



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

R73:1984

**Byggnadsuppvärmning med
värmepumpar vid kusten**

En studie i Öckerö kommun

Hans von Oldenskiöld m fl

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac Ser

K
Old

Byggeforskningsrådet

R73:1984

BYGGNADSUPPVÄRMNING MED VÄRMEPUMPAR VID KUSTEN
En studie i Öckerö kommun

Hans von Oldenskiöld m fl

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821750-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Öckerö kommun, Öckerö.

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

R73:1984

ISBN 91-540-4147-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

	Sid
1. INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 Förstudiens genomförande	1
2. TEKNIK "KALL FJÄRRVÄRME"	3
3. DET STUDERADE OMRÅDET I ÖCKERÖ KOMMUN	4
4. MÖJLIGA VÄRMEKÄLLOR	5
4.1 Havsvärme	5
4.2 Avloppsvärme	6
4.3 Bergvärme	7
4.4 Luftvärme	8
5. DISTRIBUTIONSTEKNIK	9
5.1 Värmedmedia och värmeförsel	9
5.2 Temperaturnivåer	9
5.3 Specifikt vattenflöde	10
5.4 Dimensionering av markledningar	10
5.5 Typsektion. Värmeförluster	11
5.6 Specifika kostnader för värmedistribution	11

		Sid
6.	SYSTEMUTFORMNING	14
6.1	Allmänt	14
6.2	Generella anläggningskostnader gällande olika slag av småhusområden	14
6.3	Generella anläggningskostnader gällande flerbostadshus, skolor och andra punktobjekt	16
6.4	Område på Hönö som kan vara lämpligt för kall fjärrvärme	16
6.5	Överslagsmässig kostnadsberäkning av föreslaget system	18
7.	RESULTATDISKUSSION	20
7.1	Ekonomi	20
7.2	Andra aspekter	20
8.	ALLMÄNGILTIGHET. POTENTIAL	21
8.1	Bebyggelse typer och värmekällor	21
8.2	Potential	22
9.	FORTSATT ARBETE	23

SAMMANFATTNING

Projektet syftar till att studera uppvärmnings-system där vatten med "naturliga" temperaturer distribueras i rörledningar fram till värmepumpar ute i bebyggelsen. Tekniken benämns ofta "kall fjärrvärme".

Rapporten avser en förstudie till projektet.

Tekniken har studerats på Hönö i Öckerö kommun. Lämpliga värmekällor kan i detta fall vara havsvatten från cirka 20 meters djup och avloppsvatten från ett närliggande större reningsverk. I förstudien antas värmets via en värmeväxlarstation överföras till ett slutet cirkulationssystem med oisolerade plaströr på ca 1 meters djup. Från ledningen tas vatten till värmepumpar i varje byggnad eller grupp av byggnader.

Generellt pekar förstudien på att tekniken kan vara lämplig för små till medelstora system, där abonnenterna åtminstone till viss del bör vara av storleken flerbostadshus, skolor och liknande. Småhusområden bör helst ha radhus-täthet. Eftersom distributionen är förhållandevis billig, kan ett utspritt bebyggelsemönster och relativt långa avstånd till värmekällan tolereras.

Ett system på Hönö med effektbehovet ca 900 kW har skisserats och kostnadsberäknats. Det är konkurrenskraftigt gentemot dagens oljeuppvärmning även utan hänsyn till nuvarande förmånliga finansieringsmöjligheter för värmepumpar.

Tekniken "kall fjärrvärme" bedöms som intressant speciellt för många mindre tätorter. Fortsatt projektarbete bedöms som angeläget, i första hand i form av en förprojektering av systemtillämpning inom Öckerö kommun.

1. INLEDNING

1.1 Syfte

Projektet syftar till att studera uppvärmnings-system, där vatten med "naturliga" temperaturer distribueras i rörledningar fram till värmepumpar ute i bebyggelsen. Värmepumparna kan finnas i varje hus, eller vara gemensamma för mindre grupper av hus. Värmen kan tas direkt från naturliga källor (hav, grundvatten m m) men även andra källor är möjliga (avloppsvatten, marklager m m). Idén benämns ofta "kall fjärrvärme".

Inom Öckerö kommun har flera förslag till värmepumpsanvändningar tagits fram, som ett led i kommunens oljereduktionsprogram. Idén med "kall fjärrvärme" har befunnits särskilt intressant, eftersom bebyggelsen normalt är för gles för konventionell fjärrvärme, och havsvatten med tillräckligt djup (vintertemperatur) finns nära. Liknande förutsättningar gäller på många håll i Bohuslän.

Projektet avser att studera lämpliga tekniska lösningar för utformningen av värmekollektorn, distributionssystemet och värmepumparna. Systemet skall också utvärderas och jämföras med andra system vad gäller ekonomi, miljö, genomförande, driftfrågor etc. Projektet genomförs som en tillämpad studie i Öckerö kommun. Generella slutsatser bör sedan också kunna dras vad gäller tillämpbarheten i övriga kustkommuner och i landet i stort.

Denna rapport avser en förstudie till projektet.

1.2 Förstudiens genomförande

Förstudien har genomförts under tiden maj till september 1983.

Arbetet har utförts av en projektgrupp bestående av byggnadschef Hans von Oldenskiöld (projektledare), kanslichef Greger Karlsson, fastighetsingenjör Jan-Åke Simonsson, Öckerö kommun, civ.ing Stefan Pettersson, Cinab Energi AB, samt civilingenjörerna Kenneth Hjorth, Torsten Axelsson och Anders Göransson, VBB.

Projektets referensgrupp består av avdelningschef Bengt Waldenstad, Vattenfall, docent Torbjörn Fagerlind, SGU och tekn dr Mats Persson, Flygfältsbyrån. Referensgruppen har granskat förstudien, och lämnat värdefulla kommentarer.

2. TEKNIK "KALL FJÄRRVÄRME"

Med ett vanligt fjärrvärmesystem begränsas utbyggnadsmöjligheterna ofta av kostnaderna för kulvertnätet. Den höga kostnadsnivån beror på att ledningsbyggandet kompliceras av att mycket varmt vatten skall distribueras.

Idén med "kall fjärrvärme" är att man istället distribuerar ett "naturvarmt" vatten från vilket man hämtar värme till lokalt placerade värmepumpar. Därmed förenklas och förbilligas ledningstekniken avsevärt. Man undgår också de värmeförluster som sker från vanliga fjärrvärmeledningar.

Man kan säga att systemet i princip innebär en fjärrvärmeutbyggnad där väsentliga delar av värmeproduktionen sker hos abonnenten.

I den mån detta system ger billigare distribution minskas också de krav på värmtäthet och korta överföringssträckor som krävs för lönsamhet vid vanliga fjärrvärmeprojekt. Därmed kan man få ett system som passar i en typ av tätorter som är ganska vanlig i landet.

3. DET STUDERADE OMRÅDET I ÖCKERÖ KOMMUN

Tillämpning av tekniken har studerats på Hönö. Hönö är den sydligaste av de större öarna i Öckerö kommun. Ön har en folkmängd på ca 4 000 personer och en areal på ca 5 km². Se Fig. 3.1.

Inom större delen av bebyggelseområdet finns praktiskt taget endast friliggande villor där ålder, tomtstorlek m m varierar starkt. En mer samlad gruppbebyggelse samt ca 50 lägenheter i hyreshus finns på öns östra sida. Denna bebyggelse är genomgående av ungt datum.

Övriga "intressanta" byggnader är skolan, belägen relativt centralt på ön samt avloppsreningsverket längst ut vid öns nordöstspets.

Intressanta värmekällor är i första hand avloppsreningsverkets utloppsvatten och de relativt djupa (20-25 m) partierna av sundet strax öster om ön. (Mer om värmekällor i kap 4.)

För att lättare finna lönsamma projekt av typ "kall fjärrvärme" har studieobjektet begränsats till att omfatta ca 1/5-del av ön just där bebyggelseförutsättningar och närheten till värmekällorna är gynnsammast. Detta område redovisas något mer detaljerat på Fig. 3.2, där också viktigare bebyggelsetal redovisas.

