



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

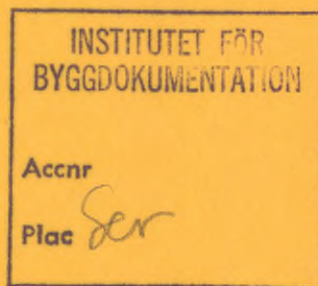
R95:1986

Kalldistributionsnät för Ekeby villaområde, Södertälje

Förstudie

Leif Bodinson
Bertil Malmqvist

R
AMK



Byggeforskningsrådet

R95:1986

KALLDISTRIBUTIONSNÄT FÖR EKEBY VILLAOMRÅDE,
SÖDERTÄLJE

Förstudie

Leif Bodinson

Bertil Malmqvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
851131-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Södertälje Energiverk.

REFERAT

Studiens syfte var att utreda de tekniska och ekonomiska möjligheterna att värmeförsörja ett befintligt villaområde med hjälp av ett s k kalldistributionsnät. Villaområdets värmetäthet är så låg att "normal" fjärrvärme sällan är ekonomiskt intressant, främst på grund av höga kostnader för distributionssystemet. Kalldistributionsnät kan byggas till avsevärt lägre kostnader på grund av den lägre mediatemperaturens mindre krav på material och isolering. Vidare jämförs i studien ett antal individuella lösningar.

Utredningen visar att:

- o Introduktion av kollektivt system i befintlig villabyggnad kräver hög anslutningsgrad. På grund av höga kostnader är detta svårt att uppnå även om god ekonomi på lång sikt kan påvisas.
- o Avståndet till värmekällan Mälaren är i detta fall för stort.
- o Kalldistribution med ytjord som värmekälla är det mest ekonomiska kollektiva systemet.
- o Om kalldistributionssystem kommer till stånd bör etablerad institution t ex kommunalt energiverk ansvara för systemet.
- o Billigaste alternativ idag enligt utredningens förutsättningar är elpanna.

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

R95:1986

ISBN 91-540-4619-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	FÖRORD	4
1	INLEDNING	5
2	TEKNIK VID KALLDISTRIBUTION	6
2.1	Systemets uppbyggnad	6
2.2	Material	8
2.3	Skarvning	9
2.4	Luftning	9
2.5	Köldbärare	9
2.6	Förläggning	9
2.7	Säkerhetssystem	10
3	UTFORMNING AV KALLDISTRIBUTIONS- NÄT I EKEBY	12
3.1	Beskrivning av Ekeby villaområde	12
3.2	Bestämning av typhus	12
3.3	Värmepumpinstallation i typhuset	13
3.4	Distributionsnätet i villaområdet	14
3.5	Möjliga värmekällor	15
3.6	Huvudmannaskap och förvaltning	18
4	KOSTNAD FÖR KALLDISTRIBUTIONS- ALTERNATIV	20
4.1	Förutsättningar	20
4.2	Sjövärme	21
4.3	Ytjordvärme	23
5	ALTERNATIVA UPPVÄRMNINGSFORMER	25
5.1	Gemensam värmeproduktion	25
5.2	Enskilda uppvärmningsformer	29
6	EKONOMISK JÄMFÖRELSE AV ALTERNA- TIVEN	31
6.1	Sammanställning	31
6.2	Elpriset i framtiden	32
7	NÅGRA OLIKA FAKTORERS INVERKAN PÅ LÖNSAMHETEN VID KALLDISTRIBU- TION	33
7.1	Antal anslutna hus	33
7.2	Installationskostnader för värmepumparna	33
7.3	Transportsträckans längd	33
7.4	Öppet alternativt slutet system vid sjö- värme	33
7.5	Kalldistributionsnät i ny bebyggelse	34
8	SAMMANFATTNING	35
	LITTERATURFÖRTECKNING	37
Bilagor:	1	Temperaturmätning i Mälaren
	2	Förutsättningar för dimensionering av kalldistributionsnät

FÖRORD

Efter en förfrågan från styrelsen för Ekeby villaägareförening hösten 1985 om förutsättningarna att utnyttja mälarvattnet för kollektiv uppvärmning av ett hundratal 60-talsvillor, har energirådgivningen på Energiverket i Södertälje kommun initierat denna byggforskningsrapport.

Från början var idén att genom ett slutet kalldistributionssystem förse de enskilda villorna med mälarvatten vars energiinnehåll skulle avges i individuella värmepumpinstallationer.

Vid kontakter med Byggeforskningsrådet, BFR, visade det sig att intresse fanns att ekonomiskt stödja en förstudie av detta slag. Sedan en ansökan beträffande ekonomiskt stöd beviljats, utsågs, efter anbudsinfordran från fyra företag, Scandiaconsult i Stockholm att genomföra förstudien. Temperaturmätningar av mälarvattnet har utförts av Hans Jelbring, Inventex Aqua AB.

Under områdets uppbyggnad försågs flertalet villor med oljepannor. Sedan några år pågår successiv övergång till någon form av elvärme samtidigt som man - i vissa fall - utfört olika energisparåtgärder.

Genom en aktiv och initiativrik villaägareförening har förutsättningar skapats att kollektivt lösa enskilda villaägares energiproblem varför ett särskilt tack skall framföras till föreningens styrelse.

Södertälje i juni 1986

Energirådgivning
Energiverket

1 INLEDNING

Södertälje Energiverk har av Byggforskningsrådet fått i uppdrag att studera de tekniska och ekonomiska möjligheterna att distribuera värme vid låg temperatur för uppvärmning av Ekeby villaområde. Området är beläget 15 km nordväst om Södertälje.

Tekniken att distribuera värme till flera fastigheter vid en temperatur under eller i nivå med omgivningens temperatur för att sedan höja temperaturnivån lokalt med hjälp av värmepumpar benämns kalldistribution. I värmepumparna höjs temperaturnivån så att värmen räcker till för att producera tappvarmvatten och radiatorvärme.

Genom att värmedistributionen sker vid en temperatur i nivå med omgivande marks temperatur elimineras i princip kulvertförlusterna. Kulverten kan bestå av plaströr varför kostnaderna för kulvertnätet blir lägre jämfört med konventionell fjärrvärmeteknik. Det kan innebära att områden med låg värmetäthet, exempelvis villaområden, blir ekonomiskt lönsamma att förbinda i lokala distributionsnät.

Kalldistribution lämpar sig väl för att utnyttja naturvärme eller spillvärme med en jämn temperaturnivå över året. Värmekällan blir gemensam för de anslutna fastigheterna vilket möjliggör samordningsvinster vid kollektorläggning eller annan anläggningskostnad.

Värmepumpstekniken medför också andra fördelar:

- Reducerat behov av köpt energi.
- Reducerat eleffektbehov jämfört med eluppvärmning utan värmepump.
- Miljövänlig jämfört med förbränningsalternativ.

Kalldistributionstekniken kan användas i befintliga såväl som i byggda områden. Vid nyproduktion kan samordningsvinster göras genom att lägga kulvert för kalldistribution tillsammans med vatten- och avloppsledningar eller elmatning.

Tekniken liknar konventionell fjärrvärmeteknik och en motsvarande anslutningspolicy kan användas. Däremot är det lämpligt att de enskilda fastighetsägarna äger och betalar drivenergi för värmepumparna.

2 TEKNIKEN VID KALLDISTRIBUTION

2.1 Systemets uppbyggnad

Man kan skilja på två principiellt skilda typer av system:

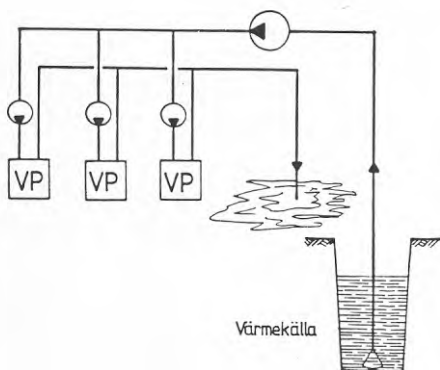
- öppet system där värmekällans medium transporteras i kulvertsystemet till de lokalt placerade värmepumparna
- slutet system där en sk köldbärare får cirkulera i en sluten krets.

Systemet kan delas i tre funktioner; värmeupptagning, transport och distribution.

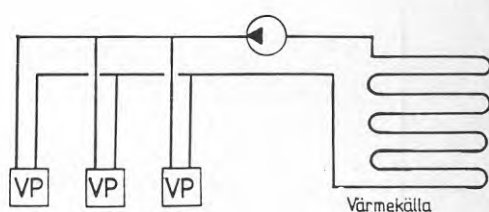
Värmeupptagning

Vid ett öppet kalldistributionssystem pumpas t ex grundvatten till värmepumparnas kalla sida (förångarsidan) och transporteras sedan bort till en lämplig recipient, se figur 2.1.

Vid ett slutet system sker en värmeväxling vid värmekällan där en cirkulerande köldvätska tillgodogör sig värmen, se figur 2.2. Värmeupptagning kan då ske från olika naturliga värmekällor som mark, vatten och berg och även från spillvärme.



Figur 2.1
Öppet kalldistributionssystem



Figur 2.2
Slutet kalldistributionssystem

Transport

Vid ett slutet system krävs en tillförsel- och en returledning medan det vid ett öppet system är tillräckligt med en tillförselledning och en avnärmarledning som dras till en lämplig recipient, t ex en sjö, ett dike eller eventuellt till dagvattennätet.

Transportledningar kan normalt utföras i plastmaterial.

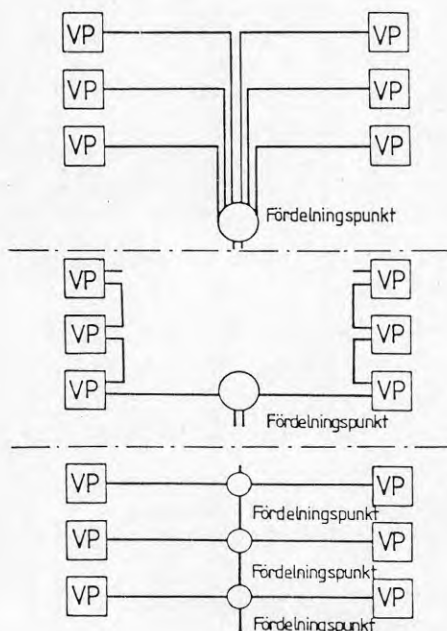
Distribution

Distributionen sker i ett kulvertnät där ett så billigt material som möjligt väljs. Materialet måste klara de tekniska krav som ställs och medge en enkel förläggning.

I de flesta fall bör plastmaterial vara mest intressanta.

Olika distributionssätt kan väljas (figur 2.3):

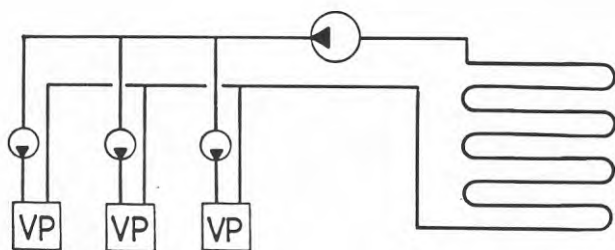
- "Skarvfri" förläggning där varje värmepump matas med en separat tillförselledning från en fördelningspunkt.
- Kamförläggning där två eller flera fastigheter försörjs i "serie" med gemensam tillförselledning.
- Trädförläggning där fastigheterna försörjs från gemensam tillförselledning.



