



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.



Spillvärme från jästfabrik för bostadsuppvärmning

Förstudie

Rune Hardell
Ulf Liljequist

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-2078
Plac	Ser

V
9/82

BYGGDOK

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

Byggeforskningsrådet

Ser

R132:1980

SPILLVÄRME FRÅN JÄSTFABRIK FÖR BOSTADSUPPVÄRMNING

Förstudie

Rune Hardell
Ulf Liljequist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790951-5
från Statens råd för byggnadsforskning till SIKOB AB,
Sollentuna.

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

R132:1980

ISBN 91-540-3358-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057034

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1. PROJEKTETS MÅLSÄTTNING	7
2. SPILLVÄRMETILLGÅNG	9
3. FJÄRRVÄRMENÄTETS UTFORMNING	11
4. TEKNISK LÖSNING	15
4.1 Värmepumpens funktionssätt	15
4.2 Placering av värmepumpen	16
4.3 Val av driftkälla	20
4.3.1 Elmotordrift	20
4.3.2 Förbränningsmotordrift	20
4.4 Transport av kylvattnet	22
4.4.1 Två alternativa vägar	22
4.4.2 Utsläpp av kylvattnet	23
4.4.3 Dimensionering av rörsystem	24
4.4.4 Metodbeskrivning för rörläggning	26
5. EKONOMI	29
5.1 Investeringskostnad	29
5.1.1 System för transport av kylvatten	29
5.1.2 Värmepump	30
5.1.3 Övriga investeringskostnader	30
5.2 Driftkostnad	31
5.2.1 Elkostnad	31
5.2.2 Underhållskostnad	32
5.3 Ekonomisk optimering av värmepumpstorlek	32
5.4 Lönsamhetsbedömning	36
6. FÖRSLAG TILL YTTERLIGARE STUDIER	39
6.1 Installation av ytterligare en värmepump	39
6.2 Utnyttjande av sjövattnet som värmekälla	39

SAMMANFATTNING

Vid Jästbolagets industri i Rotebro, Sollentuna, användes varje vardagsdygn ca 4000 - 5000 m³ grundvatten för att kyla de jästankar där jästen tillverkas. Vattnet håller efter jästankarna en temperatur på ca 25°C. Detta vatten kan via en mark- eller sjöförlagd rörledning transporteras till Rotebro hetvattencentral där en värmepumpänläggning placeras. Vattentransporten sker i plaströr av polyeten utan någon extra isolering. Trots detta blir temperatursänkningen hos vattnet under transporten mycket liten.

Vid hetvattencentralen överförs med värmepumpens hjälp värme från kylvattnet till fjärrvärmenätets returvattnet. Temperaturen hos kylvattnet sjunker då från 25°C till ca 15°C, medan returvattentemperaturen höjs från ca 55°C till 65°C. Den optimala värmepumpstorleken ligger vid dagens abonnenteffekt på 2,5 MW överförd effekt i kondensorn, men allteftersom nätet byggs ut ökar den optimala storleken. I rapporten har vi dock vid lönsamhetsbedömningen räknat med 2,5 MW kondensoreffekt som är den nedre lönsamhetsgränsen för anläggningen.

Av den ekonomiska kalkylen framgår att den erforderliga investeringen torde röra sig om 1,7 - 2 Mkr. Vid dagens olje- och elpriser utgör värdet av den årliga energibesparingen 0,35 - 0,40 Mkr, vari ingår en minskad oljekostnad på ca 1.0 Mkr. Underhållskostnaderna beräknas utgöra mellan 1 och 2% av de totala investeringarna.

Projektet förefaller att uppvisa god lönsamhet redan idag. Ytterligare förbättrad lönsamhet kan uppnås om den planerade utbyggnaden av fjärrvärmenätet kommer till stånd. Spillvattenmängden från Jästbolaget kan dessutom komma att uppgå till 5000 m³/dygn i stället för de 4000 m³/dygn som legat till grund för beräkningarna i rapporten.

Vid ett genomförande av projektet kommer finansieringen sannolikt att ske genom banklån, men även andra och förmånligare lån kan tänkas komma ifråga. Möjligheten att delfinansiera projektet med statliga bidrag bör undersökas. En noggrann genomgång av förutsättningarna beträffande fjärrvärmeutbyggnaden och Jästbolagets framtida verksamhet bör givetvis föregå ett eventuellt investeringsbeslut.

1. PROJEKTETS MÅLSÄTTNING

Avsikten med projektet är att utreda de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för att tillvarata en del av den termiska energin i processkylvatten från Jästbolagets anläggningar i Rotebro, Sollentuna.

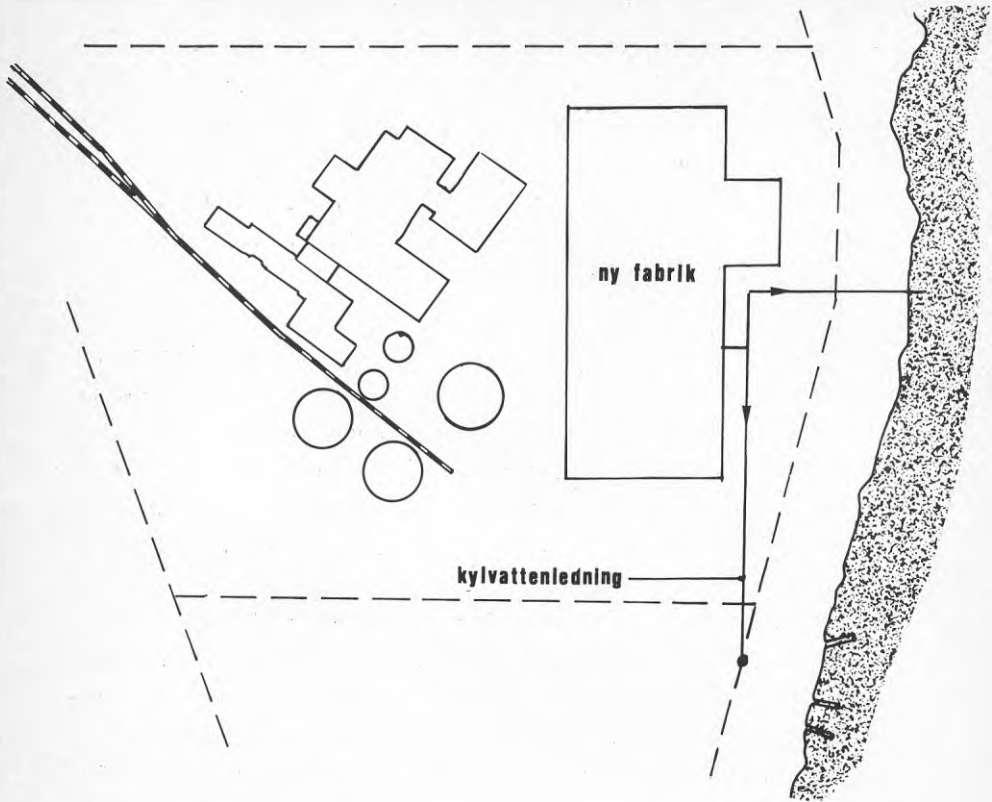
Energien kan med hjälp av ett värmepumpaggregat användas för att höja returvattentemperaturen på fjärrvärmenätet i Rotebro.

Processkylvattnet härrör från kylning av de jästankar som finns vid Jästbolaget. Vattnet är rent grundvatten som pumpas upp från den grusås, Brunkebergsåsen, som passerar bl.a. Jästbolagets område. Efter kylning av jästankarna håller vattnet en temperatur av ca 25°C och släpps i dag direkt ut i sjön Norrviken.

Mellan Jästbolaget och Sollentuna Kommun finns ett avtal som säger att kommunen, om den så önskar, äger rätt att fritt disponera detta kylvatten. Därför finns redan nu ett rör draget från den byggnad där jästankarna inryms till tomtgränsen mot kommunens mark, där en avstängningsventil är monterad, se fig. 1.1. Rörledningen har bekostats av kommunen.

Möjligheten att utnyttja kylvattnet diskuterades redan för 3-4 år sedan. De dåvarande oljepriserna gjorde att Sollentuna Energiverk bedömde att det ej var lönsamt att utnyttja energin i kylvattnet för överföring till fjärrvärmenätet. Då framlades förslaget att anlägga en rekreationsanläggning vid viken omedelbart söder om Jästbolaget. Det 25-gradiga kylvattnet skulle där kunna användas för uppvärmning av badbassänger för åretruntbruk. Vidare fanns möjlighet att anlägga en idrottsplats, som skulle kunna hållas snö- och isfri genom att låta kylvattnet cirkulera i nedgrävda rörslingor. Någon vidareutveckling av detta förslag skedde emellertid ej på grund av brist på anslag. Sedan denna första värdering av spillvärmets genomfördes, har energipriset stigit kraftigt varför det idag

är motiverat att göra en ny studie.