4. MÖJLIGA VÄRMEKÄLLOR

I formuleringen för detta forskningsprojekt nämns särskilt värmekällorna havsvatten, avloppsvatten, berg och luft. Beträffande lokala möjligheter och problem kan nämnas:

4.1 Havsvärme

Strax väster om Hönö finns det öppna havet med havsdjup på 30-40 m och därmed stabila och relativt höga vintertemperaturer. En intagsledning till dessa områden skulle dock bli 3-4 km lång vilket beror på dels en "småkuperad" skärgård dels på att den intressanta bebyggelsen ligger på öns östra del.

Sundet öster om ön ger betydligt bättre förutsättningar främst därför att ledningslängden blir acceptabel. Sundet har en djupränna som håller ca 20 m och vilken har en tillräckligt god djupkontakt med utanförliggande havsområden. Härigenom finns förutsättningar för att även vintertid kunna använda bottenvattnet som värmekälla.

I Fiskeristyrelsens publikation "Physical and Chemical oceanography of the Skagerak and the Kattegat" kan utläsas att medeltemperaturen under kallaste 30-dagarsperiod normalt är ca 3,5°C på dessa djup. Göteborgs kommun har i samband med planeringen för avloppsutsläpp gjort omfattande temperaturmätningar inom aktuellt område. Medeltemperaturen under kallaste 6-månadersperiod kan med ledning av värdena bedömas variera mellan +3,0 och 6,5°C. Man måste dock notera att ytligt vatten tidvis kan tränga ner och ge temperaturer inom mätintervallet 0 till +2°C. I sammanhanget bör observeras att havsvattnets frystemperatur ligger vid ca -1,5°C.

Av hänsyn till ledningskostnader m m bör intagsanordningen dimensioneras för ett temperaturuttag på 3 à 4 grader, där återledningstemperaturen av hänsyn till frysrisker ej bör sättas lägre än 0°C. Detta leder till att havsvärmen är tillgänglig året runt med undantag för mycket korta perioder då nedträngning av ytvatten kan förekomma mitt i vinterperioden. Vattenmängden utgör inget problem vid dessa relativt begränsade uttag vilket bl a sammanhänger med att djupkontakten med öppna havet är god.

Utsläppet förläggs till ytan vintertid. Sommartid kan förloppet reverseras, och vatten tas in från

ytan, som då har högre vattentemperatur än djupvattnet.

4.2 Avloppsvärme

Vattenflöde

Avloppsreningsverket betjänar ca 90 % av kommunen och utgör därför en relativt stark värmekälla för det begränsade området på Hönö. Mätningar som genomförts under ett regnrikt år visar ett medelflöde på ca 4 900 m³/d. Detta värde bör reduceras dels med hänsyn till normalår dels på grund av att ett saneringsprogram genomförs där bl a inläckaget minskas. Det framtida medelflödet bedöms därför bli ca 3 500 m³/d.

Det lägsta dygnsflödet är ca 2 000 m³/d. Detta värde påverkas inte nämnvärt av saneringsåtgärder och förutsätts bestå. Medelflödet under minimidygnet skulle således vara 83 m³/h.

Mätningarna visar att det lägsta nattflödet är ca 40 m³/h. Tillrinningen av spillvatten är mycket liten under natten varför nämnda flöde nästan bara utgörs av dräneringsvatten.

Temperatur på utgående avloppsvatten

Mätningar visar att temperaturen på utgående avloppsvatten mestadels är 7 à 8°C under vinterhalvåret. Under de kallaste vinterperioderna sjunker temperaturen till +5°C. Vid ett fåtal tillfällen har +4°C noterats.

Avloppsvattnets energinnehåll

Ett sätt att enkelt få ett mått på energinnehållet är att beräkna sammanlagda effekten på de värmepumpar som skulle kunna utnyttja avloppsvattnet som värmekälla. Under förutsättning att allt vatten under vinterhalvåret kyls till +2°C fås följande

Medelvärde	vinterhalvår	ca 1400 kW
Min.värde	(vid lägsta nattflöde och temp +5°C)	ca 225 kW
Extremt värde	(vid lägsta nattflöde och temp +4°C)	ca 150 kW

Beträffande värdet 1 400 kW bör observeras att det i allmänhet inte är lönsamt att dimensionera

för ett system där såväl flödestoppar som temperaturtoppar tas tillvara helt. Normalt kan man närma sig detta värde endast om man bygger stora och dyrbara utjämningsbassänger. I aktuellt fall kan man få en relativt hög utnyttjningsgrad genom att nattetid komplettera tillflödet med hjälp av havsvatten.

Vid avloppsreningsverket finns installerad en 50 kW värmepump för anläggningens eget behov. Detta innebär bl a att avloppsvattnet under extrema vinterförhållanden endast kan försörja nytillkomna värmepumpar motsvarande ca 100 kW utgående effekt.

4.3 Bergvärme

Vid gynnsamma grundförhållanden kan naturligt grundvattenvärme vara av intresse. På Hönö, liksom längs mycket stora delar av bohuskusten är de lösa jordlagren mycket små varför endast djupborrade brunnar i berg kan tänkas ge en uthållig vattentillförsel. I samband med ett tidigare principförslag gällande värmepump för skolan har möjligheterna för värmeuttag från grundvatten studerats på Hönö. Resultaten har dock visat att möjligheterna är synnerligen begränsade. I ett 200 m djupt borrhål var flödet endast 0,8 m³/h. Därför behandlas inte detta alternativ för Hönö i fortsättningen.

I andra områden kan dock grundvattenvärme vara av stort intresse för kall fjärrvärme, bl a därför att temperaturen ligger på en jämn och relativt hög (ca 8 à 9°C i västsverige) nivå året runt. Det bör också vara möjligt att på många håll hitta sprickzoner i berget, där havsvatten läcker in. Borrhål i sådana zoner kan ge goda flöden med relativt höga temperaturer. De ger tillgång till havsvattenvärmet utan problem med havsförlagda intagsledningar och påväxt.

Värmeuttag direkt från bergmassan är också möjligt via borrhåll. Berget kan laddas med värme, men även renodlat uttag av naturligt bergvärme har prövats i mindre anläggningar. Spillvärmekällor för temperaturladdning saknas i området. Bergvärmeuttag är dock i princip möjligt, men har tidigare varit dyrt. Tekniken avses dock att prövas i kommunen i ett av Vattenfall planerat projekt.

4.4 Luftvärme

Skall luftvärmepumpar användas bör de placeras lokalt, vilket innebär att man inte har behov av något ledningssystem för kall fjärrvärme. Därför är denna värmekälla inte av något centralt intresse i detta projekt. Det är dock viktigt att man i en slutlig utvärdering kan jämföra lönsamheten för luftvärmepumpar med lönsamheten för kall fjärrvärme.

5. DISTRIBUTIONSTEKNIK

5.1 Värmedmedia och värmeförsörjning

I de fall man använder sött grundvatten eller sjövattnen kan man utan betänkligheter låta detta ledas genom hela systemet, dvs även genomströmma värmepumparnas förångare. I sådant fall kan man inte tala om ett cirkulationssystem eftersom det egentligen bara finns en tilllopps- och en utloppsledning.

I aktuellt fall tas värmen sannolikt från avloppsvatten och/eller saltvatten. Sådana vatten bör ur hygienisk och korrosionssynpunkt inte passera genom installationer som finns utspridda i privata fastigheter. Därför förutsätts fortsättningsvis ett slutet cirkulationssystem där värmeförsörjning sker via en gemensam värmeväxlare. Ett cirkulationssystem kan också tillföras ett frostskyddsmedel vilket är en fördel bl a genom att all dimensionering kan ske utan rädsla för frysrisk.