Figur 2.3 Olika distributionssätt (1)

Huvdcirkulationspumpar installeras i distributionssystemet och dimensioneras för att övervinna tryckförlusterna i systemet, se figur 2.2. En injustering med hjälp av strypventiler görs vid förgreningarna så att värmepumparnas förångare erhåller rätt köldbärarflöde.

Om varje fastighet förses med en cirkulationspump enligt figur 2.4 kan huvdcirkulationspumpen varvtalsregleras i förhållande till utelufttemperaturen. Det innebär att pumparbetet kan variera med områdets värmebehov. Cirkulationspumparna i varje hus innebär dock en högre investeringskostnad.



Figur 2.4 Slutet kalldistributionssystem med huvdcirkulationspump och enskilda cirkulationspumpar.

2.2 Material

Tack vare låg temperaturnivå och liten temperaturdifferens vid kalldistribution kan plastmaterial med fördel användas.

Plaster är vid jämförbara dimensioner billigare än rör av gjutjärn, stål, betong och koppar.

Termoplaster av PEM och PEH är svetsbara vilket medger ett distributionsystem med få mekaniska skarvar.

Plaströr är relativt flexibla vid förläggning och de lägre dimensionerna kan böjas. Plaströren tål tack vare sin flexibilitet betydande rörelser och sättningar i marken.

Rören är dock känsliga för yttre påverkan i form av skarpkantade punktbelastningar. Därför bör särskilda krav ställas på kringfyllnadsmaterialet.

2.3 Skarvning

Polyetenrör kan skarvas antingen med mekaniska kopplingar eller genom svetsning.

Vid muffsvetsning (smältsvetsning) överlappar muffen röränden och utan tillsatsmedel svetsas rörände och rördelsmuff samman. Vid grövre dimensioner används stumsvetsning.

Skarvningen ska utföras så att plaströren inte utsätts för större vridning eller nötning vid expansionsrörelser hos plaströren på grund av temperaturförändringar.

2.4 Luftning

Luft kan komma in i systemet antingen bundet i vätskan som ska cirkulera i kretsen eller vid påfyllningsmomentet. Möjligheter ska finnas till luftning av systemet vid höjdpunkter för att evakuera utfälld luft.

2.5 Köldbärare

Vid ett slutet system cirkulerar en sk köldbärare genom systemet där den lämnar den upptagna energin från värmekällan i värmepumpens förångare.

Det finns ett flertal köldbärare på marknaden. Val av köldbärare görs i första hand utifrån miljöaspekter, värmetekniska egenskaper, korrosionsrisker i systemet och köldbärarens hanterbarhet.

Vid slutna köldbärarsystem måste hänsyn tas till den använda vätskans volymändring.

Tömning och påfyllning av köldbärarsystemet ska kunna ske vid avstängningsventiler i systemet, se vidare under kapitel 2.7.

2.6 Förläggning

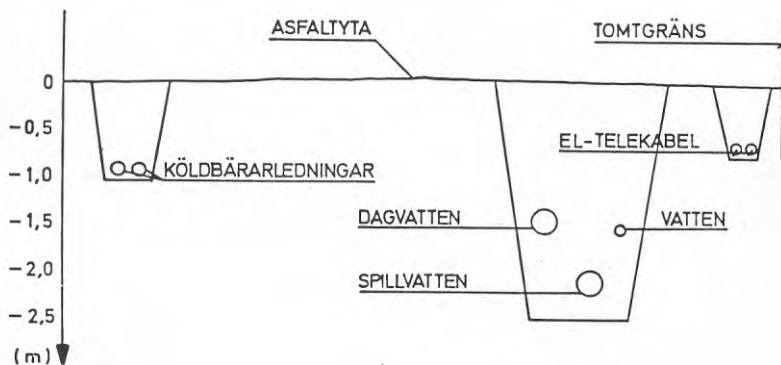
Förläggningsdjupet av distributionsledningar bör ske på ett sådant djup att plastkylverten skyddas från mekanisk påverkan. Normalt förläggingsdjup är 0,6-1,2 m beroende på markytans beskaffenhet och rördimensioner.

Kringfyllnadsmaterialet ska ha sådan beskaffenhet att skarpkantade stenar inte kan orsaka genomslag på plastslangar. Därför bör man ställa särskilda krav på krossmaterialet t ex genom att begränsa stenstorleken.

Ledningsnätet bör i möjligaste mån förläggas i obruten mark för att minimera återställningskostnaderna.

Vid förläggning i körbana ska hänsyn tas till väglast och att uppschaktade massor fyller kraven för fyllningsmaterial. Packningen av materialet bör ske omsorgsfullt så att sättningsskador undviks.

Vid förläggning i befintlig bebyggelse måste hänsyn tas till vatten-, dagvatten- och spillvattenledningar samt el- och teleledningar. Kontakt bör tas med gatukontoret, televerket etc för diskussion om möjlighet till framkomlighet i området samt för utmärkning av befintliga ledningar. Figur 2.5 visar en typsektion vid förläggning i gata.



Figur 2.5 Förläggning av köldbärarledningar

Eftersom köldbärarledningarna vår, höst och vinter kan hålla en lägre temperatur än $\pm 0^{\circ}\text{C}$ bildas iskroppar kring ledningarna vid kontakt med grundvatten.

Det kan därför bli nödvändigt att isolera köldbärarledningarna för att undvika tjälskador, speciellt vid förläggning i gatumark.

Risken för tjälskador beror också på jordmaterial varför frågan om isolering av rören inte kan avgöras förrän efter närmare undersökning.

2.7 Säkerhetssystem

Kalldistributionen bygger på att flera värmepumpar är inkopplade på samma distributionssystem. Det gör samtidigt systemet sårbart, då flera värmepumpars värmeproduktion kan stoppas vid ett läckage i systemet.

För att ett läckage inte ska få stora konsekvenser för värmepumparnas värmeproduktion och för omgivande miljö ska:

- tiden tills läckage upptäcks minimeras
- möjlighet till avstängning av delar av systemet finnas
- systemet utformas så att ett läckage kan lokaliseras.

Slutet system

För att minimera tiden tills ett läckage upptäcks kan systemet förses med larmutrustning styrd av tryckvakter eller differensflödesmätare. (Differensflödesmätning används om huvudcirkulationspumparna varvtalsregleras.) Tryckvakterna placeras lämpligen över huvudcirkulationspumparna som vid fallande tryck larmar. Differensflödesmätare jämför flöden i fram- och returledning i distributionsnätet. Blir flödesdifferensen för stor utgår larm.

Systemet förses med avstängningsventiler så att delar av kalldistributionssystemet kan stängas av och provtryckas. Avstängningen kan antingen ske automatiskt, kopplad till tryckvakter och differensflödesmätare enligt ovan, eller manuellt av behörig personal.

Har läckage uppstått i distributionsnätet kan den skadade förgreningen stängas av och värmeproduktionen fortsätta på normalt sätt i övriga delar av distributionsnätet. Skador på transportledningar innebär att hela distributionsnätet drabbas av driftavbrott.

Provtryckning sker manuellt med portabel utrustning för att lokalisera i vilken del av systemet läckaget uppstått.

En närmare lokalisering av läckagepunkt kan sedan göras med exempelvis en radiosond som får följa flödet i kretsen. Det har visat sig att radiosonden stannar där skadan uppkommit. Med radioutrustning kan sonden lokaliseras och lagningsarbetet påbörjas.

Öppet system

Vid läckage i ett öppet kalldistributionssystem blir konsekvenserna mindre.

Värmekällans medium, grundvatten eller t ex kylvatten, läcker då ut i omgivande mark. Vätskan har troligtvis sådan renhet att det inte är nödvändigt av miljöskäl att omedelbart avbryta pumparbetena.

Däremot bör systemet förses med motsvarande möjligheter som vid ett slutet system att kunna lokalisera ett läckage.

Kommentarer

Kravet på säkerhetssystem kring kalldistributionstekniken bör ställas utifrån acceptabelt läckage och drifekonomisk optimering.

En larmutrustning kopplad till tryckvakter och flödesmätare belastar tekniken ekonomiskt men kan visa sig motiverad när många fastigheter är anslutna i ett gemensamt distributionsnät.

3 UTFORMNING AV KALLDISTRIBUTIONSNÄT I EKEBY

3.1 Beskrivning av gamla Ekeby villaområde

Gamla Ekeby villaområde ca 15 km nordväst om Södertälje består av 187 villor, flertalet byggda under 1960-talet. Området ligger ca 1,5 km från Mälaren och är omgivet av jordbruksmark som brukas.

Husen varierar i storlek och utformning. Området är dock tämligen ensartat. Som grund för dimensionering och lönsamhetskalkyler har ett typhus bestämts. Hur detta har gjorts beskrivs närmare i kapitel 3.3.

Husen värms till övervägande delen med oljepannor men flera villaägare har installerat elpannor. Ett fåtal villor är även utrustade med villavärme-pumpar.

Avståndet mellan husen är i genomsnitt ca 23 meter och värmeförbrukningen är 19 kWh/m².



Figur 3.1 Gamla Ekeby villaområde

3.2 Bestämmande av typhus och antal hus som kommer att anslutas

Som nämnts tidigare är husen i gamla Ekeby villaområde olika rent arkitektoniskt men är i allmänhet uppförda under mitten av 1960-talet. Det finns flera faktorer som varierar mellan husen vilka är av intresse för ett kalldistributionsnät.

- Effekt- och energibehov är olika.
- Fram- och returtemperaturer för värmesystemet i villorna varierar vilket kan medföra begränsningar för värmepumparnas effektivitet.
- Behovet av utrustning kring en värmepumpinstallation kan variera beroende på befintlig utrustning.
- Pannrummets åtkomlighet.

Inom ramen för föreliggande utredning finns inte medel att närmare studera varje enskild fastighet. En energianalys bör utföras för varje hus före installation av nytt uppvärmningssystem. Bland annat bör energisparmöjligheter och erforderliga temperaturnivåer för radiatorerna undersökas.

Till grund för den ekonomiska studien och för att kunna jämföra kostnaderna för kalldistributionstekniken har därför ett typhus bestämts utifrån en enkätundersökning bland villaägarna i Ekeby genomförd av Södertälje kommuns energirådgivare.

Detta har givit resultat att ett typhus i området har ett

- nettoenergibehov på 23 000 kWh/år, för uppvärmning och tappvarmvattenberedning. Detta motsvarar 3,3 m³ olja/år med en årsverkningsgrad för oljepannan på 70 %
- effektbehov för radiatorvärme på 7,5 kW
- effektbehov för tappvarmvatten på 2 kW

Typhusets totala effektbehov är alltså 9,5 kW. Vid dimensionering av kollektor, distributionsnät och gruppcentraler måste dock hänsyn tas till den sammanlagringseffekt som fås vid tappvarmvattenberedningen. Eftersom boendemönstret i Ekeby är ensartat (dagtidsarbete på annan ort för flertalet i området) har sammanlagringsfaktorn antagits vara tämligen hög eller ca 0,5. Områdets totala effektbehov blir $160 \times 8,5 \text{ kW} = 1,4 \text{ MW}$.