Figur 1.1. Jästabolagets område med kylvattenledningen inritad

2. SPILLVÄRMETILLGÅNG

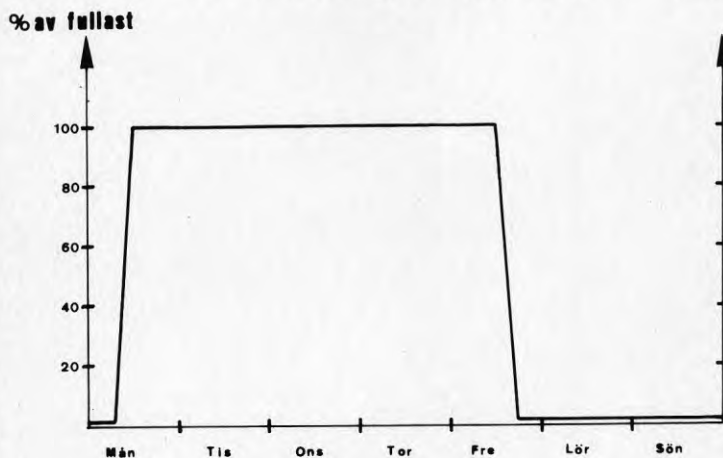
Kylvattnet är, som tidigare nämnts, grundvatten från den grusås, Brunkebergsåsen, som bl.a. passerar Jästbolagets område. Jästbolaget har genom vattendom tillstånd att utnyttja detta grundvatten för kylning av de jästankar där jästen framställs. Grundvattnets temperatur är ca 8°C med små fluktuationer under året.

Efter jästankarna kommer kylvattnets temperatur att vara ca 25°C med små variationer.

Under första kvartalet 1980 beräknas Jästbolaget ta en ny fabrik i drift. Detta har ännu inte skett varför de exakta kylvattenmängderna ej kunnat fastläggas. Med utgångspunkt från nuvarande och tidigare driftserfarenheter går det emellertid att uppskatta erforderlig kylvattenmängd till mellan 4000 och 5000 m^3/dgn .

Produktionen pågår dygnet runt under vardagar men ligger däremot nere under alla helger. Något semesterstopp äger ej rum eftersom jästen är en färskvara.

Varaktigheten hos kylvattenflödet kommer under en normalvecka att se ut ungefär som fig. 2.1 visar.



Figur 2.1. Varaktigheten hos kylvattenflödet under en normalvecka

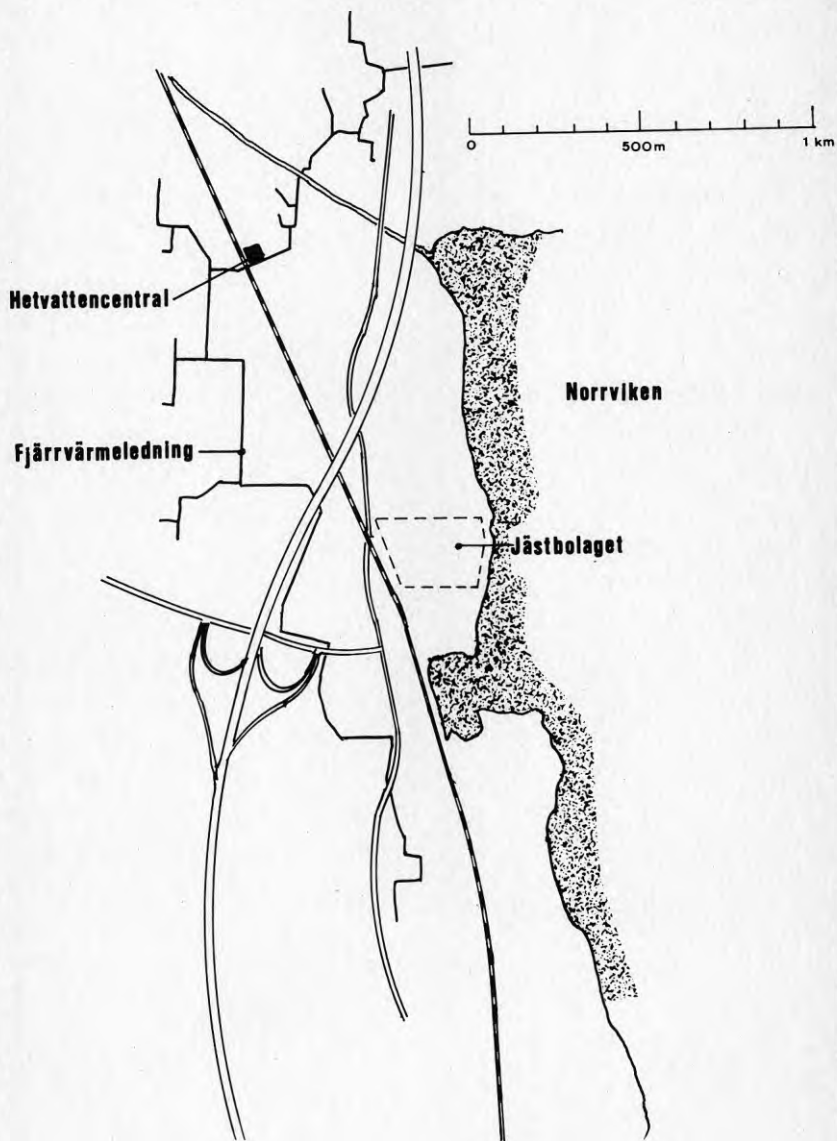
Jäsningsprocessen startas vid 7-tiden på måndagen. Kylvattenflödet kommer då successivt att öka för att vid 12-tiden ha nått sitt maximum. Motsvarande minskning av kylvattenflödet sker på fredagen mellan kl. 12⁰⁰ och kl 17⁰⁰. Det bör dock noteras, att de 100% som här anges, avser ett medelflöde under veckan medan det verkliga flödet pendlar kring dessa 100%.

Under en normalvecka kan fullt flöde levereras under ca 96 h och delflöde under ca 10 h. Dessutom är kylvattenmängden reducerad i samband med helger. Dessa infaller under olika tidpunkter under året.

Under antagande att även delflödena vid start- och stoppförloppen kan utnyttjas, skulle kylvatten, omräknat till fullt flöde, finnas tillgängligt ca 4900 h/år, d.v.s. under drygt 55% av årets totala antal timmar och relativt jämnt fördelade under året.

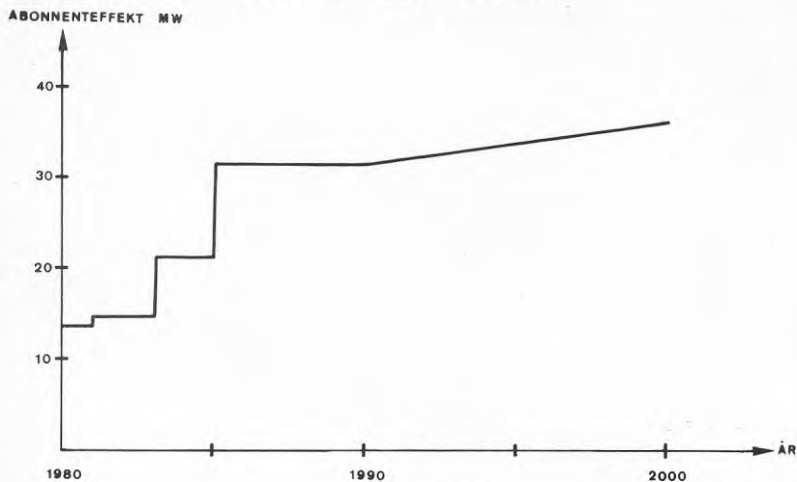
3. FJÄRRVÄRMENÄTETS UTFORMNING

Bilden nedan visar fjärrvärmenätets nuvarande sträckning och hetvattencentralens placering.



Figur 3.1. Fjärrvärmenätets nuvarande sträckning

Nätets nuvarande effekt (abonnemangseffekt) är ca 14 MW men nya områden ansluts successivt. Fig. 3.2 visar den planerade utbyggnadstakten.

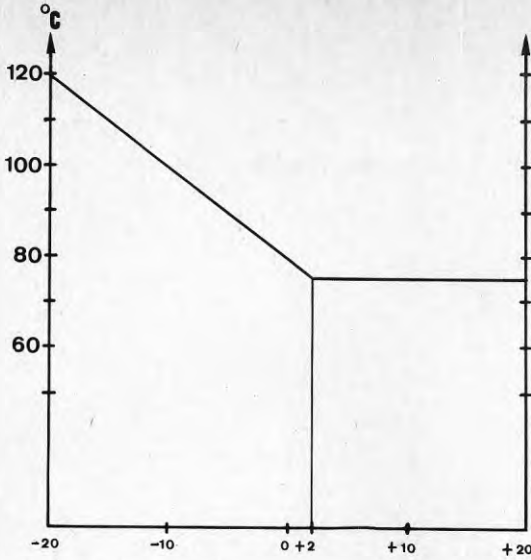


Figur 3.2. Planerad utbyggnadstakt för fjärrvärmenätet

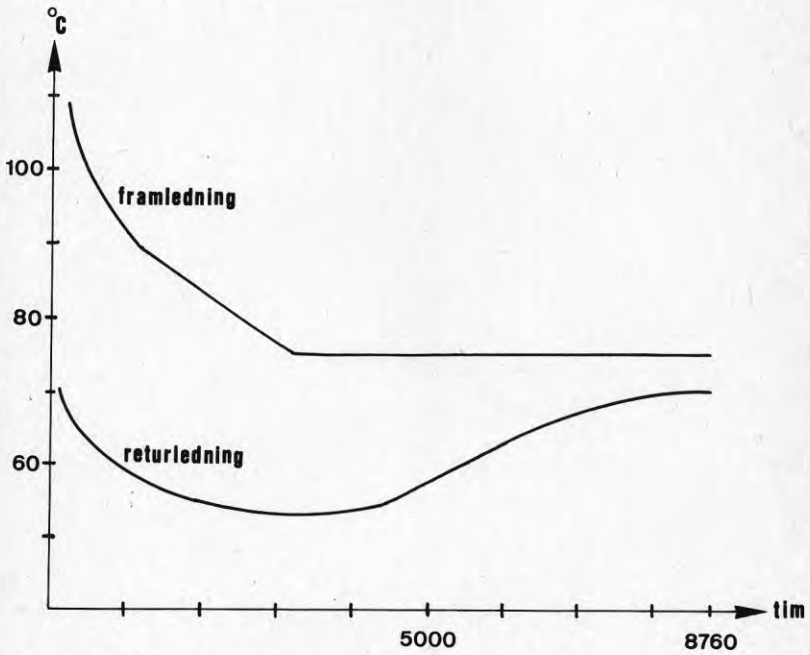
I praktiken kommer trappstegen inte att bli som figuren visar utan en uppdelning i mindre steg, där steghöjden beror på storleken hos inkopplat område, kommer att ske. Figuren visar dock i stort hur inkopplingstakten är planerad.