Det har därför förutsatts att en kombinerad värmväxlar- och pumpstation anläggs i området mellan värmekälla och aktuellt bostadsområde. Principlösning se Fig. 5.1. På primärsidan pumpas värmekällans vatten förbi och på sekundärsidan cirkulerar vatten behandlat med glykol eller kalciumklorid. Temperaturdifferensen vid de låga dimensionerande temperaturerna har förutsatts vara 3,5°C. En mer ingående kostnadsoptimering kan visa att detta värde bör ändras något.

Genom glykoltillsats (troligen propylenglykol så att fryspunkten blir -10°C) minskar vattnets värmekapacitet med ca 10 %, vilket innebär att vattendistributionen bör öka med samma tal. I beräkningarna har förutsatts att värmekapaciteten är 3,8 kW per l/s och grad i stället för 4,19 som gäller för rent sötvatten.

5.2 Temperaturnivåer

Vid en eventuell detaljprojektering är det viktigt att ett stort antal temperaturfall studeras i samband med dimensioneringen. Detta beror bl a på att man i aktuellt fall kan komma att utnyttja flera värmekällor (avlopps- och havsvatten) med varierande temperaturer och flöden. Generellt gäller också att ju större och dyrbarare värmekollektorer som byggs desto högre vattentempera-

turer och värmefaktorer kan garanteras för värmepumparna. Skall man få den allra bästa lönsamheten krävs därför omfattande beräkningar som inte ryms inom målsättningen för denna förstudie. Vi har därför utifrån vissa erfarenheter gjort bedömningar beträffande viktigare dimensionerande temperaturer. Sålunda används följande förenklade dimensioneringsfall.

- temperaturdifferens mellan primär- och sekundärsida i värmeväxlaren är $3,5^{\circ}\text{C}$
- temperaturfallet är 3°C på primärsidan
- temperaturlyftet är 3°C på sekundärsidan.

Denna driftsituation redovisas på fig 5.1 genom temperaturerna $4,5 \rightarrow 1,5^{\circ}\text{C}$ och $-2 \rightarrow +1^{\circ}\text{C}$ för värmekällan resp värmebäraren.

5.3 Specifikt vattenflöde

Ovanstående temperaturer pekar på att värmefaktorn hos värmepumparna blir ca 2,7. Vid beräkningen av specifikt flöde gäller således:

- Vattnets värmekapacitet $3,8 \text{ kW per l/s och } ^{\circ}\text{C}$
- Temperatursänkning $\Delta t = 3^{\circ}$
- Värmeandel från vattnet $1,7/2,7 \approx 63 \%$

Dessa värden innebär att flödet blir 0,055 l/s per kW (55 l/s per MW) från värmepumpen utgående effekt.

5.4 Dimensionering av markledningar

Vid dimensionering förutsätts att friktionsförlusten bör vara 20-25 ‰ och vattenhastigheten högst 2,5 m/s för en rätt vald ledning.

Vid aktuella storlekar ställer sig rörledningar av PEM- och PVC-plast i allmänhet förmånligast. I följande tabell visas max.flöde samt motsvarande värmeuttag från värmepump vid de vanligaste ledningsdimensionerna. Tryckklasserna är genomgående PN10 (10 atö) vilket oftast kommer att krävas bl a med hänsyn till trafiklast.

Mtrl, dim	Max.flöde, l/s	Värme, kW
PEM 40,8/31,6	0,55	10
PVC 63/57	2,6	47
PVC 90/81,4	7	130
PVC 110/99,4	11	200
PVC 160/144,6	30	550
PVC 225/203,4	75	1400
PVC 280/253,2	125	2300
PVC 315/285	165	3000

5.5 Typsektion. Värmeförluster

Ur ett flertal synpunkter är det lämpligast att förlägga cirkulationsledningarna ovanför befintlig spillvattenledning. Den viktigaste orsaken är att man motverkar nedkylning. I typfallet, se Fig. 5.2, blir rörgraven ca 1,0 m djup.

I Västsverige är markens yttemperatur nästan aldrig under -5 à -10°C under någon längre tid. Samtidigt är avloppsvattnets temperatur (före passage av reningsverk) minst $+7^{\circ}\text{C}$. Detta måste innebära att marktemperaturen på cirkulationsledningarnas nivå praktiskt taget aldrig ligger under de temperaturer ($+1$ resp -2°C) som cirkulationsnätet dimensioneras för. Denna säkerhet mot nedkylning under dimensioneringstemperaturerna måste uppfattas som mycket betydelsefull. Här kan också nämnas att hela temperaturförloppet, dvs även under andra årstider, är av stort intresse att studera i en fullskalig anläggning.

Eftersom de båda ledningarna har en temperaturdifferens på 3°C finns viss risk för att retursidans vatten kan ge viss nedkylning på framledningen. Troligen är det tillräckligt att ledningarna ligger ca 30 cm isär och möjligen kan det vara lämpligt med en enkel mellanliggande isoleringsskiva.

Med visade rörgravsdjup kommer ledningshjässan att i allmänhet ligga $\geq 0,6$ m under köryta vilket är lämpligt med hänsyn till trafiklasten.

5.6 Specifika kostnader för värmedistributionen

En annan fördel med att ledningarna lägges ovanför befintliga ledningar är att markmaterialet är känt och i allmänhet ganska lätttschaktat. Sålunda kan även kostnadsberäkningarna bli relativt säkra.

Resultatet av en kostnadsberäkning för dimensionerna enligt 5.4 ovan redovisas i diagramform i Fig 5.3.

Den övre av de 2 linjerna för kall fjärrvärme gäller om hela effektbehovet skall tillgodoses genom värmepumpar (dvs ca 63 % av värmen tas från vattnet och 37 % från värmepumpens kompressormotor).

Det kan dock starkt ifrågasättas om det är ekonomiskt riktigt att låta värmepumparna inkl ledningssystem m m bli dimensionerat för mer än baslasten dvs ca 50 % av effektbehovet. Denna reduktion innebär att befintliga oljeeldade värmepannor bibehålls för reserv- och topplastsituationer. Oljeförbrukningen under topplast och vid reservdrift innebär överslagsmässigt att 20 % av nuvarande oljebehov kvarstår. Det halverade kravet på vattenleverans medför att den undre av kurvorna gäller.

I diagrammet har också inlagts kostnadskurvor som normalt gäller vid vanlig fjärrvärmedistribution (hög- resp lågtemperatursystem). Vid en jämförelse bör man notera att det kapitaliserade värdet av värmeförlusten i ett vanligt fjärrvärme-system kan uppgå till ca 500 kr/m, och att kostnadsdifferenserna därför kan sägas vara omkring 1000 kr/m mellan de båda distributionssätten. Det bör observeras att detta äger giltighet till storleksordningen 3-5 MW varefter kostnadskurvorna successivt närmar sig varandra. Därför tycks principen "kall fjärrvärme" i allmänhet inte kunna bli intressant vid storleksordningen ca 10-15 MW eller större.

För ekonomiska överslagsberäkningar kan det vara av intresse att veta vad ovanstående kostnader för huvudledningar innebär t ex per villafastighet. Med ledning av ovannämnda kurvor finner man att i ett villaområde med högst 1 km utbredning från värmväxlarstationen fås en kostnad för distributionsledning på ca 7 000 kr/villa om man förutsätter normala exploateringsstal på ca 0,15 à 0,20.

Vid placering av 1 värmepump i varje villa tillkommer ca 3 000 kr/villa för servisledning fram till värmepumpen.

För värmväxlare och intagsledningar tillkommer också kostnader som vid förhållanden motsvarande de på Hönö (t ex intags- eller utsläppslängd ca 500 m från värmväxlarstation) efter en grov överslagsberäkning uppgår till högst 5 000 kr/villa om minst ett 50-tal villor ingår.

Ovanstående avser att visa att de totala kostnaderna för hela värmedistributionssystemet ligger på ca 15 000 kr/villa (5 000 kr enligt ovan, 7 000 kr för huvudledning i gata, 3 000 kr för servisledning). En komplett värmepumpinstallation i varje villa, exkl kollektor, beräknas kosta ca 60 000 kr. Totalkostnaden blir alltså ca 75 000 kr/villa.