I studien har lönsamheten räknats för 160 anslutna typhus. Vad som händer om färre ansluter sig redovisas i kapitel 7.

3.3 Värmepumpinstallation i typhuset

Två alternativa värmepumpinstallationer har studerats.

- a) Värmepumpar med ca 10 kW avgiven effekt installeras. Värmepumpen ger 100 % effekttäckning vilket ger 100 % energitäckning för uppvärmning och tappvarmvatten i typhuset.
- b) Värmepumpar med ca 6 kW avgiven effekt installeras vilket ger ca 60 % effekttäckning. Värmepumpen täcker 96 % av typhusets energibehov för uppvärmning och tappvarmvatten.

Vid kostnadsberäkningen av värmepumpinstallationerna ingår förutom värmepumpen:

- Varmvattenberedare, 200 liter med inbyggd elpatron.
- I alt a) elkassett 6 kW för reservvärme vid driftstopp hos värmepumpen eller för elspets de kallaste dagarna om så erfordras i hus större än typhuset.
I alt b) oljekassett för spetsvärme och för reservvärme vid driftstopp.
- Reglercentral för samordnad drift av värmepump och spetsvärme.
- Cirkulationspump för köldbärarkretsen.
- Installationsarbete.
- Demontering och bortförel av befintlig oljepanna och tank.

Installationen är alltså en komplett värmeanläggning som även kan passa för hus med avvikande energi- och effektbehov gentemot typhuset.

Med kostnadsuppgifter från flera tillfrågade värmepumpentreprenörer som grund antogs:

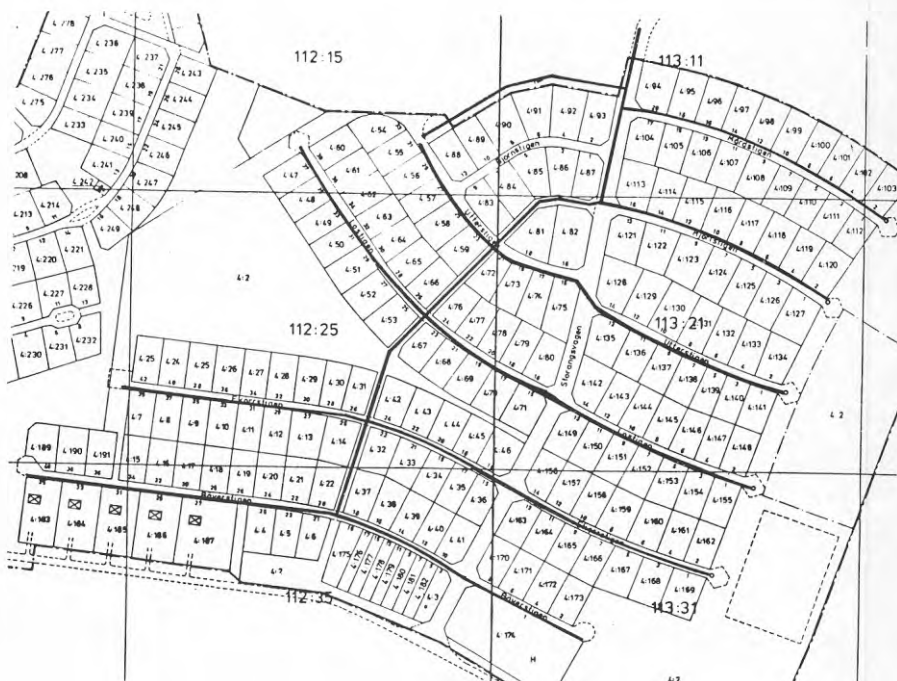
- kostnad för alternativ a) vara 47 000 kr per hus (exkl moms)
- kostnad för alternativ b) vara 47 000 kr per hus (exkl moms)

3.4 Distributionsnätet i Gamla Ekeby

Föreslagen sträckning av distributionsledningarna inom villaområdet framgår av figur 3.2.

Till största delen förläggs ledningarna i gata. Det medför relativt höga kulvertkostnader på grund av höga återställningskostnader vid grävning i väggkropp. Dessutom måste troligen delar av distributionsledningarna isoleras för att undvika tjälskjutningar.

Villaområdet byggdes omkring mitten av 1960-talet och många villaägare har häckar och staket runt sina fastigheter som skulle komma till skada vid en förläggning av distributionsledningar i tomtgräns. Alternativet att gå fram i tomtgräns för att undvika grävning i gata har efter diskussion med fastighetsägarna ej ansetts lämpligt.



Figur 3.2 Föreslagen sträckning av distributionsledningar i Gamla Ekeby.

Plaströr i svetsbar kvalitet utförs i allmänhet i hållfasthetsklass Pn4 men där så krävs ur belastningssynpunkt, väljs en högre tryckklass. I dimensionerna 40-90 mm används PEM-rör som kan levereras på rulle.

Distributionsrör med en utvändig diameter av 40 mm dras till varje enskild fastighet.

Kopplingar med avstängningsventil samt med möjlighet till provtryckning ordnas vid några platser på varje matarledning. Det gäller både fram- och returledning. Detta för att närmare kunna lokalisera ett eventuellt läckage och för att kunna stänga av en begränsad del av nätet.

Kostnaden för distributionsnätet beräknas till 3,5 Mkr för alternativ a) alternativet och 3,2 Mkr för alternativ b).

Kringutrustning i form av avluftning, avstängningsventiler, expansionskärl etc tillkommer och uppskattas kosta ca 0,6 Mkr.

Kostnad för eventuell isolering av distributionsledningar i gatumark tillkommer. Materialkostnaden är ca 10 kr/m vid ϕ 40 mm och 40 kr/m vid ϕ 150 mm om man använder cellplastisolering. Om halva distributionsnätet måste isoleras innebär det en materialkostnad på ca 0,2 Mkr och en tillkommande arbetskostnad av samma storleksordning.

Förläggningen sker i gata enligt typsektion (se figur 2.5).

Förläggning i dag- och spillvattengravars samt el- och telekabelgravars närhet undviks. I görligaste mån utnyttjas gatumark i nära anslutning till fastighetsgräns.

För att exakt bestämma distributionsledningarnas placering krävs en detaljerad projektering som bedrivs i samråd med berörda ledningsägare.

3.5 Möjliga värmekällor

Ekeby villaområde ligger ca 1,5 km från Mälaren och är omgiven av brukad åkermark. I områdets närhet finns också berg som skulle kunna utnyttjas för utvinnande av bergvärme.

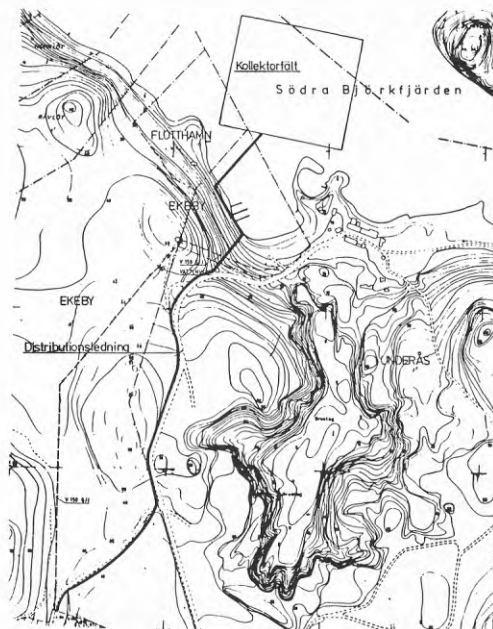
I denna studie har de ekonomiska möjligheterna för sjövärme och ytjordvärme studerats närmare.

Sjövärme

Temperaturmätningar gjordes i Mälaren strax innanför Slandö, i det område som skulle kunna vara intressant vid utnyttjande av sjövärme.

Temperaturen uppmättes till $+1.6^{\circ}\text{C}$ vid botten i februari 1986. Temperaturens gradient var liten vid mätpunkterna i området vilket tyder på strömt vatten. Troligtvis kan temperaturen sjunka ytterligare under mars och april månader vilket gör att de ekonomiska möjligheterna för att pumpa Mälarevattnet genom en värmeväxlare får anses vara begränsade vid aktuella vattenflöden. Den ekonomiska studien inriktades därför på ett slutet system med förläggning av en sjökollektor i området markerat i figur 3.3.

Temperaturmätningarna redovisas utförligare i bilaga 1.



Figur 3.3 Område lämpligt för sjökollektor

Efter rekognosering på plats bestämdes en lämplig sträckning av transportledningar fram till Ekeby villaområde, se figur 3.3.

Kulverten kan förläggas i väggkant utefter vägen från grustaget för att sedan följa åkerkanten sista sträckan fram till villaområdet. Pumpstationen kan placeras intill villaområdet. Med denna placering blir kraven på transportledningens tryckhållfasthet lägre.

Kostnaden för transportledningen blir i alt a) 3,9 Mkr och i alt b) 3,2 Mkr.

Kollektorn bör delas upp i ca 500 m långa parallellt kopplade plaströrsslingor i ett sådant antal att tillräcklig kyleffekt kan fås ur sjökollektorn. Kollektorn kan delas upp i två eller flera fält med separata samlings- och fördelningsrör med möjlighet till avstängning av enskilda fält (eventuellt slingor) från samlings- och fördelningsbrunnar placerade i strandkant.

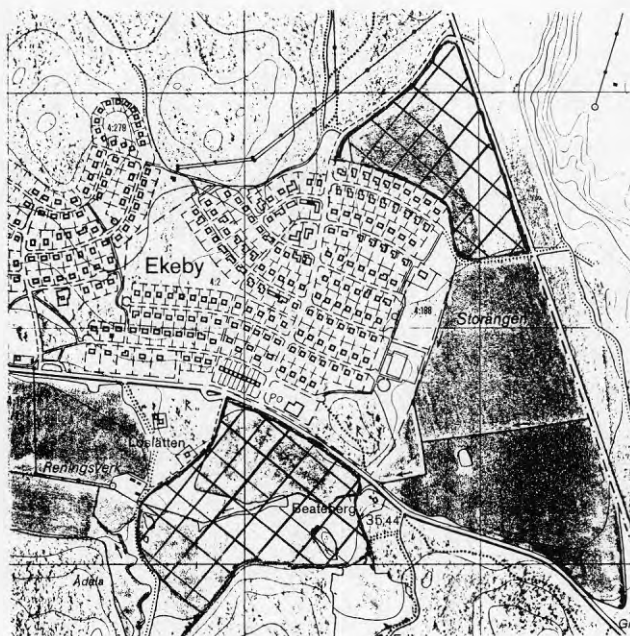
Kostnaden för förläggning av en komplett sjökollektor inkl samlings- och fördelningsbrunnar beräknas till 1,4 Mkr för alternativ a) och 0,9 Mkr för alternativ b).

Ytjordvärme

Värme ur ytjord är liksom sjövattnesvärme numera en beprövad teknik.

Användandet av brukad åkermark är inte fullt lika vanlig och innebär även vid låga energiuttag ur marken en viss förkortning av den odlingsbara tiden. De miljömässiga effekterna har dock vid studier visat sig små vilket gör att ytjordvärme är ett realistiskt alternativ för Ekeby. (Ref 2 och 3).