Fjärrvärmenätet är dimensionerat enligt Svenska Värmeverksförningens rekommendationer. Enligt dessa skall framledningstemperaturen styras av rådande utetemperatur enligt fig. 3.3.

Några temperaturvärden från Rotebronätet finns inte tillgängliga, varför här antagandet görs att samma varaktighetskurva för värmelasten råder som i Stockholm. Om varaktighetskurvan för värmelasten kombineras med varaktighetskurvan för uteluftens temperatur och med framledningstemperaturens funktion av utetemperaturen, erhålles varaktighetskurvan för fram- och returledningstemperaturerna. Denna kurva visas i fig. 3.4.



Figur 3.3. Rekommenderad framledningstemperatur som funktion av utetemperaturen



Figur 3.4. Varaktighetskurvor för fram och returledningstemperatur

Som fig. 3.1 visar är fjärrvärmenätet uppdelat på en östlig och en västlig gren räknat från hetvattencentralen. Den västliga grenen är den idag dominerande med ca 80% av värmelasten. Flera nya områden är dock inplanerade på den östliga grenen, varför en utjämnning kommer att ske.

Förgreningspunkten ligger vid hetvattencentralen och fig. 3.5 visar läget.

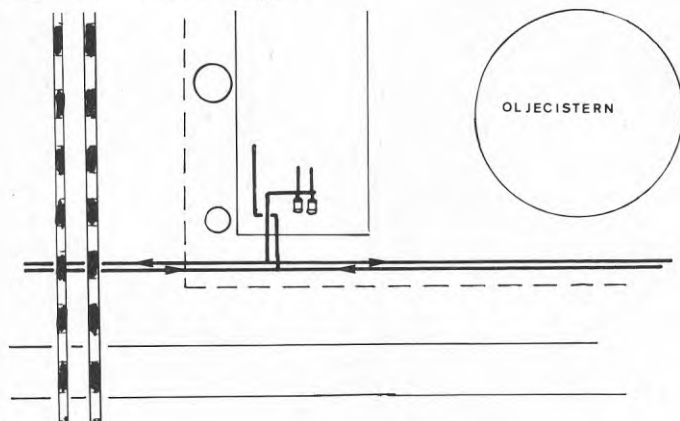


Fig. 3.5. Hetvattencentralen med kulvertsystem

I hetvattencentralen finns två pumpar för distribution av hetvattnet. I dag utnyttjas endast den ena. Pumparna är omkopplingsbara mellan två olika tryck resp. flöden. Just nu körs den enda pumpen på det lägre värdet men då nu ännu ett område, nämligen Sollentunaholm allra längst i söder, skall kopplas in på nätet, kommer pumpen fortsättningsvis att gå med det högsta trycket resp. flödet. Det totala vattenflödet kommer då att vara ca $250 \text{ m}^3/\text{h}$ varav ca $200 \text{ m}^3/\text{h}$ i den västra och $50 \text{ m}^3/\text{h}$ i den östra nät delen.

4. TEKNISK LÖSNING

4.1 Värmepumpens funktionssätt

En värmepump är så beskaffad att den kan transportera värme från en lägre till en högre temperatur under uppoffring av en viss drivenergi.

Funktionssättet framgår av fig. 4.1. Här visas hur

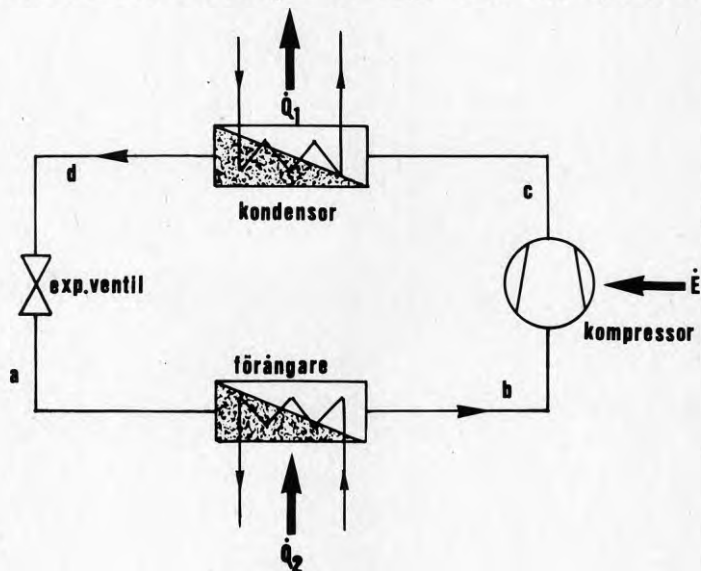


Fig. 4.1. Principschema för enstegskopplad värmepump

den enklaste formen av värmepump, en s k enstegskopplad värmepump, fungerar. Arbetsmediet, som vanligen är ett fluorsubstituerat kolväte, cirkulerar i ett slutet kretslopp. I förångaren sker värmeupptagning från spillvärmekällan varvid köldmediet förångas. Köldmedieången sugas sedan bort med hjälp av kompressorn samtidigt som ångans tryck höjs. Från kompressorn förs sedan ången till kondensorn där den under kondensering avger värme till värmesänkan. På grund av att trycket här är högre än i förångaren kommer kondenseringen att ske vid en högre temperatur än förångningen. Köldmediet förs sedan till en expansionsventil där trycket reduceras och vidare till förångaren, varvid cirkeln är sluten.

Processen kan representeras i olika tillståndsdigram varav det i fig. 4.2, ett $h, \log p$ -diagram är det vanligaste

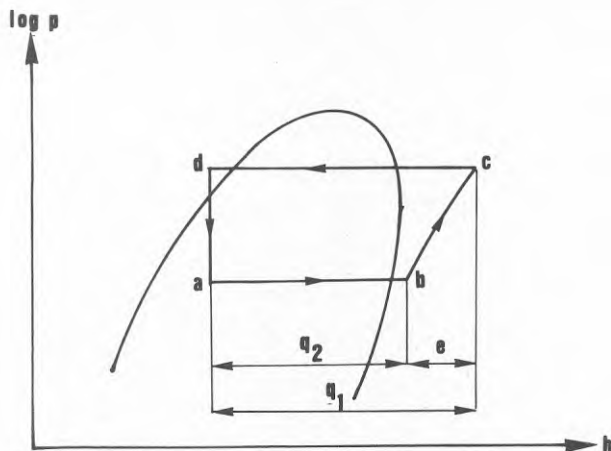


Fig. 4.2. $h, \log p$ -diagram

Det i kondensorn avgivna värmets Q_1 är summan av det i förångaren upptagna värmets Q_2 och det i kompressorn tillförda värmets E_k . Den i kondensorn avgivna värmeeffekten är således större än den till kompressorn tillförda effekten.

Förhållandet mellan i kondensorn avgiven effekt Q_1 och till kompressorn tillförd effekt E_k anger hur effektiv värmepumpen är. Detta förhållande kallas för värmepumpens värmefaktor, \varnothing .

$$\varnothing = \frac{Q_1}{E_k}$$

4.2 Placering av värmepumpen

Värmepumpens placering är beroende av ett antal tekniska, praktiska och ekonomiska avväganden. Det är frågor som berör t.ex. utnyttjandegrad, kulvertlängd, åtkomlighet m.m.

Spillvärmekällans orientering i förhållande till fjärrvärmenätet har beskrivits i kapitel 3. Avståndet mellan

spillvärmekällan och den närmaste punkten på fjärrvärmenätet är ca 500 m. Kostnaden för att anlägga fjärrvärmekulvert denna sträcka är betydligt högre än den som uppkommer för att transportera kylvattnet. Detta kan nämligen ledas i enkla plaströr av polyeten utan någon extra isolering (se kap. 4.4).

Investeringskostnaden kommer alltså att bli lägre om värmepumpen placeras i anslutning till befintligt fjärrvärmenät.