I ett vanligt villaområde skulle således distributionssystemet utgöra ca 20 % av totalkostnaden, medan värmepumpen placerad i varje hus utgör ca 80 % av totalkostnaden. Detta sammanhänger med hög specifik kostnad för små värmepumpar, och leder vidare till tanken att pröva lösningar där något större värmepumpar utnyttjas inom ett kallt fjärrvärmesystem.

6. SYSTEMUTFORMNING

6.1 Allmänt

För att rätt kunna värdera tekniken "kall fjärrvärme" är det viktigt att man studerar såväl generella förutsättningar som de speciella förhållanden vilka gäller i fallet Hönö.

Nedan presenteras först resultaten från generella beräkningar gällande olika slag av bebyggelse. Med stöd av dessa generella tal har det sedan varit relativt lätt att välja ut ett "kallt fjärrvärmeområde" på Hönö, där god lönsamhet kan förväntas. Förväntningarna på lönsamhet har därefter kontrollerats genom en kostnadsberäkning som dock, på detta stadium, måste baseras på generella åpriser.

6.2 Generella anläggningskostnader gällande olika slag av småhusområden

I föregående kapitel har visats att kostnaden för de gemensamma anläggningsdelarna - kollektor, huvudledning m m - i ett system med "kall fjärrvärme" är relativt liten. Den stora kostnadsposten utgörs av värmepump med kringutrustning. Ett sätt att reducera denna kostnad är att sammanföra ett antal småhus på så vis att de tillsammans utnyttjar en liten värmepumpcentral. Man nyttjar därmed det förhållandet att specifika anläggningskostnaden för värmepumpar sjunker mycket kraftigt när man övergår från de minsta storlekarna till något större, se Fig. 6.1.

Det är dock inte givet på förhand att dessa sammanslagningar ger en kostnadsvinst, eftersom allt större längder konventionell värmekulvert behövs ju fler hus som sammanförs. För att kunna få ett svar på dessa frågor har vi antagit ett mycket generellt villaområde med exploateringsgraden 0,17, se Fig 6.2. Alla villor i området förutsätts vara lika stora och ligga i ett välordnat rutnät. Värmepumpkapacitet är satt till 5 kW/hus. Genom att mäta tänkta ledningslängder för distributionsystemen både före och efter värmepumpstationen har vi kunnat kostnadsberäkna desamma. Genom Cinabs erfarenheter från värmepumpanläggningar av olika storlek har det varit möjligt att få produktionsanläggningens kostnad i olika storleksklasser. Måhända hade vi förväntat oss att finna en lågpunkt, dvs få veta det optimala antalet hus för en anläggning med lägsta investeringskostnad per hus.

Kostnadsberäkningen som redovisas i Fig. 6.2 visar ingen lågpunkt utan i stället att kostnaden per villa ligger praktiskt taget stilla vid nivå 50-55 000 kr/villa (exkl huvudledning, kollektor m m) ända från 2 à 3 till uppemot 20 villor. Medräknas hela distributionssystemet blir totalkostnaden ca 65 000 kr/villa dvs ca 10 000 kr/villa billigare än vid individuella värmepumpar enl kap 5.6 ovan. Vinsten med gemensam värmepump är i denna typ av bebyggelse således ej särskilt markant.

I verkligheten påverkas naturligtvis kostnaden av många faktorer. Sålunda betyder anslutningsgraden mycket. Speciellt i en skärgårdsmiljö ligger villorna gruppvis mycket tätt vilket minskar ovannämnda kostnader.

En fråga som tillsvidare lämnas obesvarad är om 65 000 kr/villa är ett attraktivt pris för en villaägare som idag har egen oljepanna. Ett vederhäftigt svar på den frågan förutsätter att effekten av eventuella bidrag och energilån beräknas liksom effekten av ränteavdrag i olika fall. Kostnadsnivån 65 000 kr/villa kan dock inte avfärdas som för hög.

Ovanstående belopp minskar naturligtvis om man ökar exploateringsgraden men så länge vi talar om områden med fristående villor blir sannolikt ca 50 000 kr/villa en undre gräns om inte synnerligen gynnsamma förutsättningar föreligger vad gäller olika överföringsavstånd.

Först när husen ligger "vägg i vägg", dvs i radhusområden, kan man förvänta sig en så kraftig kostnadsminskning att lönsamhet blir högst sannolik. Här kan ju värmekulverten ersättas av isolerade inomhusledningar om man sammanför längan till en gemensam värmepump. I radhusområden som idag har individuell oljeuppvärmning kan man förvänta sig att investeringskostnaden (inkl kostnader för huvudledning, kollektor m m) blir ca 40 000 kr/radhuslägenhet. I de fall området redan betjänas av en oljeeldad gruppcentral sjunker detta tal ytterligare några 1 000-tals kronor. Det bör dock observeras att ca 50 % av de svenska radhusområdena idag uppvärms genom större konventionella fjärrvärmesystem eller direkt-el.

6.3 Generella anläggningskostnader gällande flerbostadshus, skolor, och andra punktobjekt

I områden med flerbostadshus har man i allmänhet sammanfört lägenheterna ytterligare varigenom möjligheterna för lönsamhet ökar. Samma sak gäller för skolor, industrier o d där man behöver en tillräckligt stor värmepump och där inga dyrbara isolerade värmekulvertar är nödvändiga. Vid sådana punktobjekt kan överföringsledningen för kall fjärrvärme få bli lång. Sålunda har vi genom enkel överslagsberäkning funnit att en såpass begränsad anläggning som skolan inkl lärarbostäder m m skulle kunna bilda en egen anläggning utan att totala årskostnaden skiljer sig väsentligt från vad som gäller idag. Detta trots att skolan ligger ca 1,5 km från värmekällan (avloppsreningsverket) och trots att det bara gäller en värmepumpanläggning på 200 à 250 kW.

6.4 Område på Hönö som kan vara lämpligt för kall fjärrvärme

Värmekälla

Mot bakgrund av genomgången av möjlig värmekälla (kap 4) har vi antagit att ett större "kallt fjärrvärmesystem" på Hönö använder avloppsvärme+havsvärme som värmekällor. Den temperatursäkraste värmekällan är utan tvekan avloppsreningsverkets utgående vatten. Lika klart torde det vara att havsvärmet från sundet österut bör användas som komplement.

Ingående fastigheter

Se Fig 6.3.

De objekt som bäst fyller ovannämnda krav beträffande förutsättningar för lönsamhet bedöms vara:

B+C) Det område som redan är sammanfört till en gemensam värmecentral och som omfattar bl a 48 radhus och 48 lägenheter i hyreshus.

H-J) Skolan inkl närliggande lärarbostäder, kyrka och församlingshem.

Genom valet av värmekälla och värmemottagare blir placering av värmeväxlarstation och ledningssträckor i stort sett givna. Bl a skall ju ledningarna följa befintliga spillvattenledningar med hänsyn till värmebalans m m. Se Fig 6.3.

Längs ledningsvägen finns ytterligare objekt som kan ge anläggningen god kostnadstäckning:

- D) Fritidsgård med 5 byggnader
- E) Radhusområde omfattande 29 lägenheter

Vidare passerar ledningen genom villaområden och ger där möjlighet att erbjuda anslutning till förmånliga villkor. Antalet anslutningar sammanhänger bl a med vilka villkor som uppställs.

Totala effektbehov för anläggningen

Om man antar att 25 villor ansluts fås följande tabell över det effektbehov som skall tillgodoseas. Detta effektbehov har därvid genomgående satts till 50 % av byggnadernas maximala effektbehov under kallaste timma.