Ytbehovet för kollektorn bestäms noggrannare vid projektering. En uppskattning ger dock att vid ett c/c-avstånd på 1,2 m mellan kollektor-slangarna och ett kyleffektuttag av ca 15 W per meter slang blir ytbehovet i alternativet med 100 % effekttäckning ca 60 000 m² och i alternativet med 60 % effekttäckning ca 40 000 m². Kostnaden för kollektorn beräknas till ca 1,3 Mkr i alt a) och 0,9 Mkr i alt b). Vid utnyttjande av ytjordvärme för Ekeby villaområde måste en överenskommelse träffas med arrendatorn av den kommunala åkermarken.



Figur 3.4 Tänkbara områden för ytjordkollektor.

Fördelen med ytjordvärme är att transportledningarnas längd minskar i jämförelse med sjövärmealternativet. En transportsträcka på ca 200 meter skulle vara tillräcklig i jämförelse med sjövärmealternativets ca 1 500 meter.

Distributionsnätet anses ha samma utformning i ytjordsvärmealternativet som i sjövärmealternativet.

3.6 Huvudmannaskap och förvaltning

3.6.1 Huvudman

Ägande, skötsel och drift av de gemensamma delarna, dvs kollektor, tillförselledning och distributionsnät, bör omhänderas av en huvudman. Denne debiterar sedan abonnenterna kostnaden för kapital, service, underhåll samt årlig elanvändning för pumparna.

Ansvar för installationerna inom varje anslutet hus bör, såsom vid tidigare uppvärmningsform, vila på husägaren. Lämpligen upprättas också ett samordnat serviceavtal med installationsentreprenören eller annat företag så att villaägaren lätt kan få hjälp om så behövs.

Tänkbara huvudmän för en anläggning av denna art kan vara t ex energiverk, gatukontor eller villaägareförening.

Fördelarna med om något kommunalt organ åtar sig att stå som huvudman för anläggningen är flera. Främst borgar det för en även i framtiden stabil drift genom att driften sköts av utbildad personal.

Om anläggningen upphandlas av Energiverket belastas inte investeringskostnaden av mervärdesskatt. Vidare kan eventuellt gynnsammare finansiering ordnas än om anläggningen direkt bekostas av villaägarna.

Sannolikt kan även problemet med kostnader för senare tillkommande abonnenter lösas smidigare om Energiverket står som huvudman.

Denna typ av anläggning är inte ett uppvärmningssystem i konventionell mening varför det inte är givet att ett kommunalt energiverk ska åta sig ansvaret. Energiverkens arbetsuppgifter håller dock gradvis på att förändras, beroende på ny energiteknik och en annorlunda energipolitik, från att leverera el och eventuellt fjärrvärme till att förverkliga kommunens övergripande energimål. Här ingår bl a att, om möjligt, utnyttja lokala värmekällor. Detta innebär att energiverken är intresserade av att pröva nya lösningar utan att egentligen ha någon skyldighet att ta ansvaret för anläggningar av den här typen.

En möjlighet vore att gatukontoret skötte driften. Kallvattendistribution är närbesläktat med deras ordinarie arbetsuppgifter. Att ta ansvar för en anläggning för kalldistribution ingår dock inte i deras lagstadgade skyldigheter varför förutsättningarna för en sådan lösning måste avhandlas separat.

Är inte Energiverket eller gatukontoret intresserad av att ansvara för anläggningen är ett alternativ att villaägareföreningen står som huvudman. Villaägareföreningen känner ett naturligt ansvar för att anläggningen fungerar. Troligen kan avtal tecknas med entreprenören eller något serviceföretag om en planerad tillsyn och kontroll av systemet. Någon kontinuerlig övervakning behövs normalt inte. Däremot bör någon form av jouravtal finnas om fel skulle uppstå utanför normal arbetstid. Till den praktiska driften av anläggningen kommer det administrativa arbetet med att debitera kostnaderna för drift och underhåll.

3.6.2 Anslutningskostnader

Kostnaderna för de gemensamma delarna, dvs kollektor, tillförselledning och distributionsnät, ska i första skedet fördelas mellan de villaägare som är intresserade av en anslutning. Hur denna kostnad tas ut beror på finansieringsform och på vem som är huvudman.

Anslutningskostnaden bör vara lika stor för alla. De gemensamma delarna betjänar ju samtliga varför det är naturligt att denna kostnad delas lika.

Genom att området är ensartad beträffande bebyggelse och avstånd mellan gata och hus vållar det inga stora orättvisor att låta kostnaden för servisen in till varje ansluten villa ingå i den gemensamma kostnaden. Möjligen kan man tänka sig att om villaägaren av något skäl har önskemål om en längre ledningsdragning får han själv stå för extrakostnaden.

För att erhålla ett lågt pris på installationsarbetet av värmepump och övrig utrustning i villorna är det en fördel om samtliga villor förses med samma typ av utrustning. I den aktuella bebyggelsestorleken inverkar val av storlek på värmepump obetydligt på investeringskostnaden. Detta medför att även denna kostnad blir lika för abonnenterna. Villaägarna får lämpligen själva stå för kostnaden för installationen i sitt eget hus. Att husen har olika energibehov avspeglas sedan i elanvändningen för värmepumpen och ger därmed villaägare med högre energiförbrukning en större årlig elkostnad.

Kan man inte dela investeringskostnaden lika mellan abonnenterna försvåras beräkningsarbetet och man måste hitta en beräkningsmodell för att dela på kostnaden. Beräkningsmodeller av denna typ tenderar ofta att bli komplicerade.

I ett senare skede är det möjligt att ytterligare fastigheter vill ansluta sig till distributionsnätet. Nätets kapacitet bör dimensioneras så att det räcker till. De gemensamma kostnaderna blir lägre ju fler som delar på dem. Kostnaden för den senare tillkommande abonnenten kan dock bli betydligt högre då han ensam måste beställa kulvertarbete och installation av värmepump m m.

4 KOSTNADER FÖR KALLDISTRIBUTION

4.1 Förutsättningar

Lönsamheten för uppvärmning av villaområdet medelst kalldistribution har beräknats både för sjövärme och för ytjordvärme som värmekälla. För båda värmekällorna har dessutom de två olika systemlösningarna enligt kapitel 3.2 beräknats, dvs med 100 % effekttäckning resp ca 60 % effekttäckning från kalldistributionsnätet.

I samtliga alternativ har den reala kalkylräntan satts till 6 %.

Beräkningarna har gjorts för 160 villor vilket förväntas vara det högsta antalet framtida abonnenter. Hur kostnaderna för den enskilde villaägaren påverkas om färre ansluter sig diskuteras i kapitel 7.1.

Nettoenergibehovet är 3 700 MWh/år (3,3 m³ olja/villa och år, pannans årsmedelverkningsgrad 70 %) och dimensionerande effekt 1,4 MW (160 hus á 8,5 kW).

Värmepumparna har antagits ha årsvärmefaktorn 2,3. Detta ger att i alternativen med 100 % effekttäckning blir elbehovet:

$$3\,700 / 2,3 = 1\,609 \text{ MWh/år}$$

I de alternativ där värmepumpen ger 60 % effekttäckning innebär det en energitäckning på 96 %. Värmepumparnas tillgänglighet har satts till 95 %. Elenergibehovet blir:

$$3\,700 * 0,96 * 0,95 / 2,3 = 1\,470 \text{ MWh/år}$$

Resterande del täcks i alternativen med 60 % effekttäckning med olja. Detta ger oljeförbrukningen:

$$3\,700 * (1 - 0,96 * 0,95) / 8 = 41 \text{ m}^3 \text{ olja/år}$$

El till värmepumparna betalas av respektive villaägare. Elpriset är för närvarande 30,5 öre/kWh inkl fasta avgifter. Installerad huvudsäkring är i de flesta fall tillräcklig varför inga extra kostnader tillkommer.

El för pumparna i distributionsnätet kan sannolikt köpas enligt lågeffekts-tariff. I beräkningarna har genomsnittskostnaden satts till 29,0 öre/kWh.

4.2 Sjövärme

Kollektorn och tillförselledningen förläggs enligt figur 3.3.

4.2.1 Sjövärme med 100 % effekttäckning

Energianvändning

El, värmepumpar	1 607 MWh/år
El, distribution	330 MWh/år

Investeringskostnad:

Kollektor, kyleffekt 800 kW á 1 800 kr/kW	1 440 kkr
Tillförsel- och returledning	3 900 kkr
Köldbärare	500 kkr
Pumpstation inkl utrustning	300 kkr
Distributionsnät	3 500 kkr
Kringutrustning (avlutning, avstängning, säkerhetsutrustning m m)	600 kkr
Projektering och administration m m (15 %)	1 540 kkr
Värmepumpinstallation inkl arbete	7 520 kkr
Totalt	19 300 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät, transportledning, kollektor	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad

Värmepumpar och installationer inom fastighet	7 520 kkr
Pumpstation m m	345 kkr
Distributionsnät, transportledning och kollektor	11 430 kkr

TOTAL ÄRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Värmepumpar m m inom fastighet	774 kkr
Pumpstation	36 kkr
Distributionsnät	997 kkr

Energikostnader

El, värmepumpar	490 kkr
El, distribution	100 kkr

Driftkostnader

Service och uh av värmepumpar (2 %)	144 kkr
Underhåll, distributionsnät (2 % av investeringskostnad)	204 kkr

Årskostnad 2 745 kkr

Årskostnad per hus 17,1 kkr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnader) 74,2 öre/kWh

Rörlig energikostnad 15,9 öre/kWh

4.2.2 Sjövärme med 60 % effekttäckning

Energianvändning:

EI, värmepumpar	1 470 MWh/år
EI, distribution	200 MWh/år
Olja	40 m ³ /år

Investeringskostnad:

Kollektor, kyleffekt 480 kW à 1 800 kr/kW	870 kkr
Tillförsel- och returledning	3 160 kkr
Köldbärare	390 kkr
Pumpstation inkl utrustning	280 kkr
Distributionsnät	3 140 kkr
Kringutrustning (avluftning, avstängning, säkerhetsutrustning m m)	500 kkr
Projektering och administration m m (15 %)	1 250 kkr
Installation av vp och oljekassett inkl arbete	<u>7 520 kkr</u>
Totalt	17 100 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät, transportledning, kollektor	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad:

Värmepumpar och installationer inom fastighet	7 520 kkr
Pumpstation m m	320 kkr
Distributionsnät, transportledning och kollektor	9 270 kkr

TOTAL ÅRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Värmepumpar m m inom fastighet	774 kkr
Pumpstation	33 kkr
Distributionsnät	808 kkr

Energikostnader

EI, värmepumpar	450 kkr
Olja (40 m ³ à 2 150 kr)	86 kkr
EI, distribution	60 kkr

Driftkostnader

Service och underhåll av värmepumpar (2 %)	144 kkr
Skötsel av oljekassett, sotning (1 000:-/hus, år)	160 kkr
Underhåll, distributionsnät (2 %)	<u>165 kkr</u>