Som visats i kap. 4.1 är värmefaktorn ett mått på hur stor andel drivenergi som måste uppoffras för att erhålla en viss överförd energimängd. En hög värmefaktor innebär att en liten andel drivenergi åtgår och en stor energibesparing erhålles därmed. Det är med andra ord önskvärt att försöka nå en hög värmefaktor.

Två faktorer som påverkar värmefaktorns storlek är värmesänkans flöde och temperatur. Då flödet ökar eller temperaturen sjunker kommer kondenserings-temperaturen att sjunka vilket i sin tur innebär att värmefaktorn ökar. Värmesänkan är i detta fall fjärrvärmenätets returvatten.

När det gäller temperaturens variation i de olika grenarna kan konstateras att, om nätet är rätt dimensionerat, så kommer temperaturvariationerna på returvattnet vid en viss tidpunkt att vara små. Denna faktor styr alltså inte placeringen av värmepumpen.

Flödet däremot kommer att vara större ju närmare hetvattencentralen man kommer. Detta skulle tyda på att en placering vid hetvattencentralen är att föredra. Nu ligger emellertid hetvattencentralen ca 1,3 km från spillvärmekällan, varför denna placering kommer att medföra en ökad investeringskostnad i form av längre rörledningar. Denna merkostnad måste då täckas av en ökad besparing. Om man nu studerar värmelastens varaktighetskurvor för de grenar som be-

stämmer av de två alternativa placeringarna enl. ovan, fås ett utseende enl. fig. 4.3.

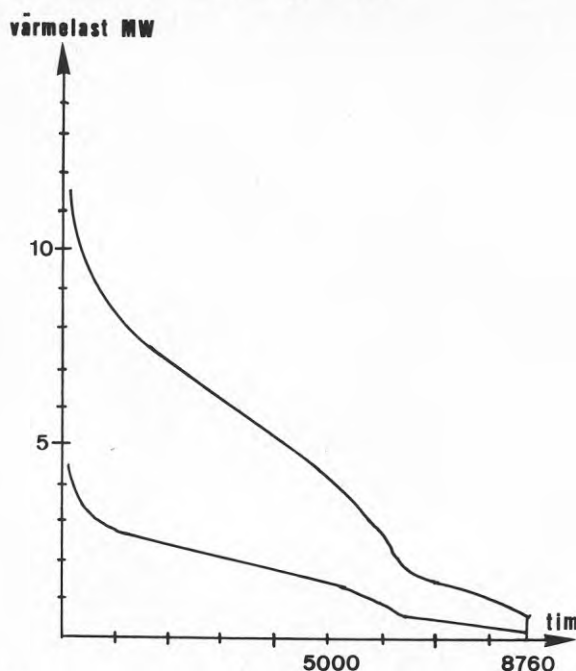


Fig. 4.3. Värmelastens varaktighetskurva vid två alternativa placeringar av värmepumpen

Om kylvattentemperaturen skulle sänkas från 25°C till 15°C , vilket är ett rimligt värde under rådande förhållanden och med bibehållande av en god värmefaktor, skulle ca 2 MW kunna utvinnas ur kylvattnet. En värmepump med en kondensoreffekt på 2 MW och placerad vid hetvattencentralen kommer då att kunna ge en energimängd som motsvarar det skuggade området i fig. 4.4.

Om samma värmepump placerades enligt det andra alternativet skulle en mindre energimängd kunna utvinnas. Detta visas i fig. 4.5. Det gäller här att väga den lägre investeringskostnaden mot den större besparingen. Med utgångspunkt från det underlag som berör den ekonomiska delen och som finns redovisat i kapitel 5, kan man säga att en placering vid hetvattencentralen förefaller vara det klart bästa alternativet.

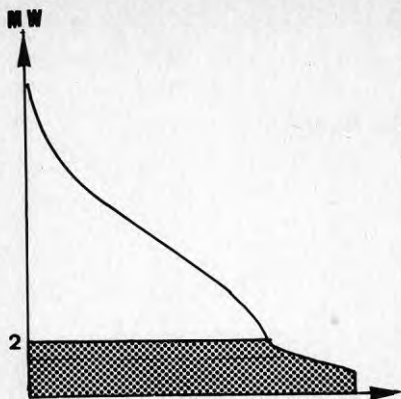


Fig. 4.4. Placering vid
hetvattentral

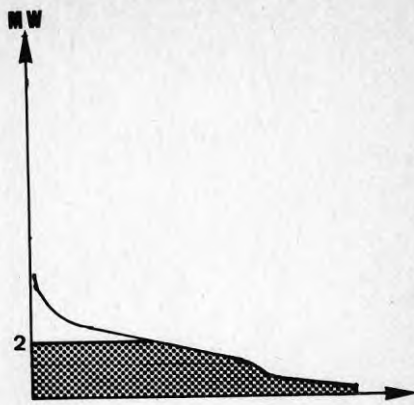


Fig. 4.5. Placering
närmast spillvärmekälla

Ytterligare ett skäl som talar för denna placering är att det ur drifts- och underhållssynpunkt är fördelaktigt att samla all utrustning på samma plats.

Allt talar alltså för att värmepumpen placeras i anslutning till hetvattentralen och därför förutsättes i fortsättningen av rapporten denna placering.

Vid hetvattentralen läggs alltså en extra slinga i by-pass till returvattenledningen och genom förångaren. Utrymmet i hetvattentralen och mellan denna och förgreningspunkten är emellertid för litet för detta ingrepp, varför påsticket måste göras innan returvattnet når förgreningspunkten. Eftersom den västra grenen har ett större abonnentunderlag än den östra, ansluts värmepumpen lämpligen till den västra grenen.

En separat byggnad för värmepumpen måste uppföras och den kan placeras som figur 4.6 visar.

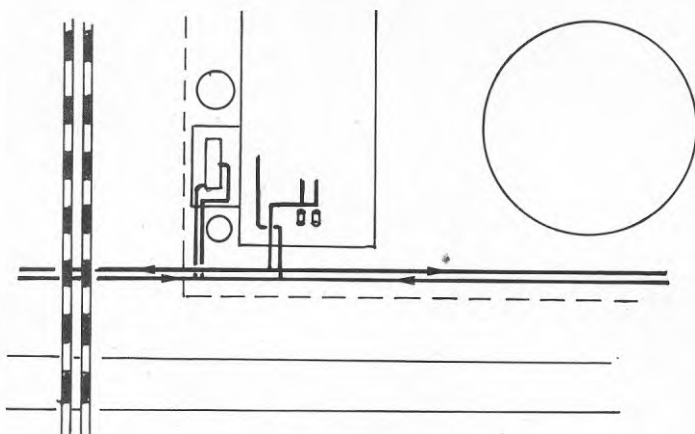


Fig. 4.6 Hetvattencentralen med byggnad för värmepump inlagd

4.3 Val av driftkälla

4.3.1 Elmotordrift

Den i dag helt dominerande driftkällan för värmepumpar är elmotorn. Den är billig, driftsäker, miljövänlig och kräver ett minimalt underhåll. Enda nackdelen är att den drivs med elektrisk energi, som ju är en högvärdig energiform.

4.3.2 Förbränningsmotordrift

Dieselmotordrivna värmepumpar finns redan i dag i drift i olika anläggningar. Figur 4.6 visar hur energiomsättningen kan se ut.

Den totala värmefaktorn hos den dieselmotordrivna värmepumpen är ungefär hälften så stor som hos den eldrivna. Å andra sidan är elkostnaden per uppförd kWh dubbelt så stor som oljekostnaden, varför den kapitaliserade energibesparingen i de två fallen blir

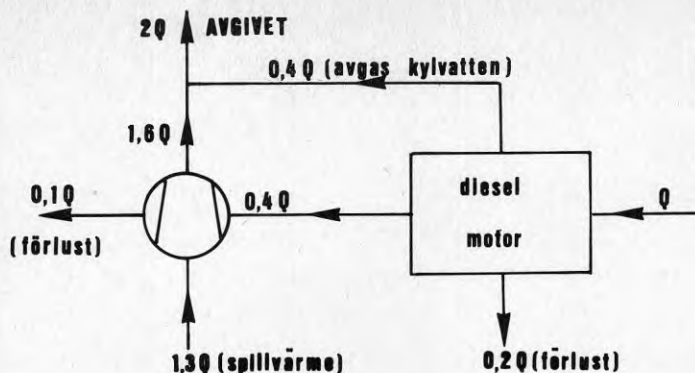


Fig. 4.7. Exempel på energiomsättning vid diesel-motordriven värmepump

lika stor.

Man kan här tänka sig att antingen utnyttja ett antal mindre serietillverkade, och därmed billigare dieselmotorer, eller också utnyttja en stor och relativt sett dyrare marindiesel. De mindre dieselmotorerna drivs med lättare oljor medan marindieseln kan drivas med den eldningsolja som förbränns i hetvattencentralens pannor. Den framtida tillgången på lättare oljor kan befaras bli knapp, vilket medför höjda priser. Däremot kan man vänta sig att tillgången på tunga oljor blir bättre, varför en marindiesel ur försörjningssynpunkt vore att föredra. Livslängden för en marindiesel uppges ligga på 10 - 15 år.

När det gäller kostnaden för en dieseldriven värmepump kan man konstatera att den ligger klart över den för en eldriven. Slutsatsen blir att ett elmotordrivet värmepumpaggregat i dag är att föredra.