	Värmepumpeffekt kW
Befintlig värmecentral för 96 lägenheter	350
Skola 250 kW	} 300
Lärbostäder, ca 25 kW	
Kyrka+församlingshem, ca 25 kW	
Mindre radhusområde å 29 lägenheter (ca 75 m ² /lgh)	70
Fritidsgård	25
25 villor å 5 kW	<u>125</u>
	870

Som tidigare nämnts räcker avloppsvattenmängden teoretiskt till i medeltal 1 400 kW under vintertid, dock under vissa mycket extrema situationer endast till 100 kW. Detta betyder att avloppsvattnet blir den dominerande värmekällan men att ganska stor andel havsvatten krävs under kalla vinternätter.

Värmepumpinstallationerna ökar belastningen på elnätet. I denna fråga har samråd skett med den lokala eldistributören.

6.5 Överslagsmässig kostnadsberäkning av föreslaget system

Den bebyggelse som föreslås anslutas har ett värmebehov av ca 3 400 MWh/år, vilket innebär en oljeförbrukning av ca 500 m³/år. Det föreslagna systemet täcker ca 80 % av årsenergibehovet (50 % av toppeffekten), och innebär alltså en minskad oljeförbrukning om 400 m³/år.

Värmepumparna skall ge $0,8 \times 3\,400 = 2\,700$ MWh/år, varav ca 37 % kommer från tillförd el, dvs 1 000 MWh/år.

Systemet beräknas kosta:

- Värmepumpar: 870 kW à 2 800 kr/kW i medeltal	2,4 Mkr
- Distributionsledningar: 2500 m à 450 kr/m i medeltal	1,1 Mkr
- Intagsledning, värmeväxlare m m	0,5 Mkr
- Projektering, diverse, ospecificerat	0,5 Mkr
<hr/>	
Totalt	4,5 Mkr

Systemet medför följande förändringar av rörliga kostnader:

- Oljebesparing 400 m ³ à 2 400 kr	960 000 kr/år
- Minskat underhåll och avskrivning av befintliga oljeanläggningar ca	40 000 kr/år
- El till värmepumpar 1 000 MWh à 30 öre	- 300 000 kr/år
- Underhåll av systemet, 2 % på investering	- 90 000 kr/år
<hr/>	
Årlig besparing	610 000 kr/år
Kapitalkostnad à 4,5 Mkr vid 6 % realränta och 17,5 års avskriv- ningstid i medeltal	- 420 000 kr/år
<hr/>	
Överskott	190 000 kr/år

Med 4 % realränta blir överskottet 250 000 kr/år. Avskrivningstiden är sammanvägd av avskrivningstiderna 20 år för byggnader och markarbeten samt 15 år för maskinell utrustning.

7. RESULTATDISKUSSION

7.1 Ekonomi

Det skisserade systemet på Hönö är konkurrenskraftigt gentemot nuvarande oljeuppvärmning, även utan hänsyn tagen till de gällande fördelaktiga finansieringsvillkoren för värmepumpar. Det bör också vara billigare än konventionell fjärrvärme, som kräver större värmetätheter och koncentrerat bebyggelsemönster. Individuella luftvärmepumpar kan möjligen konkurrera kostnadsmässigt. Mer detaljerade kostnadsanalyser gentemot alternativa system bör göras i fortsatt arbete.

7.2 Andra aspekter

Systemet är miljömässigt fördelaktigt gentemot olja (luftförorening) och luftvärmepumpar (buller).

Systemet är nytt och kräver att formerna för anslutning, skötsel och ägande studeras. Om flera hus skall ha gemensam värmepump krävs överenskommelser och samarbete. I övrigt kan formerna för kommunal fjärrvärmerörelse vara förebild.

Finansieringen av de privata fastigheternas värmepumpar och "anslutningsavgift" kan ske med energilånens belopp för värmepump respektive kollektor. Lånesystemet ändras dock fr o m 1984 och dess nya utformning är i skrivande stund inte fastlagd.

8. ALLMÄNGILTIGHET. POTENTIAL

8.1 Bebyggelse typer och värmekällor

De grova beräkningar som genomförts ger vissa allmänna antydningar om i vilka typer av bebyggelse som systemet med "kall fjärrvärme" skulle kunna vara tänkbart. Systemet behöver vissa förutsättningar vad gäller dels värmekällan, dels bebyggelsens struktur:

Värmekällan bör hålla en temperatur 3 à 4 grader över fryspunkten vintertid. Möjliga värmekällor är till exempel följande:

- * Havsvatten från visst djup. I Västerhavets salta vatten är fryspunkten någon grad under noll och en vintertemperatur kring +3°C torde räcka. Denna temperatur finns normalt på 15 meters djup. I Östersjön finns tillräcklig temperatur normalt först på större djup.
- * Grundvatten. Temperaturen är tillräcklig i större delen av landet (ej i klimatzon 1). Flödet måste dock vara stort - i storleksordningen 50 l/s för 1 MW uttagbar effekt - vilket kräver särskilda hydrogeologiska förutsättningar.
- * Avloppsvatten. Temperaturen är normalt tillräcklig (vanligen ej under 5°C). Avloppsflödet måste finnas samlat från en bebyggelse som är ca 10 gånger större än den bebyggelse som skall värmeförsörjas.
- * Spillvärme från bl a industriprocesser.
- * Akviferlager eller andra värmelager som laddas med ytvatten, spillvärme, solvärme m m.

Den befintliga bebyggelse som är tänkbar för systemet "kall fjärrvärme" synes enligt tidigare kapitel kännetecknas av följande. (Slutsatserna är mycket preliminära):

- * Småhusområden bör ha en täthet motsvarande radhus.
- * Flerbostadshus, skolor och andra större punktobjekt är lämpliga att ansluta, liksom befintliga gruppcentraler.
- * Avståndet från värmekällan till ett småhusområde kan få uppgå till någon eller några

kilometer. Till ett stort punktobjekt kan större avstånd tänkas.

- * Systemet lämpar sig troligen inte för alltför stora system (mer än 10-15 MW).

8.2 Potential

De ovan beskrivna förutsättningarna antyder, att systemet "kall fjärrvärme" kan vara intressant speciellt i mindre tätorter där någon av de nämnda värmekällorna finns i omgivningen. Sådana mindre tätorter har många gånger en utspridd men gruppvis förtätad bebyggelse och lämpar sig härigenom inte för dagens konventionella fjärrvärme.

En stor del av de nämnda värmekällorna är redan översiktligt kända eller inventerade på riksnivå. Bebyggelsestrukturen i landet beskrivs i BFR-projektet Bebyggelsestruktur och värmeförsörjning. Det finns därför goda utgångspunkter för att i ett fortsatt arbete göra en potentialbedömning för riket.

Ett exempel på tänkbar användning av metoden är Bohuslänns kust, där det ofta är kort avstånd från bebyggelsen till 15 meters vattendjup. Ett mycket överslagsmässigt studium pekar på att kanske ett 30-tal tätorter i storleksklassen 200 till 5 000 invånare längs bohuskusten har de förutsättningar för "kall fjärrvärme" som beskrivits här.

9. FORTSATT ARBETE

Förstudien tyder på, att det föreslagna systemet i Öckerö har god lönsamhet gentemot nuvarande uppvärmning, och att tekniken "kall fjärrvärme" kan vara intressant för många mindre tätorter.

Fortsatt arbete bedöms därför som angeläget, och föreslås i första hand gälla en förprojektering av systemet. Arbetet bör innefatta detaljerad utredning av:

- Placering och dimensionering av värmepumpar hos abonnenterna
- Ledningssträckningar på land
- Placering och dimensionering av kollektorer
- Dimensionering av systemet. Kostnadsberäkning
- Lönsamhetsstudie. Jämförelse med konkurrerande uppvärmningssätt
- Genomförande, finansiering och skötsel.

Om systemet visar sig motsvara förväntningarna, kan därefter en potentialbedömning göras beträffande kall fjärrvärmes möjligheter i Sverige, men framför allt bör då projektet i Öckerö kommun gå vidare till genomförande. En fullskaleanläggning skulle ha stort värde för mätningar och för demonstration av tekniken kall fjärrvärme.