Årskostnad	2 680 kkr
------------	-----------

Årskostnad per hus	16,8 kkr
--------------------	----------

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnader)	72,4 öre/kWh
--	--------------

Rörlig energikostnad	16,1 öre/kWh
----------------------	--------------

4.3 Ytjordvärme

4.3.1 Ytjordvärme med 100 % effekttäckning

Energianvändning

El, värmepumpar	1 607 MWh/år
El, distribution	30 MWh/år

Investeringskostnad:

Kollektor, kyleffekt 800 kW á 1 600 kr/kW	1 280 kkr
Tillförsel- och returledning (200 m)	400 kkr
Köldbärare	200 kkr
Pumpstation inkl utrustning	250 kkr
Distributionsnät	3 500 kkr
Kringutrustning (avluftning, avstängning, säkerhetsutrustning m m)	500 kkr
Projektering och administration m m (15 %)	920 kkr
Värmepumpinstallation inkl arbete	<u>7 520 kkr</u>
Totalt	14 570 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät, transportledning, kollektor	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad

Värmepumpar och installationer inom fastighet	7 520 kkr
Pumpstation m m	290 kkr
Distributionsnät, transportledning och kollektor	6 760 kkr

TOTAL ÄRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Värmepumpar m m inom fastighet	774 kkr
Pumpstation	30 kkr
Distributionsnät	589 kkr

Energikostnader

El, värmepump	490 kkr
El, distribution	10 kkr

Driftkostnader

Service och underhåll av värmepumpar (2 %)	144 kkr
Underhåll, distributionsnät (2 %)	<u>111 kkr</u>

Årskostnad 2 148 kkr

Årskostnad per hus 13,4 kkr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnader) 58,1 öre/kWh

Rörlig energikostnad 13,5 öre/kWh

4.3.2 Ytjordvärme med 60 % effekttäckning

Energianvändning:

El, värmepumpar	1 470 MWh/år
El, distribution	20 MWh/år
Olja	40 m ³ /år

Investeringskostnad:

Kollektor, kyleffekt 480 kW å 1 900 kr/kW	900 kkr
Tillförsel- och returledning (200 m)	380 kkr
Köldbärare	150 kkr
Pumpstation inkl utrustning	230 kkr
Distributionsnät	3 140 kkr
Kringutrustning (avluftning, avstängning, säkerhetsutrustning m m)	400 kkr
Projektering och administration m m (15 %)	780 kkr
Installation av värmepump och oljekassett inkl arbete	<u>7 520 kkr</u>
Totalt	13 500 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät, transportledning, kollektor	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad:

Värmepumpar och installationer inom fastighet	7 520 kkr
Pumpstation m m	265 kkr
Distributionsnät, transportledning och kollektor	5 715 kkr

TOTAL ÄRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Värmepumpar m m inom fastighet	774 kkr
Pumpstation	28 kkr
Distributionsnät och byggnad	498 kkr

Energikostnader

El, värmepump	450 kkr
Olja (40 m ³ å 2 150 kr)	86 kkr
El, distribution	10 kkr

Driftkostnader

Service och underhåll av värmepumpar (2 %)	144 kkr
Skötsel av oljekassett, sotning (1 000:-/hus, år)	160 kkr
Underhåll, distributionsnät (2 %)	<u>90 kkr</u>

Årskostnad 2 240 kkr

Årskostnad per hus 14,0 kkr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnader) 60,5 öre/kWh

Rörlig energikostnad 14,4 öre/kWh

5 ALTERNATIVA UPPVÄRMNINGSFORMER

För att kunna bedöma lönsamheten för uppvärmning av villaområdet medelst kalldistribution har ett flertal andra uppvärmningsalternativ beräknats, dels med gemensam värmeproduktion i en gruppcentral, dels med enskild uppvärmning av husen.

I samtliga alternativ har den reala kalkylräntan satts till 6 %. Energifpriserna har satts lika med dagens. Inverkan av en framtida höjning av elpriset diskuteras i kapitel 5.4.

5.1 Gemensam värmeproduktion

Tre alternativ har studerats; gruppcentral med flispanna, sjövärmepump respektive bergvärmepump som baslast och i alla alternativen med oljepanna som spetslast.

Beräkningarna har gjorts för 160 villor i enlighet med tidigare. Nettoenergi-behovet är 3 700 MWh/år (3,3 m³ olja/villa och år, årsmedelverkningsgrad 70 %) och dimensionerande effekt 1,4 MW (160 hus á 8,5 kW).

Baslasten i form av värmepump eller flispanna har i samtliga fall en maximal avgiven effekt på 600 kW, vilket motsvarar 79 % energitäckning. Tillgängligheten för baslasten har likaså antagits vara densamma i de tre alternativen, och satts till 95 %.

Kostnaderna för hetvattenkulverten har beräknats för ett distributionsnät med samma utsträckning som kulvertnätet för kallvattendistribution (se figur 3.2). Genomsnittskostnaden är 1 450 kronor/m kulvert.

Värmeförlusterna från kulvertnätet har antagits vara 12 %. Dessutom har förlusterna i abonnentcentralerna satts till 2 %. Detta ger att total erforderlig producerad värme är lika med

$$3\,700 / (1 - 0,12 - 0,02) = 4\,300 \text{ MWh/år}$$

Baslasten svarar för 79 % energitäckning med 95 % tillgänglighet. Detta ger att baslasten producerar

$$4\,300 * 0,79 * 0,95 = 3\,240 \text{ MWh/år}$$

Energifriser:

Flis:	140 kr/MWh (100 kr/stjälp m ³)
Olja:	2 150 kr/m ³
El, värmepumpar:	272 kr/MWh (inkl elskatt)
El (pumpar m m):	290 kr/MWh

5.1.1 Flispanna och oljepanna

Verkningsgrader:

Flispanna	= 0,80
Oljepanna	= 0,85

Energianvändning:

Flis 3240/0,8 MWh	4 050 MWh/år
Olja (4 300 - 3 240) / 0,85 MWh motsvarar	125 m ³ /år
El, flispanna	50 MWh/år
El, oljepanna	12 MWh/år
El, distribution	13 MWh/år

Investeringskostnad:

Flispanna (600 kW á 3 000 kr)	1 800 kkr
Oljepanna (1 400 kW á 500 kr)	700 kkr
Övrig utrustning	400 kkr
Byggnad	800 kkr
Distributionsnät	6 460 kkr
Projektering och administration m m	1 640 kkr
Abonnentcentraler (160 hus á 16 000:-)	<u>2 500 kkr</u>
Totalt	14 300 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät	20 år
	Byggnad	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad

Undercentraler	2 500 kkr
Gruppcentral	3 300 kkr
Distributionsnät och byggnad	8 400 kkr

ÅRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Gruppcentral och undercentral	597 kkr
Distributionsnät och byggnad	732 kkr

Energikostnader

Fastbränsle	450 kkr
Olja	270 kkr
El	20 kkr

Driftkostnader:

Underhåll, Panncentral (3 % av investeringskostnad)	130 kkr
Distributionsnät (1 %)	80 kkr
Abonnentcentral (1,5 %)	40 kkr
Personal (1/2-tid + jour)	<u>100 kkr</u>

Årskostnad 2 419 kkr

Årskostnad per hus 15,1 kkr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnad) 65,4 öre/kWh

Rörlig energikostnad 20,0 öre/kWh

5.1.2 Sjövärmepump och oljepanna

Verkningsgrader:

Årsvärmefaktor, vp	2.4
Oljepanna	0.85

Energianvändning:

El, värmepump 32 047/2,4 MWh =	1 350 MWh/år
Olja (4 300 - 3 240) / 0,85 MWh motsvarar	125 m ³ /år
El, oljepanna	12 MWh/år
El, distribution	140 MWh/år

Investeringskostnad:

Värmepump	2 700 kkr
Kollektor	700 kkr
Köldbärare	300 kkr
Tillförselledning	3 000 kkr
Pumpar m m	300 kkr
Oljepanna	700 kkr
Byggnad	800 kkr
Distributionsnät	6 460 kkr
Projektering och administration m m	2 240 kkr
Nätstation	200 kkr
Abonnentcentraler (160 hus á 16 000:-)	2 500 kkr
Totalt	19 900 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät	20 år
	Byggnad	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad

Undercentral	2 500 kkr
Gruppcentral	3 700 kkr
Distributionsnät, kollektor och byggnad	13 700 kkr

ÅRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Gruppcentral och undercentral	640 kkr
Distributionsnät och byggnad	1 200 kkr

Energikostnader

El, värmepump	370 kkr
Olja	280 kkr
El	40 kkr

Driftkostnader:

Underhåll, Gruppcentral, kollektor (3 %)	234 kkr
Distributionsnät (1 %)	76 kkr
Abonnentcentral (1.5 %)	38 kkr
Personal (1/2-tid + jour)	80 kkr
	<hr/>

Årskostnad	2 958 kkr
Årskostnad per hus	18,5 kkr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnad)	80,0 öre/kWh
Rörlig energikostnad	18,6 öre/kWh

5.1.3 Bergvärmepump och oljepanna

Verkningsgrader:

Årsvärmefaktor, vp	2.4
Oljepanna	0.85

Energianvändning:

El, värmepump 3 240 / 2,4 MWh	1 350 MWh/år
Olja (4 300 - 3 240) / 0,85 MWh motsvarar	125 m ³ /år
El, oljepanna	12 MWh/år
El, distribution	13 MWh/år

Investeringskostnad:

Värmepump med köldbärare	2 700 kkr
Kollektor m m	2 200 kkr
Köldbärare	100 kkr
Oljepanna	700 kkr
Byggnad	800 kkr
Distributionsnät	6 460 kkr
Projektering och administration m m	2 240 kkr
Nätstation	200 kkr
Abonnentcentraler (160 hus á 16 000:-)	2 500 kkr
Totalt	17 900 kkr

Avskrivningstider:	Distributionsnät	20 år
	Byggnad	20 år
	Övrigt (installationer)	15 år

Projektering och administrationskostnader fördelas på de olika delarna med olika avskrivningstid. Detta ger:

Anläggningskostnad

Undercentraler	2 500 kkr
Gruppcentral	4 100 kkr
Distributionsnät, kollektor och byggnad	11 300 kkr

ÅRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Gruppcentral och undercentral	680 kkr
Distributionsnät och byggnad	985 kkr

Energikostnader

El, värmepump	370 kkr
Olja	270 kkr
El	10 kkr

Driftkostnader:

Underhåll, Gruppcentral (3 %)	234 kkr
Distributionsnät (1 %)	76 kkr
Abonnentcentral (1.5 %)	38 kkr
Personal (1/2-tid + jour)	80 kkr
	<hr/>

Årskostnad 2 743 kkr

Årskostnad per hus 17,2 kkr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnad) 74,1 öre/kWh

Rörlig energikostnad 17,6 öre/kWh

5.2 Enskild uppvärmning

Två alternativ har studerats. Det första är installation av elpanna och det andra alternativet är en uteluftvärmepump kompletterad med oljepanna.

Enligt tidigare är beräkningarna utförda för ett typhus med ett nettoenergibehov på 23 100 kWh/år (3,3 m³ olja/år) och en dimensionerande effekt på 9,5 kW.

