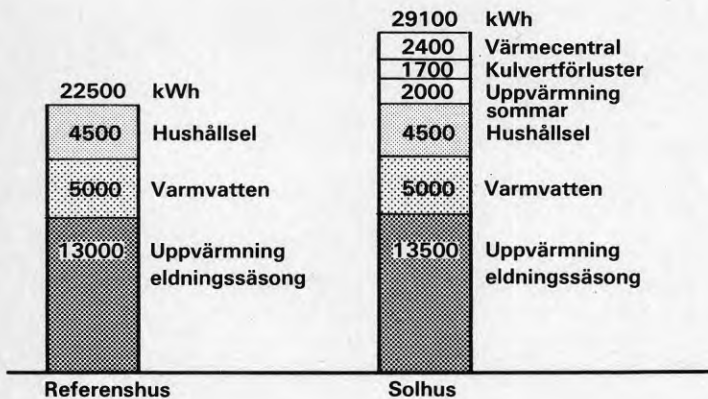




PRINCIPSCHEMA



RESULTAT  
1979 - 1980



RESULTAT

BRÄMHULTPROJEKTET I BORÅS

Uppvärmningsobjekt: Nyproduktion, grupp av villor  
 Driftsättning värmepump: Sommar 1979

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -22 °C  
 Årsmedeltemperatur: +6,3 °C  
 Uppvärmningsbehov: 108.000 °Ch  
 Energikällor: Sol, luft, vatten och el

KOLLEKTORSYSTEM

Sol: Solfångare 140 m<sup>2</sup> för uppvärmning  
 av varmvattenberedare och ackum.  
 Luft: Uteluftfångare till VP  
 Vatten: Ackumulatorvatten till VP  
 Vatten: Vattenledningsvatten till VP

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnadstyp: Välsolerade suteränghus med trästomme  
 Antal: 6 st plus en värmecentral  
 Effektbehov: c:a 55 kW  
 Energibehov: C:a 120 MWh  
 Uppvärmd yta: 6x130 m<sup>2</sup> plus värmecentral

PRODUKTION

Effektäckning solfångare (vinter): 0,1 %  
 Effektäckning VP (vinter): 100 %  
 Effektäckning elpanna: 100 %  
 Kompressormotoreffekt (vinter): 21 kW

HJÄLPEFFEKTER

Fläkt (luftfångare): 1,5 kW  
 Ismaskinmotor: 0,5 kW  
 Cirkulationspumpar: 2.1 kW  
 Köldmediepump: 0.9 kW

ENERGIBALANS (nov 1979 - Okt 1980)

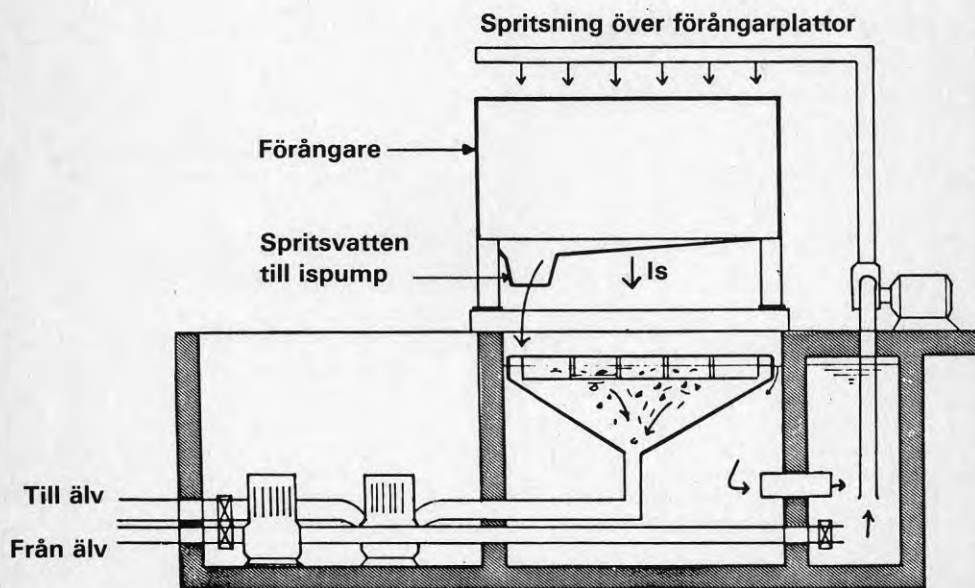
Från solfångare: 6 MWh  
 Från VP (luft): 30 MWh  
 Från VP (vatten): 38 MWh  
 Från elpanna: 42 MWh  
 Summa: 116 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 1,9\*  
 EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 1,7