ÖVERSIKTSKARTA

Fig.3.1

Öckerö kommun



Skala 1:50 000

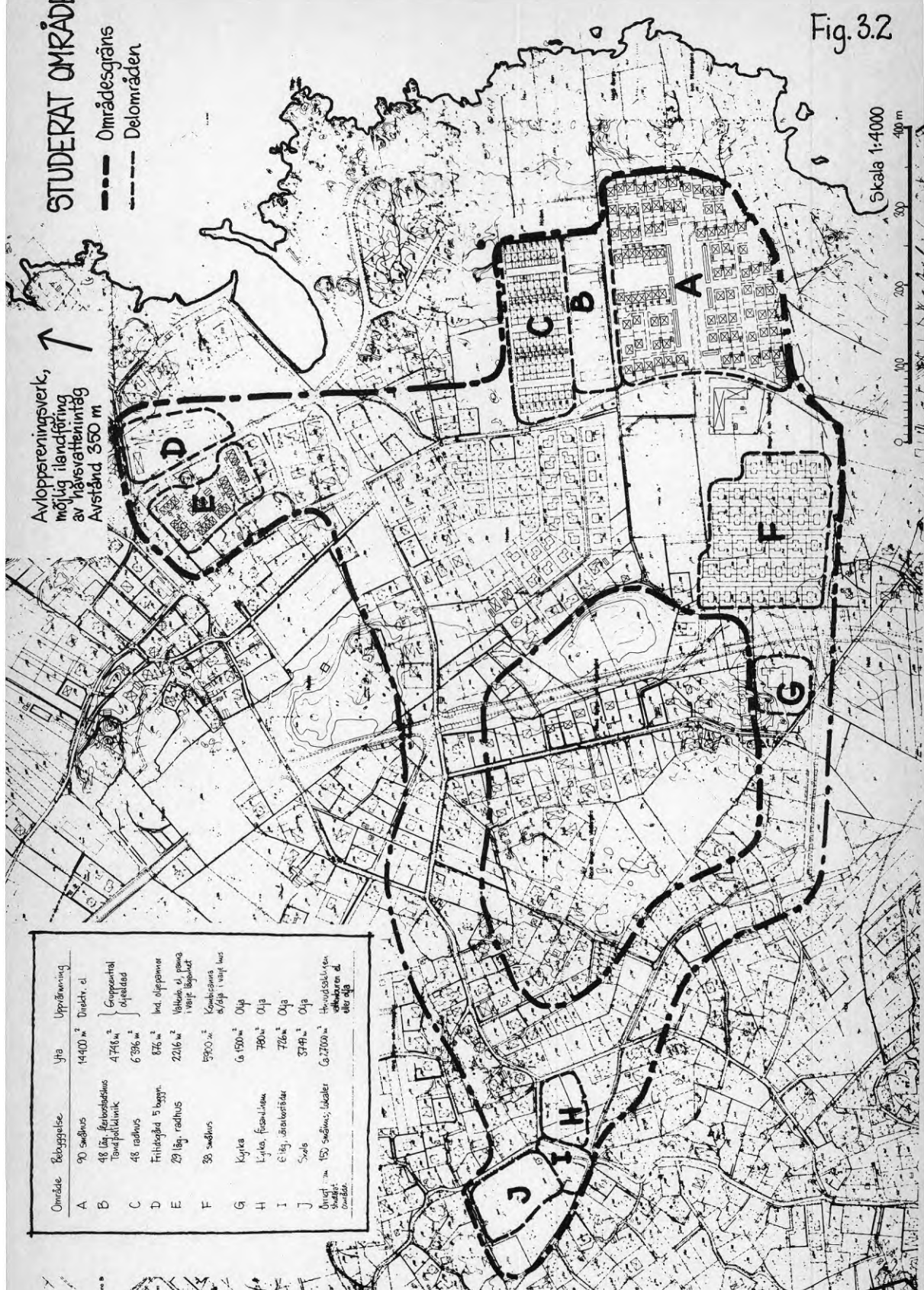
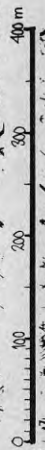
STUDERAT OMRÅDE

- Områdesgräns
- - - Delområden

Fig. 3.2

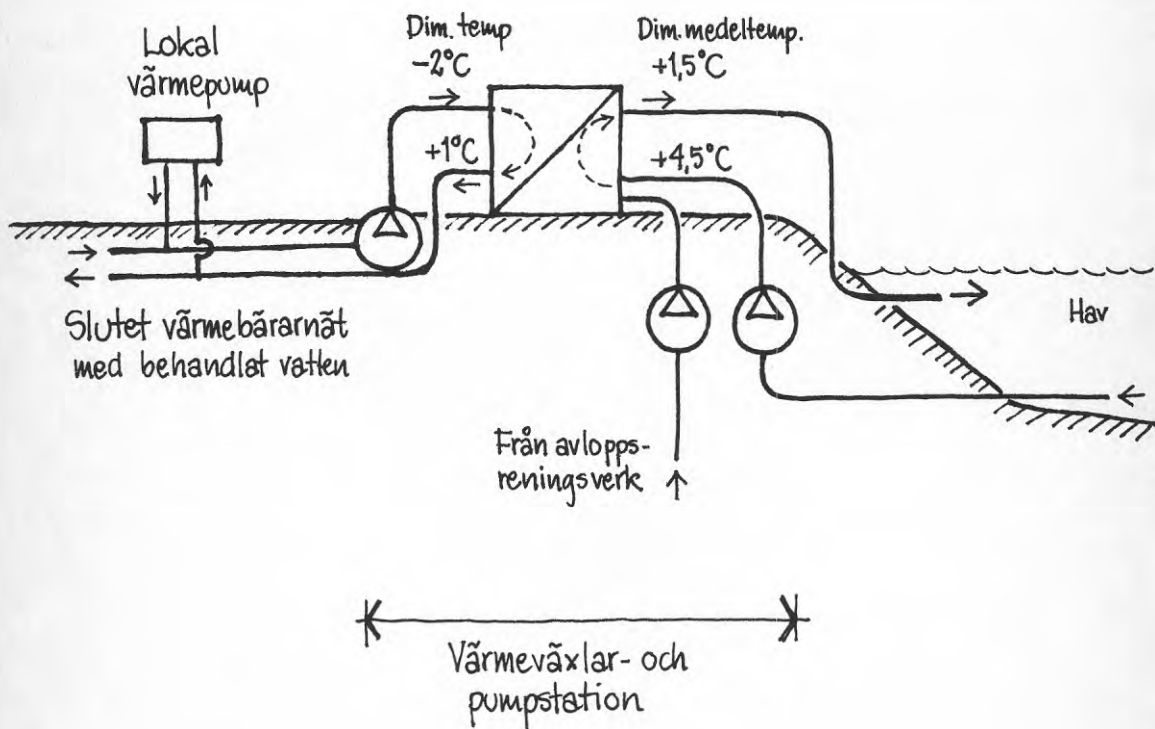
Avlopprensingsverk,
möjlig ilandföring
av hävsvatteninbäg
Avstånd 350 m

(Skala 1:4000)