5.2.1 Elpanna

Verkningsgrader:

El 0,95

Energianvändning:

El, 23 100 / 0,95 24 300 kWh/år

Elpris:

El inkl skatt 0,26 kr/kWh
Fast avgift 1 200 kr/år

Investeringskostnad:

Elpanna inkl arbete 25 000 kr
(och demontering av oljepanna och tank)

Avskrivningstid: 15 år

TOTAL ÅRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Elpanna inkl installationsarbete 2 600 kr

Energikostnader

El 6 800 kr

Driftkostnader

Underhåll (2 %) 500 kr
Fast avgift 1 200 kr

Årskostnad per hus 11 100 kr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnad) 48,0 öre/kWh

Rörlig energikostnad 29,4 öre/kWh

5.2.2 Uteluftvärmepump och oljepanna

Vald värmepump ger en energitäckningsgrad för uteluftvärmepumpen på 80 %. Tillgängligheten har satts till 95 %.

Verkningsgrader:

Oljepanna 0,80

Årsvärmefaktor:

Värmepump 2,3

Energianvändning:

El, $0,8 * 0,95 * 23\ 100 / 2,3$ 7 630 kWh/år
 Olja $(23\ 100 - 7\ 630 * 2,3 / 8\ 000)$ 0,87 m³/år

Elpris:

El inkl skatt 0,26 kr/kWh
 Fast avgift 1 200 kr/år

Investeringskostnad:

Värmepump inkl arbete 50 000 kr
 Oljepanna inkl arbete 25 000 kr
 Totalt 75 000 kr

Avskrivningstid:

15 år

TOTAL ÅRLIG UPPVÄRMNINGSKOSTNAD

Kapitalkostnader

Värmepump och oljepanna 7 700 kr

Energikostnader

El 2 000 kr
 Olja 2 150 kr

Driftkostnader

Underhåll (2 %) 1 400 kr

Årskostnad per hus

13 250 kr

Energikostnad (inkl drift- och kapitalkostnad)

57,4 öre/kWh

Rörlig energikostnad

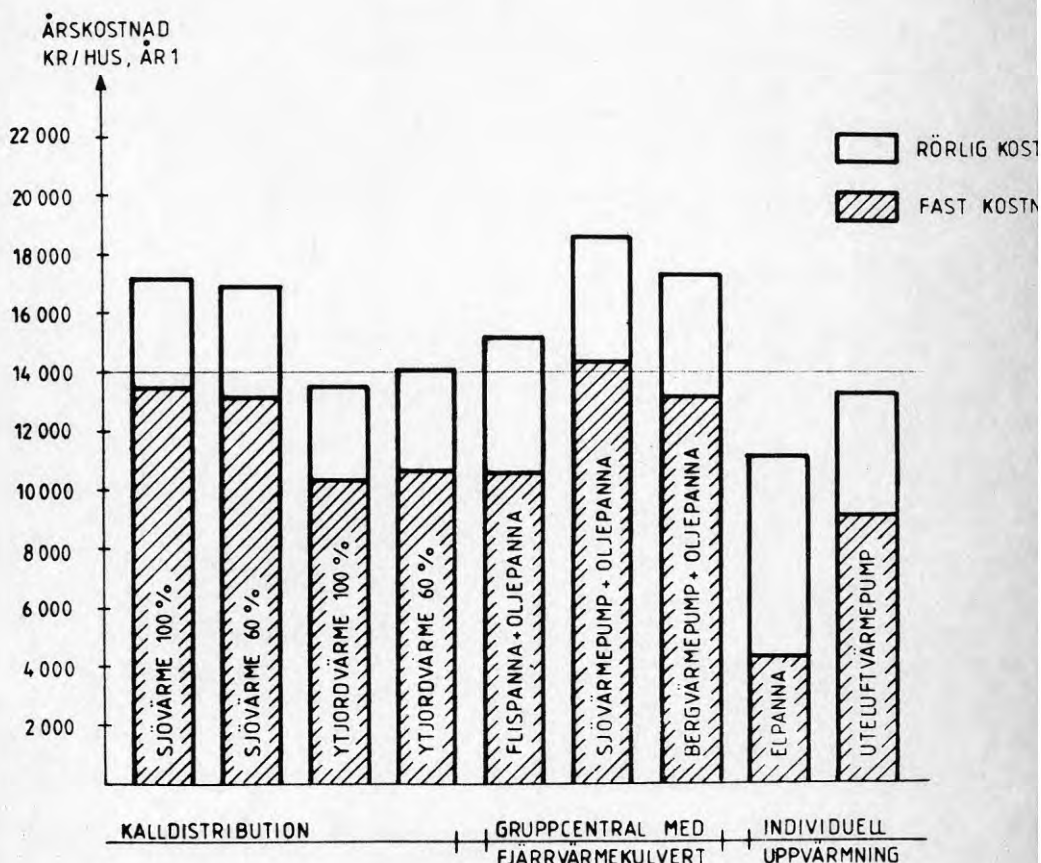
18,0 öre/kWh

6 EKONOMISK JÄMFÖRELSE AV BERÄKNADE UPPVÄRMNINGSFORMER

6.1 Sammanställning av jämförande årskostnader

I figur 6.1 visas jämförande årskostnader för samtliga alternativ som beräknats i föregående avsnitt. Så som framgår av figuren är elpanna billigast idag. Det bästa kalldistributionsalternativ är med ytjord som värmekälla och 100 % effekttäckning.

Andelen el är i detta alternativ betydligt mindre än vid uppvärmning med elpanna. Kalldistributionsalternativet är därför mindre beroende av framtida ändringar av elpriset. För att se vilket alternativ som på längre sikt är att föredra måste inverkan av framtida elprishöjningar studeras. Detta diskuteras i kapitel 6.2.



Figur 6.1 Sammanställning av jämförande årskostnader för de olika alternativen.

6.2 Elpriset i framtiden

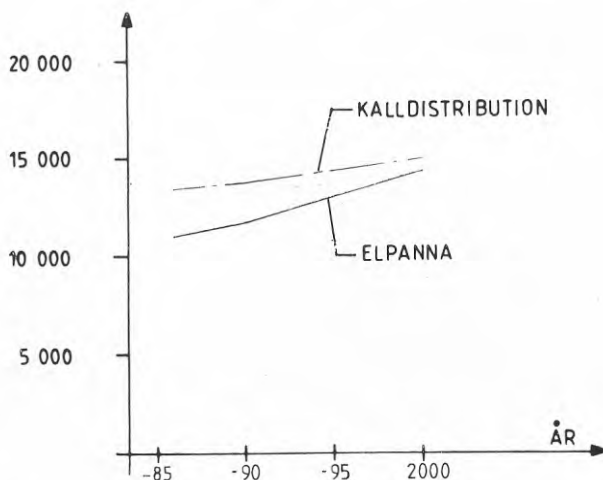
Elkonsumtionen har ökat kraftigt i Sverige under den senaste tioårsperioden. Ökningen har lett till att vi idag utnyttjar den billiga elproduktion vi har i form av vattenkraft och kärnkraft till fullo och att vi vid stor belastning på elnätet (dvs i första hand vintertid) måste producera el med betydligt dyrare produktionsanläggningar.

Vattenfalls strävan är därför att anpassa elpriset till produktionskostnaden, dvs elpriset blir lågt under sommaren och eventuellt under nätter när elanvändningen är liten men under vintermånaderna kommer elen att kosta förhållandevis mycket. Detta kommer att medföra att de fastighetsägare som värmer sitt hus med el får ökade reala elkostnader.

Södertälje Energiverk bedömer att den reella ökningen kommer att bli 2 % per år under 1980-talet för att sedan öka med ca 3 % per år från och med 1990.

En investering i ett kалldistributionsnät innebär en stor kapitalkostnad. Den framtida årskostnaden kommer till stor del att utgöras av amorteringar, räntekostnader och personalkostnad för skötsel. Dessa kostnader kan förutsägas med större säkerhet än den framtida energikostnaden. Efter detaljprojektering kan ett kалldistributionsalternativ bli stabilare, dvs mindre beroende av framtida energiprisändringar än vid andra uppvärmningsalternativ.

ÅRSKOSTNAD PER HUS FÖR UPPVÄRMNING (INKL. KAPITALKOSTNAD)



Figur 6.2 Jämförande årskostnader per hus under en 15-årsperiod för alternativen med elpanna alt kалldistribution med ytjord som värmekälla. Elprisökningen har antagits vara 2 % realt fram till och med 1989 och 3 % från och med 1990.

I figur 6.2 visas jämförande årskostnader under en femtonårsperiod för ett typhus med elpanna alternativt kалldistribution med ytjordvärme som värmekälla. Beräkningsförutsättningarna är desamma som i de tidigare kalkylerna (kapitel 4 respektive 5.1) förutom att elpriset har höjts i enlighet med vad som angivits ovan.

7 NÅGRA OLIKA FAKTORERS INVERKAN PÅ LÖNSAMHETEN VID KALLDISTRIBUTION

7.1 Antal anslutna hus

I det föregående har beräkningarna genomgående grundats på att antalet intresserade fastighetsägare uppgår till 160 stycken. Detta kan tyckas vara högt då området totalt omfattar 187 hus. Tanken har dock varit att är inte tekniken ekonomiskt intressant vid hög anslutning så saknas anledning för vidare studier.

Förutsättningarna för att konkurrera med andra uppvärmningsformer synes dock föreligga varför ett alternativ med 100 abonnenter har beräknats. Investeringskostnaden för värmepumparna blir i detta fall 4 700 kkr. Om kollektor och distributionsnät dimensioneras för ytjordvärme och 100 % effekttäckning blir investeringskostnaden ca 6 000 kkr, dvs omkring 15 % lägre än om 160 hus ansluter sig. Dessa investeringskostnader ger en årskostnad på 14 800 kr/hus jämfört med 13 400 kr/hus om 160 fastigheter ansluts.

7.2 Installationskostnad för värmepumpar

Kostnaden för installation av värmepumpar och övrig utrustning har efter uppgift från entreprenören satts till 47 000 kronor per villa. Med tanke på värmepumpsteknikens utveckling och konkurrensen inom branschen är det eventuellt möjligt att vid en samordnad upphandling sänka denna investeringskostnad.

Om installationskostnaden istället antas vara 40 000 kr/hus blir årskostnaden (för ytjordvärme och med 100 % effekttäckning) 12 700:-/hus och är jämfört med det tidigare resultatet 13 400:-/hus och år.

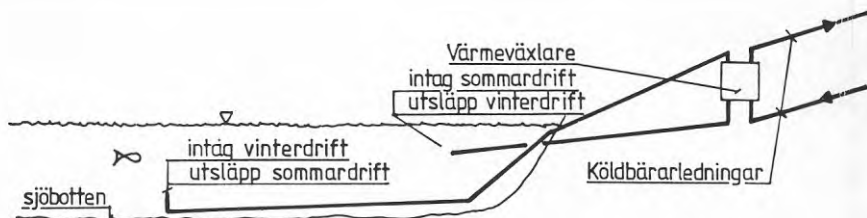
7.3 Transportsträckans längd

Trots den relativa närheten till Mälaren ligger Ekeby villaområde inte idealiskt till för att använda sjövärme som värmekälla. Detta beroende både på avståndet, som är ca 1 500 meter, och den stora höjdskillnaden, ca 45 meter.