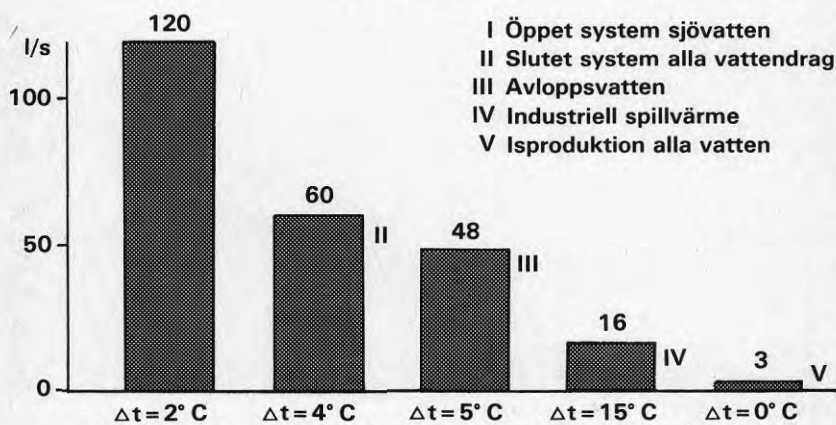
\* Kompressornas värmefaktor har varit för låg på grund av tekniska orsaker. Energibidrag från elpannan borde ha varit mindre än 5 MWh.

# ÄLVKARLEBY

## ISMASKIN



### Vattenflöden vid en kyleffekt av 1000 kW



ÄLVKARLEBY

Uppvärmningsobjekt: Vattenbyggnadslaboratoriet i Älvkarleby  
 Driftsättning ismaskin: Hösten 1980  
 Ismaskin tagen ur drift: Våren 1984

MILJÖ

Dimensionerande utetemperatur: -20 °C  
 Årsmedeltemperatur: +5,1 °C  
 Uppvärmningsbehov: 120.000 °Ch  
 Energikälla: Dalälven  
 Vattentemperatur (vinter): Mindre än 0,1 °C

ISMASKIN

Typ: Vertikala plattförångare  
 Avisningsmetod: Termisk via köldmediekondensatet  
 Isdeponering: Vattenburen transport till älven  
 Köldmedium och förångningstemperatur: R 12 och -10 °C

UPPVÄRMNINGSOBJEKT

Byggnadstyp: 2 st höga hallar  
 Uppvärmad yta: 2.500 m<sup>2</sup> och 3.600 m<sup>2</sup>  
 Beräknat värmebehov: 550 MWh  
 Tidigare oljeförbrukning (år): 75 m<sup>3</sup>  
 Uppvärmningsmetod: 17 st varmluftbatterier  
 Temperaturkrav: Max 40 °C

PRODUKTION

Effektäckning: 65 %  
 Energitäckning: 95 %  
 Effekt VP (vinter): 115 kW  
 Motoreffekt VP (vinter): 40 kW  
 Tillsatseffekt: Olja

HJÄLPEFFEKTER (17 varmluftfläktar ej medtagna)

Vatten och istransportpumpar: 1,2 kW  
 Köldmediepump: 2,0 kW  
 Motoroljepump: 1.1 kW  
 Vattenspridarpumpar: 2.5 kW  
 Iskrossmotor: 0.3 kW

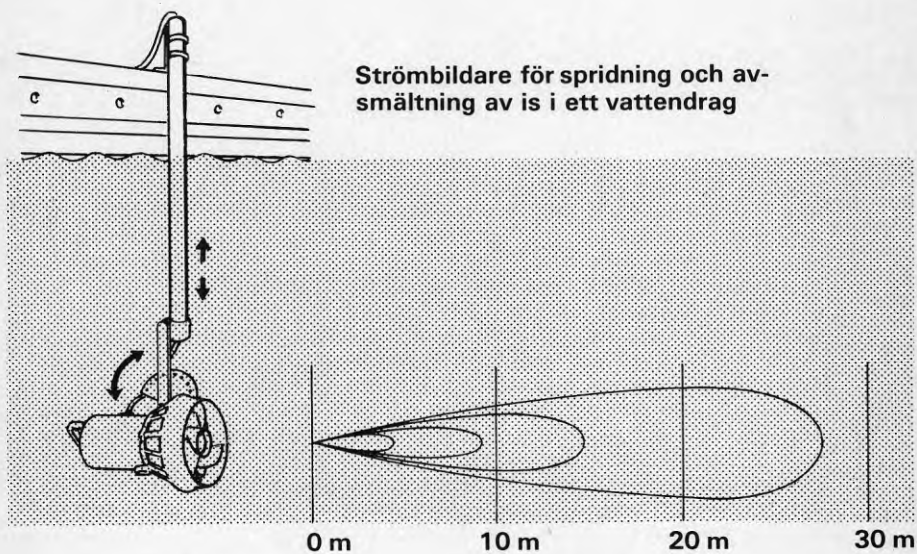
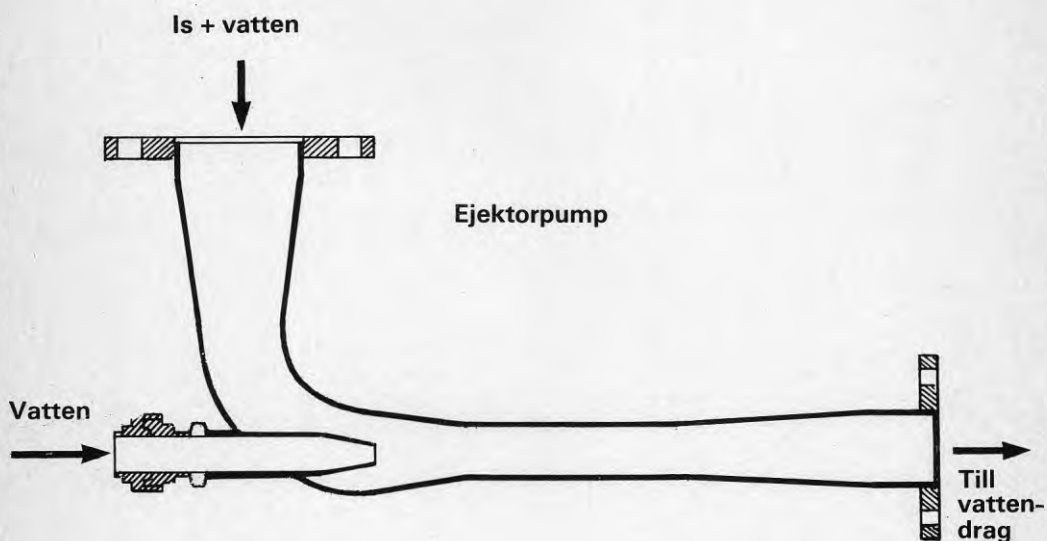
ENERGIBALANS

Hjälpenergi: 35 MWh  
 Kompressormotor: 195 MWh  
 Från vatten: 325 MWh  
 Tillsatsenergi (olja 4 m<sup>3</sup>): 40 MWh  
 Summa: 595 MWh

KOMPRESSORNS ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,7

EKONOMISK ÅRSMEDELVÄRMEFAKTOR: 2,3

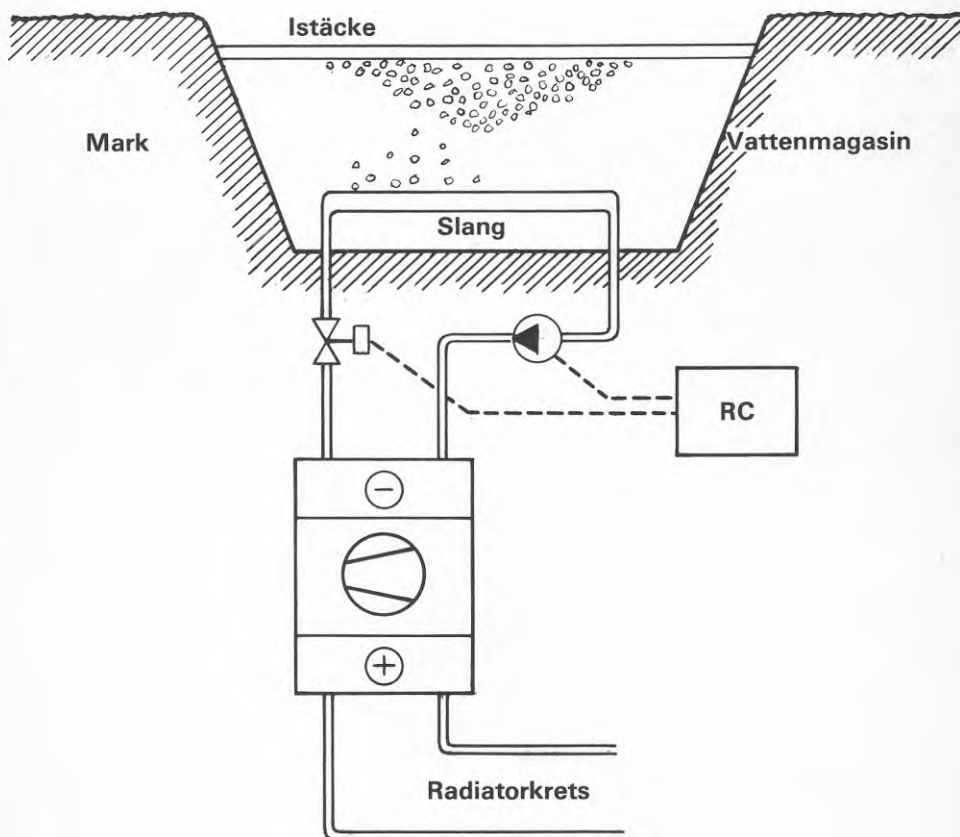
## KVITTBLIVNING AV IS FRÅN ISMASKIN



Kurvorna anger strömningshastigheterna 0,4 till 0,1 m/s.

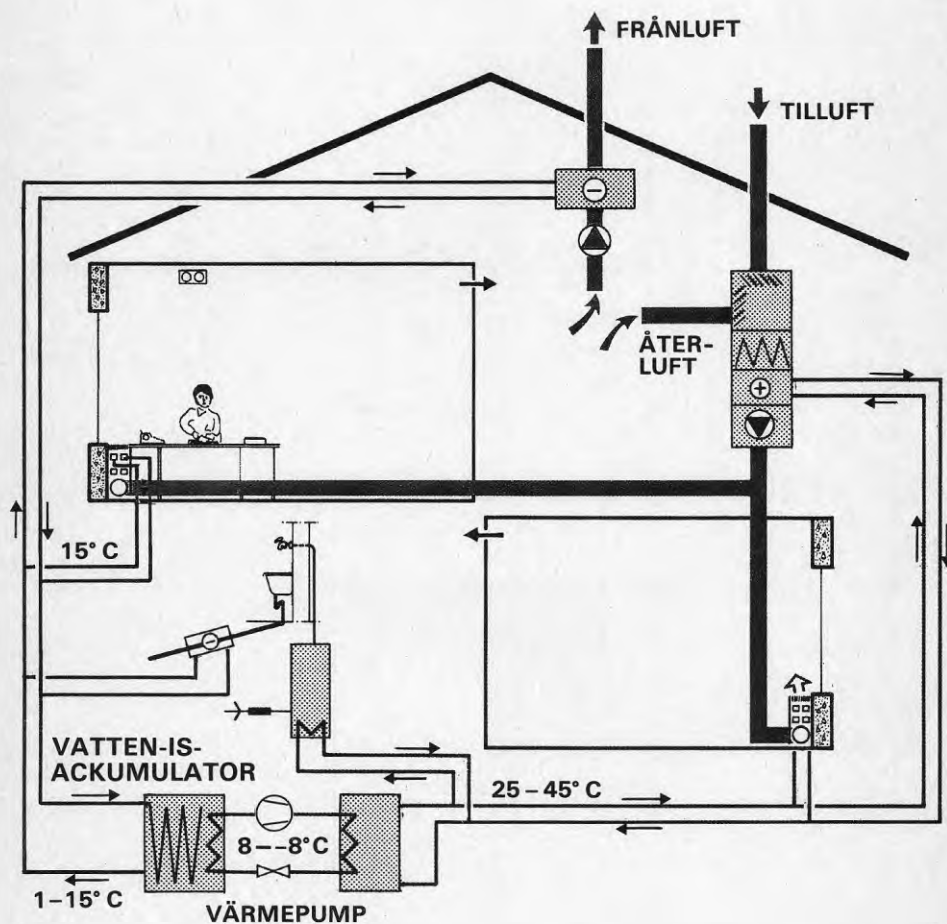
## ISMASKIN FÖRLAGD I VATTEN- MAGASIN ELLER VATTENDRAG

Påfrusen is på slangen bringas  
att lossna genom tryckförändringar  
i köldbärarkretsen



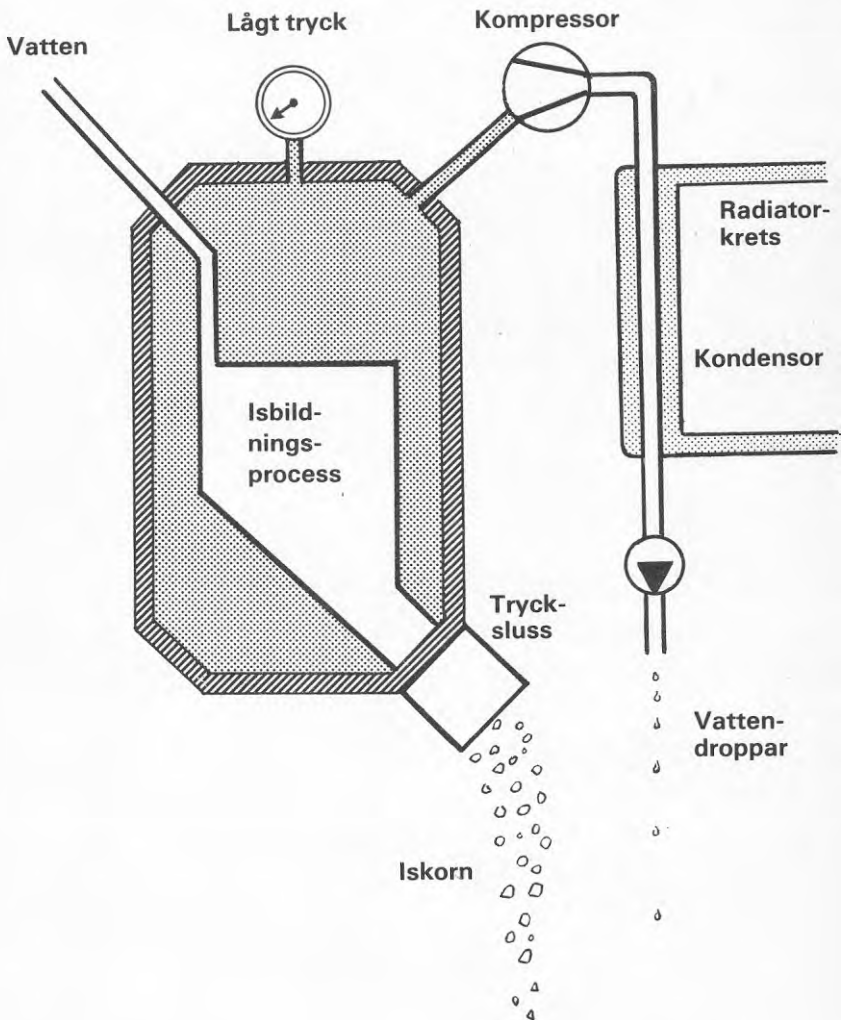
## KORTTIDSLAGRING AV VÄRME OCH KYLA

Vatten-isackumulatorn utgör en komponent i ett system som fördelar värme mellan rum och i tiden. Övriga systemkomponenter syftar till att minska byggnadens effekt- och energibehov



## NY ISMASKINTYP?

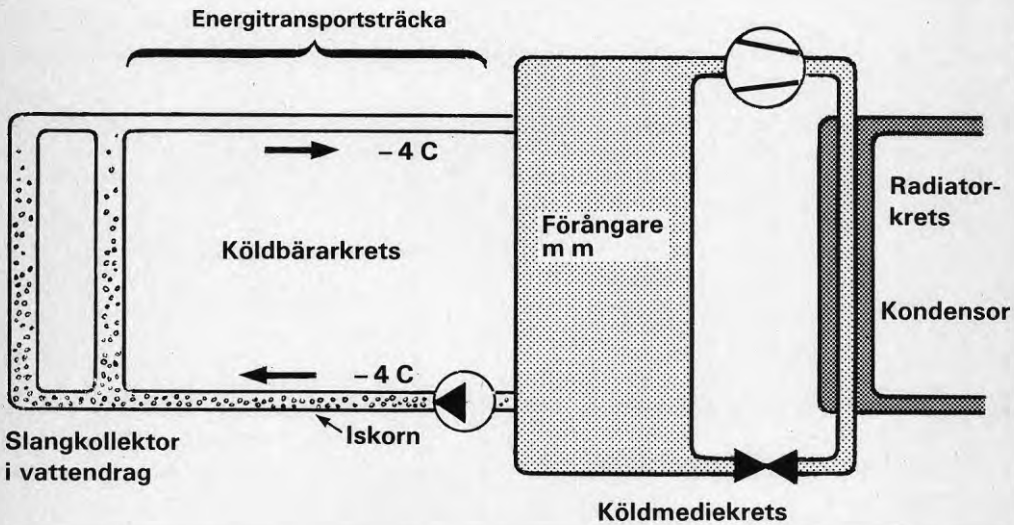
### AVKOKNING AV VATTENÅNGA VID VATTNETS FRYSPUNKT





# ENERGITRANSPORTSYSTEM MELLAN VATTENDRAG OCH VÄRMEPUMP

Produktion av isorn sker genom direktkontakt mellan köldmedium och köldbärare i förångaren vid en temperatur av ca  $-5^{\circ}\text{C}$ . Iskornen transporteras i ett slutet system till en konventionell värmeväxlare i ett vattendrag där desamma smälter.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831564-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till INVETEX AQUA  
AB, Stenhamra.**

**R6: 1985**

**ISBN 91-540-4314-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6705006**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 35 kr exkl moms**