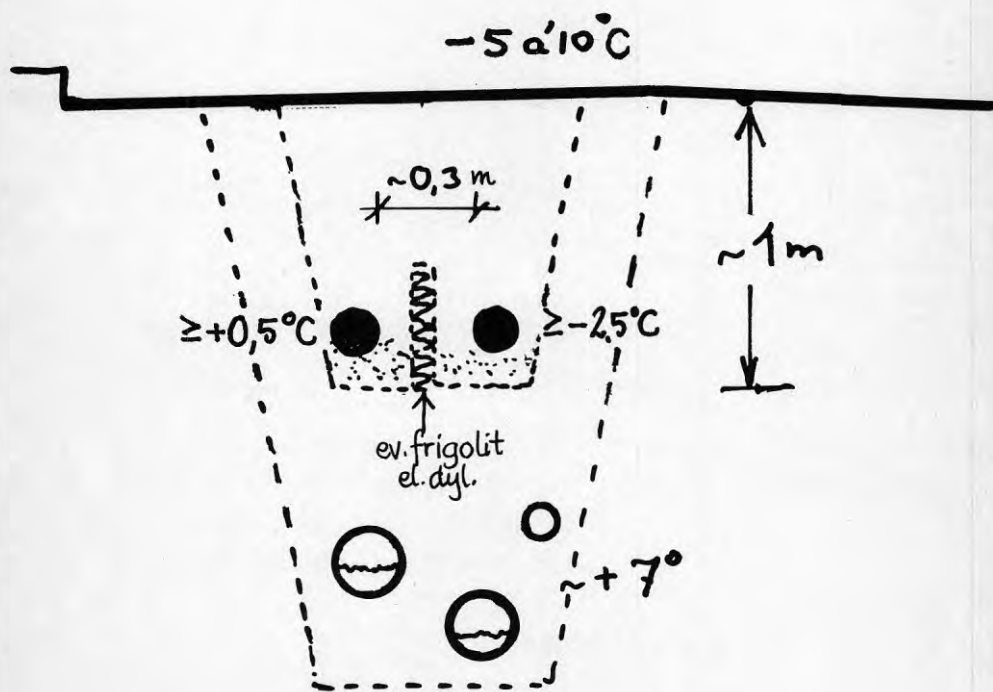
Område	Bebyggelse	Yta	Uppräkning
A	90 Svärhus	14400 m ²	Dinackr. d.
B	48 låg. bostadshus flerboligstank	4740 m ²	Gropcentral deltadad
C	48 radhus	6386 m ²	
D	Fritidsgård 5 bogn.	876 m ²	lvd. utepromn
E	29 låg. radhus	2216 m ²	Värdhus d. panna vårst. Bognad
F	38 svärhus	5920 m ²	Kombi-svårhus d. d. utepromn
G	Kyrka	6150 m ²	Olja
H	Låg, flerboligst.	780 m ²	Olja
I	6 låg. lärboligst.	776 m ²	Olja
J	Svårhus	3748 m ²	Olja
Över: 150 Svärhus, 16stader			
Huvudsakligen skivstaden d. vårst. d.			