Om samma typ av område låg i direkt anslutning till en sjö och förutsättningarna i övrigt var desamma skulle det innebära reducerade kostnader för tillförselledning, distributionspumpar och pumparbeten. Jämfört med den årskostnad som beräknats för Ekeby (17 100:-/hus och år vid sjövärme med 100 % effekttäckning) leder detta till en sänkning av årskostnaden med 2 500:-/hus. Sjövärmens kommer i ett dylikt fall i prisnivå med ytjordvärme.

7.4 Alternativ utformning av sjövärmealternativet

Vid en gynnsammare temperaturnivå än i denna del av Mälaren skulle värmeupptagningen vid sjövärmealternativet kunna utformas enligt figur 7.1



Figur 7.1 Värmeupptagning ur sjö med "öppet" system.

Sjövattnet pumpas från intaget till värmeväxlaren, där värme tillförs köldbärarkretsen, och sedan åter till utsläppspunkten. Pumpen dimensioneras så att ett tillräckligt flöde fås genom värmeväxlaren för att undvika försmutsning av de värmeöverförande ytorna.

Driftkostnaden blir högre vid pumpning av sjövatten men i gengäld finns möjlighet att investeringskostnaden blir lägre än med ett slutet kollektor-system.

7.5 Kalldistributionsnät i ny bebyggelse

Att lägga ner kulvert i en äldre bebyggelse innebär stora kostnader för återställning av asfaltytor och andra ytor. Dessutom krävs extra arbete för att märka ut tidigare lagda ledningar så att inte dessa skadas.

Vid nybyggnad av ett område är det möjligt att lägga rör för kalldistribution i samband med annan ledningsförläggning. Om man överslagsmässigt antar att detta skulle reducera kostnaderna för schakt och återställning till hälften skulle det innebära för ett område motsvarande Ekeby att den totala investeringskostnaden minskar med ca 1,0 Mkr.

Dessutom bör installationskostnaden i varje fastighet kunna minskas. Om denna sänkning antas vara 30 % (32 000:-/hus i stället för 47 000:-/hus) ger det tillsammans med den minskade förläggningskostnaden att årskostnaden minskar med ca 2 100 kronor för den enskilda fastigheten.

SAMMANFATTNING

Grundmotivet till denna rapport har varit att studera de tekniska och ekonomiska förutsättningarna att utnyttja sjövattnen - i detta fall Mälaren - för kollektiv uppvärmning av ett villaområde.

Genom att placera en kollektor (ett värmeupptagande rörsystem) på sjöbotten kan man via ett slutet rörsystem distribuera sjövärmens bundet i vätska (den s k köldbäraren) till de enskilda villorna där temperaturen höjs med hjälp av en värmepump.

Tekniken benämns kalldistribution och har sin motsvarighet i det numera väletablerade s k ytjordvärmesystemet.

Kalldistributionstekniken har parad med värmepump flera fördelar:

- Små värmeförluster från rörsystemet eftersom värmen distribueras i nivå med omgivningens temperatur.
- Lägre kostnader för kulvertnätet - rörsystemet - jämfört med etablerad fjärrvärmestandard.
- Områden med lägre värmeförbrukning än vad som är ekonomiskt vid fjärrvärme kan anslutas. I detta område är den ca 20 kWh per m².
- Behovet av köpt energi minskas.
- Effektbehovet minskas.
- Miljövänligt jämfört med förbränningsalternativet.

När Södertälje Energiverk fick uppdraget av Byggforskningsrådet att låta utföra denna förstudie ingick att göra jämförelser med andra lösningar. I denna rapport redovisas följande:

Kalldistribution

- | | |
|----|---|
| K1 | Sjövärme med 100 % effekt- och energitäckning |
| K2 | Sjövärme med 60 % effekt- och 96 % energitäckning. |
| K3 | Ytjordvärme med 100 % effekt- och energitäckning. |
| K4 | Ytjordvärme med 60 % effekt- och 96 % energitäckning. |

Gruppcentral med fjärrvärmekulvert

- | | |
|----|----------------------------------|
| F1 | Fastbränsle + olja (spetslast) |
| F2 | Sjövärmepump + olja (spetslast) |
| F3 | Bergvärmepump + olja (spetslast) |

Individuell uppvärmning

- | | |
|----|-------------------------------------|
| I1 | Uteluftvärmepump + olja (spetslast) |
| I2 | Elpanna |

En sammanställning i form av stapeldiagram på sidan 31 visar jämförande årskostnader fördelade på dels kapital- och dels på driftskostnader. I samtliga alternativ har den reala kalkylräntan satts till 6 %.

De ekonomiska beräkningarna för Ekeby villaområde har grundats på ett typhus för området. Typhuset har ett dimensionerande effektbehov på 9,5 kW och ett nettoenergibehov på 23 000 kWh per år. Av områdets 187 villor har 160 antagits ansluta sig till kалldistributionsnätet. Två alternativa värmepumpinstallationer i villorna har studerats:

- a) Värmepump med ca 10 kW avgiven effekt samt elkassett på 6 kW för reservvärme.
- b) Värmepump med ca 6 kW avgiven effekt samt oljekassett på 6 kW för spets- och reservvärme.

Resultatet visar att kалldistribution med ytjord som värmekälla parat med värmepumpar på 10 kW ger en lägre årskostnad än sjövärme. Detta huvudsakligen beroende på det relativt stora avståndet till Mälaren, ca 1,5 km. En uteluftvärmepump som komplement till befintlig oljepanna i villorna ger en årskostnad som är i nivå med kалldistributionsalternativet. Beräkningarna visar också att installation av en elpanna idag är ett lönsammare alternativ än uppvärmning med kалldistribution. Med hänsyn tagen till den förväntade elprishöjningen kommer lönsamheten för alternativet med kалldistribution att närma sig elpannealternativet om man ser till årskostnaderna under en femtonårsperiod.

Slutsatser

- Rapporten visar att kалldistributionstekniken på sikt kan vara ekonomiskt konkurrenskraftig gentemot jämförda alternativ och på längre sikt, med dagens osäkerhet om framtida energiprisnivåer, en mer robust lösning.
- Tekniken är ny och kräver en noggrann detaljprojektering.
- De presenterade kostnaderna är höga varför ekonomin skall analyseras ytterligare.
- Betydelsen av Energiverkets eventuella engagemang/medverkan är stor.
- Tillståndsfrågor i samband med placering av värmekollektorn kräver utredning.
- Som framhålls i rapporten är tekniken för kалldistribution tämligen ny varför eventuellt statliga utvecklingsbidrag kommer att ha stor betydelse om villaägarna skall kunna fatta sitt beslut under hösten.

LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 Cronholm L-A
Jämförelser mellan skarvfri- och konventionell kulvertförläggning.
BFR R153:1984
- 2 Hård S
Miljöeffekter vid naturvärmesystem.
BFR R60:1984
- 3 Wallentinus H-G
Ytjordvärme- och sjövärmearläggningar.
BFR R119:1984
- 4 von Oldenskiöld H
Byggnadsuppvärmning med värmepumpar vid kusten.
BFR R73:1984
- 5 Billfalk L
Sjövärmesystem.
BFR R143:1982
- 6 Svensson T, Gustavsson S, Lindqvist T
Sjö och ytjord som värmekälla.
BFR R195:1984
- 7 Davin B, Nordling J, Sandart K
Sjöar och hav som värmekälla för värmepumpar.
BFR R178:1984
- 8 Åberg N
Juridiska frågor vid utvinning av värme ur mark och vatten.
BFR R74:1983

Scandiakonsult AB
Box 4560
102 65 Stockholm

86-02-28

Er ref: Leif Bodinson

Vår ref: Hans Jelbring

Ärende: Temperaturmätning enligt brev daterat 86-02-20

Kortfattat omdöme:

- o Vattnet inom det aktuella området befinner sig i strömning. Vid mät-punkt E är ytströmmen relativt stark ned till 3 m djup. Detta visas av avtagande istjocklek, bruten temperaturgradient och direkta kort-variga temperaturvariationer på -1 och -3 m nivåerna.
- o Även vattnet mellan 3 - 19 meters djup befinner sig i uttalad men i mindre strömning, vilket framgår av den relativt låga bottentempera-turen på 19 meters djup och den låga temperaturgradienten av c:a 0,06 °C/m.
- o Temperaturen har troligen ännu ej nått det lägsta årsvärdet.
- o En rimlig dimensionerande temperatur för vattentemperaturen baserad på denna enda mätning borde vara +1,0 - +1,2 °C vid förläggning eller vattenuttag på ett djup av 15 m eller djupare.

Utvidgat underlag för dimensionering

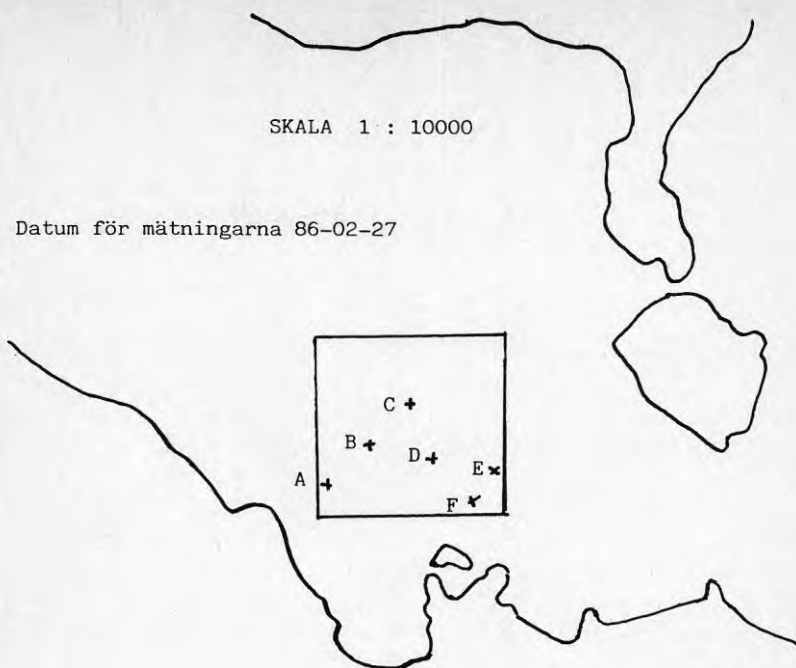
Vill man förbättra underlaget om vattenmiljön bör detta ske genom följande åtgärder:

- o En upprepad temperaturgradientmätning vecka 12 - 13.
- o En bottenundersökning från isen för att utvärdera bottenens hårdhet.
- o En korrelering av mätlarens vattentemperatur i år med dess temperaturer under en rad tidigare år.

Med vänlig hälsning
INVENTEX AQUA AB


Hans Jelbring

Bilaga: Mätresultat



MÄTRESULTAT

Mätpunkt	Istjocklek (cm)	Djup (m)	Mätpunkt E Djup (m)	Temperatur (°C)
A	47	15,1	-1	0,28 - 0,33
B	45	16,4	-3	0,74 - 0,79
C	33	27,7	-5	0,90
D	37	21,3	-7	1,00
E	37	19,0	-9	1,13
F	37	16,6	-11	1,31
			-13	1,51
			-15	1,64
			-17	1,74
			-18,5	1,62

Mätningarna är utförda med Pt-100 givare. Kalibreringar mot en köldblandning (0,00°C) utfördes före och efter mätserien. Varje mätpunkt mättes fyra gånger under en period av 5-10 minuter med olika mätledningar. Uppskattad noggrannhet under rådande betingelser är +/- 0,02°C.

FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DIMENSIONERING AV KALLDISTRIBUTIONS- NÄTET

Beräkningsförutsättningarna gäller de beräknade alternativen för kalldistribution. Tryckfall och dimensionerande flöden varierar beroende på alternativ a) eller b) och värmekälla (ytjord respektive sjövärme).

Temperaturfall över värmepumpens förångare: 3°C

Köldbärare med egenskaper enligt följande:

Cp	=	4,25 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$
	=	920 kg/m ³
Ny	=	0,065 x 10 ⁻⁴ m ² /s
c St	=	6,5

Ungerfärliga tryckfall:

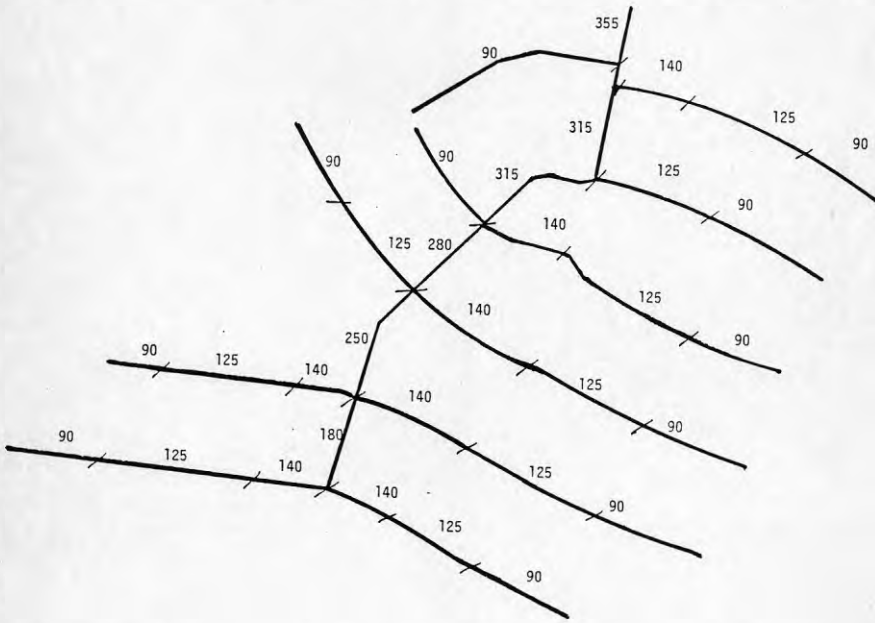
Kollektor, samlingsbrunnar:	51-85 kPa
Transportsträcka (ytjord-sjövärme):	60-195 kPa
Distributionsnätet	<u>97 kPa</u>
	208-377 kPa

Materialval:

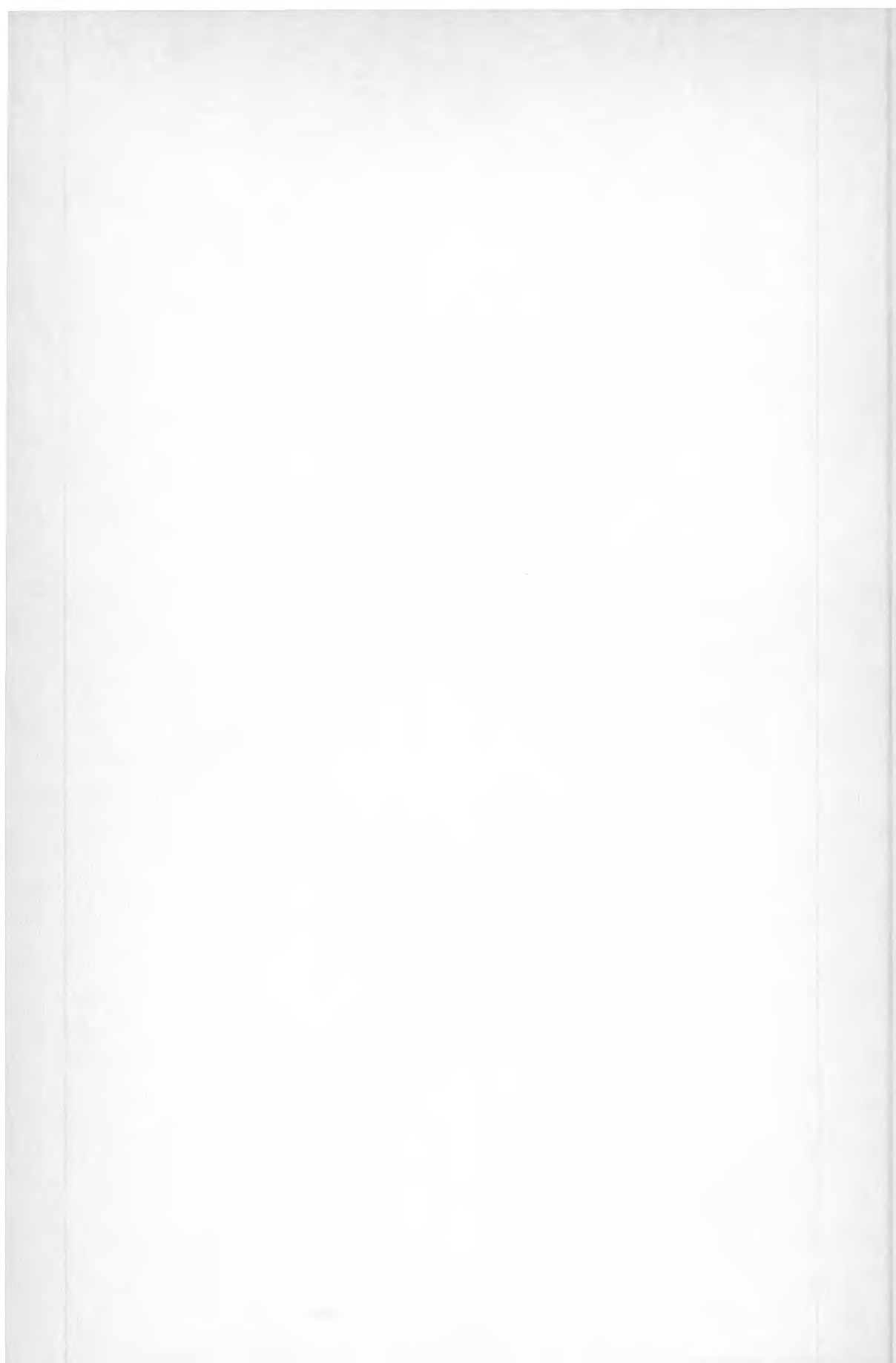
d > 90 mm	PEH-rör
d < 90 mm	PEH-rör

Dimensionerande flöde i kretsen: 64-107 l/s

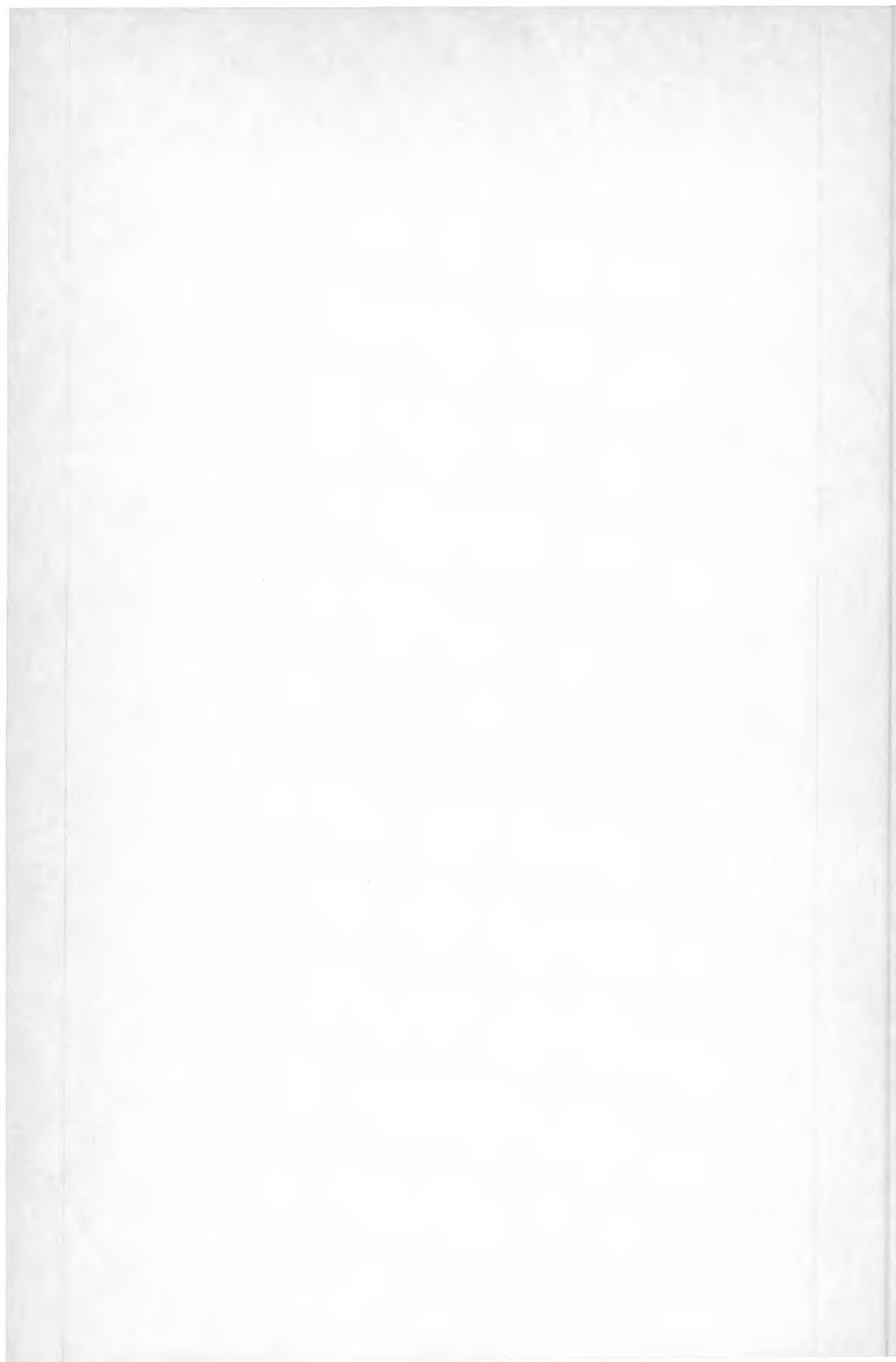
Rördimensioner: d = 40 - 355 mm



Rördimensioner i distributionsnätet vid sjövärmes med 100 % effekttäckning.







Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851131-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Södertälje Energiverk,
Södertälje.

R95: 1986

ISBN 91-540-4619-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706095

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 30 kr exkl moms