Som avslutning kan nämnas att Stirlingmotorn inom några år kan vara ett intressant alternativ för värmepumpdrift. Man har ju här möjlighet att utnyttja olika typer av bränslen såsom gasformiga, flytande och även

vissa fasta bränslen, t.ex. biomassa. Redan i dag finns en mindre Stirlingmotordriven värmepump i drift (kondensoreffekt ca 25 kW).

4.4 Transport av kylvattnet

4.4.1 Två alternativa vägar

Eftersom vi valt att förlägga värmepumpaggregatet i anslutning till hetvattencentralen, måste kylvattnet transporteras från spillvärmekällan vid Jästbolaget till hetvattencentralen. Här kommer två alternativa vägar att diskuteras. Det är dels ett alternativ med markförläggning av rör, dels ett med sjöförläggning. Fig. 4.8 visar sträckningen för de båda alternativen.

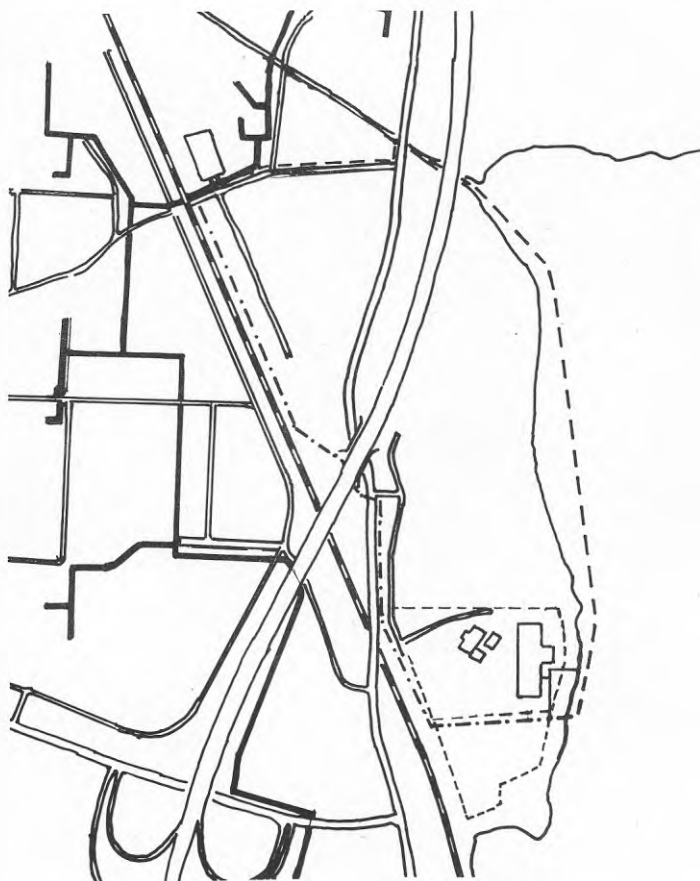


Fig. 4.8. Sträckning för sjö- resp. markförlagd rörledning

Det streckprickade alternativet visar markförläggning av röret närmast möjliga väg. Röret bör ligga på sådant djup att man vid längre uppehåll ej riskerar frysning. Den sträckning som visas ovan medför att privat mark passeras och att därmed ledningsservitut erfordras. Dessutom kommer ett antal vägar, gator och stickspår till den närbelägna järnvägen att passeras. Dessa passager kommer att höja anläggningskostnaden.

Det streckade alternativet innebär att röret förläggs på botten av sjön Norrviken samt vidare in i Edsån för att sedan sista biten markförläggas.

De två rörmaterial som kan tänkas är stål och plast. Det som talar för plaströren är följande:

- lägre läggingskostnad
- bättre hanterbarhet
- inga korrosionsproblem
- mindre friktionsförluster
- mindre värmeförluster

Plaströret är dock något känsligare för mekanisk påverkan, men för den här aktuella applikationen har vi dragit slutsatsen att plaströr med fördel kan användas.

4.4.2 Utsläpp av kylvattnet

Vid normal drift och utan något tillvaratagande av kylvattnet pumpas det 25-gradiga vattnet ut i sjön Norrviken.

Om nu vattnet utnyttjas i en värmepumpänläggning kommer lika mycket 15-gradigt vatten att behöva släppas ut. Vid alternativet med markförläggning kan dubbla rör läggas, och vattnet ledas tillbaka samma väg det kommit och där släppas ut i Norrviken. Detta innebär kostnader för ett bredare kulvertdike samt för den fördubblade rörlängden.

En alternativ lösning till detta är att släppa ut vattnet i Edsån, som rinner från Norrviken till Edsjön i Upplands-Väsby kommun och som passerar ca 250m från hetvattencentralen. Transporten till Edsån kan ske via ett befintligt dike, som går strax utanför hetvattencentralens område och mynnar i Edsån. Denna lösning innebär minskade kostnader i form av minskad röråtgång, smalare kulvertdike och lägre erforderligt pumparbete.

Kylvattenutsläppet i Edsån kommer under den varma årstiden inte att innebära några märkbara förändringar. Däremot kan isläggningsförhållandena förändras. Å andra sidan elimineras risken för ojämna isförhållanden på Norrviken då utsläppet av 25-gradigt vatten upphör.

Vid förfrågan hos Länsstyrelsen i Stockholms län, naturvårdsenheten, och hos hälsovårdsförvaltningarna i Sollentuna och Upplands-Väsby kommuner framkom, att dessa i princip ej har något att erinra mot ett kylvattenutsläpp i Edsån då det ju här rör sig om rent vatten.

4.4.3 Dimensionering av rörsystem

Den typ av plaströr som studerats inom projektet är tillverkat av polyeten. Det levereras i längder på 12 m, som stumsvetsas i en rigg till önskad ledningslängd. Lämplig vattenhastighet i röret, med hänsyn tagen till de tryckförluster som rörfriktionen ger upphov till, är ca 1,5 - 2 m/s. Detta ger vid ett kylvattenflöde på 4000 - 5000 m³/dygn en lämplig innerdiameter hos röret på ca 0,2 m.

Rören har god korrosionsbeständighet och är på grund av den låga tätheten hos materialet (0,93 - 0,96 kg/dm³) lätta att handskas med. Tryckfallet i systemet är sammansatt av ett antal separata tryckfall. Det största av dessa är det som orsakas av friktionsförlusterna i röret. Fig. 4.9 visar ett nomogram över

friktionsförlusterna.

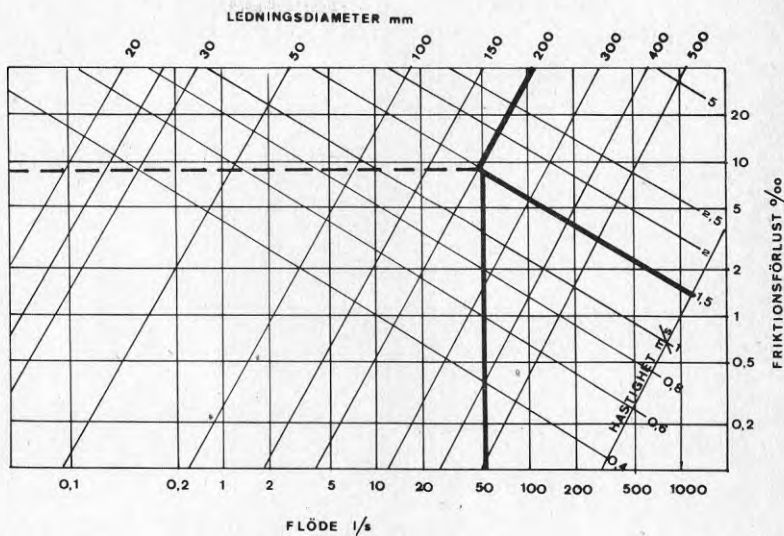


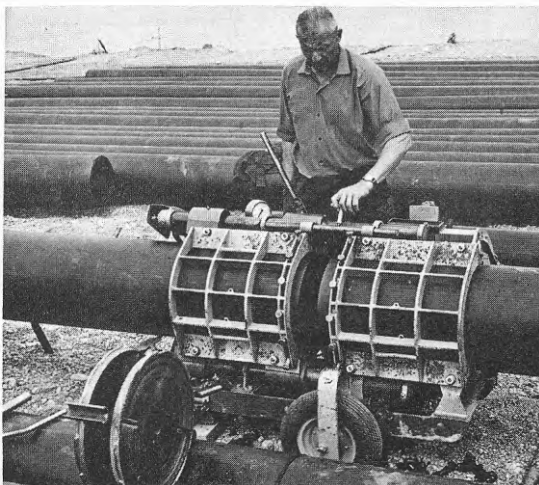
Fig. 4.9. Nomogram som visar tryckfallet (orsakat av friktionsförlusten) hos plaströret

Vid de data på flöde, hastighet och rördiameter som angetts ovan blir friktionsförlusten ca 10 promille. Detta ger vid en ledningslängd på mellan 1,6 och 2,6 km ett tryckfall på 16 - 26 m vp. Bland övriga tryckfall kan nämnas det över förångaren och som ligger på 3 - 5 m vp.

När det gäller värmeförluster visar det sig att dessa blir mycket små, varför någon extra isolering av plaströret ej behövs. Orsaken till detta är att rörväggen är nästan 15 mm tjock och har ett värmeledningstal på 0,37 kcal/m·h·grad. Vid markförläggning kommer omgivande sandfyllning att fungera som extra isolering, medan man vid sjöförläggning förmodligen kommer att försöka sänka röret i bottensedimentet, som därmed kommer att isolera.

4.4.4 Metodbeskrivning för rörläggning

Vid markförläggning av rörledning måste kulvertdiket grävas så djupt att man ej riskerar frysning av vatt-
net vid längre stillestånd. I botten på diket lägges
en sandbädd, som röret skall vila på. På lämplig plats
ställs en rigg för hopsvetsning av rören upp, och
allteftersom de 12 m långa rören svetsas ihop dras
rörslingan ut i diket. Figur 4.9 visar en rigg för
stumsvetsning av rören.



*Fig. 4.10. Rigg
för stumsvetsning
av polyetenrör*

När hela röret har lagts, täcks det med sand för att
skydda det mot mekanisk åverkan. Efter detta sker
återfyllning och återställning av marken i ursprung-
ligt skick.

Vid sjöförläggning ställs svetsriggen upp vid sjö-
kanten. Det första röret pluggas i änden för att und-
vika att röret vattenfylls, och rörslingan dras sedan
ut på sjön allteftersom hopsvetsningen sker. På röret
fästes sedan sänken, som kommer att förankra röret
vid botten. Fig. 4.10 visar en rörslinga med monterade
sänken.

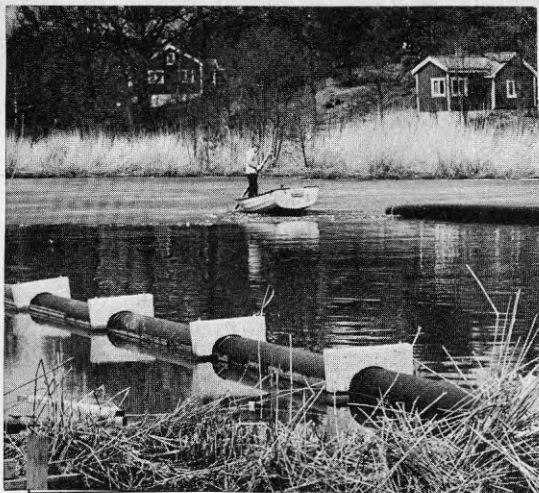


Fig. 4.11. Sjöför-
lagd rörledning med
sänken

5. EKONOMI

5.1 Investeringskostnad

De priser som anges här är överslagsmässiga och har framtagits med hjälp av tillverkare, återförsäljare och entreprenörer.

5.1.1 System för transport av kylvatten

Två alternativa lösningar har studerats. Det är dels markförläggning och dels sjöförläggning av kylvattenledningen.

För båda alternativen gäller att kylvattnet efter utnyttjandet släpps ut i diket strax intill hetvattencentralen och via detta får rinna ut i Edsån.

Vid alternativet med markförläggning belöper sig kostnaderna enl. nedan:

- kulvertdike 1300 m à 300:-/m	390 tkr
- plaströr 1300 m à 100:-/m	130 "
- pumpstation	50 "
	<hr/>
Summa	570 tkr

I kostnaderna för kulvertdike ingår schaktning, fyllning med sand kring rör, återfyllning och återställning i ursprungligt skick.

I kostnaderna för plaströr ingår hopsvetsning och läggning.

Alternativet med sjöförläggning ger följande kostnader:

- kulvertdike 400 m à 50:-/m	20 tkr
- sjöförlagd rörslinga 1100 m à 160:-/m	176 "
- plaströr 600 m à 100:-/m	60 "
- pumpstation	50 "
	<hr/>
Summa	306 tkr

Att läggingskostnaden för kulvertdiket i detta fall satts så lågt beror på de gynnsamma markförhållandena.

Här kan utnyttjas en traktorgrävare med relativt liten skopbredd samtidigt som erforderligt grävdjup är måttligt.

För den sjöförlagda rörslingan ingår material och arbete för sänkning av röret. I övrigt gäller samma villkor som vid fallet med markförläggning.

5.1.2 Värmepump

Kostnaden för värmepumpen är beroende av vilken storlek som väljs samt vilken driftkälla som utnyttjas. I detta fall har ett elmotordrivet värmepumpaggregat ansetts vara bästa alternativet, varför priserna i fig. 5.1 gäller för ett sådant.

Det visar sig att de priser som olika återförsäljare anger överensstämmer förhållandevis väl med varandra, varför nedanstående kurva kan uppritas.

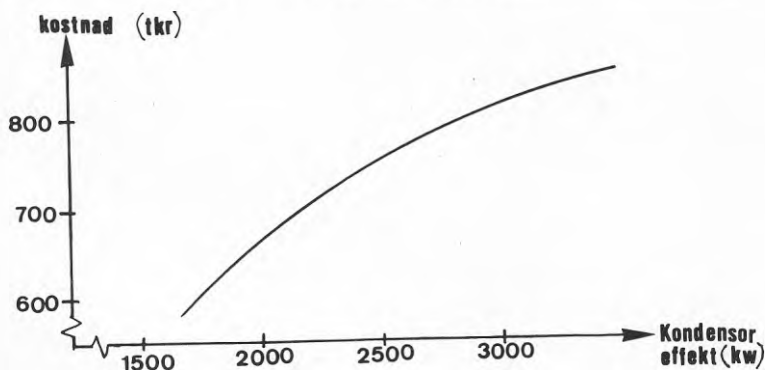


Fig. 5.1 Priser för olika storlekar av elmotordrivet värmepumpaggregat

5.1.3 Övriga investeringskostnader

Bland övriga kostnader för installationen kan nämnas projekteringskostnader, vidare kostnader för anslutning till returvattenledning, anslutning till elnät och för byggnad för värmepump. Dessutom har en post för oförutsedda utgifter lagts till.

- projektering	100 tkr
- byggnad för värmepump	50 "
- anslutning till returvattenledning	150 "
- anslutning till elnätet	150 "
- oförutsedda utgifter	200 "
Summa	650 tkr

5.2 Driftskostnad

De driftskostnader som uppkommer avser dels den el-energi som åtgår för drift av värmepump och för pump för transport av kylvattnet, dels för det underhåll som anläggningen kräver.

5.2.1 Elkostnad

Kostnaden för elkraften är både effekt- och energibe- roende. De formler som gäller för beräkandet av el- kostnaden har tagits fram med hjälp av Sollentuna Energiverk. Eftersom storleken på värmepump är avgöran- de för hur stor förbrukningen av elkraft blir, är el- kostnaden som funktion av värmepumpens kondensoreffekt avgörande vid val av storlek på värmepump. Fig. 5.2 visar hur elkostnaden varierar med kondensoreffekten vid de förhållanden beträffande vattenflöden och tem- peraturer som råder på fjärrvärmenätet under 1980.

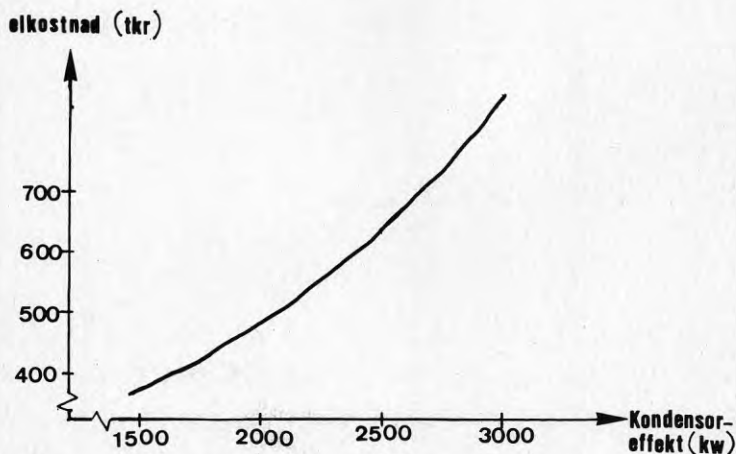


Fig. 5.2 Elkostnaden som funktion av värme- pumpstorleken

5.2.2 Underhållskostnad

Underhållskostnaden för värmepumpen ligger enligt tillverkare och återförsäljare på 1 - 2%/år av pumpens investeringskostnad. Om man gör antagandet att samma förhållanden råder även för den övriga utrustningen kommer den totala underhållskostnaden att ligga på 1 - 2%/år av den totala investeringskostnaden.

5.3 Ekonomisk optimering av värmepumpstorlek

Den ekonomiska storleken hos värmepumpen beror på de uppkomna kostnaderna och den kapitaliserade besparingen.

Om energiinnehållet i kylvattnet utnyttjas ner till 0°C kommer en effekt av ca 5 MW att kunna utvinnas. Då skulle år 1980 vid de då rådande förhållandena, en energimängd motsvarande det skuggade området under varaktighetskurvan i fig. 5.3 kunna täckas in.

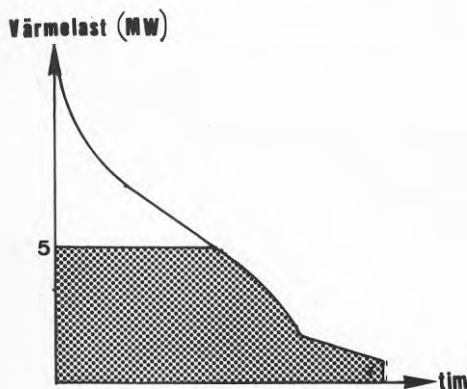


Fig. 5.3 Täckning av värmebehov om kylvattnets temperatur sänks till 0°C

Detta skulle kunna vara möjligt eftersom värmepumpen fungerar ned till delaster på ca 10% av fullast, dvs. 0,5 MW, samtidigt som det minsta möjliga uttaget från nätet är den kulvertförlust på ca 5% av maximal värmelast som alltid finns. Kulvertförlusten blir då ca 0,6 MW.

Emellertid försämras värmefaktorn \varnothing då förångnings-
temperaturen sjunker och kondenseringstemperaturen
ökar. En ökning av storleken på värmepumpen kommer
alltså att ge en större oljebesparing, men behovet av
elenergi kommer, relativt sett, att öka mer.

I fig. 5.4 visas hur värmefaktorn för en specifik
värmepump varierar med värmepumpens kondensoreffekt
och den ingående returvattentemperaturen vid rådande
förhållanden.

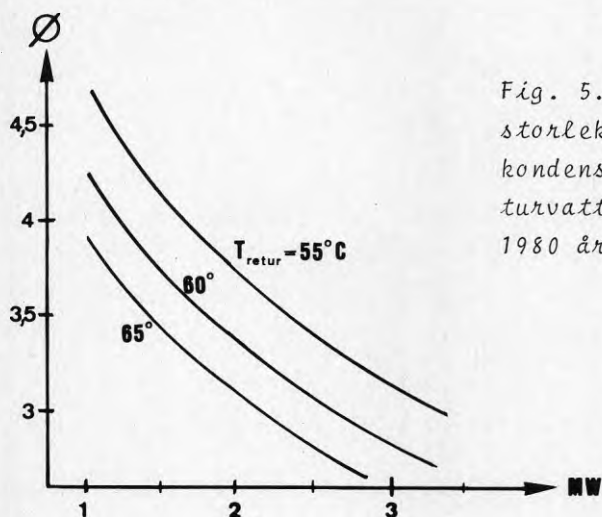


Fig. 5.4 Värmefaktorns
storlek som funktion av
kondensoreffekt och re-
turvattentemperatur vid
1980 års förhållanden

Den besparing i energikostnad som erhålles, är skill-
naden mellan den kapitaliserade oljebesparingen och
uppkommen kostnad för elkraft. I figur 5.5 visas dels
besparingen i energikostnad, dels kapitalkostnaden
för värmepumpen vid varierande kondensoreffekter. Fig.
visar att en ekonomisk värmepumpstorlek ligger på
ca 2,5 MW.

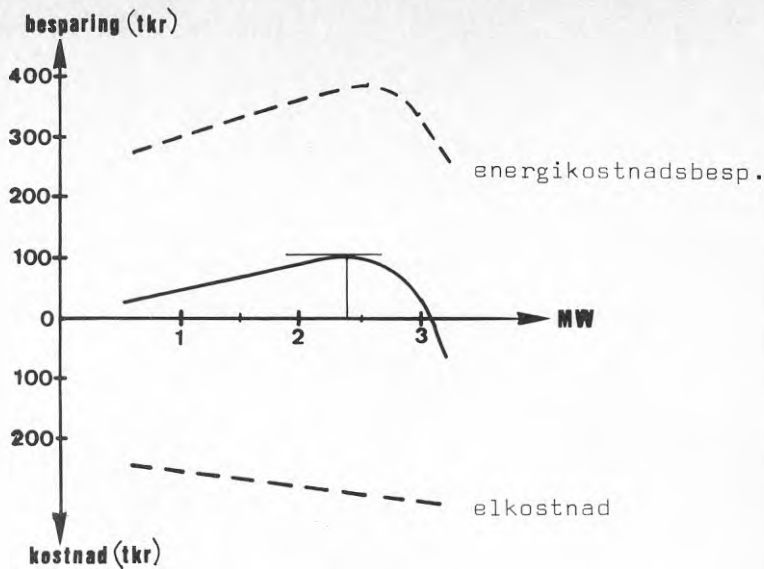


Fig. 5.5 Ekonomisk storlek på värmepump år 1980

Beräkningarna är grundade på de förhållanden som råder 1980, dvs:

- 25-gradigt spillvattenflöde på $170 \text{ m}^3/\text{h}$
- ett returvattenflöde på $200 \text{ m}^3/\text{h}$ vid temperatur enligt figur 3.4
- värmelastens storlek ca 12 MW varav 80% i västra delen
- oljepriset $1000:-/\text{m}^3$
- elpriset ca 0,20 kr/kWh

Värmepumpen skulle då kunna täcka det energibehov som skuggats i figuren nedan. (Observera att spillvatten

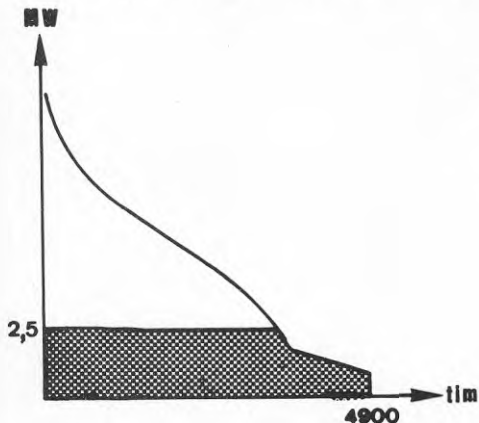


Fig. 5.6 Täckning av energibehovet vid kondensoreffekten 2,5 MW

finns tillgängligt endast 55% av årets 8760 h).

För att visa att den optimala storleken på värmepumpen förändras med nätets värmelast, dvs. abonnentunderlaget, utförs motsvarande beräkningar för år 1985. Abonnenteffekten kommer då, om utbyggnadsplanerna följs, att vara 31 MW. Av dessa kommer ca 60% att ligga på den västra delen av nätet och ca 40% på den östra. Två cirkulationspumpar kommer att vara i drift och ge ett flöde på ca $500 \text{ m}^3/\text{h}$. I och med att flödet nu blir större än tidigare, kommer värmefaktorn och därmed även energibesparingen att öka (se kap. 4.2). Värmefaktorns storlek som funktion av kondensoreffekt och returledningstemperatur blir då som fig. 5.7 visar. I figuren är också de värden inlagda som gällde för 1980.

Om värmelasten sättes till 31 MW, returvatten-

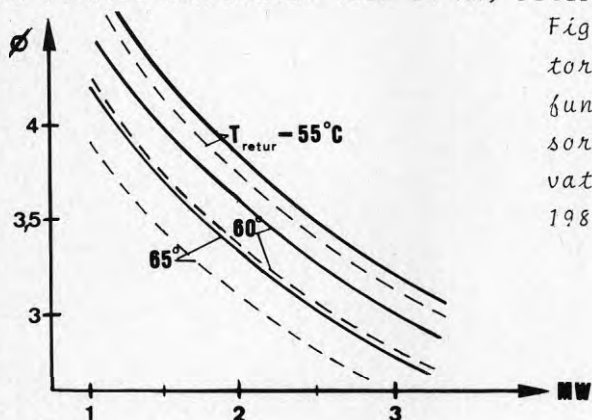


Fig. 5.7 Värmefaktorns storlek som funktion av kondensoreffekt och returvattentemperatur vid 1985 års förhållanden

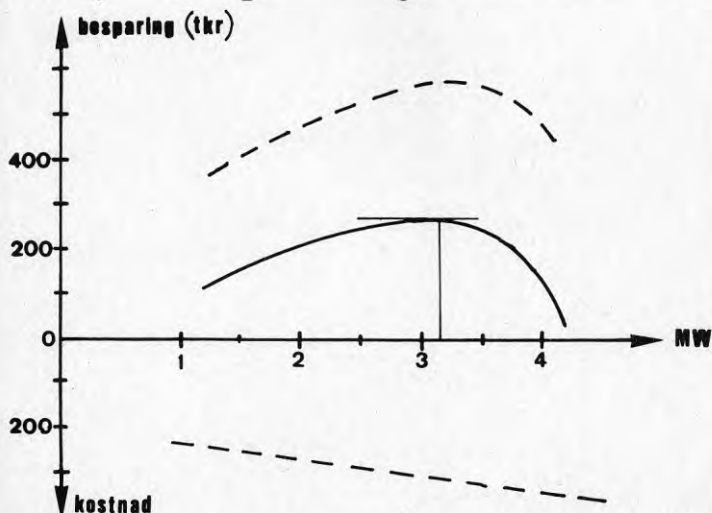


Fig. 5.8 Ekonomisk storlek på värmepump år 1985

flödet till $300 \text{ m}^3/\text{h}$ och om i övrigt samma ingångsdata som tidigare används kan en ny ekonomisk värmepumpstorlek beräknas. Fig. 5.8 visar att denna blir ca 3,25 MW.

Detta visar att den ekonomiskt optimala storleken på värmepumpen ökar allteftersom fjärrvärmenätets värmelast ökar. För att kunna göra en tillfredsställande bedömning av den optimala värmepumpstorleken krävs en djupare studie av värmelaster, investeringskostnader m.m. Inom detta projekt har ej funnits utrymme för en sådan fördjupad studie, varför vi valt att närmare granska endast en storlek nämligen den som enligt ovan beräknats vara den optimala för år 1980. Denna storlek bör då vara den som motsvarar den nedre lönsamhetsgränsen vid ett eventuellt genomförande av projektet.

5.4 Lönsamhetsbedömning

Vid bedömning av lönsamheten för ett energisparprojekt av den typ det här är fråga om måste man göra vissa antaganden beträffande prisutvecklingen på olja och el. I figur 5.9 visas hur denna prisutveckling sett ut under de senaste åren och hur konsumentindex varierat.

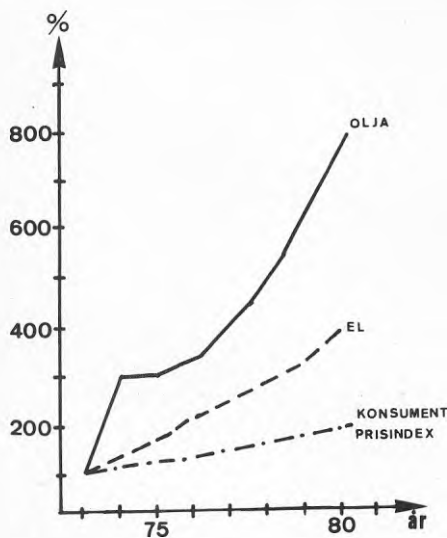


Fig. 5.9 Prisutvecklingen på olja och el samt ökningen hos konsumentprisindex sedan 1973

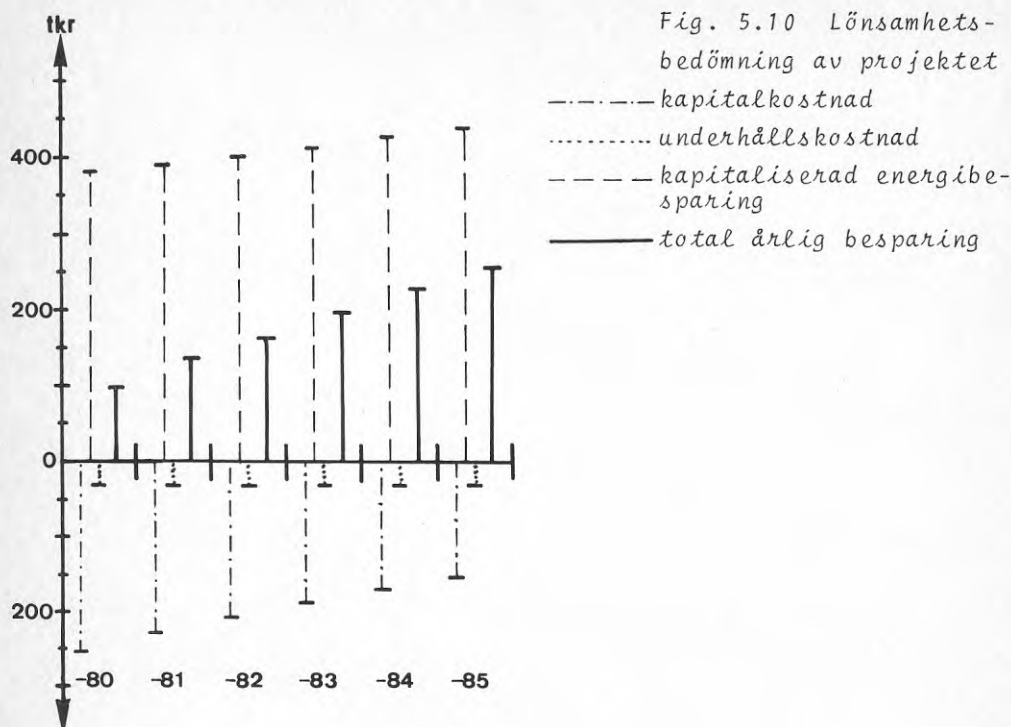
Enligt de antaganden som gjorts i konsekvensutredningen skulle oljepriset under tiden fram till 1985 öka realt med 3%/år. I denna rapport antas att denna realprisökning gäller för både olja och el.

Beträffande finansieringen av värmepumpsinstallationen kan man anta att den löses genom banklån med avskrivningstiden 15 - 20 år, vilket överensstämmer väl med den beräknade livslängden för värmepumpanläggningar. Uppgifter från tillverkare och försäljare pekar på ca 15 år vid kontinuerlig drift, men eftersom anläggningen endast kommer att utnyttjas under 55% av tiden ökar livslängden något.

I avsnittet 5.3 "Dimensionering av värmepump", visas att den ekonomiska storleken på värmepumpen ökar allteftersom värmelasten och returvattenflödet ökar. Den nedre gränsen för lönsamhetens beroende av storleken bör därför vara vid installation år 1980 och 2,5 MW kondensoreffekt.

Vid de antaganden som angetts ovan, samt om krediter erhålles i form av annuitetslån med en årlig annuitet om 15%, kan en bedömning av projektets lönsamhet göras. Figur 5.10 visar de olika kostnadernas och besparingarnas storlekar samt den totala årliga besparingen fram till och med år 1985. Värdena i figuren representerar dagens penningvärde. En 10%-ig inflationstakt har antagits.

Figuren gäller under förutsättning att värmelast och returvattenflöde ej förändras under den 5-årsperiod som betraktas. Till 1985 kommer dock både värmelasten och flödet att ha ökat väsentligt, vilket medför att värmefaktorn ökar (se kap. 4.2). Den årliga besparingen kommer alltså att bli större än vad figuren visar, men man kan konstatera att projektet förefaller ha god lönsamhet redan i dag.



Det finns ytterligare två faktorer som kan förbättra lönsamheten hos projektet. Det är dels att den verkliga kylvattenmängden blir större än de $4000 \text{ m}^3/\text{dygn}$ som har använts som utgångsvärde för alla beräkningar. Som angivits i kap. 2 kan kylvattenmängden komma att uppgå till $5000 \text{ m}^3/\text{dygn}$, dvs. ett 25%-igt högre flöde än det antagna.

Den andra faktorn är möjligheten att delvis finansiera projektet med statligt bidrag. Från Statens Industriverk kan utgå bidrag med upp till 35% av investeringskostnaden.

6. FÖRSLAG TILL YTTERLIGARE STUDIER

6.1 Installation av ytterligare en värmepump

Temperaturen på kylvattnet kommer efter värmepumpen att vara omkring 15°C . Den energimängd som då överförs till fjärrvärmenätet har matats in på den returvattenledning som kommer från den västra delen av nätet. Allteftersom värmelasten på den östra delen växer, kommer det att bli intressant att även här tillföra energi. Man kan då tänka sig att installera ytterligare en värmepumpänläggning där energi utvinnes ur det 15 -gradiga vattnet. Värmefaktorn, och därmed besparingen, kommer då att bli uppskattningsvis 20% lägre än för den första värmepumpen. Samtidigt kommer investeringskostnaden, dvs. kapitalkostnaden, att minska med ca 25% . Detta innebär att om den första värmepumpen är lönsam bör också den andra vara det.

6.2 Utnyttjande av sjövattnet som värmekälla

Som tidigare nämnts finns kylvatten ej tillgängligt under helger. Under en stor del av året håller dock sjövattnet en så hög temperatur att det skulle vara möjligt att utnyttja detta som värmekälla. Figur 6.1 visar den uppmätta temperaturen på 2 m djup i en mellansvensk sjö.

Genom att före den pump som sköter transporten av kylvattnet till värmepumpen montera en 3-vägsventil och från denna lägga en extra rörslinga ut i Norr- viken kommer merkostnaden för detta ingrepp att bli liten.

Vid en djupare studie av förslaget bör bl.a. den lägsta ekonomiska vattentemperaturen och försmutningsrisken utredas närmare.

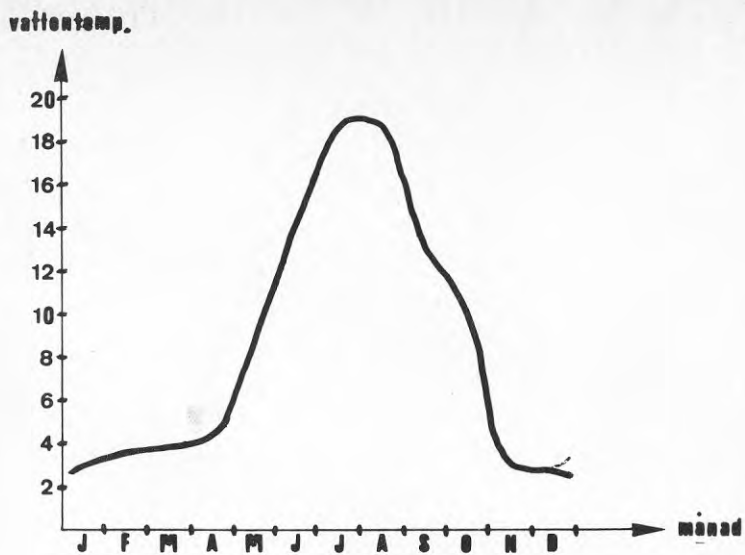


Fig. 5.11. Vattentemperaturen på 2 m djup i en mellansvensk sjö

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790951-5
från Statens råd för byggnadsforskning till SIKOB AB,
Sollentuna.**

R132: 1980

ISBN 91-540-3358-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700232

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 20 kr exkl moms