SYSTEMPRINCIP



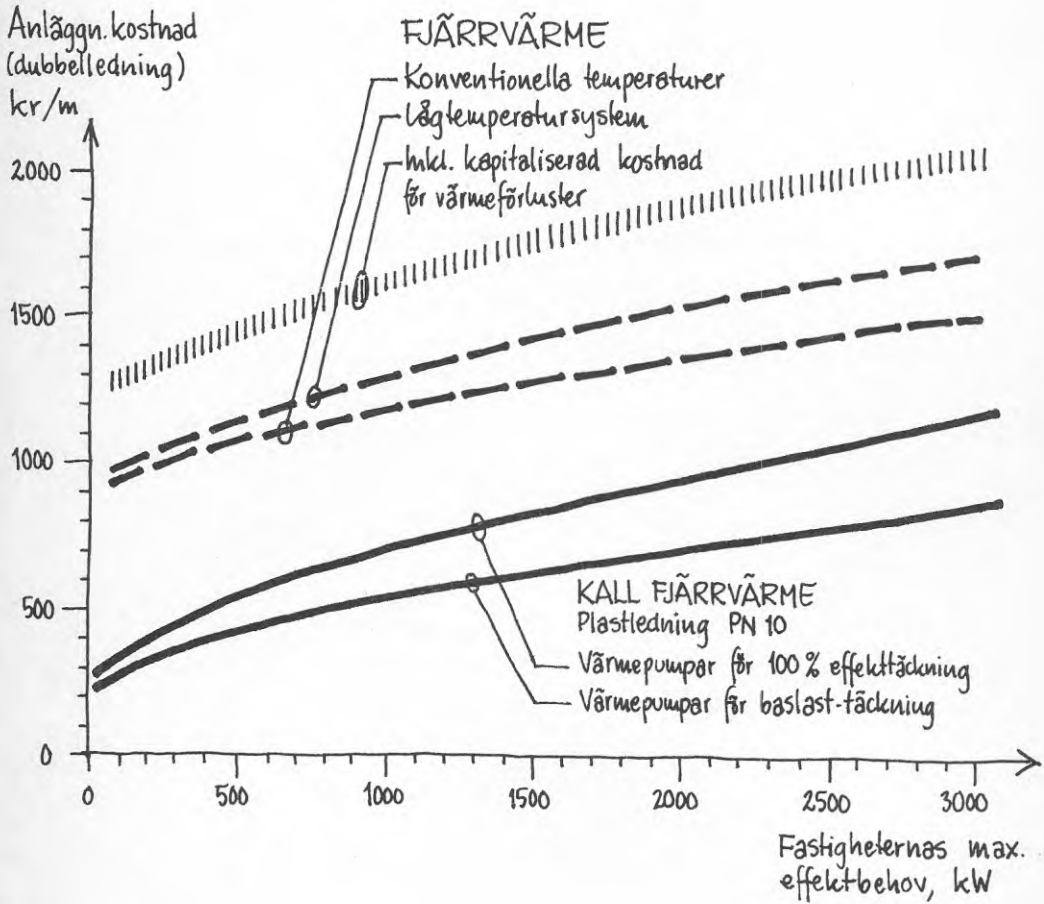
TYPSEKTION

Ledning förlagd i
befintlig rörgrov



Anm: Underhåll av bef. ledningar m.m. kan
kräva modifieringar av förläggningen

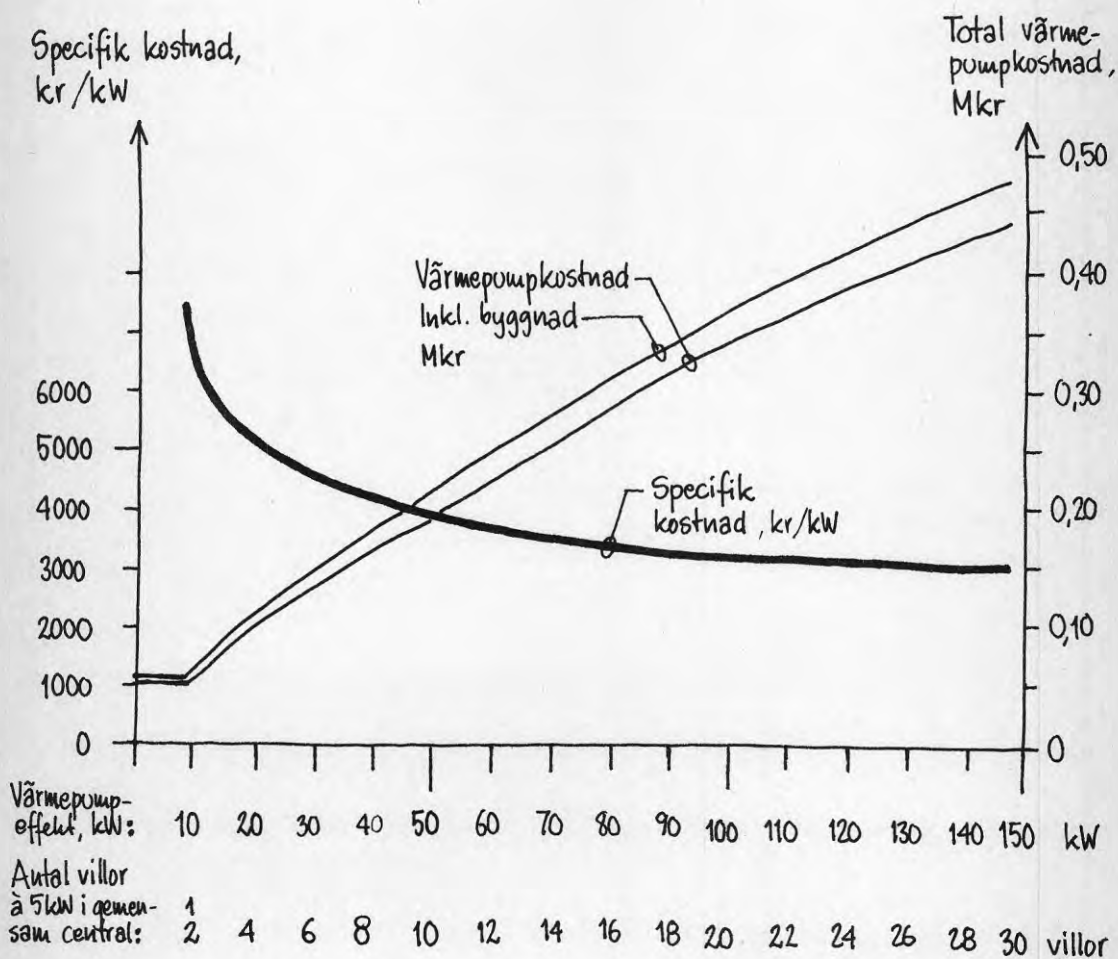
LEDNINGSKOSTNADER



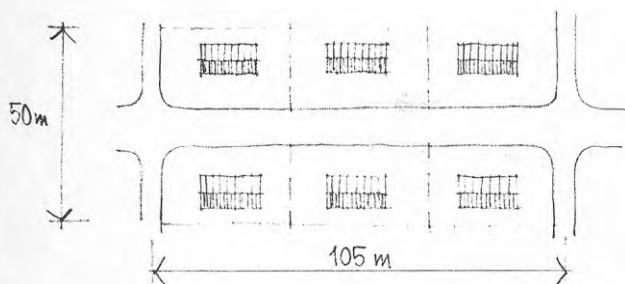
Obs! Kurvorna för "kall fjärrvärme" resp. "vanlig fjärrvärme" konvergerar vid högre effekter.

KOSTNAD FÖR VÄRMEPUMPAR

Exkl. kostnad för ledningar



INVESTERINGSKOSTNAD PER SMÅHUS som funktion av antal hus per värmepump



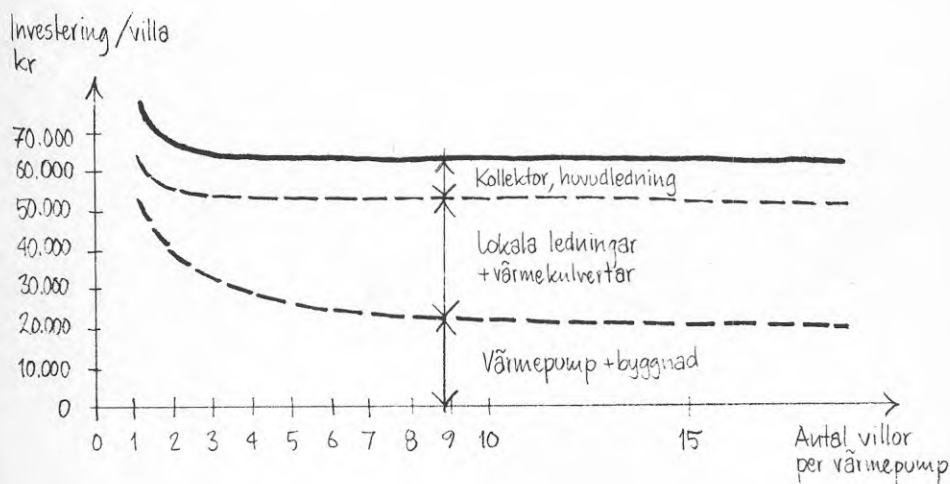
Studerat typkvarter villaområde

Exploateringsstal $e = 0,17$

Våningsyta $150 \text{ m}^2 / \text{hus}$

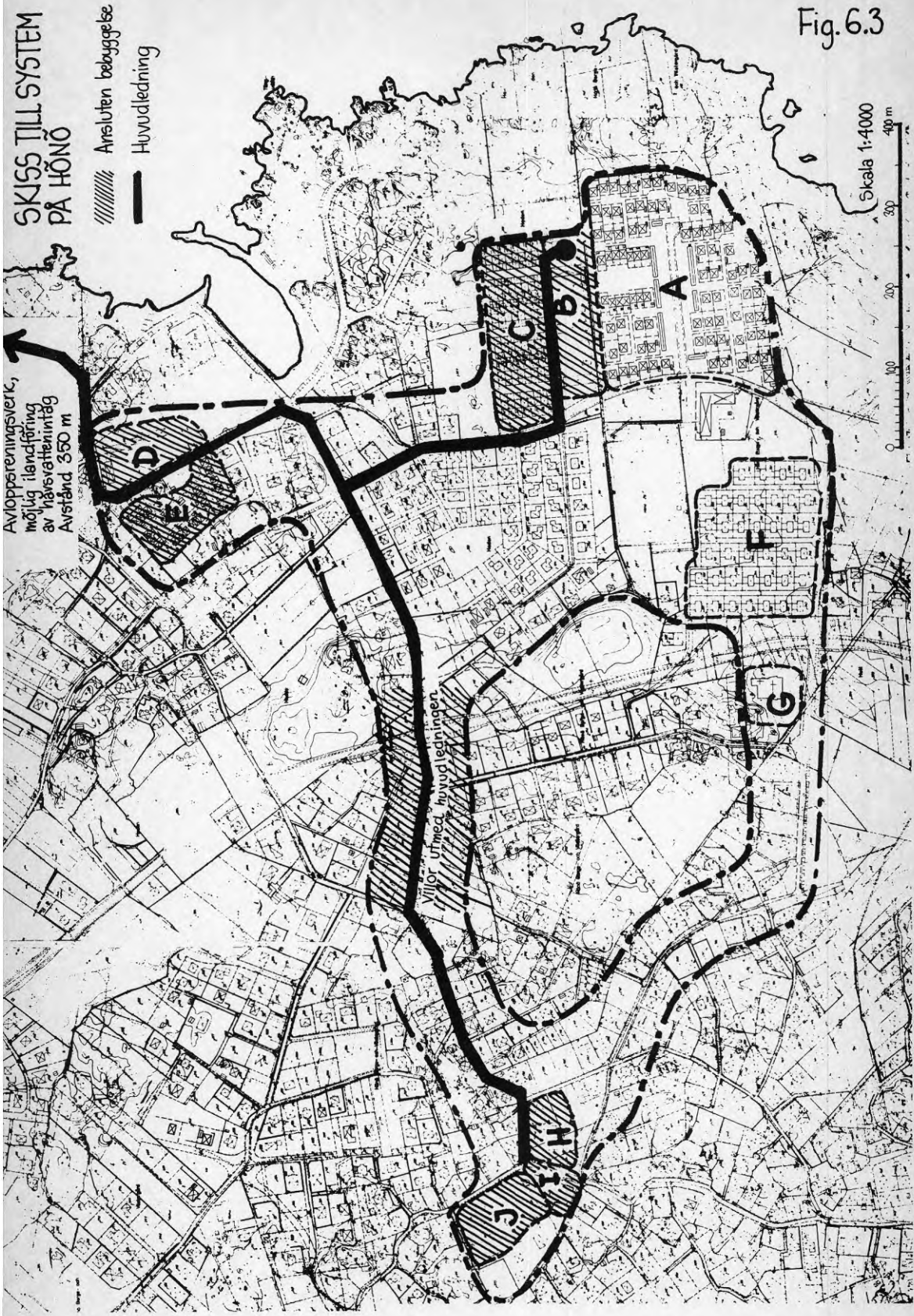
Tomtyta 700 m^2

Toppeffektbehov $10 \text{ kW} / \text{hus}$,
varav värmepumpen täcker 5 kW



Anm: Vid ökande exploateringsstal minskar totalkostnadens nivå:
Täta områden med friliggande villor: Ca 50 000 kr/hus
Radhusområden: Ca 40 000 kr/hus

Fig. 6.3





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821750-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Öckerö kommun, Öckerö.**

R73: 1984

ISBN 91-540-4147-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art.nr: 6704073
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms