



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

R47:1983

Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter

Hans Grafström

Hans Hydén

Ulf Kihlblom

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

ser

*V
Bw*

Byggeforskningsrådet

R47:1983

ENERGIUTVINNING UR KOMMUNALA GRUNDVATTENTÄKTER

Hans Grafström
Hans Hydén
Ulf Kihlblom

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810191-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Vattenbyggnadsbyrån AB (VBB), Stockholm.

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

R47:1983

ISBN 91-540-3928-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING		4
1	BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	5
1.1	Projektidé	5
1.2	Förutsättningar i Nyköping och Södertälje	5
2	VATTEN- OCH FJÄRRVÄRMEFÖRSÖRJNING I NYKÖPING OCH SÖDERTÄLJE	7
2.1	Nyköping	7
2.2	Södertälje	11
3	TEMPERATURER I VATTENSYSTEMEN	16
3.1	Allmänt	16
3.2	Nyköping	17
3.3	Södertälje	20
4	MÖJLIGHETER ATT ÖKA OCH TILLVARATA ENERGIINNEHÅLLET I KONSTGJORT INFILTRERAT GRUNDEVATTEN	23
4.1	Allmänt	23
4.2	Möjligheter i Nyköping	26
4.3	Möjligheter i Södertälje	27
4.4	Potential i landet som helhet	28
5	AVSÄTTNINGSMÖJLIGHETER FÖR VÄRME FRÅN LEVERERAT RENVATTEN I NYKÖPING OCH SÖDERTÄLJE	30
5.1	Allmänt	30
5.2	Förslag till värmepumpanläggningar i Nyköping	30
5.3	Förslag till värmepumpanläggning i Södertälje	39
5.4	Slutsatser och kommentarer	49
6.	TERMOHYDRAULISK ANALYS AV SÖDERTÄLJE VATTENTÄKT	51
6.1	Hydrogeologiska förhållanden	51
6.2	Hydraulisk modell	51
6.3	Förhållanden vid modifierad drift	54
6.4	Förutsättningar för värmelagring och värmeuttag	54
7	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	57
8	REFERENSER	58
BILAGOR		59

Kommunala grundvattentäkter utgör en potentiell värmekälla för värmepumpar. Speciellt är anläggningar för konstgjord infiltration intressanta eftersom grundvattenmagasinet i viss mån aktivt kan användas för säsongslagring av värme.

En inventering av större infiltrationsanläggningar i landet visar att den totalt utvinningsvärda värmemängden från sådana anläggningar uppgår till 0,5-1,0 TWh/år.

Speciellt har studerats befintliga anläggningar i Nyköping och Södertälje. På dessa platser finns olika möjligheter att via värmepump föra värme från vattenledningsnätet till tätorternas fjärrvärmenät. Värmepumpar i storlekar från 0,8-8 MW värmeffekt har studerats. Energiproduktionskostnaden uppgår till 0,10-0,14 kr/kWh vid 4 % kalkylränta. Härtill kommer i princip kostnader för att ersätta vattenkonsumenterna för ökade kostnader för varmvattenberedning.

Möjligheten att utnyttja kommunala grundvattentäkter som värmekälla för värmepumpar kan lokalt ge betydande energitillskott. Osäkerheten i sådana projekt ligger i i vilken utsträckning den uttagna värmen måste ersättas vid varmvattenberedning. Hypotesen i dagens läge är att detta kan behöva göras till 10-25 % beroende på nätets utformning. Detta kan endast verifieras genom fullskaleförsök.

1 BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 Projektidé

Grundvatten har under senare år uppmärksammats som en värmekälla för värmepumpar. De naturliga grundvattentillgångarna i anslutning till bebyggelse är emellertid ofta begränsade och värmeuttag ur grundvatten kan komma i konflikt med t ex vattentäktsintressen. Tanken har därför väckts att även så effektivt som möjligt utnyttja värmeinnehållet i renvattnet från kommunala grundvattentäcker med redan befintliga anordningar för uttag av vattnet. Den totala vattenproduktionen vid svenska kommunala grundvattentäcker uppgår till ca 450 Mm³/år. Energiinnehållet i detta vatten är ca 0,5 TWh per grads temperaturförändring.

En nyligen avslutad BFR-studie (Hydèn, Lundgren (1981)) visar att värmeutbytet mellan vattenledningsnätet och omgivande mark är betydande, speciellt i de klenare delarna av nätet. Vattenledningsvattnet antar således en temperatur nära markens innan det når konsumenten. En förändring av vattentemperaturen vid vattentäkten påverkar därför konsumenten endast i liten utsträckning. Ett värmeuttag ur renvattnet nära produktionskällan behöver därför endast till liten del ersättas vid varmvattenproduktionen.

Idén med föreliggande studie har varit att demonstrera de tekniska och ekonomiska möjligheterna för värmeuttag ur renvattnet från två större kommunala vattentäcker baserade på konstgjord infiltration, nämligen Nyköping-Oxelösund och Södertälje. Infiltrationsanläggningar kan ge speciellt gynnsamma förutsättningar för värmeuttag genom att de utnyttjade grundvattenmagasinen kan tjäna som säsongslager för värme.

1.2 Förutsättningar i Nyköping och Södertälje

1.2.1 Nyköping

Vattenförsörjningen i Nyköping och Oxelösund är baserad på en anläggning för konstgjord infiltration vid Högåsen, ca 10 km väster om Nyköping. Råvatten för infiltration hämtas från sjön Yngaren ca 10 km väster om vattentäkten. Råvattnets temperatur varierar mellan $\pm 0^{\circ}\text{C}$ och ca $+18^{\circ}\text{C}$ medan det uppfordrade grundvattnets temperatur är $7-8^{\circ}\text{C}$. Enligt vattendom medges ett råvattenuttag av 400 l/s. För närvarande uttas en grundvattenmängd av ca 200 l/s. Den utvinningsbara energin från den totalt levererade renvattenmängden är således ca 7 GWh per år och grads temperatursänkning.

I närheten av vattentäkten finns ej någon bebyggelse med värmebehov som tillnärmelsevis motsvarar tillgänglig energimängd, utan den närmaste tänkbara avvärmaren är bebyggelsen i Nyköping och då via det fjärrvärmenät som är under utbyggnad.

Grundvattenmagasinet vid Högåsen är väl undersökt, bl a med hjälp av en matematisk modell, VBB (1977) och Ullman (1979), och underlag finns därför för en bedömning av möjligheterna att påverka det uppfordrade grundvattnets temperatur.

1.2.2 Södertälje

Vattenförsörjningen för Södertälje tätort är baserad på en anläggning för konstgjord infiltration mellan Källtorp och Djupdal i nordvästra delen av tätorten. Råvatten för infiltration tas från sjön Mälaren, 2-3 km nordost om vattentäkten. Råvattnets temperatur varierar mellan ca +2°C och +18°C medan grundvattnets temperatur är ca +7°C. För närvarande uttas en grundvattenmängd av ca 300 l/s, vilket innebär en uttagbar energimängd av ca 11 GWh/per år och grads temperatursänkning.

Vattenverket vid Djupdal varifrån renvattnet levereras ligger i nära anslutning till tätortens bebyggelse och den naturliga avvärmaren för värmets i renvattnet är således tätortens fjärrvärmenät.

Grundvattenmagasinet vid vattentäkten är relativt väl undersökt med hjälp av undersökningsborrningar. Underlag för utförande av en hydraulisk magasinanalys med hjälp av en matematisk modell föreligger således.

2 VATTEN- OCH FJÄRRVÄRMEFÖRSÖRJNING I NYKÖPING OCH SÖDERTÄLJE

2.1 Nyköping

2.1.1 Vattenförsörjning

Vattentäkten vid Högåsen ca 10 km väster om Nyköping anlades i början av 1960-talet. Råvatten för infiltration uttas från sjön Yngaren. Gällande vattendom medger ett uttag av 400 l/s. Befintlig pumpstation och råvattenledning till vattentäkten är dimensionerad för en vattenmängd av 200 l/s.

Innan infiltrationen sker en förbehandlig i form av mikrosilning. Installerad kapacitet är 290 l/s. Vattnet infiltreras därefter i marken genom tre infiltrationsbassänger med en sammanlagd areal av 9 000 m². Normalt är endast två av dessa i drift.

Vattnet uppfordras ur två brunnsområden väster resp öster om infiltrationsbassängerna med totalt 11 brunnar. Total brunnkapacitet är 355 l/s fördelat på 155 l/s i västra och 200 l/s i östra brunnområdet. Nyligen har tagits i drift en sk Vyredoxanläggning för reduktion av det uppfordrade grundvattnets järn- och manganhalt. Vattnet passerar en lågreservoar vid vattenverket med volymen 1 500 m³ innan det pumpas ut i distributionsnätet.

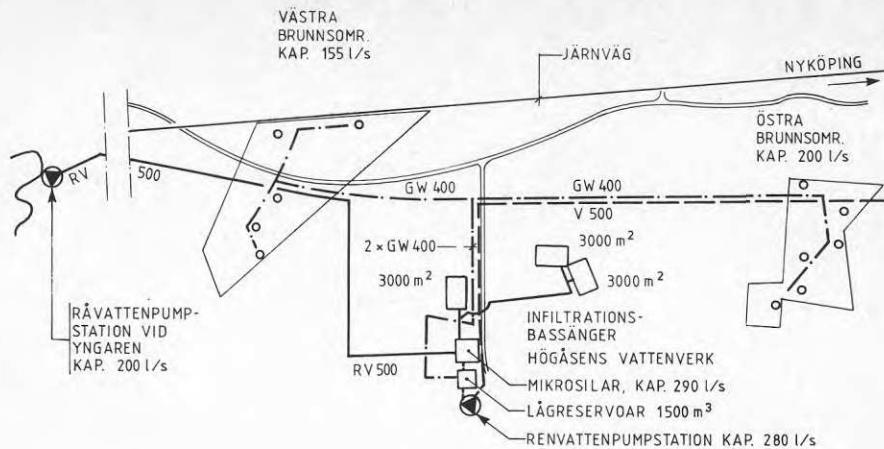
Vattentäktens anläggningsdelar och deras viktigaste tekniska data framgår av Figur 2.1.

Renvattnet pumpas från vattentäkten i en huvudledning mot Nyköping. Vid Minninge, ca 2 km väster om Nyköping, delas vattenflödet upp i en huvudledning mot Nyköping och en mot Oxelösund. Huvudledningsnätet för renvattendistribution samt uppmätta eller uppskattade flöden i några punkter framgår schematiskt av Figur 2.2. I Nyköping finns en mindre vattentäkt vid Fruängen som levererar ca 50 l/s till nätet i Nyköping.

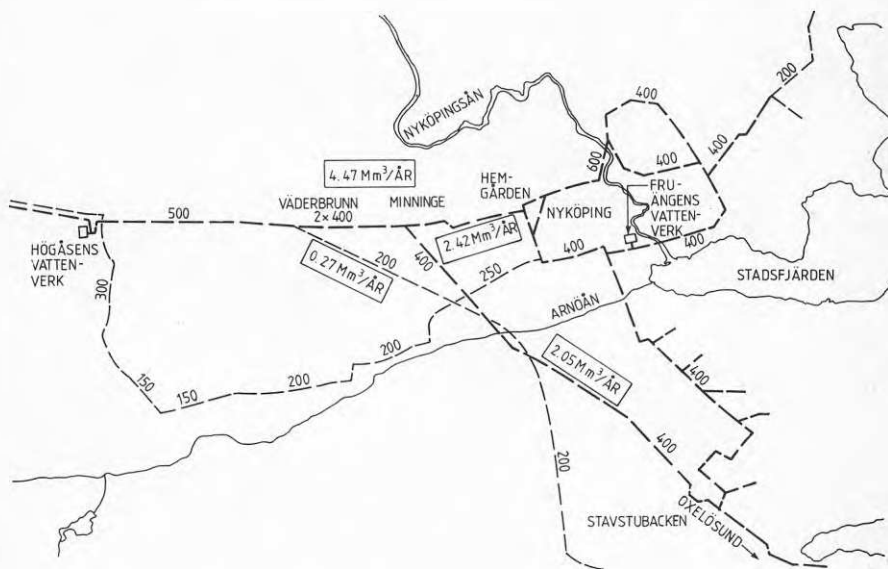
2.1.2 Fjärrvärme

Ett fjärrvärmenät håller på att byggas ut i Nyköping. Idag finns två oljeeldade panncentraler, i Brandkärr och vid Lasarettet, som planeras för en effekt av 45 MW resp 40 MW. Huvudcentralen, vars slutliga utformning och exakta lokalisering ej beslutats, kommer att bli belägen söder om tätorten. Den beräknade utveckligen av anslutningseffekten till fjärrvärmenätet framgår av Figur 2.3.

Huvuddragen av fjärrvärmenätets framtida utformning och utbyggnadsetapper med vissa data om anslutningseffekter framgår schematiskt av Figur 2.4.



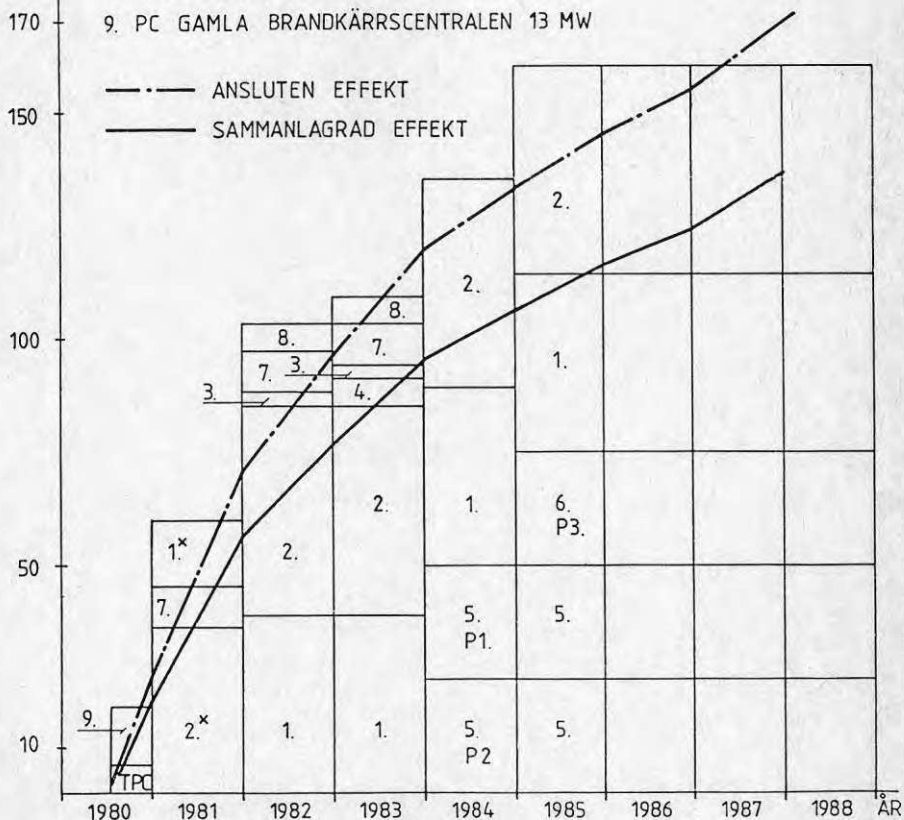
Figur 2.1 Vattentäkt vid Högåsen



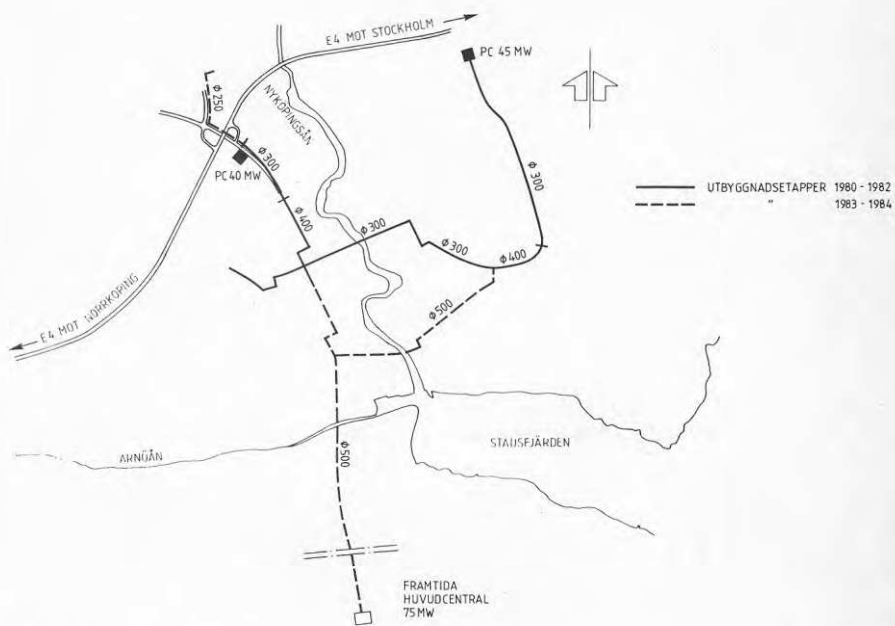
Figur 2.2 Huvudledningsnät för renvattendistribution

PRODUKTIONSANLÄGGNINGAR

1. HVC2 LASARETTET 39 MW (* 1981 15 MW)
2. HVC1 BRANDKÄRR 45 MW (* 1981 36 MW)
3. TPC 3 MW
4. TPC 6 MW
5. HVC3 ARNÖ KOLPANNOR 50 MW (2 × 25)
6. HVC3 ARNÖ KOLPANNA 25 MW
7. TPC ROSENHILL ARNÖ 9 MW
8. TPC ARNÖLEDEN 6 MW
9. PC GAMLA BRANDKÄRRSCENTRALEN 13 MW

ANSL.
EFFEKT
MW

Figur 2.3 Prognos för ansluten värmeeffekt till fjärrvärmenet



Figur 2.4 Fjärrvärmenät i Nyköping

2.2 Södertälje

2.2.1 Vattenförsörjning

Vattentäkten vid Djupdal anlades i början av 1900-talet och nyttjade inledningsvis den naturliga grundvattentillrinningen på ca 40 l/s. Senare förstärktes vattentillgången genom konstgjord infiltration och idag tas råvatten för infiltration från två platser vid Mälaren, Bastmora och Kiholm.

Råvattenintaget vid Bastmora är beläget på 30 m djup. Härifrån uttas i medeltal ca 220 l/s. Installerad pumpkapacitet och råvattenledning medger ett uttag av 280 l/s. Intaget vid Kiholm är beläget på 2-3 m djup. Härifrån uttas i medeltal ca 70 l/s vilket motsvarar installerad pump- och ledningskapacitet.

Råvattnet infiltreras utan förbehandling i ett stort antal bassänger med en sammanlagd areal av ca 11 500 m².

Vattnet uppfordras i tre brunnsområden Källtorp, Torsjödalen och Djupdal. Totalt uppfordras ca 200 l/s vid Källtorp och Torsjödalen och 90 l/s vid Djupdal. Installerade brunnskapaciteter är 380 l/s resp 220 l/s.

Det uppfordrade grundvattnet passerar en luftningsanläggning för reduktion av järn och mangan med kapaciteten 310 l/s innan det pumpas till en lågreservoar med volymen 300 m³ och vidare ut på ledningsnätet.

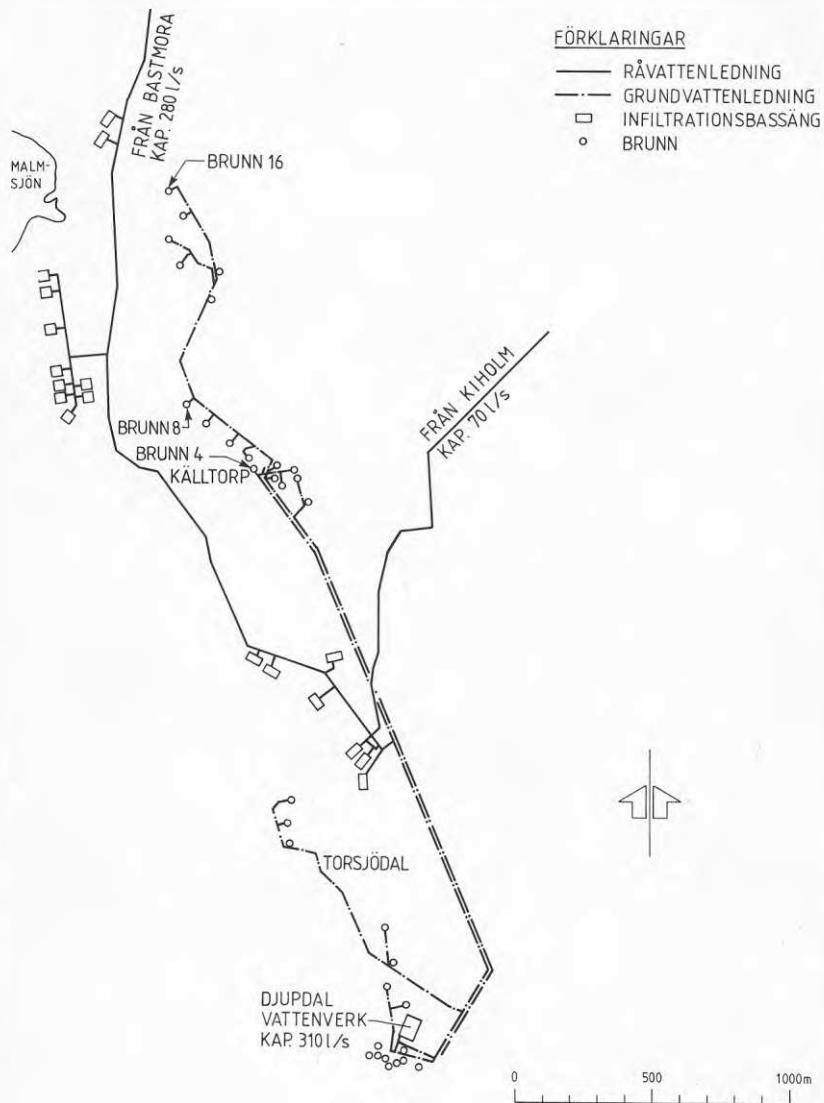
Vattentäktens anläggningsdelar framgår av Figur 2.5.

Renvattnet pumpas i ett antal parallella huvudvattenledningar mot tätorten. Nätet delas relativt snart upp i flera grenledningar och även i olika tryckzoner. Huvudledningsnätet för renavattendistribution samt uppmätta eller uppskattade flöden i några punkter framgår schematiskt av Figur 2.6.

2.2.2 Fjärrvärme

Fjärrvärmenätet i Södertälje har byggts ut under ett antal år kring ett flertal värmecentraler med lokala nät som successivt byggts samman. Under hösten 1982 tas kolvärmeverket vid Igelsta i drift, vilket sedan kommer att utgöra huvudcentral. Den planerade utvecklingen av anslutningseffekten till nätet framgår av Figur 2.7.

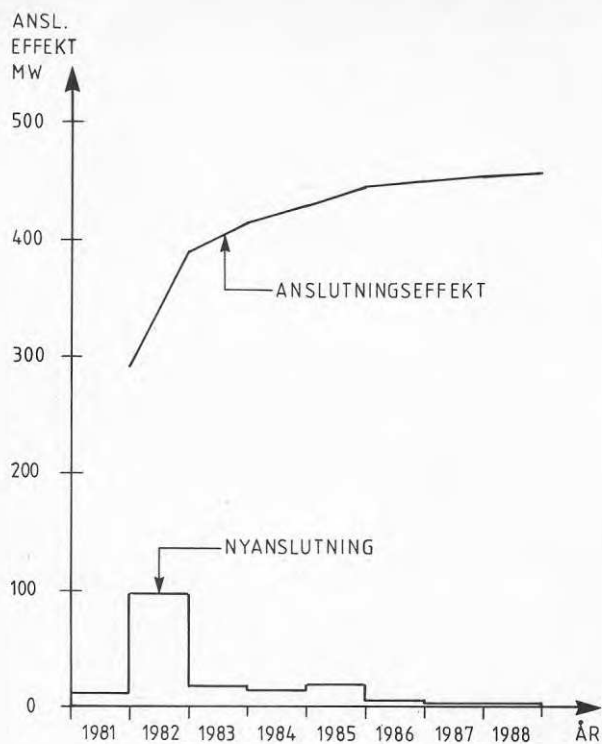
Fjärrvärmenätets utseende framgår schematiskt av Figur 2.8, liksom vissa data om anslutningseffekten för delområden.



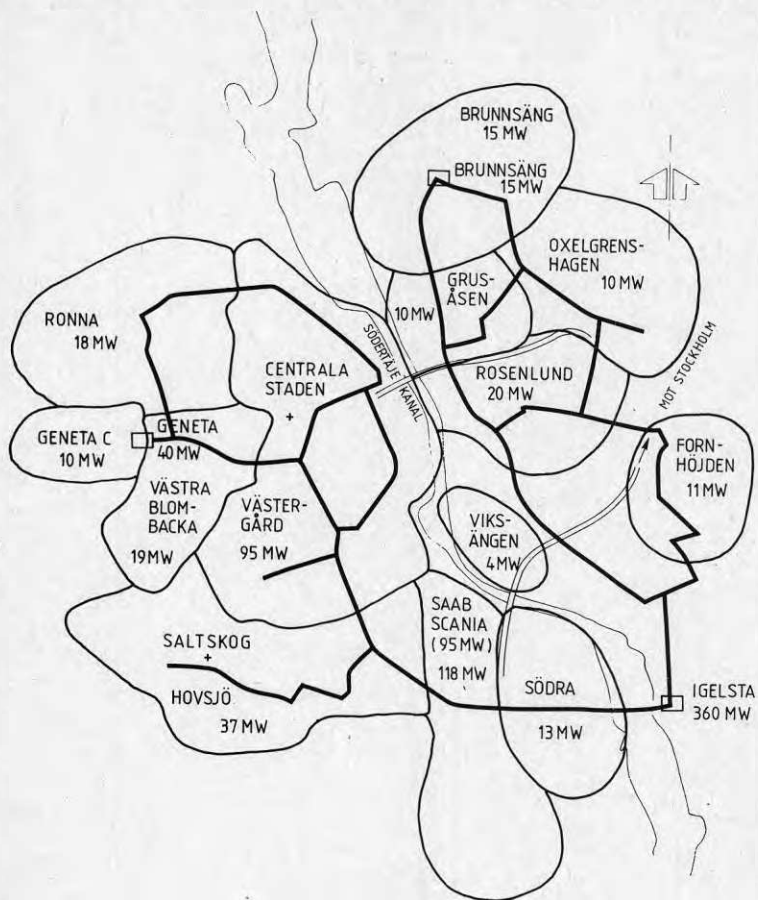
Figur 2.5 Vattentäkt vid Djupdal



Figur 2.6 Huvudledningsnät för renvattendistribution



Figur 2.7 Planerad utveckling av anslutnings-
effekt till fjärrvärmenätet



Figur 2.8 Fjärrvärmenät i Södertälje med anslutnings-effekter för olika områden

3.1 Allmänt

Råvatten för infiltration som hämtas från en sjö uppvisar i de flesta fall betydande temperaturvariationer under året. Om råvattenintaget ej är beläget under det temperatursprångskikt som sommartid utbildas i mycket djupa sjöar kommer temperaturen således att kunna variera mellan $\pm 0^\circ$ och $18-20^\circ\text{C}$.

Med hänsyn till råvattnets kvalitet och därmed driftbetingelserna för infiltrationsanläggningen har en strävan ofta varit att förlägga råvattenintaget så djupt som det varit praktiskt möjligt för att därigenom sommartid uppnå låga koncentrationer av organiskt material och låg temperatur.

Genom infiltration i marken sker en betydande temperaturutjämning under året. Detta sammanhänger med markmaterialets värmelagrande förmåga och det värmeutbyte som sker mellan infiltrationsvattnet och marken.

Värme överförs således från sommarvattnet till vintervattnet, och det uppfordrade grundvattnet från en infiltrationsanläggning har ofta en under året tämligen konstant temperatur, som ligger något över luftens årsmedeltemperatur för orten i fråga. Vid de två här studerade anläggningarna är luftens årsmedeltemperatur $6,5-7^\circ\text{C}$ och temperaturen i det uppfordrade grundvattnet $7-8^\circ\text{C}$.

När renvattnet distribueras ut i vattenledningsnätet sker ett värmeutbyte med omgivande mark. Temperaturen i marken på det djup som motsvarar ledningarnas nivå varierar under året och uppvisar normalt ett temperaturmaximum under hösten och ett minimum under senvintern. Amplitud och fasförskjutning i förhållande till lufttemperaturen beror av djupet under markytan och jordlagrens sammansättning.

Det vattenledningsvattnet som når konsumenten kommer att i större eller mindre utsträckning uppvisa samma temperaturvariationer som marken oavsett vilken temperatur vattnet hade när det först pumpades in i nätet. I vilken utsträckning så är fallet beror på rörledningarnas dimensioner och vattenomsättningen i nätet. Markens temperatur på olika djup under markytan under året kan beskrivas med ekvationen

$$T_{\text{mark}} = T_m + (T_{\text{max}} - T_m) \exp\left(-x\sqrt{\frac{\pi}{aT}}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - x\sqrt{\frac{\pi}{aT}}\right) \quad (3.1)$$

där

T = markytans årsmedeltemperatur
 T_m = markytans maximitemperatur
 x_{max} = djup under markytan, m

a = markens värmediffusivitet
 T = periodtid för markytans temp variationer
 t = tid

Variationerna i lufttemperatur under året antas kunna beskrivas som en sinusfunktion med amplituden $T_{\max} - T_{\min}$ och perioden ett år.

För att närmare belysa nämnda förhållanden vid de två studerade anläggningarna har gjorts vissa sammanställningar av tidigare temperaturmätningar. Dessutom har under vintern 1981-82 gjorts kompletterande mätningar, framför allt ute i distributionsnätet. Framtagna data redovisas i det följande.

3.2 Nyköping

3.2.1 Vattentäkt

I samband med anläggandet av infiltrationsanläggningen vid Högåsen gjordes under åren 1958-59 mätningar av temperaturen i Yngaren i anslutning till råvattenintaget. En sammanställning av dessa visas i Figur 3.1. Härav framgår att råvattentemperaturen varierar mellan $\pm 0^{\circ}\text{C}$ och ca $+20^{\circ}\text{C}$.

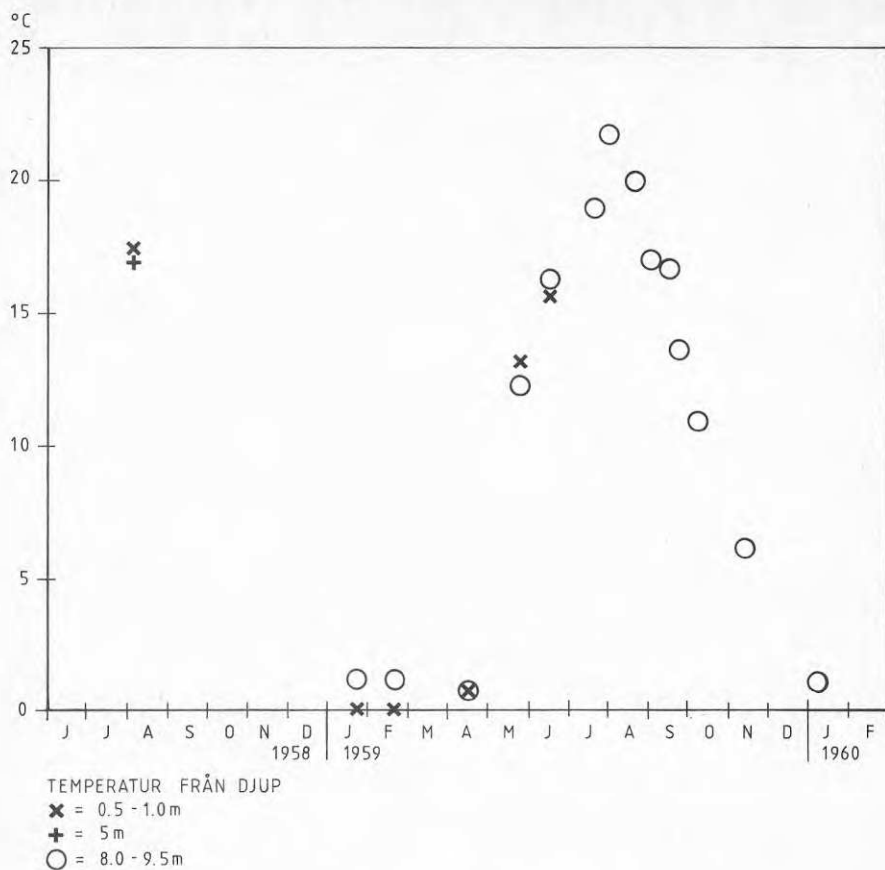
Under vintern 1981-82 har gjorts temperaturmätningar i ett antal punkter vid Högåsens vattenverk. Resultaten är sammanställda i Figur 3.2. Härav framgår att temperaturen i utgående renvatten är $7-8^{\circ}\text{C}$ i enlighet med tidigare erfarenheter.

3.2.2 Distributionsnät

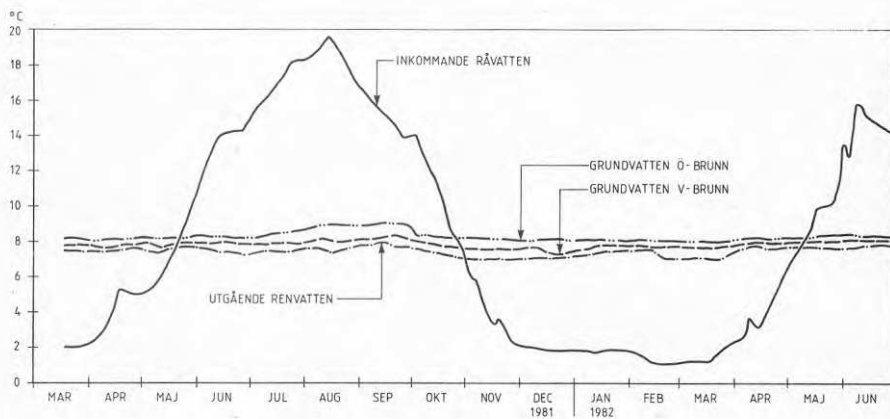
Under vintern 1981-82 har utförts temperaturmätningar i ett antal punkter på distributionsnätet. Läget för mätpunkterna samt ledningsnätets utformning fram till varje mätpunkt redovisas i Bilaga 3.1. Resultatet av temperaturmätningarna har sammanställts i Figur 3.3.

Av Figur 3.3 framgår att konsumtionsvattnets temperatur uppvisar betydande variationer. Speciellt i de perifera delarna av nätet är det således marktemperaturen, mer än det producerade vattnets temperatur, som bestämmer vattentemperaturen i distributionsledningarna. För jämförelse har i Figur 3.3 även inlagts en enligt ekvation 3.1 beräknad marktemperatur på 1,5 m djup i en jordart med värmediffusiviteten $a = 0,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, vilket motsvarar ett väl-dränerat packat friktionsmaterial.

Att noggrant teoretiskt beräkna vattentemperaturen i en punkt i ledningsnätet är svårt på grund av att instationära förhållanden råder eftersom vattenflödet och därmed värme flödet mellan ledningen och mark varierar med vattenkonsumtionen. Mätresultaten i Nyköping bekräftar emellertid uppfattningen att vattentempera-



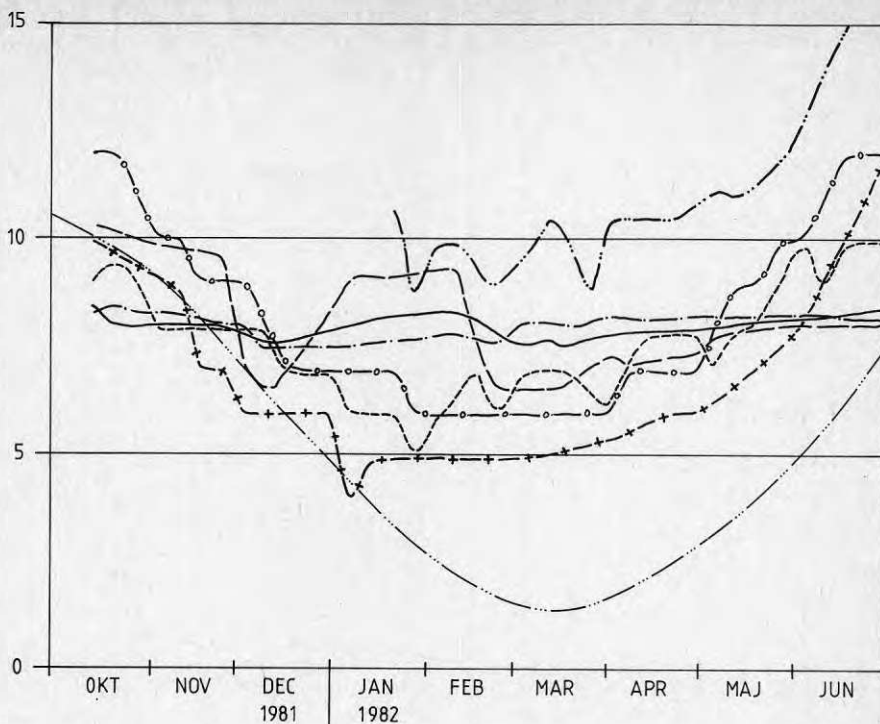
Figur 3.1 Temperaturmätningar i Yngaren



Figur 3.2 Vattentemperaturer vid Högsäns vattenverk

°C

19



- 1 ——— HEMGÅRDEN
- 2 ——— FRUÄNGEN
- 3 ——— OK BRANDKÄRR
- 4 -+--+ OPPEBY AVLOPPSPUMPSTATION
- 5 -o-o- BRANDHOLMEN AVLOPPSRENINGSVK
- 6 - - - - KUNGSHAGEN AVLOPPSPUMPSTATION
- 7 -·-·- TESSINS GYMNASIUM
- MARKTEMPERATUR 1.5m DJUP

Figur 3.3 Temperaturer i distributionsnätet för renvatten

turen hos förbrukarna i stor utsträckning bestäms av marktemperaturen.

Vattenledningar läggs normalt på frostfritt djup. I vissa fall kan man tänka sig att man utnyttjat renvattnets värmeinnehåll för att reducera läggningsdjupet utan att behöva beakta frysrisk. Ett ytterligare värmeuttag ur renvattnet skulle härvid kunna få negativa konsekvenser. Enligt bedömningar från kommunens gatukontor behöver detta ej befaras i Nyköping.

3.3 Södertälje

3.3.1 Vattentäkt

Temperaturförhållandena i råvattentäkten framgår av temperaturmätningarna i råvattenintagen vid Bastmora (djup 30 m) och Kiholm (djup 2-3 m). En sammanställning av temperaturmätningar från åren 1973-82 redovisas i Figur 3.4. Härav framgår att råvattentemperaturen under perioden varierat mellan $\pm 0^{\circ}\text{C}$ och $+17^{\circ}\text{C}$.

Under en begränsad tidsperiod har gjorts mätningar av vattentemperaturen i enskilda grundvattenbrunnar. Dessa temperaturmätningar har sammanställts i diagramform i Bilaga 3.2. Läget för de olika brunnarna framgår av Figur 2.5. Mätningarna visar att vattentemperaturen i brunnarna varierar under året och på ett sinsemellan olika sätt. Skillnaderna beror på de varierande avstånden till infiltrationsbassängerna samt på de lokala geologiska förhållandena. Blandvattnet från samtliga brunnar uppvisar emellertid mycket små temperaturvariationer.

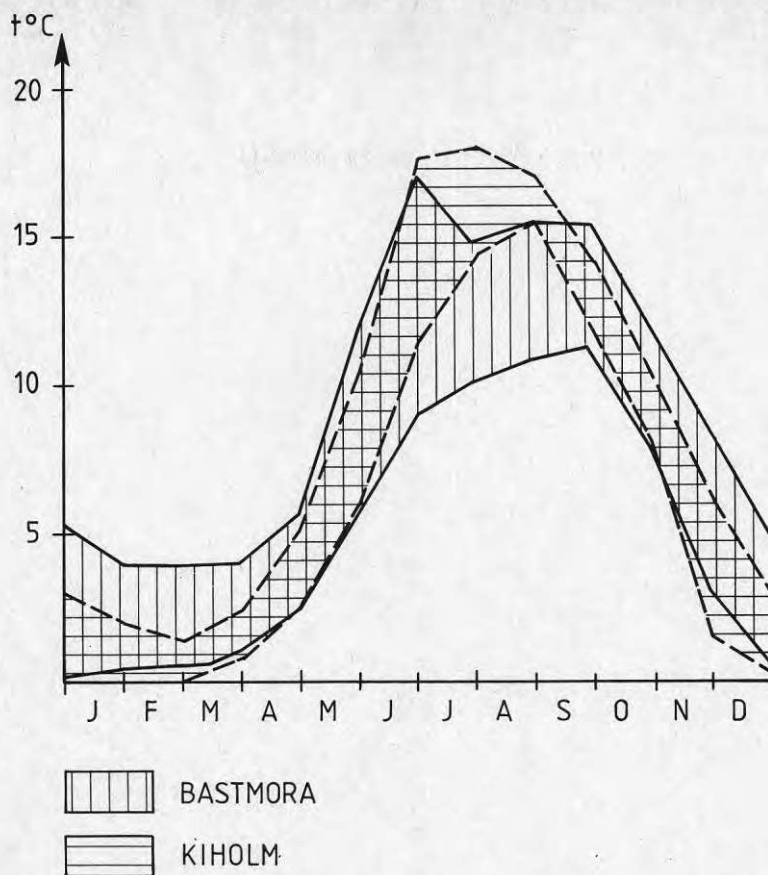
Under vintern 1981-82 har gjorts temperaturmätningar i ett antal punkter vid vattentäkten. Dessa visar att temperaturen i utgående renvatten är ca 7°C .

3.3.2 Distributionsnät

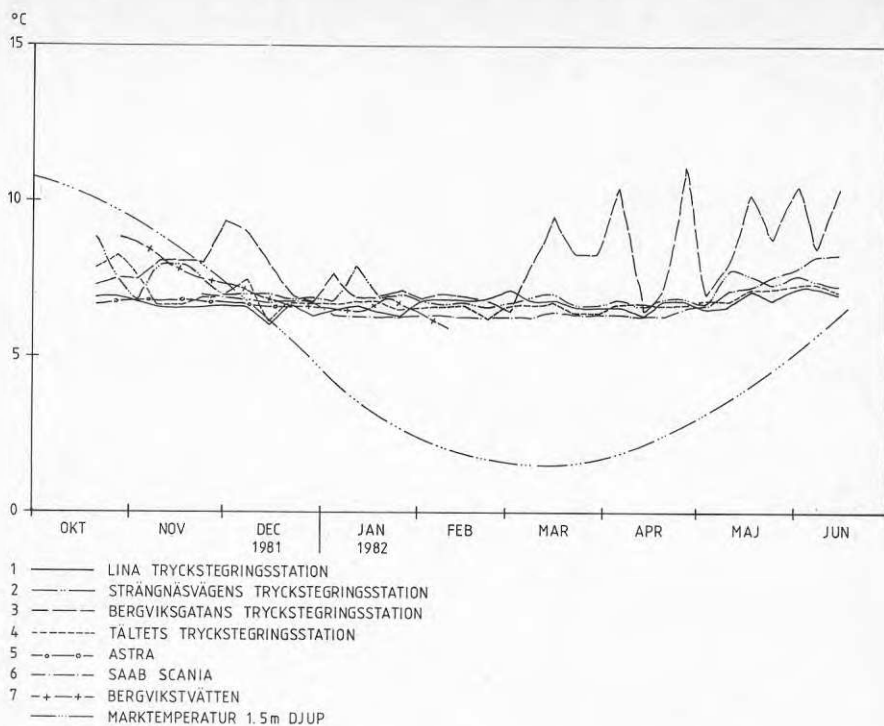
Under vintern 1981-82 har utförts temperaturmätningar i ett antal punkter på distributionsnätet. Läget för mätpunkterna samt ledningsnätets utformning fram till varje mätpunkt redovisas i Bilaga 3.3. Resultatet av temperaturmätningarna har sammanställts i Figur 3.5.

Flertalet av mätplatserna är belägna i punkter med god vattenomsättning, företrädesvis i de tryckstegringsstationer som finns ute på nätet. Som väntat uppvisar dessa mätpunkter mycket små temperaturvariationer. Teoretiskt beräknade mark temperaturer på 1,5 m djup enligt ekvation 3.1 har som jämförelse lagts in i Figur 3.5.

Enligt uppgift från va-verket behöver man ej heller i Södertälje räkna med någon ökad frysrisk vid värmeuttag ur vattenledningsvattnet.



Figur 3.4 Temperaturer i råvattenintagen vid Bastmora och Kiholm, sammanställning av mätningar från 1973-82



Figur 3.5 Temperaturer i distributionsnätet för renvatten

4 MÖJLIGHETER ATT ÖKA OCH TILLVARATA ENERGIINNEHÅLLET
I KONSTGJORT INFILTRERAT GRUNDVATTEN

4.1 Allmänt

Naturliga grundvattenmagasin, akviferer, medger möjligheter för säsongslagring av värme. Det termohydrauliska verkningssättet för akviferlager har teoretiskt studerats i ett flertal arbeten (AIB (1978), VBB (1981) och LTH (1981)), och berörs ej närmare här. Genom att i befintliga infiltrationsanläggningar för kommunal vattenförsörjning kombinera funktionen som vattentäkt med värmelagring skulle man kunna erhålla ett säsongslager för värme till mycket låg kostnad eftersom redan befintliga tekniska anläggningar och en välkänd akvifer skulle kunna utnyttjas.

En utmärkande egenskap hos akviferlagret är en betydande tröghet vid laddning och urladdning av värme. Detta sammanhänger med att värmets huvudsakligen transporteras endast med hjälp av det fritt strömmande vattenet. Den volymsandel av akviferen som upptas av sådant vatten anges av akviferens effektiva porositet som är i storleksordningen 10-20 %. Värme lagras dock i hela volymen som för övrigt består av jordmaterial och till jordmaterialet bundet vatten. Sambandet mellan det fria vattnets och värmets utbredningshastighet kan beräknas ur ekvationen

$$\frac{V_p}{V_t} = \frac{0,46 n + 0,54}{n_e} \quad (4.2)$$

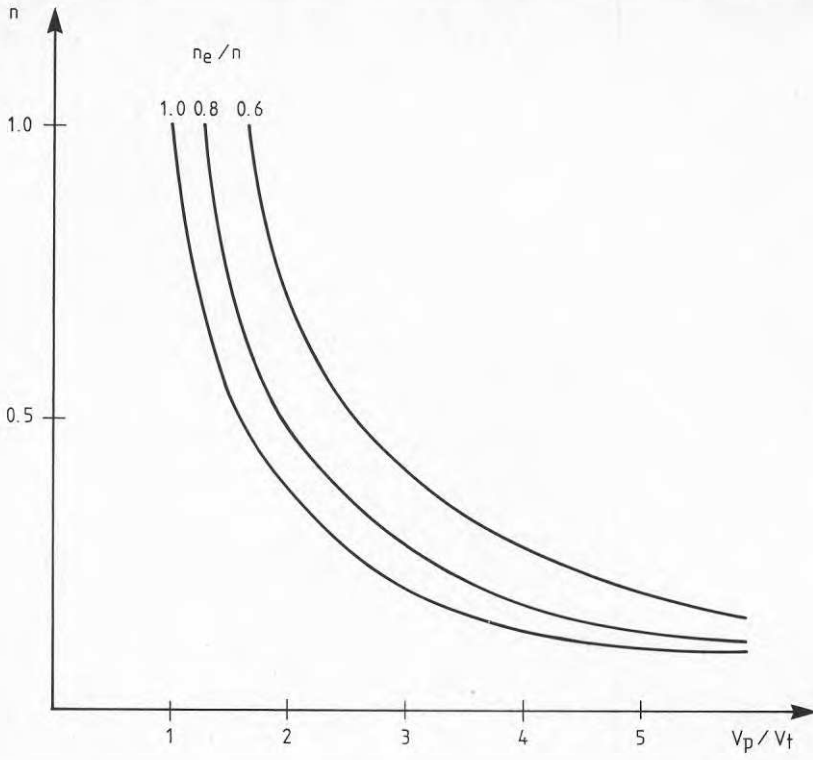
där

V_p = grundvattnets strömningshastighet
 V_t = värmets rörelsehastighet
 n = markens totala porositet
 n_e = markens effektiva porositet, dvs den porvolym som upptas av fritt rörligt vatten

Ekvationen 4.2 illustreras i diagramform i Figur 4.1. Värmen rör sig således med högst ca hälften av vattnets hastighet. För att helt kunna utnyttja akviferens värmelagringsförmåga måste således laddningsvatten normalt passera minst 2 gånger genom akviferlagret innan detta i sin helhet antagit laddningsvattnets temperatur.

Jämfört med den normala driften för en infiltrationsanläggning för vattenförsörjning finns flera möjligheter att öka energitillförseln enligt följande.

1. Utnyttjande av infiltrationsvatten med högre temperatur, vilket kan uppnås med ett ytligare beläget råvattenintag på sommaren och eventuellt med ett djupare intag på vintern. Vid val av intagsnivå måste naturligtvis hänsyn tas till erhållen vatten-



Figur 4.1 Sambandet mellan fria vattnets och värmets utbredningshastighet

kvalitet och härigenom uppkomna driftbetingelser och renvattenkvalitet. En ökning av infiltrationsvattnets temperatur kan även uppnås genom att anlägga nya infiltrationsbassänger med låg ytbelastning och låta dessa fungera som soldammar.

2. Koncentration av infiltrationen till perioder med hög råvattentemperatur utan att förändra uttagen vattenmängd. Eftersom vattenförbrukningen i ett kommunalt vattenledningsnät är i stort sett jämnt fördelad över året kommer denna metod att innebära att den i akviferen lagrade vattenmängden och därmed grundvattenytan kommer att variera under året, vilket i sin tur kan innebära ökade krav på grundvattenbrunnarnas tekniska standard, påverkan på vattenkvaliteten och påverkan på sättningskänsliga jordar i vattentäktens omgivning.
3. Ökning av genomströmningen av varmt vatten genom akviferen sommartid genom samtidig ökning av infiltrerad och uttagen vattenmängd. Överuttaget av grundvatten avbördas till en recipient. Metoden förutsätter att kapaciteten hos den ordinarie råvattentäkten kan ökas. Alternativt kan ett överuttag av grundvatten återföras till infiltrationsplatsen och återinfiltreras i bassänger med låg ytbelastning vilka härigenom fungerar som solfångare. Ur driftsynpunkt för vattentäkten bör den senare metoden vara att föredraga även om energiutbytet blir lägre. Det levererade renvattnets kvalitet kan förväntas bli minst lika bra som vid normal drift av vattentäkten. En soldamm där temperaturen hålls vid ca 12°C kan dock endast uppsamla en energimängd av storleksordningen 500 kWh/m²år medan en infiltrationsbassäng med ytbelastningen 2 m/d kan tillföra en energimängd av storleksordningen 1500 kWh/m²år om temperaturskillnaden mellan infiltrationsvatten och uttaget grundvatten är 5°C.

Ett akviferlager för säsongslagring av värme kan drivas som ett genomströmningsmagasin eller som ett pulserande magasin. I det förra fallet strömmar vatten och värme hela tiden i samma riktning genom magasinet från tillförsel- till uttagspunkten. Avståndet mellan dessa punkter bör anpassas till lagringsperiodens längd. Värmeförlusterna till omgivningen blir relativt stora om lagrets temperatur nämnvärt överstiger omgivningens och lagrets flexibilitet med hänsyn till uttagsmöjligheter blir begränsad. I ett pulserande magasin, där värme tillförs och uttages i samma punkt, vänds strömningsriktningen mellan laddnings- och uttagsfasen. Härigenom minskas värmeförlusterna och varmt vatten finns alltid vid uttagspunkten. En infiltrationsanläggning för vattenförsörjning måste som värmelager drivas som ett genomströmningsmagasin.

4.2 Möjligheter i Nyköping

Råvattentäkten Yngaren är vid intaget tämligen grund. Någon signifikant förändring av råvattnets temperatur är därför ej möjlig.

Det enligt vattendomen medgivna råvattenuttaget på 400 l/s skulle teoretiskt möjliggöra att infiltrationsperioden med dagens vattenbehov begränsades till 160 dygn. Infiltrationen under 195 dagar under kalla årstider, ca 3 Mm³/år, med en medeltemperatur av ca 2,5°C skulle på detta sätt ersättas med motsvarande mängd under sommaren med en medeltemperatur av 13°C. Ökningen i energitillförsel skulle på detta sätt kunna uppgå till ca 36 GWh/år. Ett sådant förfarande skulle dock kräva att vattenmängden i grundvattenmagasinet varierade med motsvarande mängd vilket enligt beräkningar, VBB (1977) och Ullman (1979), skulle medföra en variation i grundvattenstånd vid vattentäkten på 6-7 m. Detta torde ej kunna accepteras med hänsyn till vattenkvalitetskrav och risk för sättningar i omgivande lerområden på vilka bl a TGOJs järnväg är anlagd.

För att undvika stora variationer i grundvattenstånd måste den hydrauliska balansen upprätthållas genom att överinfiltrationen sommartid kompenseras av motsvarande ökning av grundvattenuttaget. Nuvarande infiltration under vintern kan då ej undvikas, men energitillskottet blir ändå betydande.

Om infiltrationen under ovan nämnda 160-dagars period ökas till 400 l/s, uttaget av ca 7-gradigt grundvatten ökas i motsvarande mån och överuttaget avbördas till recipient, uppnås en energitillförsel av ca 20 GWh/år. Om infiltrationsanläggningen drivs så att värme avges till hela den del av akviferen som ligger mellan infiltrationsplats och brunnsområden, ca 10 Mm³, blir medeltemperaturhöjningen i genomsnitt 2,5°C (antagen värmekapacitet för grundvatten och jord tillsammans 0,8 kWh/m³K). Akviferens värmelagringskapacitet är således ej begränsande för den energimängd som går att lagra. Begränsningen ligger i stället i infiltrations- och brunnskapaciteter samt kraven på en minsta uppehållstid i marken för infiltrationsvattnet för att det ska uppnå acceptabel kvalitet för vattenförsörjningen.

Av den uppnådda extra energitillförseln på 20 GWh/år kommer ej allt att kunna återvinnas. Under de inledande 3-4 åren kommer en betydande del att behövas för att uppvärma över- och underliggande marklager. Efter denna tid kommer värmeavgivningen mot markytan att medföra vissa förluster. I detta fall, med 2,5°C temperaturhöjning, kan förlusten uppskattas till ca 2 GWh/år.

Tillgänglig kapacitet för råvattentillförsel medger ej den ökning av infiltrationen som nämnda metod förutsätter. Befintlig anläggning måste därför i en sådan situation kompletteras.

En ökning av energitillförseln utan utbyggnad av råvattenkapaciteten skulle kunna uppnås om ett överuttag av

grundvatten återfördes mot infiltrationsplatsen och återinfiltrerades i nyanlagda infiltrationsbassänger. I vilken utsträckning detta är möjligt kan ej slutgiltigt anges utan ytterligare analys av grundvattenmagasinets egenskaper och av möjligheterna att anlägga nya infiltrationsbassänger och brunnar. En nyanläggning av infiltrationsbassänger med en sammanlagd yta av 10 000 m² bör vara möjlig vilket skulle kunna ge ett energitillskott av ca 5 GWh/år. Detta skulle kräva en ökning av pumpad och infiltrerad vattenmängd med i storleksordningen 100 l/s under en femmånadersperiod.

Sammanfattningsvis kan konstateras att en ökning av tillförd värmeenergimängd till Högåsens vattenverk med ca 20 GWh/år bör vara möjlig genom ökad vattengenomströmning sommartid med bibehållande av den hydrauliska balansen. Detta skulle kunna motivera installation av en värmepump med en avgiven effekt av ca 5 MW för uttag av denna energimängd om avsättning finns för denna värmeenergi i anslutning till vattenverket eller utgående huvudledning med en varaktighet av ca 6 000 timmar per år.

4.3 Möjligheter i Södertälje

Råvattenintaget vid Bastmora varifrån huvuddelen av infiltrationsvattnet, ca 6 Mm³/år, hämtas är beläget på 30 m djup där temperaturen sommartid är relativt låg. Genom att anordna ett nytt intag nära ytan skulle råvattentemperaturen under tre sommarmånader kunna ökas med i genomsnitt ca 2,5°C, se figur 3.4. Energiinnehållet i infiltrationsvattnet skulle härigenom öka med ca 5 GWh/år.

Effekterna på driften av vattentäkten med hänsyn till vattenkvaliteten av en sådan åtgärd måste värderas innan det är möjligt att avgöra om ett sådant förfarande är acceptabelt.

Volymen av det uttagbara grundvattnet vid vattentäkten har av Ullman (1979) uppskattats till 300 000 m³ per meters förändring av grundvattenståndet. Med det hypotetiska antagandet att en variation av grundvattenståndet på 5 m är acceptabel skulle ett vattenmagasin av 1,5 Mm³ vara tillgängligt. Om detta magasin utnyttjades på så sätt att infiltrationen under 120 dygn på sommaren ökades med 150 l/s och sedan minskades i motsvarande mån under vinterhalvåret, skulle temperaturen på denna infiltrerade vattenmängd öka från nuvarande ca 2°C till ca 15°C. Denna temperaturhöjning skulle innebära en ökad energitillförsel till vattentäkten av ca 23 GWh/år.

Huruvida ett sådant driftsätt för vattentäkten är acceptabelt kan ej direkt avgöras men påverkan på vattenkvalitet och omgivande mark kan befaras. Detta studeras närmare i Kapitel 6.

För att undvika stora variationer i grundvattenstånd måste såsom för Nyköping den hydrauliska balansen upprätthållas genom att överinfiltrationen sommartid kompenseras av motsvarande ökning av grundvattenuttaget. Om infiltration och grundvattenuttag under sommarhalvåret, 26 veckor, ökades med 150 l/s, skulle det ca 7-gradiga grundvattnet ersättas av ca 13-gradigt infiltrationsvatten varigenom uppnås ett nettoenergitillskott av 16 GWh/år. Volymen av den akvifer som på detta sätt skulle värmas uppgår till ca 15 Mm³ vilket för en värmekapacitet av 0,8 kWh/m³K innebär en medeltemperaturhöjning av 1,3°C. Akviferens värmelagringskapacitet tas för denna laddningsenergi mängd således i anspråk endast i mycket begränsad omfattning. Energiförlusterna till omgivningen blir i ett sådant fall mycket små pga den lilla temperaturhöjningen. Metoden förutsätter att infiltrationsytor och brunnskapaciteter ökas.

På samma sätt som i Nyköping bör det vara möjligt att öka energitillförseln till vattentäkten genom återinfiltration av uppfordrat grundvatten med minst ca 5 GWh/år. Även i detta fall måste bassänger och brunnar kompletteras.

Slutligen kan noteras att efterbehandlingen av det uppfordrade grundvattnet i form av luftning under tre vintermånader medför en temperatursänkning av ca 0,5°C vilket innebär en energiförlust av 1,5 GWh, som skulle kunna elimineras. Under den varma årstiden medför dock luftningen ett energitillskott och totalnettot under året är därför i dagens läge nära noll.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det bör vara möjligt att öka tillförseln av värmeenergi till vattentäkten med 15-20 GWh/år, vilket liksom i Nyköping, i första hand bör ske genom en ökad genomströmning av varmt infiltrationsvatten sommartid. Energitillskottet skulle kunna ökas ytterligare om ett ytligt råvattenintag anordnas vid Bastmora så att infiltrationsvattnets temperatur sommartid ökas jämfört med nuvarande förhållanden. Befintliga installationer vid vattentäkten bör genom modifierad drift och smärre kompletteringar kunna skapa nämnda energitillskott. Det ökade energiinnehållet i råvattentäkten skulle kunna motivera installation av en värmepump med en avgiven effekt av ca 5 MW för utnyttjande av den tillgängliga värmeenergin.

4.4 Potential i landet som helhet

Förhållandena i såväl Nyköping som Södertälje är sådana att energiinnehållet i vattentäkterna bör kunna ökas betydligt genom ökad genomströmning av varmt infiltrationsvatten sommartid. De utnyttjade grundvattenmagasinens värmekapacitet är betydande och ej begränsande för värmelagringsmöjligheterna. Begränsningen ligger istället i tillgången på infiltrationsvatten, de tekniska anordningarnas kapacitet samt kravet på en minsta uppehållstid i marken för infiltrationsvattnet, storleksordningen ca 60 dygn, för att renvattnet ska uppnå god kvalitet.

För att belysa den totala potentialen i Sverige för att öka och tillvarata värmeinhållet i konstgjort infiltrerat grundvatten har gjorts en översiktlig studie av 16 orter med sådana vattentäkter med levererad vattentäckningsmängd större än ca 3 Mm³/år. Dessa representerar tillsammans med Nyköping och Södertälje en total vattenproduktion av ca 160 Mm³/år vilket är ca 60 % av den totalt i landet producerade mängden konstgjort grundvatten.

Resultatet av studien är sammanfattad i Bilaga 4.1, där möjliga anslutningar mellan renvatten och fjärrvärme kort diskuteras. Möjligheterna att öka värmeinhållet i vattentäkterna har ej närmare värderats. Man kan dock utläsa att stora skillnader föreligger. I vissa fall varierar nämligen renvattentemperaturen markant, vilket antyder små magasin med begränsade möjligheter att lagra värme. I många stora anläggningar är renvattentemperaturen dock relativt konstant vilket antyder betydande värmelagringsmöjligheter.

En försiktig bedömning av möjligt värmeuttag från de studerade anläggningarna med hänsyn till avsättningsmöjligheter för värmen samt med antagande om sänkning av vattentemperaturen till lägst +2°C, utan att beakta möjligheterna att öka nuvarande värmeinhåll, visar att en värmemängd av 400-500 GWh/år bör vara möjlig att utnyttja. För landet som helhet överstiger mängden ej 1 TWh. För de enskilda anläggningarna är mängderna dock lokalt betydande.

5.1 Allmänt

De tillgängliga energimängderna i de studerade va-systemen är så stora att ett utnyttjande kräver en överföring till någon form av fjärrvärmesystem. Överföringen bör då ske via värmepump till en återledning på fjärrvärmenätet.

Uttaget av värme från vattenledningssystemet bör ske i en punkt där ett stort och kontinuerligt flöde finns tillgängligt, vilket är starkt begränsande för val av anslutningspunkt. Denna måste i praktiken vara belägen vid en punkt på vattenledningsnätet innan detta förgrenat sig alltför mycket. Värmeuttag ur ett maskat vattenledningsnät är svår genomförbart eftersom flödesriktningen i vattenledningarna ej är entydig och nollflöde kan uppstå även i stora huvudvattenledningar.

Mot bakgrund av de begränsningar som vattendistributionsnäten och fjärrvärmenäten innebär har i det följande skisserats värmepumpanläggningar för de studerade orterna som med rimlig ekonomi tillvaratar största möjliga värmemängd. Kalkylerna baseras på de förutsättningar som temperaturerna i befintligt vattenledningsnät medför. Som framgår av kapitel 4 kan nedan föreslagna värmeuttag till stor del kompenseras genom modifiering av driften vid vattentäkterna. Värdet av detta diskuteras översiktligt i avsnitt 5.4

5.2 Förslag till värmepumpanläggningar i Nyköping

5.2.1 Förutsättningar

Värmeuttaget förutsätts ske vid renvattenpumpstationen vid Hemgården.

Flödet, ca 2,5 Mm³/år, ger ett medelflöde av ca 80 l/s. Pumpstopp kl 07-09 och 24-02 ger 83 % tillgänglighet. Temperaturen på renvattnet från vattenverket varierar normalt mellan +7 och +9°C. Ingen vattentemperatur under +6°C har noterats.

Värmepumpcentralen ansluter till fjärrvärmenätet på returledningen från Högrunnsområdet som år 1985 antas ha ett maximalt sammanlagrat effektbehov av ca 10 MW. Konventionella fjärrvärmevattentemperaturer antas föreligga.

Alternativt kan ett värmeuttag ske i anslutning till Fruängens vattenverk i kvarteret Mjölklaskan.

Flödet, ca 1,0 Mm³/år, ger ett medelflöde av ca 32 l/s. Tillgängligheten antas som ovan vara 83 %. Temperaturen på renvattnet antas som ovan vara +7 till +9°C. (Eventuellt kan den tillgängliga vattenmängden göras större.)

Värmepumpcentralen ansluter till fjärrvärmenätet på returledningen till basproduktionsanläggningarna i Arnö. Maximalt tillförd effekt från dessa antas vara 75 MW år 1985.

5.2.2 Förslag till värmepumpanläggningar

För anläggningen vid såväl Hemgården som i Mjölklaskan förutsätts att köldmediekrets och renvattensystem separeras från varandra med en plattvärmväxlare och en mellankrets med en fryspunktsnedsättande blandning. Temperaturen på renvattnet sänks med 4°C.

Anläggningen vid Hemgården:

Värmepumpcentralen föreslås uppbyggd av 2 skruvkompressoraggregat med köldmediet R12 och en nominell uteffekt av ca 1,0 MW vardera. Kombinationen klarar utgående fjärrvärmvattentemperaturer upp till ca +80°C varför inkoppling på retursidan är nödvändig. För att erhålla så god driftekonomi som möjligt kopplas aggregaten i serie på såväl förångar- som kondensorsidan. Principflödesschema framgår av Figur 5.1.

Anslutning till fjärrvärmenätet görs vid Industrigatan på värmekulvert från Högbrunn. Anslutande kulvert, $\varnothing 200$, skall kunna disponera hela returvattenflödet från området. Kulvertdragning och placering av värmepumpcentral redovisas i Figur 5.2. Värmepumpcentralens principutseende visas i Figur 5.3.

Med antaganden om 83 % tillgänglighet hos värmekälla och 95 % hos värmepumpcentralen skulle anläggningen kunna leverera 10,8 GWh/år till fjärrvärmenätet. Elkraftbehovet för drift av kompressormotorer, pumpar etc är beräknat till ca 4,2 GWh/år. Total årsmedelvärmefaktor 2,6. Varaktighetsdiagram återfinns i Figur 5.4.

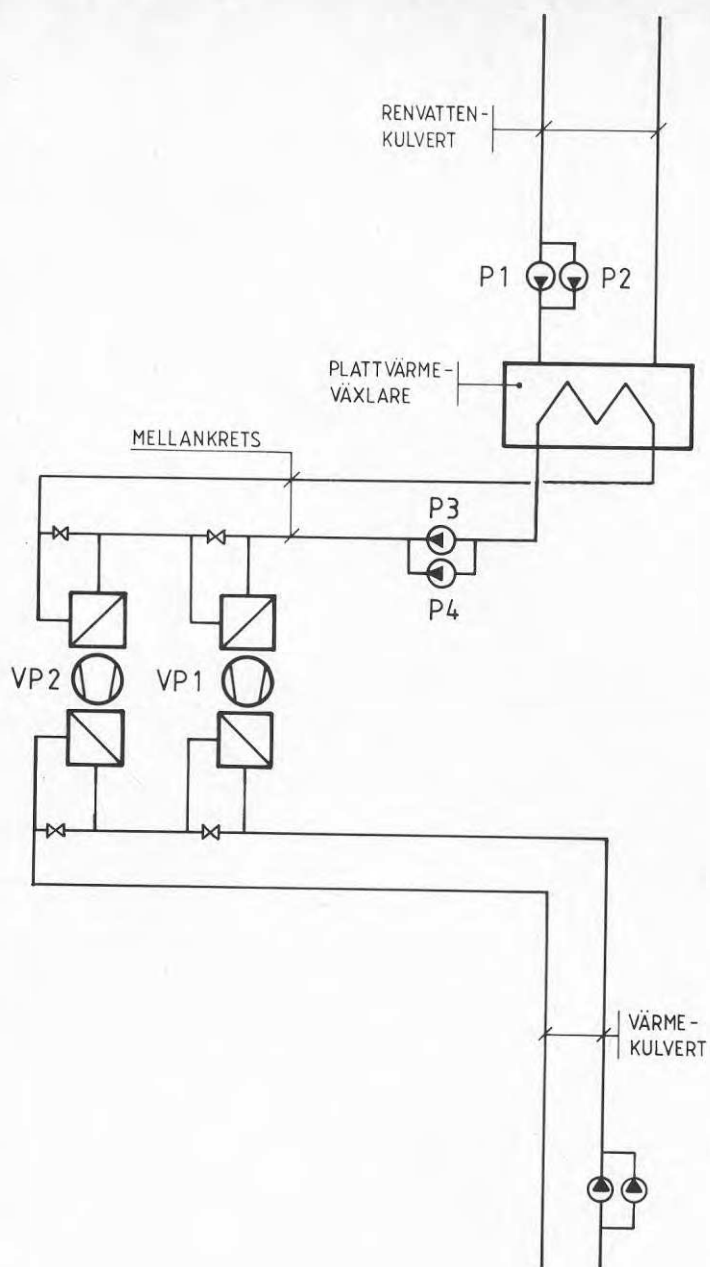
Anläggningen i Mjölklaskan:

Värmepumpcentralen föreslås uppbyggd av ett skruvkompressoraggregat med köldmediet R12 och en nominell uteffekt av ca 0,8 MW. Principflödesschema i Figur 5.5.

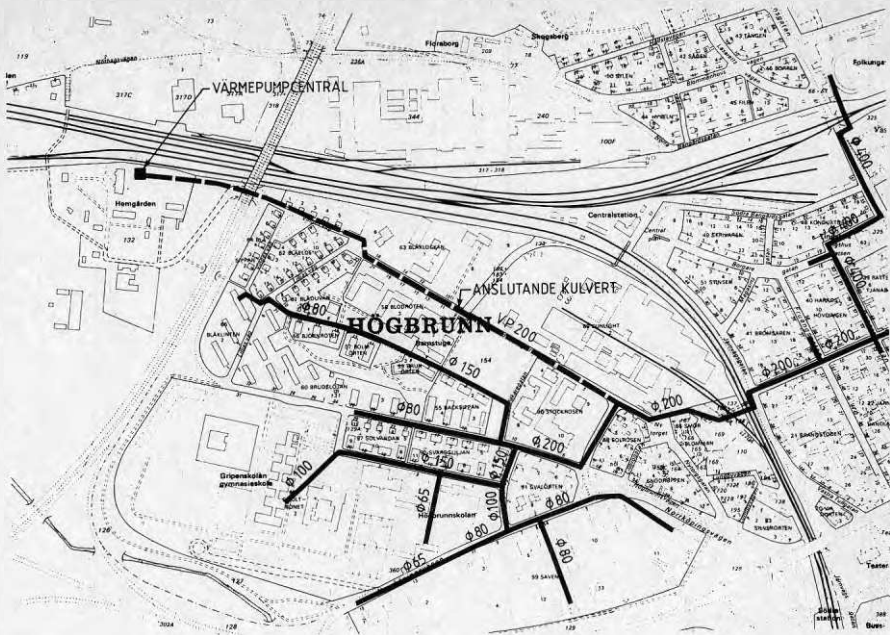
Anslutning till fjärrvärmenätet görs på returvattenledningen till produktionsanläggningarna i Arnö. Anslutande kulvert, $\varnothing 200$, kan därmed kontinuerligt disponera ett flöde som temperaturhöjs ca 3°C vid värmepumpcentralen innan det går till Arnö. Kulvertdragning och placering av värmepumpcentral visas i Figur 5.6.

Principlayout framgår av Figur 5.7.

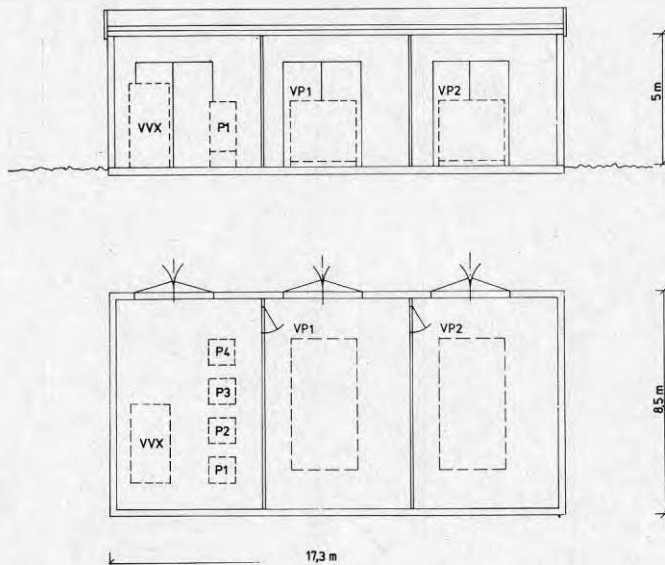
Med antagande av 83 % tillgänglighet hos värmekälla och 95 % hos värmepumpcentralen skulle anläggningen kunna leverera 5,3 GWh/år till fjärrvärmenätet. Elkraftbehovet för drift av kompressormotorer, pumpar etc är beräknat till ca 1,9 GWh/år. Total årsmedelvärmefaktor 2,9.



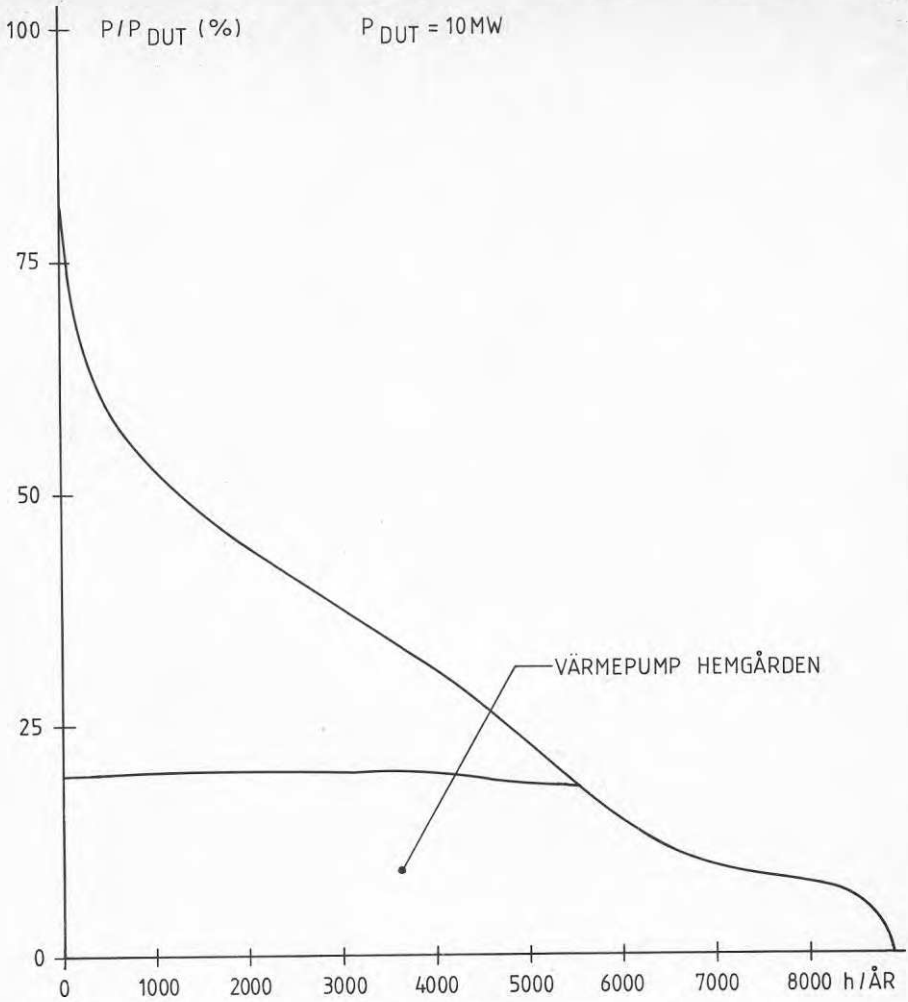
Figur 5.1 Flödesschema för renvattenvärmepump, Hemgården



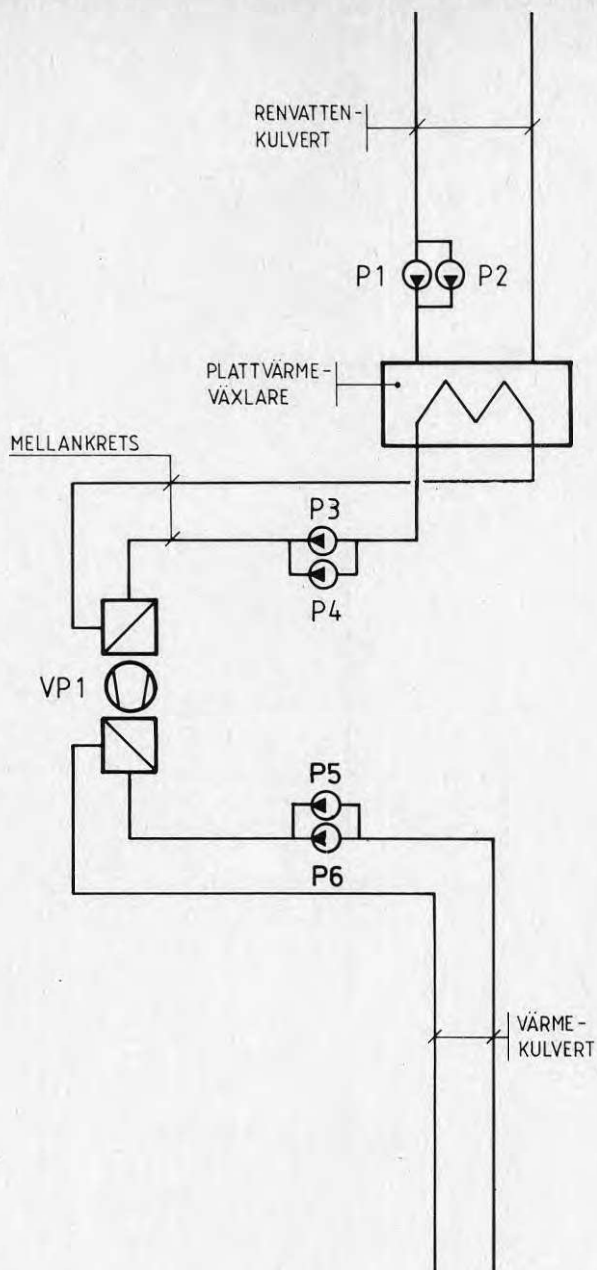
Figur 5.2 Värmevärmepumpcentral Hemgården och anslutande kulvert



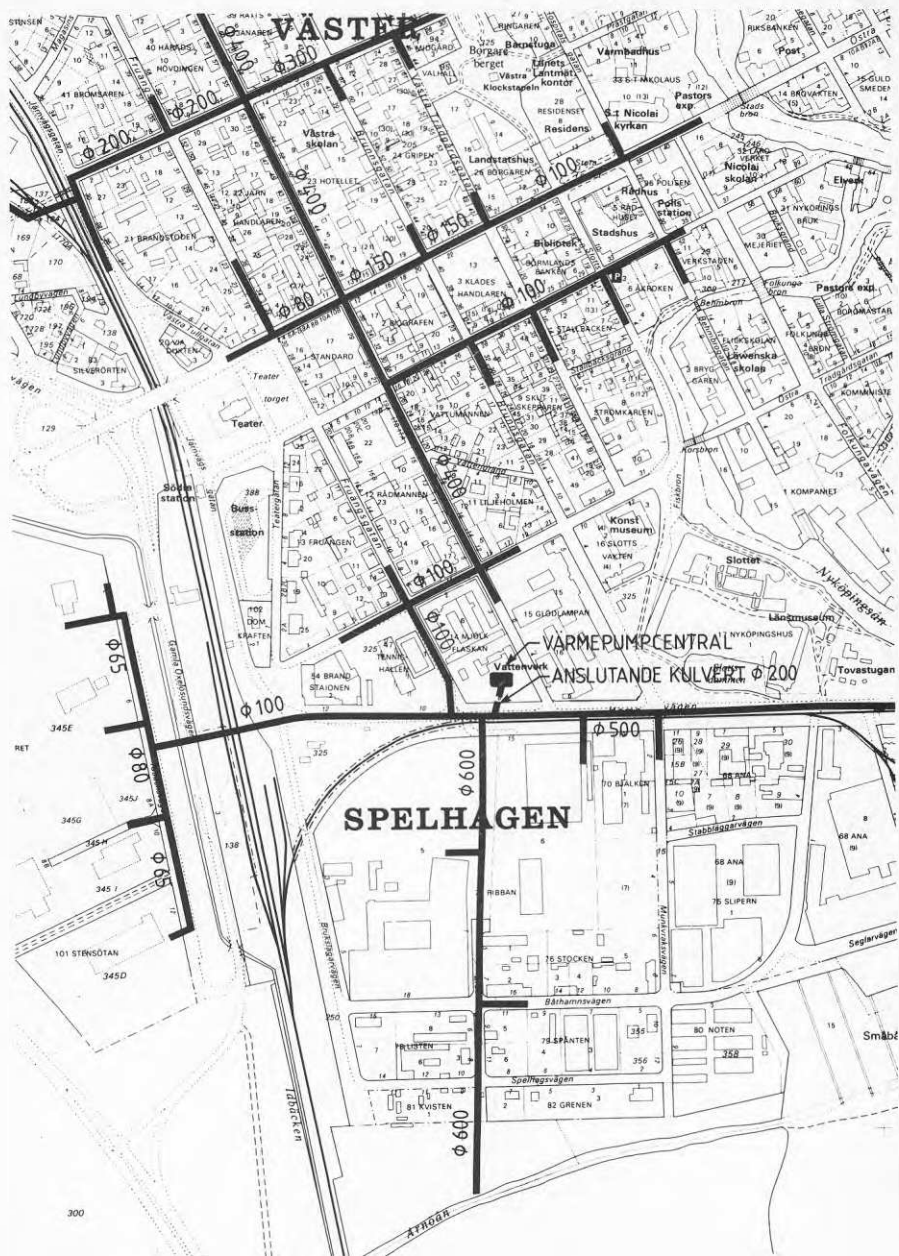
Figur 5.3 Renvattenvärmevärmepump Hemgården, principitavla



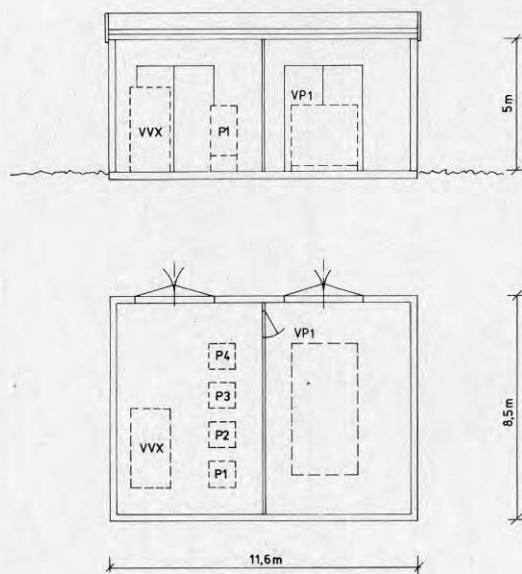
Figur 5.4 Varaktighetsdiagram för värmelast i anslutningspunkten



Figur 5.5 Flödesschema för renvattenvärmepump, Mjölklaskan



Figur 5.6 Värmeväxling Mjölklaskan och anslutande kulvert



Figur 5.7 Renvattenvärmepump Mjolkflaskan, principutseende

5.2.3 Översiktligt investeringsbehov

Kostnadsnivån avser april 1982 inklusive projektering, upphandling, byggledning, administration och oförutsett, men exklusive ränta under byggtiden och mervärdeskatt. Dessutom ingår ej kostnader för eventuellt markinköp. Normala grundläggningsarbeten förutsätts.

Pålägg för oförutsett har gjorts med 20 %.

Investeringskostnaderna uppgår med dessa förutsättningar till följande belopp.

Värmepumpcentral	Hemgården	Mjölklaskan
Byggarbeten, Mkr	0,90	0,70
Värmepumpaggregat, Mkr	2,40	0,95
Fjärrvärmeanslutning, Mkr	3,30	0,60
Renvattenanslutning*, Mkr	1,20	0,85
Elkraftförsörjning, Mkr	0,30	0,15
Totalt, Mkr	8,10	3,25
Spec kostnad kr/kW	4050	4060

Elkraftförsörjning har beräknats som 500 kr/kW_e.

* inkluderar plattvärmeväxlare och mellankrets.

5.2.4 Produktionskostnader

Årlig kapitalkostnad har beräknats vid 4 % real ränta och avskrivningstiden 40 år för byggarbeten, 15 år för värmepumpaggregat samt 20 år för övriga poster.

Drift och underhåll har beräknats som 2 % av investeringen. Kostnader för elkraft = 180 kr/MWh inkl 30 kr/MWh i skatt.

Total årskostnad	Hemgården	Mjölklaskan
Kapital, kkr	615	240
Drift och underhåll, kkr	160	65
Elkraft, kkr	755	340
Totalt, kkr	1530	645
Produktionskostnad, kr/kWh	0,14	0,12

5.3 Förslag till värmepumpanläggning i Södertälje

5.3.1 Förutsättningar

Värmepumpen tar värme ur renvatten från vattenverket i Djupdal via en renvattenledning, DN 800, som passerar mellan Klockarvägen och Strängnäsvegen, väster om Hovslagarvägen. Flödet i denna ledning är idag relativt konstant, ca 160 l/s, utom under ca 2 h per dygn då flödet sjunker till uppskattningsvis 1/3. Genom vissa omkopplingar i renvattennätet kan ett större flöde, ca 300 l/s, disponeras. Även detta förutsätts reduceras under 2 h per dygn till 1/3.

Temperaturen på renvattnet ut från Djupdalsverket har under de senaste åren varierat mellan +6°C och +8°C. Ingen vattentemperatur under +6°C har noterats.

Inmatning av värme kan tänkas ske till Södertälje kommuns fjärrvärmenät i en punkt belägen ca 200 m från anslutningspunkten på renvattenledningen. Värmekulvert till och från värmepumpcentralen kan därvid dras i en befintlig bergtunnel och anslutas till en befintlig fjärrvärmekulvert. Sammanlagrat effektbehov vid DUT (-18°C) för denna kulvert är idag ca 42 MW.

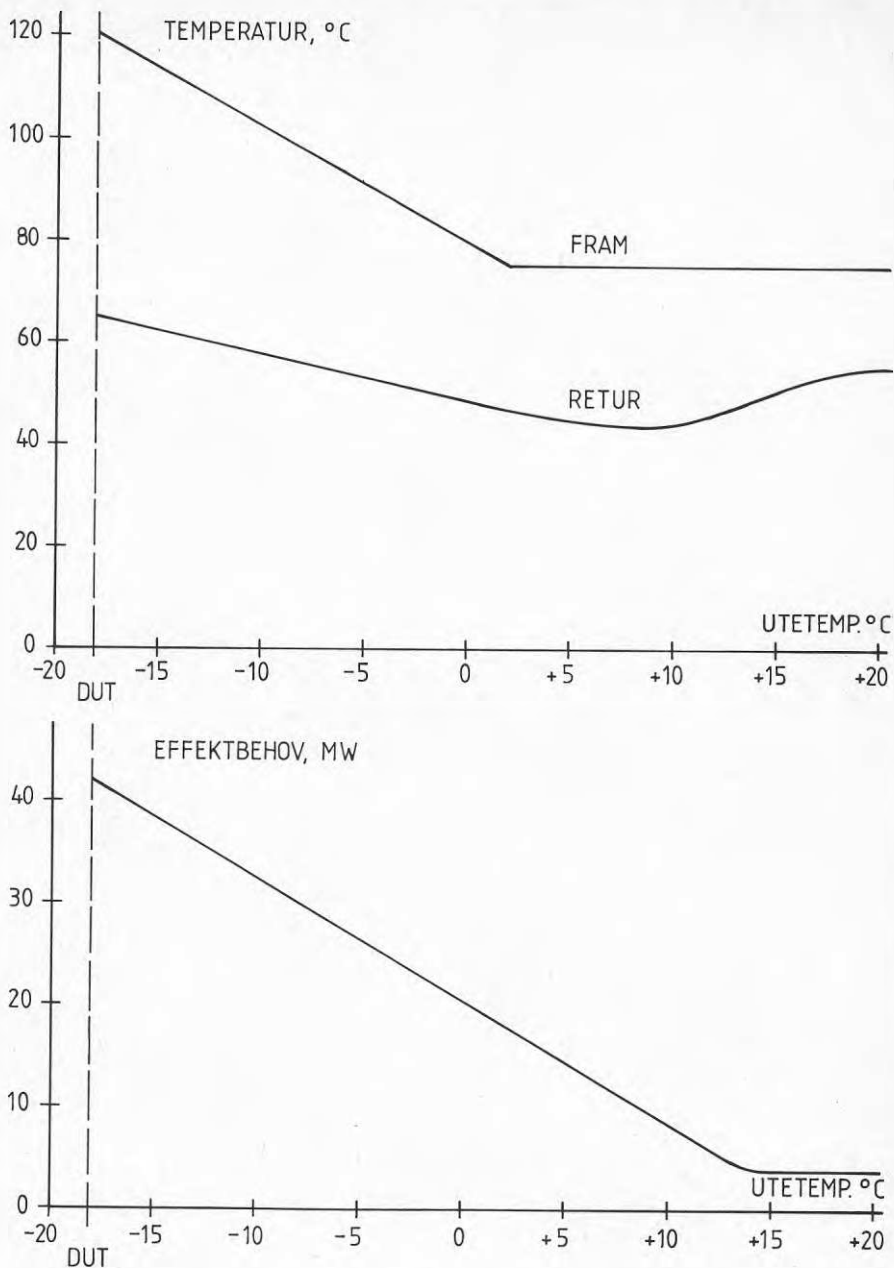
Fjärrvärmenätet förutsätts konventionellt dimensionerat, med max 120°C fram- och 65°C returledningstemperatur vid DUT. Under sommarperioden är motsvarande temperaturer 75°C och ca 55°C. Antagna fram- och returledningstemperaturer som funktion av utetemperatur framgår av Figur 5.8 som även visar antaget värmebehov i anslutningspunkten som funktion av utetemperatur.

Två olika stora värmepumpcentraler har studerats och kostnadsberäknats. En mindre för det mindre renvattenflödet 160 l/s och en större för flödet 300 l/s.

5.3.2 Förslag till värmepumpanläggning

Eftersom driftrycket i värmepumpens förångare stundtals kan vara högre än i renvattenledningen, kan ett eventuellt köldmedieläckage orsaka att köldmedium infiltrerar renvattnet om värmepumpen kopplas direkt till renvattenkulverten. Visserligen tillhör det föreslagna köldmediet, R12, lägsta grupp vad gäller giftighet och förångas med största sannolikhet innan det når förbrukarna, men riskerna för köldmedieinläckning kan begränsas om en mellankrets anläggs mellan värmepump och renvattenkulvert. Ytterligare en faktor som talar för en separering av systemen är det faktum att R12 till viss del är lösligt i vatten.

Med de renvattenflöden som redovisats ovan kan den uttagbara värmeeffekten vid 4°C temperatursänkning av hela flödet uppgå till 2,7 MW respektive 5,0 MW. Vintertid skulle därvid utgående renvattentemperatur vara drygt +2°C. En värmepumpanläggning med ovanstående



Figur 5.8 Fram- och returledningstemperaturer samt värmebehovet i anslutningspunkten som funktion av utetemperaturer

kyleffekter kan lämna ca 4,2-4,6 respektive 7,7-8,1 MW nominell värmeeffekt ut till fjärrvärmenätet.

Värmepumpcentralen föreslås uppbyggd av två respektive tre skruvkompressoraggregat med köldmediet R12 som arbetsmedium. Denna kombination klarar utgående fjärrvärmevattentemperaturer på upp till ca +8°C, varför inkoppling på returvattensidan är nödvändig.

För att erhålla en betryggande säkerhet mot köldmedieinläckning i renvattensystemet föreslås att en mellankrets anläggs mellan värmepumpens förångare och renvattnet. Mellankretsen utgörs av en plattvärmeväxlare och en cirkulationskrets med en fryspunktsnedsättande blandning av vatten och exempelvis natriumklorid, kalciumklorid, etylalkohol eller etylenglykol.

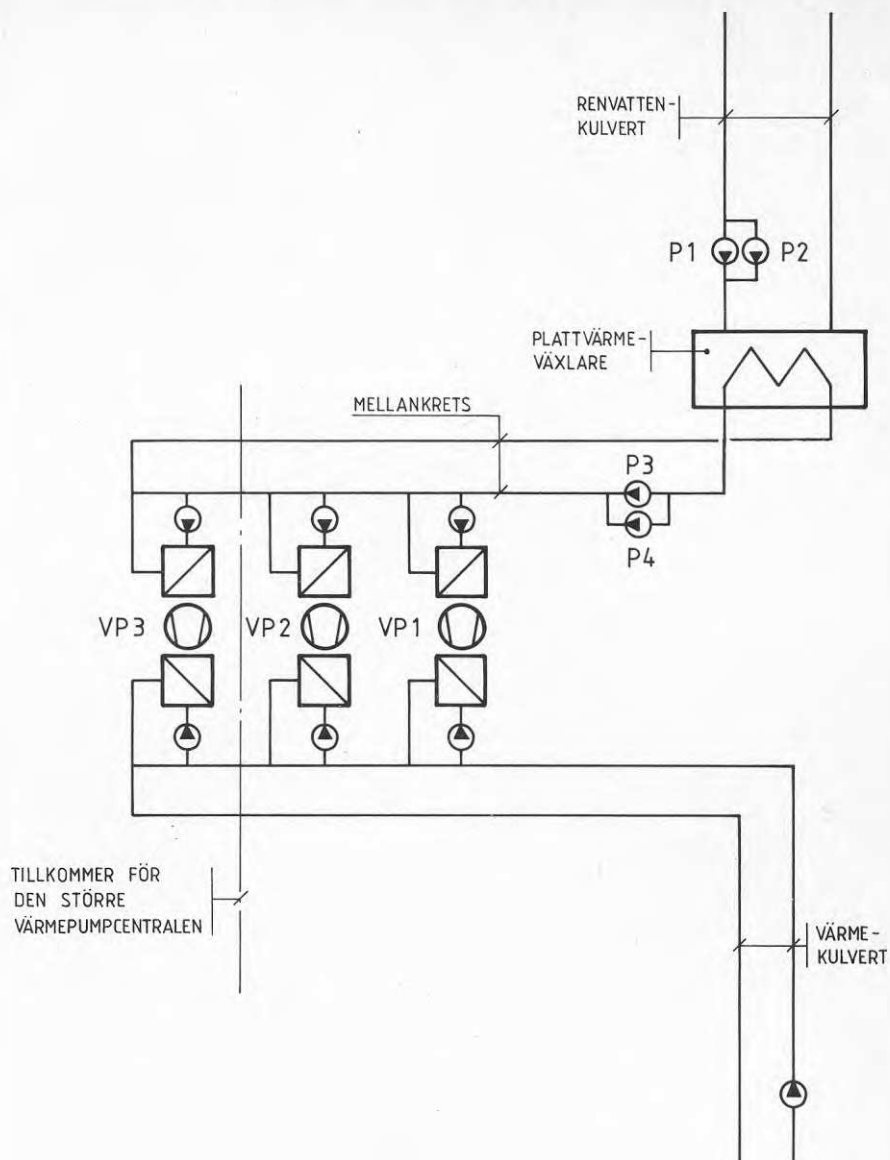
Om värmepumparna kopplas i serie på såväl förångar- som kondensorsida blir värmefaktorn och därmed även driftekonomin bäst. Emellertid kan inte hur stora flöden som helst passera värmeväxlarna, utan maximalt flöde beräknas ge 3-4°C temperaturdifferens på mellankrets- och fjärrvärmevattenflödet vid dimensioneringsförutsättningarna. Ett principiellt flödesschema för anläggningarna framgår av Figur 5.9.

Renvattnet pumpas från ett avstick på renvattenledningen, DN800, till plattvärmeväxlaren i vilken temperaturen sänks ca 4°C till min +2°C. Renvattenpumparna (P1 och P2) utförs konstantvarviga med kapaciteten 160 alt 300 l/s. Vissa tider då flödet i renvattenledningen är lägre än vad pumparna är dimensionerade för, fås en viss kortslutningseffekt men värmeövergångstalen och plattvärmeväxlarens temperaturverkningsgrad kan på så sätt upprätthållas. Såväl mellankrets som varje förångarkrets förses med cirkulationspumpar vars kapaciteter bör optimeras då val av fryspunktsnedsättande blandning gjorts.

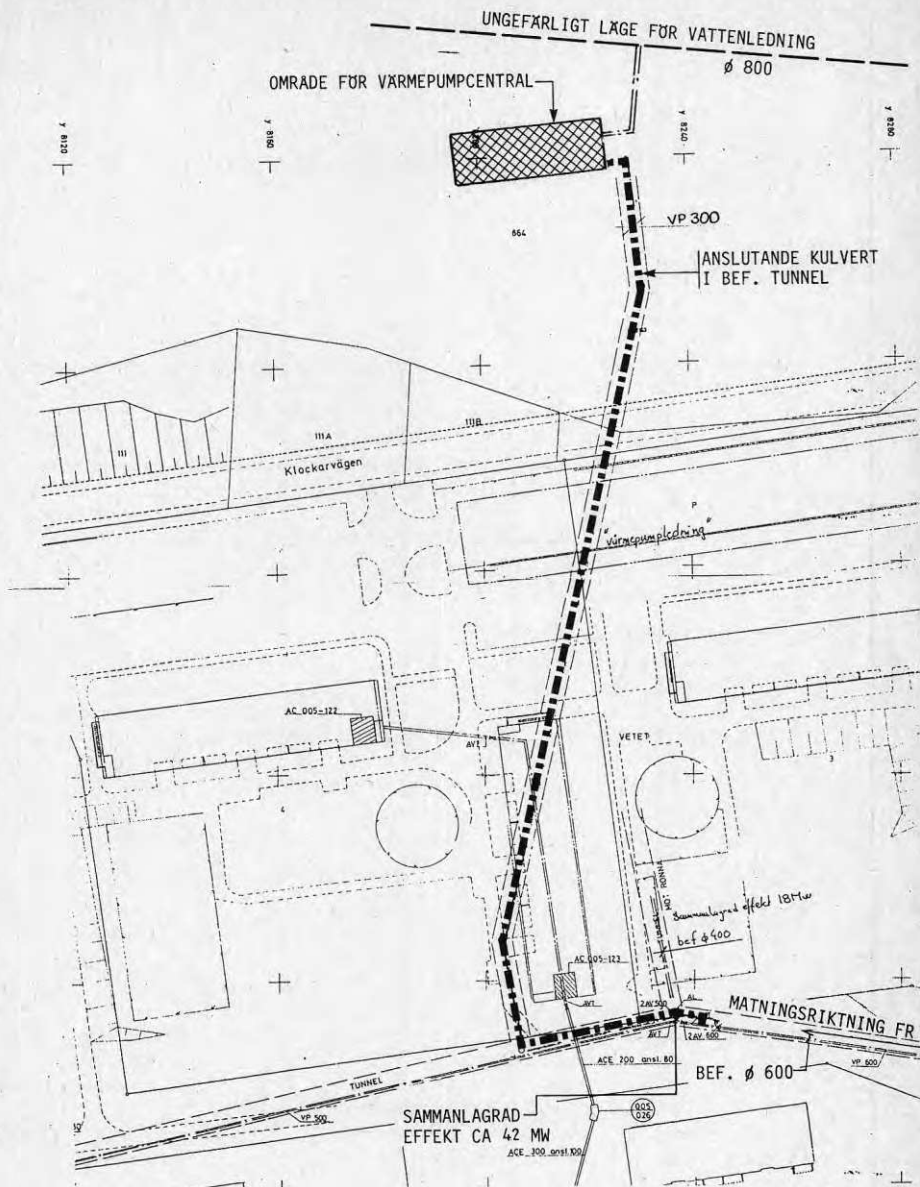
Värmepumpaggregaten ansluts till fjärrvärmenätet genom att ett avstick/påstick görs på returvattenledningen och en anslutande värmekulvert, DN300, dras i befintlig bergtunnel upp till värmepumpcentralen enligt Figur 5.10. För att klara tryckfallet i denna 2x200 m långa anslutningskulvert bör denna liksom varje kondensorkrets förses med egen cirkulationspump.

Värmepumpaggregat, plattvärmeväxlare, cirkulationspumpar etc uppställs i fristående byggnad på tomt markerad i Figur 5.10. Byggnaden sektioneras så att varje aggregat placeras i varsitt maskinrum. Byggnaden skall vidare, enligt Kylvnormen, uppfylla krav på brandsäkerhet och väl fungerande katastrofventilation i form av fläktar eller lätt öppningsbara dörrar finns ut till det fria.

Aggregaten är relativt ljudliga, upp till 95-100 dB(A) mätt i fritt fält. Genom att förse lämpliga delar av aggregaten med ljudisolationshuvar eller att ljudisolera



Figur 5.9 Flödesschema för renvattenvärmepump, Södertälje



Figur 5.10 Värmepumpcentral och anslutande kulvert, Södertälje

varje rum kan ljudnivån sänkas till en acceptabel nivå. Immissionsriktvärden för externt industribuller finns angivet av Statens Naturvårdsverk.

Principlayout för värmepumpcentralerna finns redovisad i Figur 5.11.

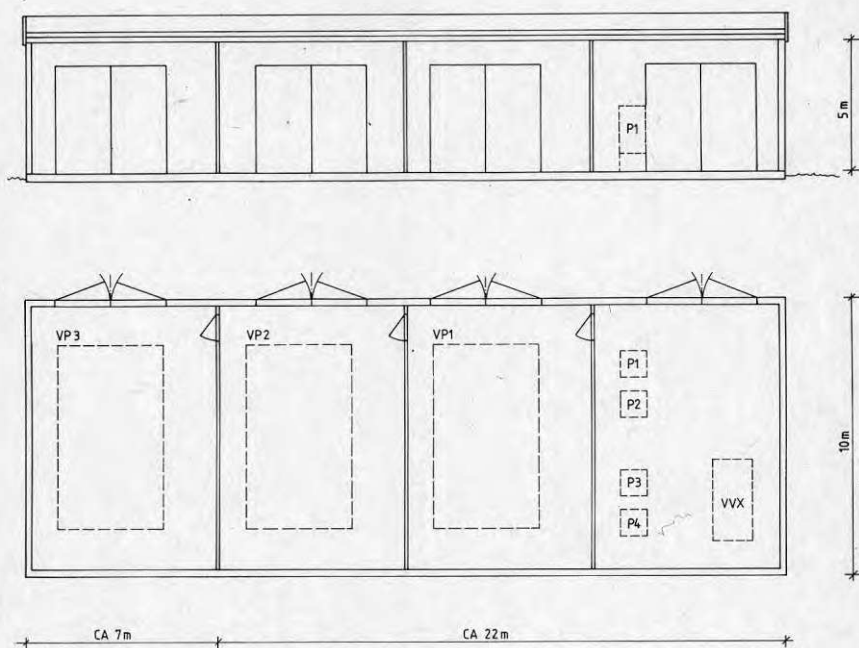
5.3.3 Energiberäkningar

Nedan redovisas den förenklade beräkningsgång som använts för att göra en bedömning av det energibidrag som värmepumpanläggningen kan lämna till fjärrvärmenätet.

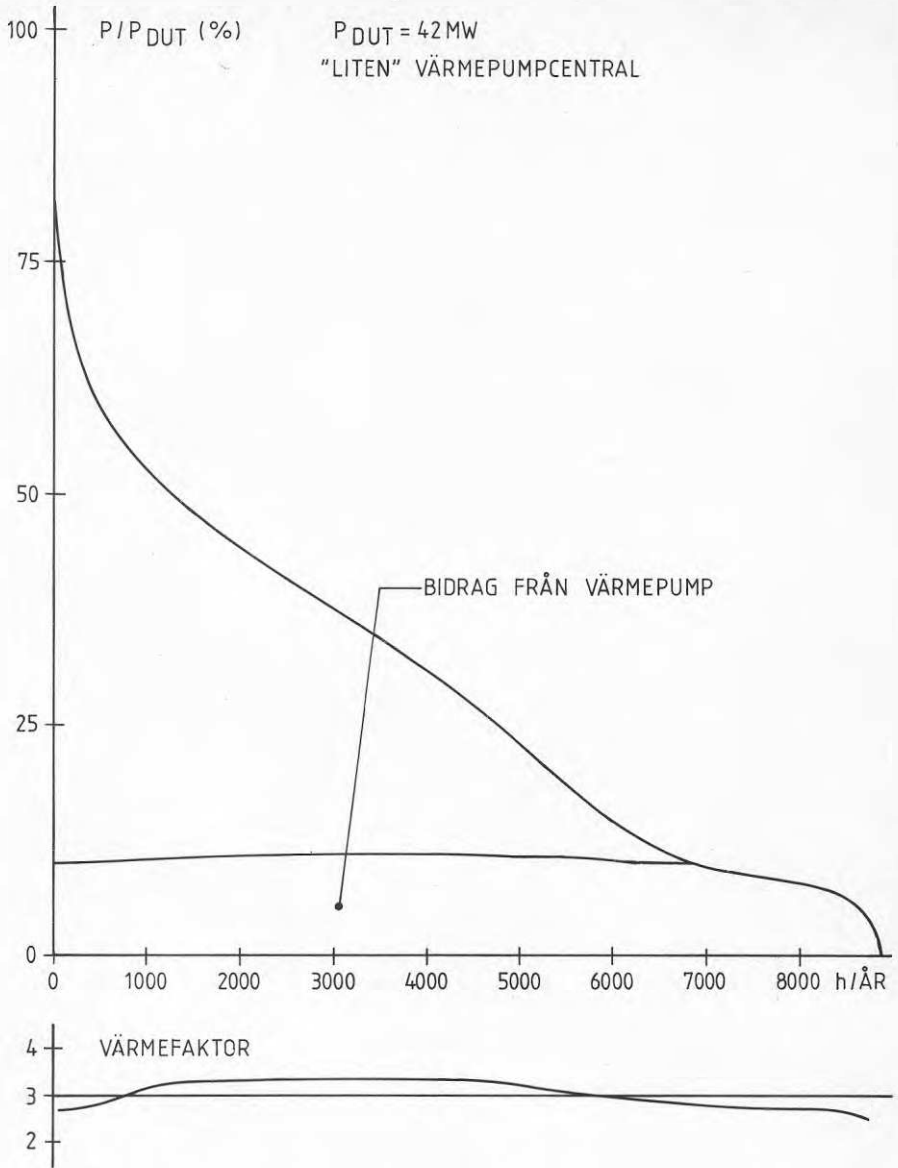
Värmepumpens avgivna värmeeffekt varierar med såväl förångnings- som kondenseringstemperaturen om kompressorvarvtalet förutsätts konstant. Kapaciteten hos en värmepump ökar således med höjd förångningstemperatur eller sänkt kondenseringstemperatur. Storleken på kapacitetsförändringen beror bl a på faktorer som köldmediets köldalstring vid det aktuella driftfallet samt kompressorns tryckvolymkaraktäristik. Skruvkompressorer är till skillnad från turbokompressorer relativt okänsliga för förändringar i arbetstrycket varför vi här har bortsett från dess inverkan och endast genom att studera förändringar i köldmediets köldalstring uppskattat anläggningens prestanda för andra driftförhållanden än dimensioneringsförutsättningarna.

Prestandaberäkningar har med ovanstående förutsättningar som underlag genomförts och resultatet har lagts in i ett antaget varaktighetsdiagram för värmelasten i den aktuella anslutningspunkten. Beräkningarna omfattar såväl kyleffekt, värmeeffekt, värmefaktor samt temperaturförändring av renvatten- och fjärrvärmevattenflödet för 18 tidpunkter under ett "normalår". Hänsyn har vidare tagits till renvattenflödet under 2 h per dygn är ca 1/3 av normalflödet. Resultaten redovisas i Figur 5.12 och 5.13.

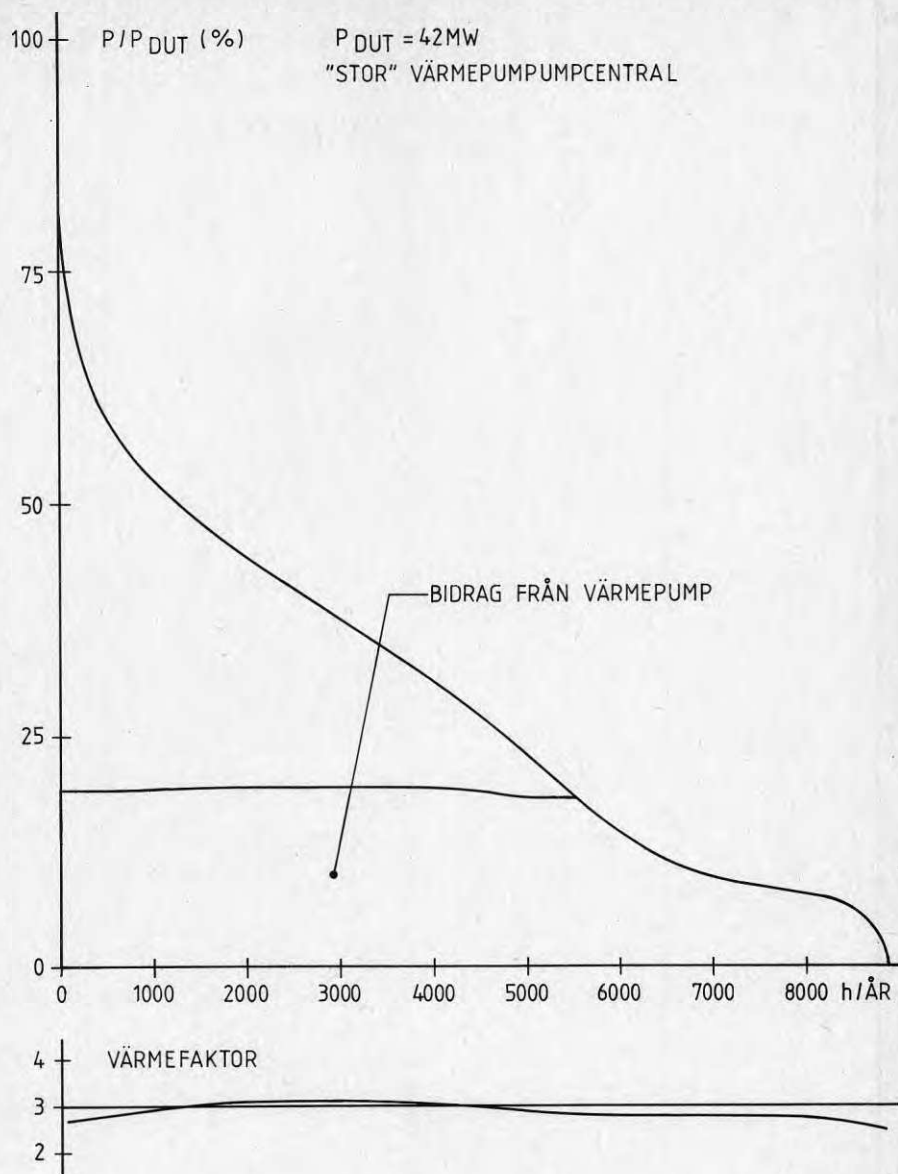
Naturligtvis kan man inte räkna med 100 %-ig tillgänglighet för anläggningen utan vissa avbrott av "inre anledningar" såsom service och översyn, rengöring av plattvärmväxlare etc samt av "yttre anledningar" såsom elbrist, extremt låga renvattentemperaturer, driftstörningar i fjärrvärmenätet etc måste räknas in. Dessutom måste hänsyn tas till att renvattenflödet under ca 2 h per dygn är ca 1/3 av normalflödet. Antas att energitillgängligheten uppgår till 95 % av i Figur 5.12 och 5.13 redovisade energibidrag erhålls nedanstående sammanställda resultat för de två anläggningsstorlekarna



Figur 5.11 Renvattenvärmepump Södertälje, principutseende



Figur 5.12 Varaktighetsdiagram för värmelast i anslutningspunkten (liten värmepumpcentral)



Figur 5.13 Varaktighetsdiagram för värmelast i anslutnings-
 punkten (stor värmepumpcentral)

Värmepumpcentral	"Liten"	"Stor"
Levererad värmeenergi	31,8 GWh	50,6 GWh
Drivenergi till värmepump	10,3 GWh	18,2 GWh
Övrig el*	0,8 GWh	1,5 GWh
Total årsmedelvärmefaktor	2,86	2,57

*Storleken på övrig el måste betraktas som mycket över-
slagsmässig eftersom någon optimering av tryckfall
i rörledningarna och värmeväxlare ej är utförd.

Eftersom man i Södertälje huvudsakligen avser att nyttja
kol som bränsle i fjärrvärmesystemet har ovanstående
levererad värmeenergi omräknats till ersatt kolmängd.
Vid omräkningen har förutsatts en förbränningsverknings-
grad av 85 %. Den mindre värmepumpcentralen ersätter
därvid ca 5 350 ton kol per år, medan den större ersätter
ca 8 500 ton per år.

5.3.4 Översiktlig investerings- och lönsamhetsbedömning

Nedan redovisas en översiktlig bedömning av investerings-
behovet uppdelat på kostnader för byggarbeten och värme-
pumpaggregat, anslutande värmekulvert med huvudcirkula-
tionspump och interna cirkulationspumpar, anslutning
på renvattensidan med renvattenpumpar, plattvärmeväxlare,
huvudcirkulationspumpar och interna cirkulationspumpar
för mellankretsen samt kostnader för elkraftförsörjning.
Kostnaderna inkluderar projektering, upphandling, bygg-
ledning, administration och oförutsett, men är exklusive
ränta under byggnadstiden och mervärdesskatt. Dessutom
ingår ej kostnad för eventuellt markinköp. Kostnadsnivå
april 1982.

På grund av kostnadskalkylens översiktliga nivå har
pålägg för oförutsett gjorts med 20 %. Normala grundlägg-
ningsförhållanden förutsätts. Investeringskostnaderna
uppgår med dessa förutsättningar till följande belopp.

Värmepumpcentral	"Liten"	"Stor"
Byggarbeten, Mkr	1,2	1,5
Värmepumpaggregat, Mkr	5,2	8,9
Fjärrvärmeanslutning, Mkr	1,3	1,5
Renvattensanslutning, Mkr	2,0	3,4
Elkraftförsörjning, Mkr	<u>0,7</u>	<u>1,4</u>
Totalt, Mkr	10,4	16,7

5.3.5 Produktionskostnader

Årlig kapitalkostnad har beräknats vid 4 % realränta
och avskrivningstiden 40 år för byggnader, 15 år för
värmepumpaggregat samt 20 år för övriga poster.

Drift och underhåll har beräknats som 2 % av investeringen. Kostnaden för elkraft har beräknats enligt gällande eltaxa till i genomsnitt 0,19 kr/kWh inkl nu gällande skatt, 4 öre/kWh.

Total årskostnad	"Liten"	"Stor"
Kapital, kkr	820	1 340
Drift och underhåll, kkr	200	330
Elkraft	<u>2 100</u>	<u>3 720</u>
Totalt, kkr	3 120	5 390
Produktionskostn, kr/kWh	0,098	0,107

5.4 Slutsatser och kommentarer

Som framgår av kalkylerna är det i båda de studerade fallen möjligt att producera och leverera värmeenergi på föreslaget sätt till en generellt sett fördelaktig kostnad. I båda fallen konkurrerar dock projekten med den rörliga kostnaden värmeproduktion på annat varför lönsamheten just i dessa specifika fall kan behöva närmare värderas.

Det bör i lönsamhetskalkylen noteras att en viss del, storleken 10-25 %, av den värmeenergi som tas från renvattnet kan behöva ersättas vid varmvattenberedning hos konsumenterna eller tillföras genom åtgärder vid vattentäktens infiltrationsanläggning som diskuterats i Kapitel 4. Storleken på den del av värmeuttaget som totalt kan behöva ersättas beror på vattenledningsnätets utformning. Kalkyler i Hydén, Lundgren (1981) visar att den i ett klent ledningsnät i måttligt tät bebyggelse kan vara så liten som 10 %. Mätningar och kalkyler för ledningsnät i tät bebyggelse visar att siffran kan bli så hög som 25 %. Värdet i enskilda punkter varierar naturligtvis beroende på läget i förhållande till värmeuttaget och nätets lokala utformning och vattenomsättning.

I Nyköping bör det vara möjligt att genom relativt enkla åtgärder beskrivna i Kapitel 4 öka renvattnets energiinnehåll mer än i den utsträckning som motsvarar det föreslagna värmeuttaget 3,4-6,6 GWh/år till en kostnad av ca 1 öre/kWh. En ytterligare ökning av energiinnehållet bör kunna tillgodogöras i en värmepump utan konflikter med vattenkonsumenterna.

I Södertälje är det föreslagna värmeuttaget betydligt större 21,5-32,4 GWh/år. Till stor del bör det vara möjligt att kompensera detta genom åtgärder vid vattentäkten. För att närmare klargöra möjligheterna har genomförts en termohydraulisk analys av grundvattenmagasinet vid vattentäkten, vilken redovisas i följande Kapitel 6.

Ett uttag av värme från renvattnet innan det når konsumenterna innebär ett rationellare utnyttjande av vatt-

nets värmeenergi än om det distribueras med vattnet direkt till konsumenterna. Vattenkonsumenterna har ej heller garanterats något speciellt värmeinhåll i vattnet och några ersättningsanspråk för sänkt värmeinhåll kan knappast vara formellt motiverade. Kärnfrågan bör därför vara i vilken utsträckning man totalt kan uppnå en energivinst, vilket som nämnts bör fastställas med hjälp av demonstrationsanläggningar.

HY/IS
VFU/034/007

6.1 Hydrogeologiska förhållanden

Vattentäkten är belägen i en isälvsformation som löper i norrsydlig riktning från Mälaren längs östra sidan av Malmsjön och ner mot sjön Måsnaren. Den del av formationen som tas i anspråk för vattentäkten begränsas i norr av en grundvattendelare nordost om Malmsjön och i söder av källområdet vid Djupdal. Mot öster och väster begränsas vattentäktssområdet av utsträckningen av de vattenförande lagren. Gränsen för det område som studerats i denna utredning framgår av Figur 6.1.

Den naturliga grundvattenbildningen i området uppgår till ca 50 l/s varav ca 20 l/s tillförs genom direkt infiltration av nederbörd och ca 30 l/s genom tillförsel från angränsande höjdområden, främst från nordväst från områdena runt Malmsjön. Under naturliga förhållanden utan vattentäkter har skett en utläckning av vatten i källområden vid Källtorp och Djupdal. Grundvattnets naturliga rörelseriktning är från norr och nordväst ned mot källområdena, se Figur 6.1.

De vattenförande lagren har en starkt varierande mäktighet beroende på en kuperad överyta hos den underliggande berggrunden. Grundvattenmagasinet vid vattentäkten är sålunda uppdelad i ett antal delbassänger med begränsad inbördes kontakt, speciellt vid låga grundvattenstånd. Detta framgår klart av den längdprofil genom vattentäktssområdet som visas i Figur 6.2. Den totala volymen på grundvattenmagasinet uppgår till ca 15 Mm³ varav det rörliga vattnet utgör storleksordningen 15-20 %, dvs 2-3 Mm³.

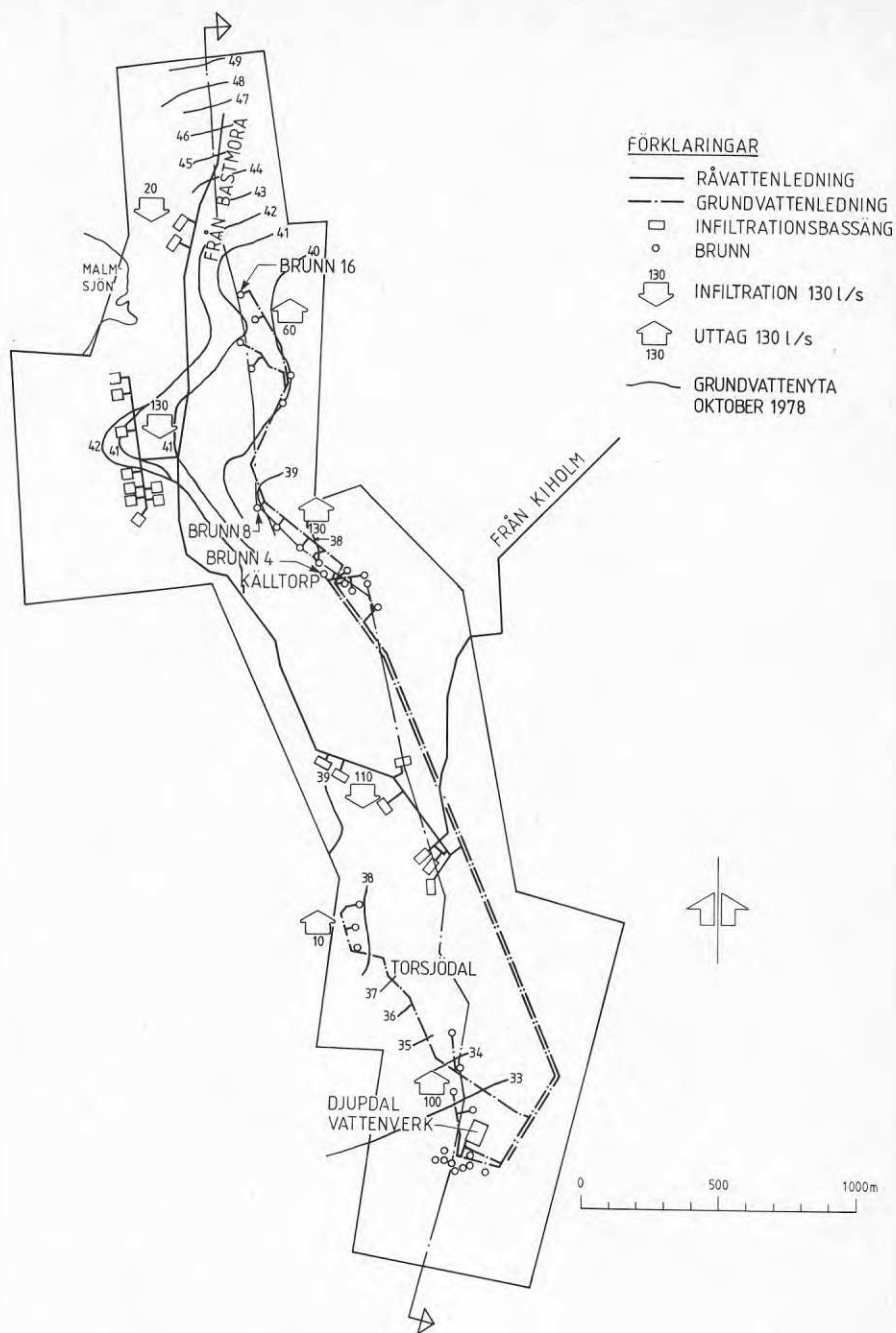
Den hydrauliska kontakten mellan infiltrationsbassängerna och brunnar är begränsad av uppstickande bergtrösklar och uppehållstiden för infiltrationsvattnet i marken varierar mellan de olika brunnsområdena i intervallet ca 50-120 d.

6.2 Grundvattenmodell

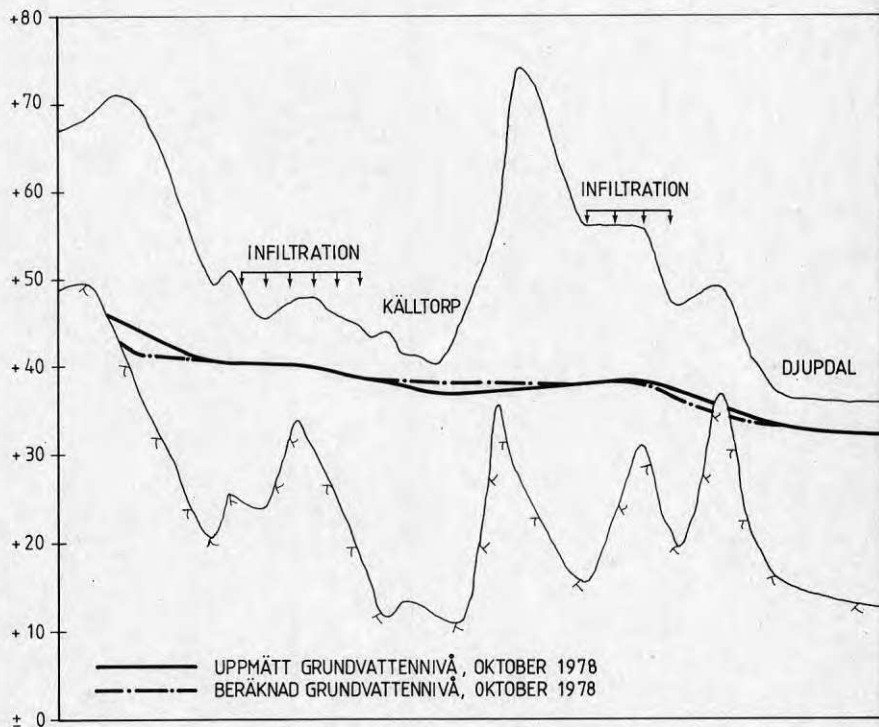
För att närmare studera de hydrauliska förhållandena i grundvattenmagasinet har upprättats en matematisk grundvattenmodell med utsträckning enligt Figur 6.1.

Modellen kalibrerades mot de driftförhållanden som rådde i oktober 1978. Bedömd fördelning av infiltrerade och uttagna vattenmängder visas i Figur 6.1, liksom uppmätt grundvattenyta.

Vid modellkalibreringen justerades antagna permeabilitetsvärden och vattenflöden över modellens gränser tills dess att rimlig överensstämmelse erhöles mellan



Figur 6.1 Studerat område, grundvattenyta, infiltrerade och uttagna vattenmängder, samt läge för längdprofil redovisad i Figur 6.2-6.4



Figur 6.2 Längdprofil genom vattentäktområdet. Markyta, berggrund samt uppmätt och beräknad grundvattenyta oktober 1978.

uppmätta och beräknade grundvattennivåer. En jämförelse mellan uppmätta och beräknade grundvattenytor visas i längdprofilen i Figur 6.2.

Grundvattenmagasinet karakteriseras som tidigare nämnts av uppdelningen i ett flertal delmagasin. Bergtrösklarna mellan magasinen fungerar närmast som bräddavlopp från dessa. Grundvattennivåerna i området har förändrats relativt litet genom utbyggnaden av infiltrationsanläggningen eftersom grundvattenytan endast har behövt höjas måttligt för att de större vattenmängderna ska kunna passera över bergtrösklarna. Dessa har under naturliga förhållanden utgjort lägsta nivåer till vilka grundvattenytan kunnat sjunka. Detta förhållande har klart framgått av modellstudierna.

6.3 Förhållanden vid modifierad drift

För att värmeinnehållet i grundvattenmagasinet ska kunna ökas måste driften av infiltrationsanläggningen modifieras. Effekterna av sådana modifikationer har analyserats med hjälp av modellen.

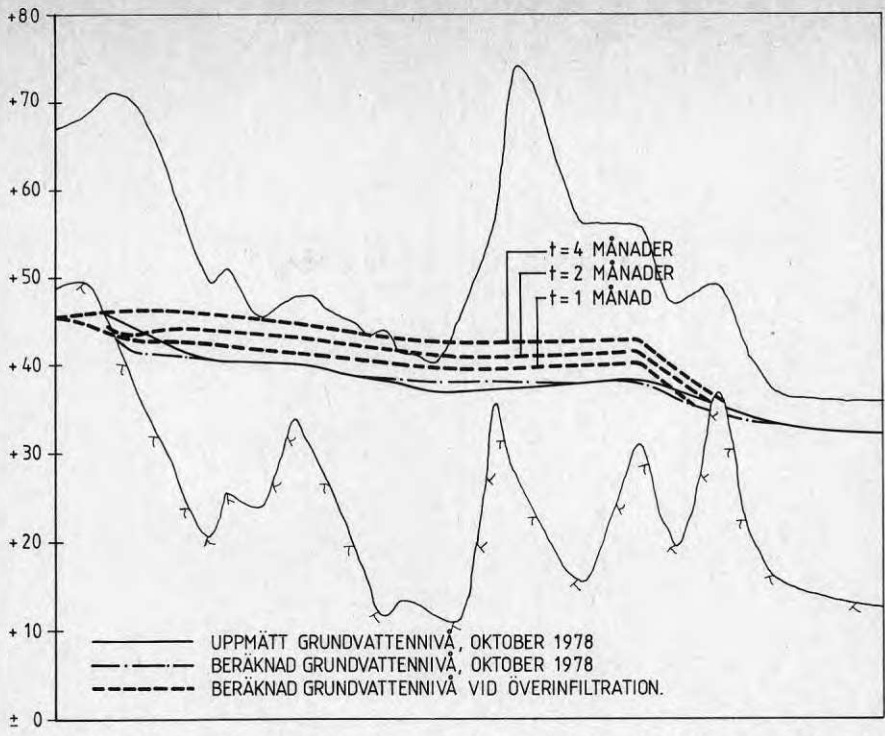
En överinfiltration sommartid utan uttag av motsvarande grundvattenmängd skulle ge det största värmetilskottet. De beräknade effekterna av en överinfiltration av 150 l/s under 6 månader visas i Figur 6.3. Härav framgår att grundvattenytan skulle stiga ca 5 m under denna period samt att vattenförluster från magasinet skulle uppstå pga utläckning på markytan och ökad utströmning av grundvatten från vattentäktområdet. En sådan modifiering av driften måste bedömas vara orealistisk.

Möjligheterna att öka genomströmningen genom magasinet utan att påverka den hydrauliska balansen har också studerats med hjälp av modellen. Figur 6.4 visar en beräknad grundvattenprofil för det fall att genomströmningen ökas med 150 l/s i Källtorpsområdet. Förändringarna är måttliga och bör vara acceptabla.

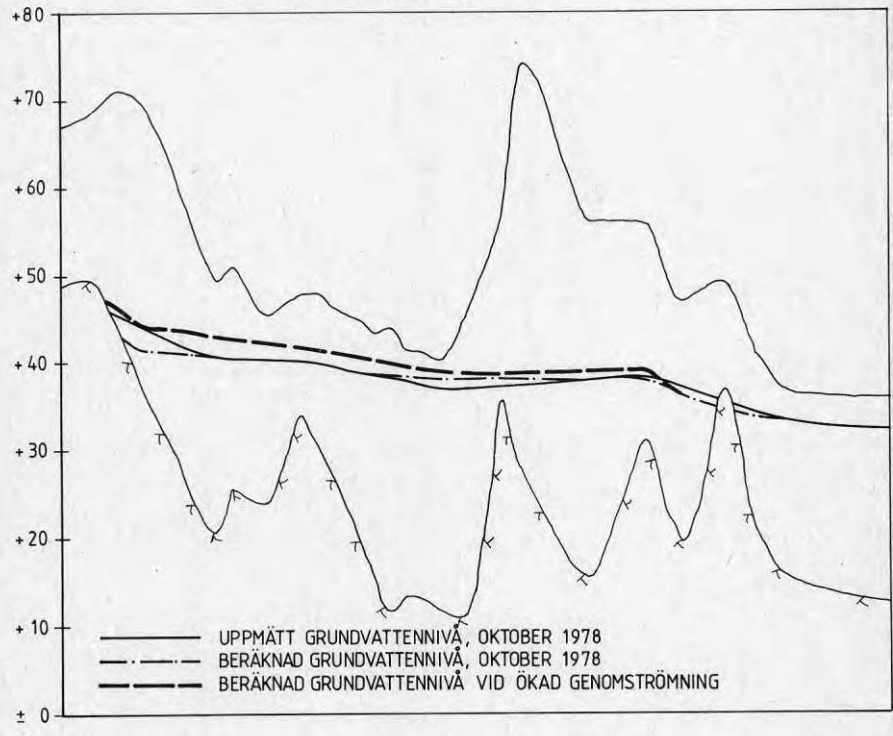
6.4 Förutsättningar för värmelagring och värmeuttag

Vattentäktens grundvattenmagasin upptar en total volym av ca 15 Mm³, varav 2-3 Mm³ utgör rörligt vatten. Den totala värmelagringsförmågan uppgår således till ca 12 GWh per grads temperaturförändring.

Eftersom magasinet är uppdelat i ett antal delbassänger kan den totala volymen ej utnyttjas för aktiv lagring av värme om ej driften av hela vattentäkten modifieras. Möjligheterna att göra detta med hänsyn till vattentäktensintressena varierar mellan olika delar av anläggningen. I Källtorpsområdet uppgår således vattnets uppehållstid i marken till 50-90 dygn medan den i Djupdal överstiger 100 dygn. Möjligheterna att öka



Figur 6.3 Beräknade grundvattenstånd vid överinfiltration 150 l/s under 6 månader



Figur 6.4 Beräknade grundvattenstånd vid ökad genomströmning med 150 l/s i Källtorpsområdet

genomströmningen av infiltrationsvatten är således begränsad i Källtorpsområdet med hänsyn till risken för påverkan av vattenkvaliteten medan större marginaler föreligger i Djupdal.

Med hänsyn till vattentäktsintressena bör en ökning av energiinnehållet i vattentäkten i Källtorp ske genom återinfiltration av grundvatten i soldammar. I Djupdal kan övervägas att öka infiltration av varmt sommarvatten med samtidig ökning av grundvattenuttaget. Totalt bör energiinnehållet kunna ökas med ca 20 GWh/år jämfört med nuvarande förhållanden till en kostnad av i storleksordningen 1 öre/kWh. En ytterligare ökning av värmeinnehållet i levererat renvatten sommartid bör kunna åstadkommas genom värmning av grundvatt-net med hjälp av sommarvarmt ytvatten t ex från sjön Måsnaren via en värmväxlare. Denna möjlighet har ej närmare värderats.

Modifiering av driften av vattentäkten enligt ovan angivna riktlinjer bör ske stegvis och under kontinuerlig kontroll av renvattenkvaliteten.

Föreliggande studie har visat att lokalt betydande energimängder kan utvinna ur kommunala grundvattentäkter baserade på konstgjord infiltration. En översiktlig studie av 18 anläggningar med konstgjord infiltration med en total vattenproduktion av ca 150 Mm³/år visar att den där uttagbara energimängden är ca 0,5 TWh/år. Den totala potentialen för landet kan härav bedömas uppgå till närmare 1 TWh/år.

I såväl Nyköping som Södertälje kan anläggas värmepumpcentraler där värmekällan utgörs av det kommunala vattenledningsvattnet och där värmets levereras till returledningar i befintliga fjärrvärmenät. De studerade anläggningarna skulle kunna leverera värmeeffekter i intervallet 0,8-8 MW och värmeproduktionskostnaden uppgår till 0,10-0,14 kr/kWh vid 4 % real ränta. I kostnadskalkylen ingår då ej kostnaden för vattenkonsumenterna för ett något ökat energibehov för varmvattenberedning, alternativt kostnader för att öka energiinnehållet i vattentäkten genom modifiering av driften. En sådan modifiering bedöms i båda de studerade anläggningarna kunna åstadkommas, så att vattentemperaturen på det levererade renvattnet i genomsnitt hålls oförändrat jämfört med dagens förhållanden, med endast marginella förändringar av kostnadskalkylerna för värmeproduktionen.

Den studerade möjliga värmepumpanläggningen vid Hemgården i Nyköping har stort demonstrationsvärde med hänsyn till möjligheterna att studera effekterna av ett värmeuttag på temperaturerna i ett vattenledningsnät. Den studerade anläggningen i Södertälje har demonstrationsvärde som en stor värmepump på en ny typ av värmekälla, samt genom att befintliga installationer vid vattentäkten genom begränsade förändringar bör kunna ge möjlighet att öka energiinnehållet i det levererade renvattnet. I båda fallen är de beräknade värmeproduktionskostnaderna generellt sett ekonomiskt intressanta.

Den tekniska osäkerheten i projekten är främst graden av påverkan på vattenledningsnätet av ett värmeuttag. Denna osäkerhet bedöms ej kunna elimineras utan fullskaleförsök.

Mot bakgrund av ovanstående slutsatser bör det vara värdefullt att demonstrationsanläggningar i full skala byggs på båda de studerade platserna.

AIB, 1978, Värmelagring i naturliga grundvattenmagasin, NE-projekt,

Hydén, H, Lundgren, J, 1981, Va-hanteringens energiomsättning, BFR-rapport R132:1981,

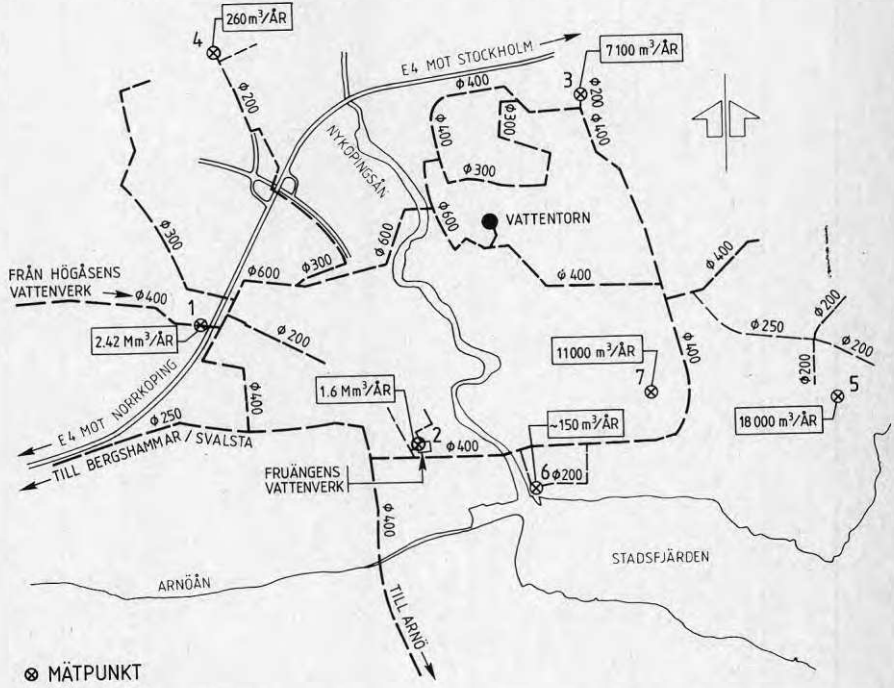
LTH, 1981, Diverse publikationer från Lundagruppen om värmelagring i akviferer 1977-1981,

Ullman, Magnus, 1979, Metoder att höja råvattentemperaturen i energisparsyfte, examensarbete VBB,

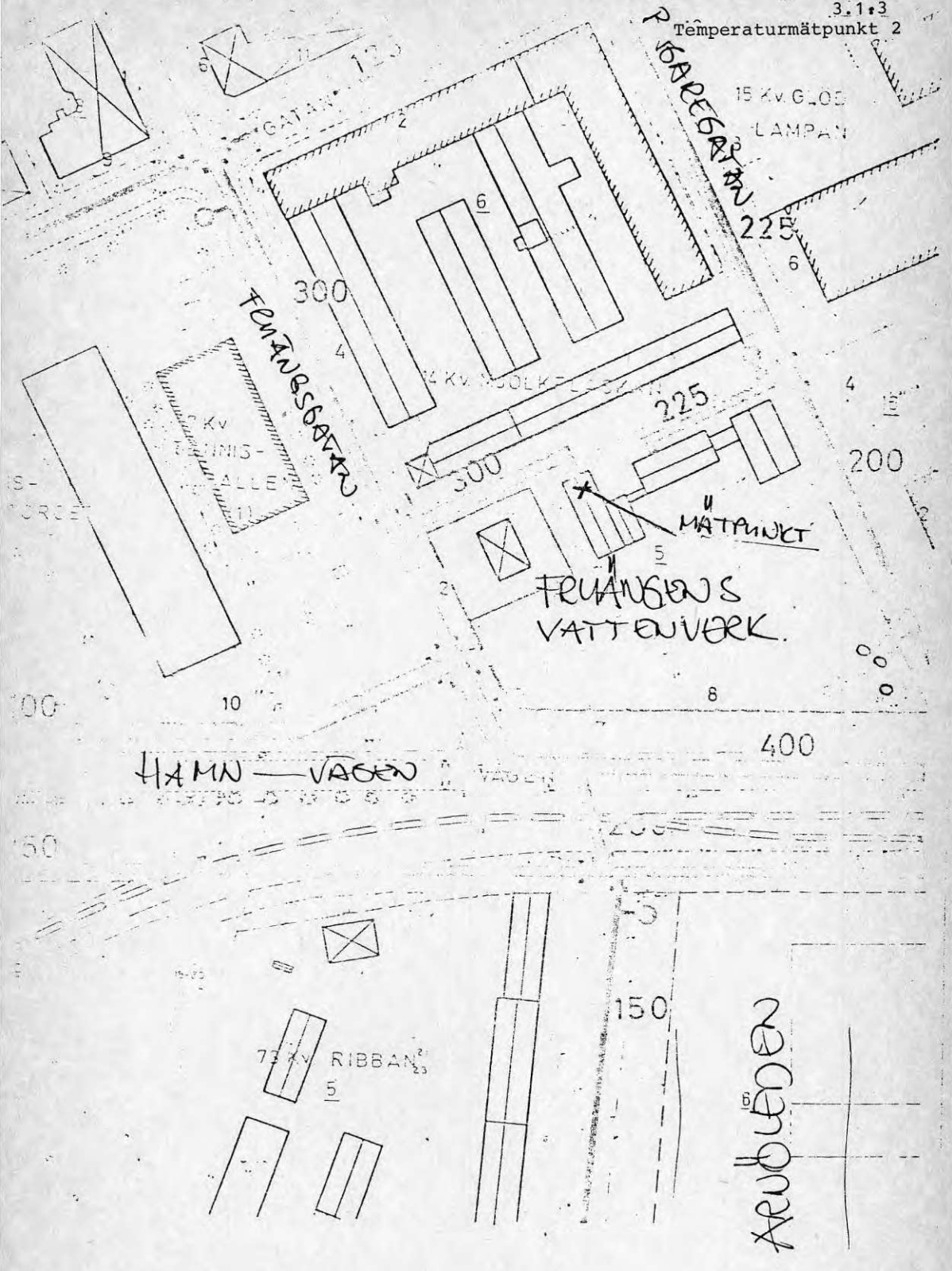
VBB, 1977, Matematisk modellstudie av vattentäkten vid Högåsen, Nyköping-Oxelösunds vattenverksförbund,

VBB, 1981, Värmelagring i grundvatten, NE-projekt 20 60 591.

NYKÖPING
TEMPERATURMÄTPUNKTER PÅ VATTENLEDNINGSNÄT







150

BÄRBERGSSTIGEN

Stormarknad

OK
BRAND-
KÄRR

MAT-
PUNKT

65

150

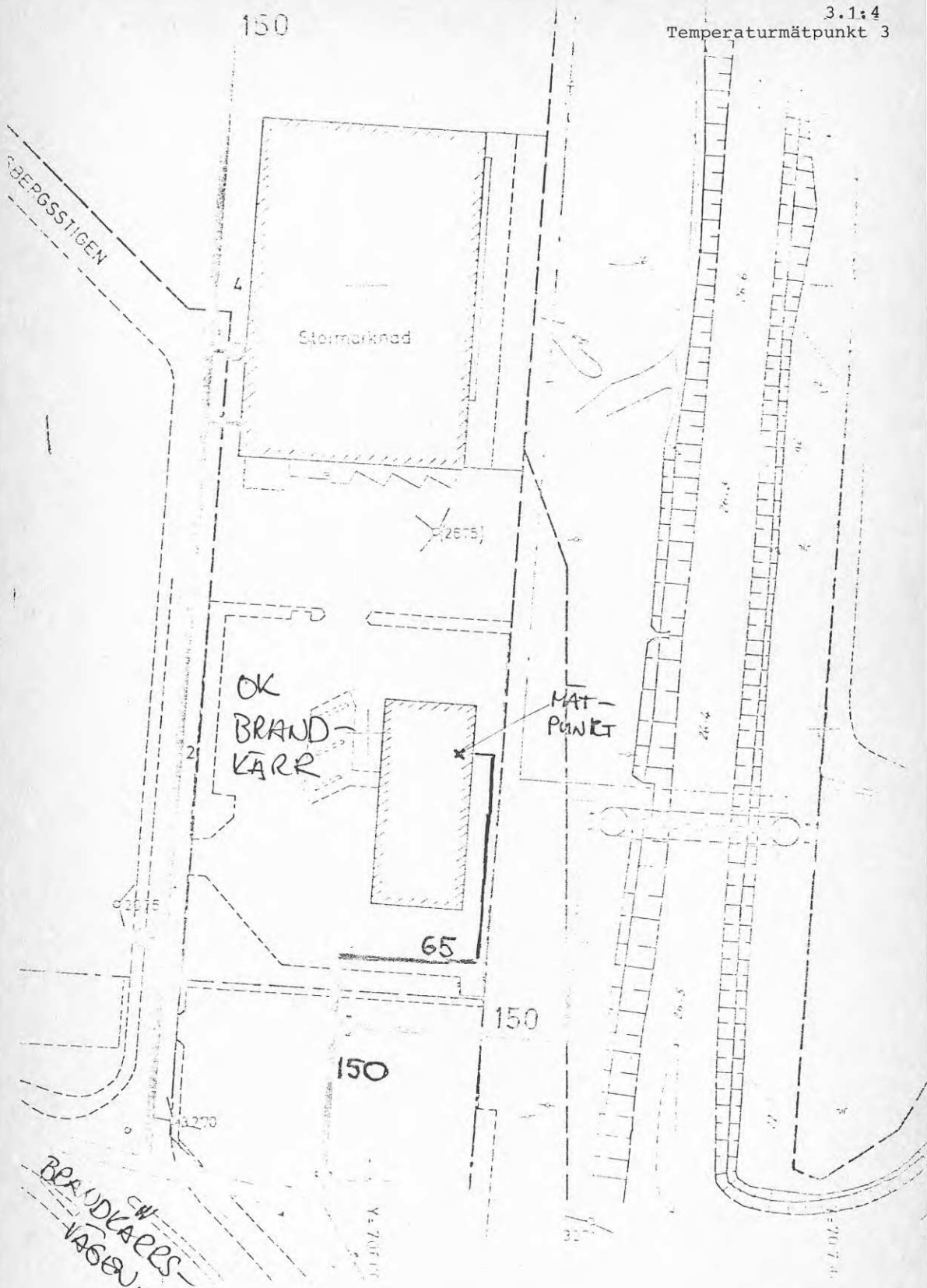
150

1270

BRANDKÄRRS-
VÄGEN

1270

1270



NYKÖPINGSÄN

200

150

OPPERBY
A-PST.

371 C

39

33

371 D

200

19

13

15

21

31

53

371 E

25

27

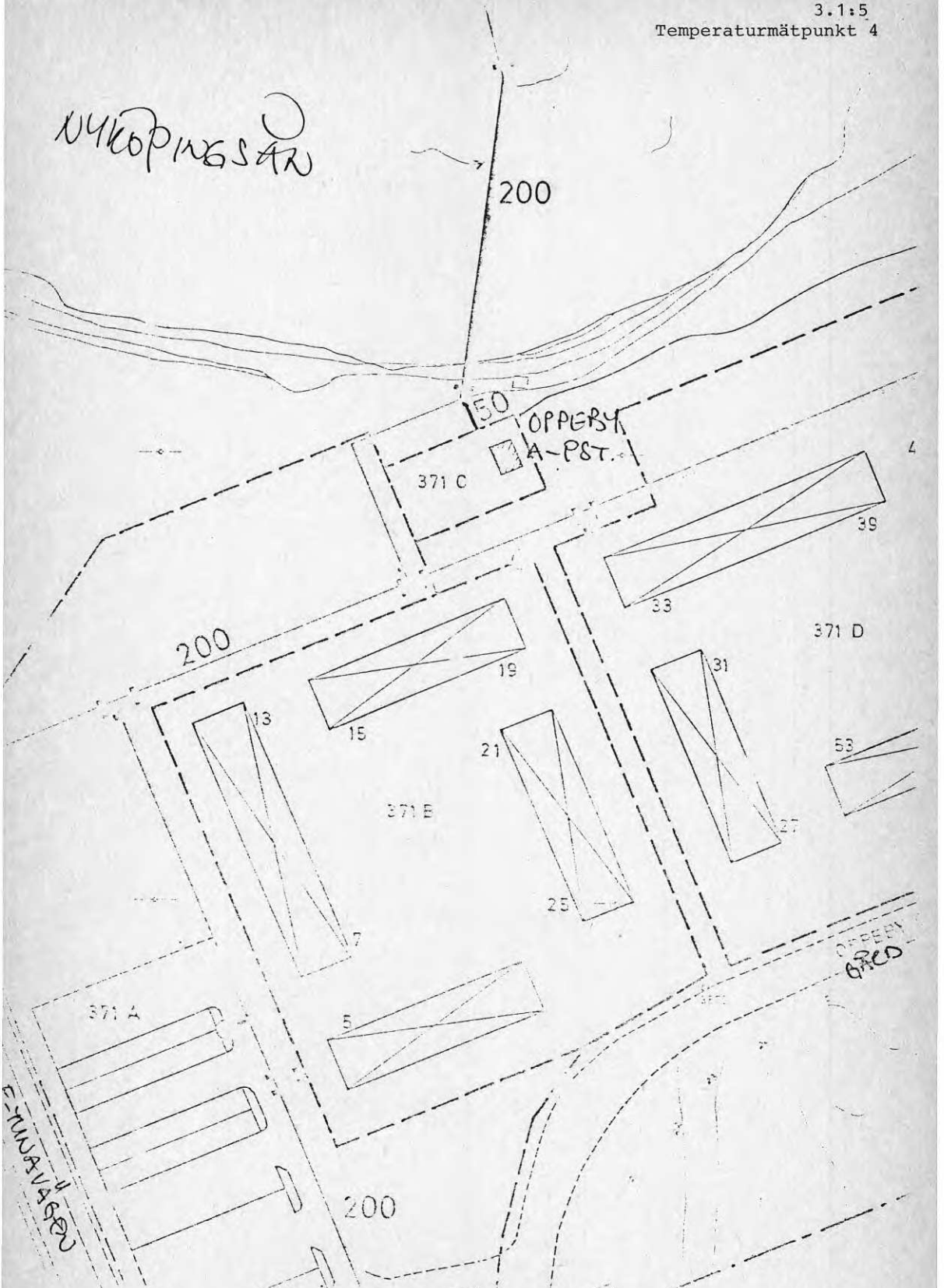
371 A

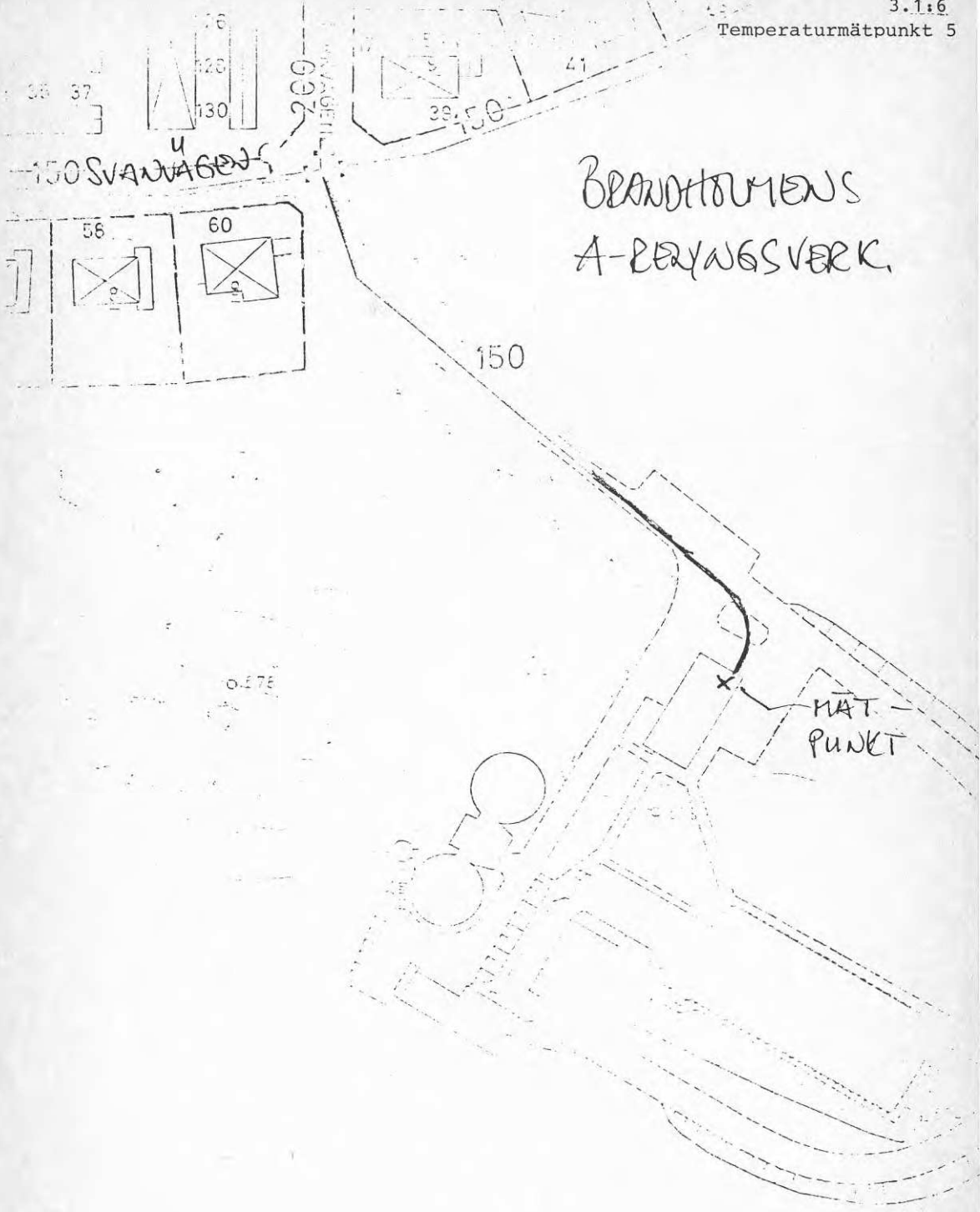
5

OPPERBY
B-PST.

200

EMUNAVÄGEN





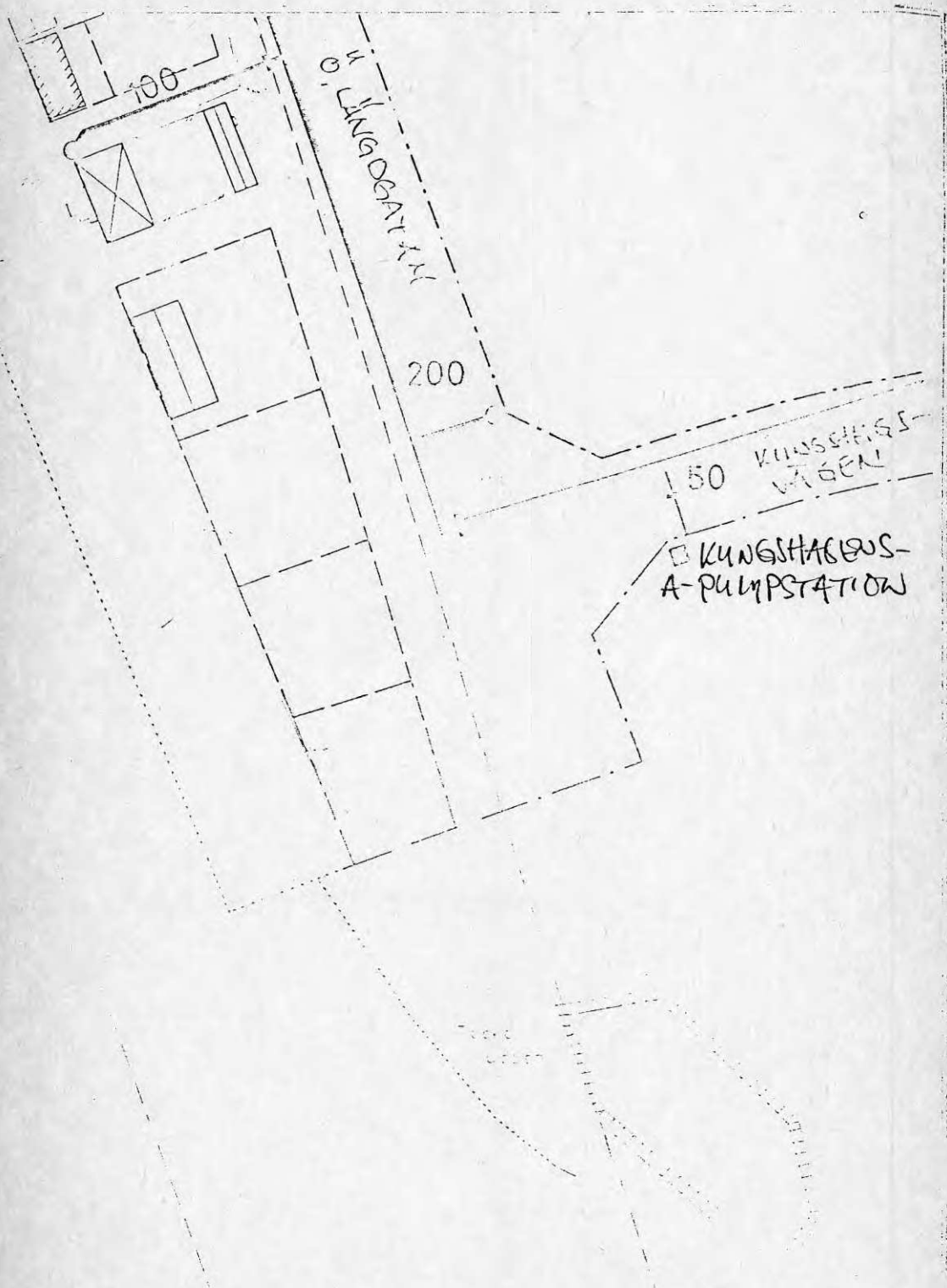
BRANDTÖMENS
A-BRYGGVERK

150 SVANVÄGG

150

MÄT PUNKT

0.175



400

TESSIN-
SKOLAN

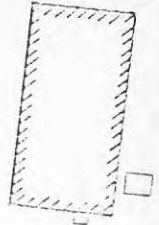
SE
←
BIF. SIT.
PLAN.

150

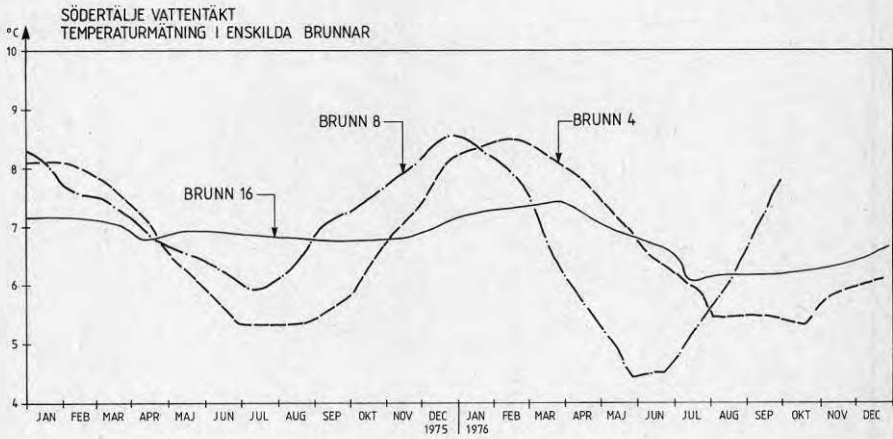
TESSIN-
SKOLAN

LENNINGS VÄG

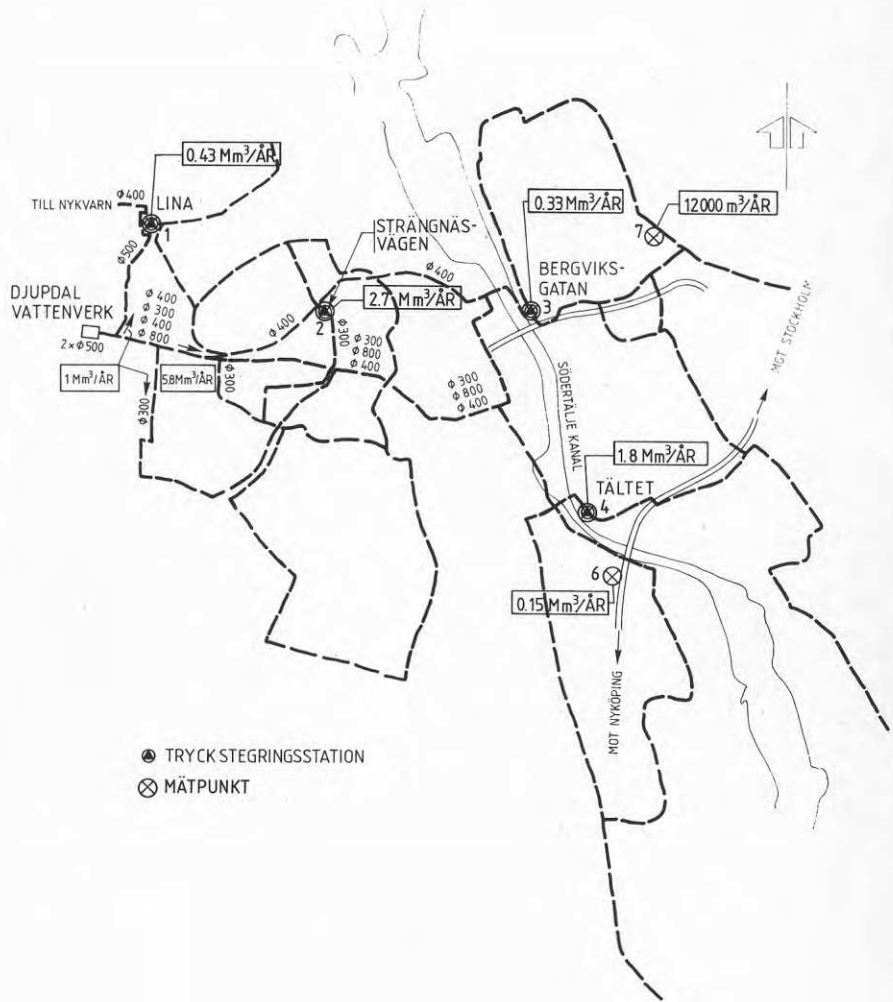
RÖS-
VALLA



SÖDERTÄLJE VATTENTÄKT
TEMPERATURMÄTNING I ENSKILDA BRUNNAR



TEMPERATURMÄTPUNKTER PÅ VATTENLEDNINGSNÄT



3.3:2
Temperaturmät punkt 6



3.3:3
Temperaturmät punkt 7



ÖVERSIKTLIG BEDÖMNING AV MÖJLIGHETERNA FÖR STORSKALIGT
UTNYTTJANDE AV VÄRME UR RENVATTEN FRÅN STÖRRE INFILTRA-
TIONSANLÄGGNINGAR.

Eskilstuna

Vattenförsörjning

Hyndevads vattenverk ligger ca 7 km från centrum. Medelårsproduktionen för åren 1978-81 var 11,8 Mm³. Det producerade vattnet leds till Eskilstuna i tre huvudledningar varav två ligger parallellt med varandra. Max, min och medeltemperaturer på utgående vatten från verket var år 1981 16, 3,4 resp 8,8°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

En värmepumpcentral kan anläggas i anslutning till de två parallella huvudvattenledningarna på rimligt avstånd från bebyggelse. De låga renvattentemperaturerna vintertid begränsar möjligt värmeuttag men överslagsmässigt bör man kunna räkna med att utnyttja 2°C temperatursänkning på minst halva vattenmängden vilket ger ett värmeuttag av minst ca 14 GWh/år.

Gävle

Vattenförsörjning

Vattenverket vid Sätra, som försörjer Gävle med vatten, producerar ca 9,5 Mm³ vatten/år. Av den producerade vattenmängden leds ca 8,8 Mm³/år mot centrum i tre huvudledningar. Två av dessa huvudledningar ligger parallellt med varandra. Renvattentemperaturerna varierar mellan 5 och 13°C under året. Vattentemperaturer för januari-april, maj-oktober och november-december är 5 (medel), 7-13 resp 6-7°C. Temperaturuppgifterna är baserade på mätningar från år 1979.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

Av den renvattenmängd som leds mot centrum kan ca 5 Mm³/år utnyttjas för värmeuttag. En eventuell värmepumpcentral placeras ca 800 m från vattenverket i anslutning till de två parallella huvudledningarna som går mot centrum. Värmepumpcentralen ansluts till fjärrvärmenätet med ca 700 m kulvert. En begränsande faktor för värmeuttag är den relativt låga vattentemperaturen från januari t o m april. Möjligt värmeuttag med 3°C temperatursänkning kan bedömas uppgå till ca 17 GWh.

HelsingborgVattenförsörjning

Helsingborg utnyttjar för sin vattenförsörjning Örbyverket som producerar ca 15 Mm³/år. Renvattnet förs i ett flertal huvudledningar till olika förbrukningsområden. Temperaturer på utgående vatten från verket varierar mellan 5 och 13,5°C (medel för 1979-81). De lägsta vattentemperaturerna förekommer under april och maj månad. För årets övriga månader är vattentemperaturerna högre än 6°C.

Praktiska möjligheter för värmeuttag ur renvattnet

Örbyverkets hela vattenproduktion kan sannolikt ej utnyttjas för ett värmeuttag. Eventuella värmepumpcentraler bör ligga i anslutning både till de större huvudvattenledningarna från verket och i närheten av fjärrvärmenät. För att bedöma lämpligt läge av ev värmepumpcentraler erfordras kompletterande uppgifter om flöden, flödesvariationer och vattentemperaturer i lägen på huvudvattenledningar där värmepumpcentraler kan vara aktuella. Möjligt värmeuttag med 4°C temperatursänkning uppgår till storleksordningen 30 GWh/år.

HässleholmVattenförsörjning

Vattenverket producerar 4,2 Mm³/år, varav 2,3 Mm³/år förbrukas inom Hässleholm. Resterande del av vattenproduktionen går till omkringliggande orter. Renvattentemperaturen vid vattenverket är normalt högre än 6°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

En värmepumpcentral anläggs i närheten av vattenverket, varvid hela renvattenproduktionen kan utnyttjas för värmeuttag. Värmepumpcentralen ansluts till fjärrvärmenätet med 400-500 m kulvert. Möjligt värmeuttag med 4°C temperatursänkning uppgår till ca 20 GWh/år.

KalmarVattenförsörjning

Vattenförsörjningen för Kalmar centralort sker vid Skälby vattenverk, som ligger 2-3 km från centrum. Verket producerar ca 5 Mm³/år (4,9 Mm³ år 1981). Temperaturer på utgående vatten från verket varierar mellan 7 och 8°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

Hela producerade vattenmängden kan utnyttjas för värmeuttag. Härvid anläggs en värmepumpcentral i anslutning till Skälby vattenverk. För anslutning av värmepumpcentralen till fjärrvärmenätet erfordras ca 1,5 km kulvert.

Anläggningen bedöms med 4°C temperatursänkning kunna medge ett värmeuttag av ca 20 GWh/år.

Alternativt kan värmeuttag troligen ske från en mindre vattenmängd i ett läge där vattenledning och fjärrvärme-kulvert ligger intill varandra.

Karlstad

Vattenförsörjning

Karlstads centralorts vattendistributionsnät försörjs från vattenverket i Sörmon, som ligger ca 15 km från centrum. Vattenförbrukningen inom centralorten uppgår till ca 6 Mm³/år. Renvattentemperaturer vid Sörmoverket varierar mellan 7 och 9,5°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renavttnet

Sörmons vattenverk ligger ca 15 km från områden med utbyggt fjärrvärmenät. Renvatten tillförs Karlstads distributionsnät i ett flertal punkter. Dessutom tas vatten ut från vattenledningen mellan Sörmoverket och Karlstad tätorts distributionsnät. Möjligheterna till storskaligt värmeuttag är därför begränsade.

Katrineholm

Vattenförsörjning

Kerstinboda vattenverk försörjer Katrineholm. Verket ligger i anslutning till tätortens bebyggelse, ca 1,5 km från centrum. Årsproduktionen uppgår till ca 3,2 Mm³. Vattentemperaturerna på det utgående vattnet från verket varierar mellan 3,5-16°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renavttnet

Geografiskt verkar det realistiskt att en värmepumpcentral skulle kunna placeras i anslutning till Kerstinboda vattenverk. Härvid skulle verkets hela årsproduktion kunna utnyttjas för ett eventuellt värmeuttag. För anslutning av en ev värmepumpcentral till fjärrvärmenätet erfordras ca 300 m kulvert. Möjligt värmeuttag med 2°C temperatursänkning uppgår till ca 7 GWh/år.

Kristinehamn

Vattenförsörjning

Kristinehamns tätort utnyttjar för sin vattenförsörjning Sandköpings vattenverk ca 9 km norr om tätorten. Verket producerar årligen ca 2,5 Mm³ renavatten. Renvattentemperaturer varierar från drygt 3°C till 13°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

De låga renvattentemperaturer som förekommer under del av året (januari-april mindre än 5°C) utgör en begränsande faktor för ett eventuellt värmeuttag ur renvattnet. Möjligt värmeuttag med 1°C temperatursänkning uppgår till ca 3 GWh/år.

KumlaVattenförsörjning

Blacksta vattenverk försörjer Kumla tätort samt Hallsberg med renvatten. Årlig vattenförbrukning är för Kumla tätort och Hallsberg 1,6 resp 1 Mm³. Vattenverket ligger ca 2,5 km från Kumla tätorts centrum. Renvattentemperaturerna varierar mellan ca 8 och 9°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

Vattenverkets årsproduktion kan utnyttjas för värmeuttag om en värmepumpcentral placeras vid huvudvattenledningarna i en punkt ca 600 m från verket.

Avståndet till det planerade fjärrvärmenätet är ev i största laget för att medge en ekonomisk anslutning. Om en anslutning kan ske är det möjliga värmeuttaget med 5°C temperatursänkning ca 15 GWh/år. Genom en anslutning närmare tätorten kan ca halva denna energimängd utnyttjas.

KöpingVattenförsörjning

Vattenverket ligger ca 0,5 km från de centrala delarna av Köping. Verket producerar ca 3,2 Mm³/år. Vattentemperaturerna varierar mellan 7,5 och 8°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

Geografiskt ligger vattenverk, vattenledningsnät och fjärrvärmenät bra till för ett värmeuttag ur renvattnet. För Köping är någon värmepumpsanläggning av begränsat intresse eftersom man har tillgång till industrispillvärme och sopförbränningsvärme. Kommunen köper spillvärme från SUPRA, som ändå måste kyla bort spillvärme. Det potentiellt möjliga värmeuttaget med 5°C temperatursänkning är ca 18 GWh/år.

LuleåVattenförsörjning

Luleå tätort utnyttjar för sin vattenförsörjning Furunäsets vattenverk ca 6 km väster om tätortens centrum. Verkets årsproduktion är ca 7 Mm³. Utgående renvatten

temperaturer är under vinter- och sommartid 5 resp 6,5°C. Renvattnet leds i tre huvudvattenledningar från vattenverket till Luleå tätort. Avgreningar från dessa huvudvattenledningar försörjer även andra orter mellan vattenverket och Luleå tätort med vatten.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renoattnet

För att bedöma möjligheterna till värmeuttag måste en punkt på vattennätet med stort kontinuerligt flöde lokaliseras. Dessutom bör även denna punkt ligga i anslutning till befintligt eller planerat fjärrvärmenät. Om halva den producerade vattenmängden kan utnyttjas för värmeuttag kan detta med 3°C temperatursänkning ge 12 GWh/år.

Malmö

Vattenförsörjning

För åren 1977-1981 uppgick medelvattenförbrukningen i Malmö till ca 28 Mm³/år. Malmö försörjs med vatten från vattenverken vid Vomb och Bulltofta. Vattenproduktionen vid dessa uppgår till ca 31 respektive 6,5 Mm³/år (medel för åren 1977-1981). Från vattenverket vid Vomb förs vattnet i tre stora huvudvattenledningar till Malmö. Bulltofta vattenverk ligger i stadsdelen Bulltofta i Malmö. Uppmätta renoattnentemperaturer vid vattenverken Vomb och Bulltofta varierar mellan 6-11,5°C respektive 8,5-10,5°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renoattnet

Sannolikt finns goda möjligheter till värmeuttag ur renoattnet. Dock kan troligen ej hela vattenförbrukningsmängden utnyttjas. Renoattnet tillförs Malmös distributionsnät i flera punkter via de stora huvudvattenledningarna från Vomb och Bulltofta. Eventuella värmepumpcentraler bör lokaliseras i anslutning till de stora vattenledningarna från vattenverken och i närheten av fjärrvärmekulvertar med tillräcklig anslutningseffekt. För att bedöma lämpliga lägen av ev värmepumpcentraler erfordras kompetterande uppgifter om flöden, flödesvariationer och vattentemperaturer i lägen på vattenledningarna där värmepumpcentraler kan vara aktuella. Möjligt värmeuttag med 4°C temperatursänkning kan uppgå till mellan ca 80 GWh/år.

Umeå

Vattenförsörjning

Vattenverket som försörjer Umeå ligger ca 7 km från centrum. Renoattnproduktionen var ca 7,8 Mm³ år 1981. Temperaturen på utgående vatten från verket är vintertid 4,5°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

En ev värmepumpcentral anläggs i anslutning till den största huvudledningen som leder mot centrum, ca 6 km från vattenverket. På denna huvudledning finns förgreningar mellan vattenverket och läget för ev värmepumpcentral, och därför kan ej hela den producerade renvattenmängden utnyttjas för värmeuttag. För anslutning av värmepumpcentral till fjärrvärmenät erfordras ca 400 m kulvert. Den relativt låga renvattentemperaturen utgör en begränsande faktor för ett värmeuttag ur renvattnet. Med 2°C temperatursänkning kan erhållas en värmemängd av ca 10 GWh/år.

UppsalaVattenförsörjning

Vattenproduktionen vid Galgbackens vattenverk uppgår till ca 17 Mm³/år. Verket ligger i yttre bebyggelseområdet med utbyggt fjärrvärmenät. Vattentemperaturerna varierar mellan 7 och 8°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

För att utnyttja vattenverkets hela vattenproduktion för värmeuttag placeras en eventuell värmepumpcentral i anslutning till verket. Värmepumpcentralen ansluts via en ny fjärrvärmekulvert till befintlig del av fjärrvärmenätet, som har tillräckligt stor effekt. Effekten i fjärrvärmenätet, som ligger i anslutning till vattenverket, är sannolikt för liten för en sådan anslutning av värmepumpcentral. Alternativt placeras en värmepumpcentral i ett läge där större vattenledning med stort och kontinuerligt flöde ligger i närheten av fjärrvärmekulvert med tillräckligt stor effekt. Möjligt värmeuttag vid utnyttjande av hela vattenmängden och med 4°C temperatursänkning uppgår till ca 70 GWh/år.

VästeråsVattenförsörjning

Vattenproduktionen för Västerås sker vid Hässlö ytvattenverk och Fågelbackens grundvattenverk. Verket vid Fågelbacken producerar ca 8,5 Mm³/år. Renvattentemperaturerna på utgående vatten från verket varierar mellan 4 och 12°C under året. De lägsta temperaturerna förekommer mellan januari och april.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

För värmeuttag ur renvattnet kan alternativa placeringar av värmepumpcentraler tänkas. I alternativ 1 kan hela den producerade vattenmängden från Fågelbackensverket utnyttjas, medan den utnyttjningsbara vattenmängden i alternativ 2 är ca 3 Mm³/år. Värmepumpcentralen i alternativ 1 ansluts till befintlig fjärrvärmekulvert

ø300 med ca 800 m ny kulvert. I alternativ 2 sker anslutning av värmepumpcentral med ca 400 m kulvert till befintlig fjärrvärmekulvert ø600. En begränsande faktor är de relativt låga vattentemperaturer som förekommer från januari t o m april månad. Med 2°C temperatursänkning blir det möjliga värmeuttaget ca 20 GWh/år.

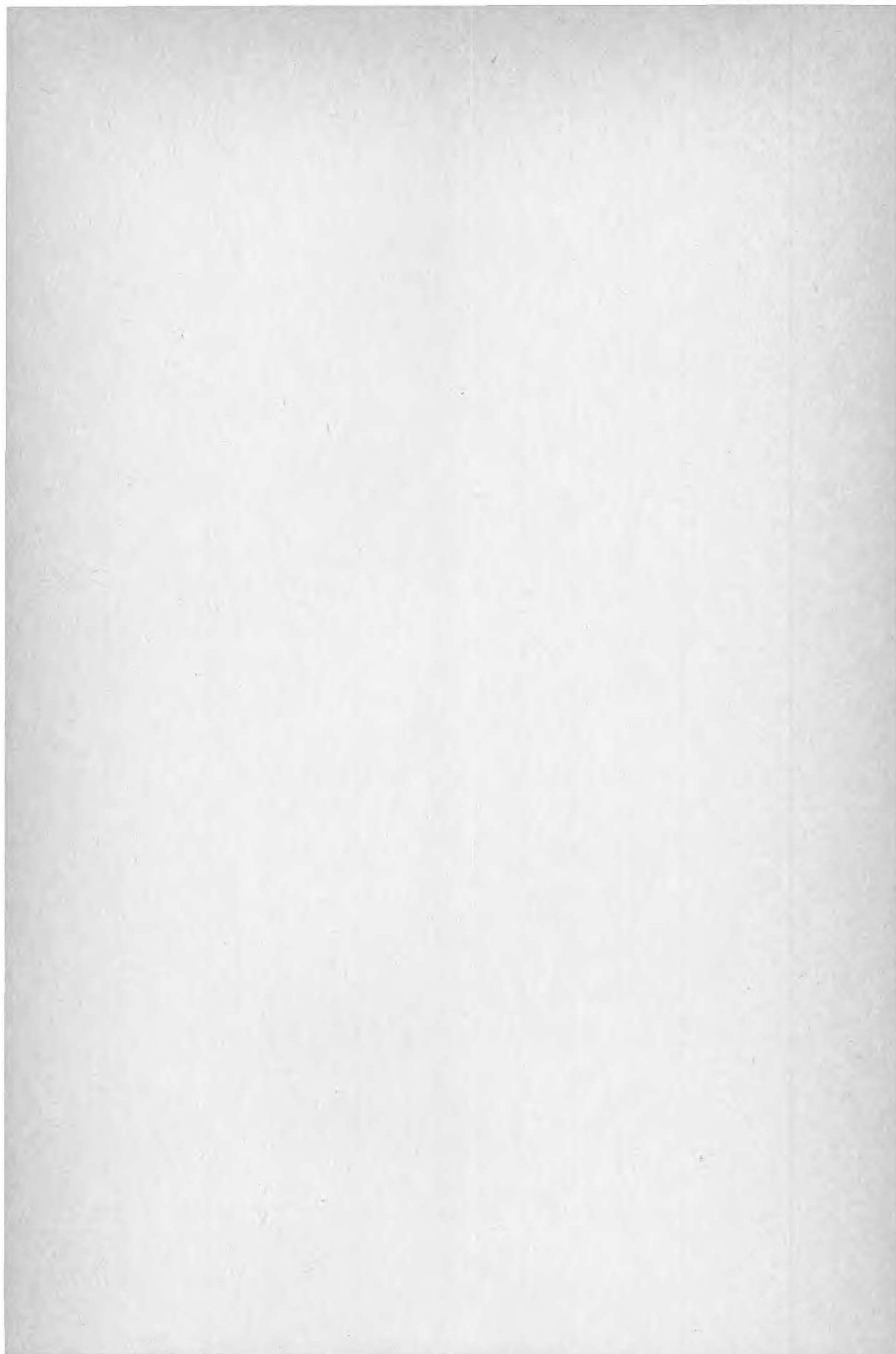
Örebro

Vattenförsörjning

Skrämsta vattenverk försörjer Örebro med renvatten. Vattenförbrukningen inom Örebro uppgår till ca 11,8 Mm³/år. Det producerade renvattnet leds från verket i flera större ledningar. Temperaturen på det utgående renvattnet varierar i intervallet 4-10°C.

Praktiska möjligheter till värmeuttag ur renvattnet

Goda möjligheter för ett värmeuttag ur renvattnet verkar föreligga. Dock kan troligen ej hela vattenförbrukningsmängden utnyttjas vid ett ev värmeuttag. För att bedöma lämpligt läge för en värmepumpcentral erfordras kompletterande uppgifter om flöden, flödesvariationer och vattentemperaturer för de huvudvattenledningarna som går från vattenverket till Örebro tätort. Med 2°C temperatursänkning blir den uttagbara värmemängden ca 20 GWh/år.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810191-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Vattenbyggnadsbyrån AB (VBB), Stockholm.**

R47: 1983

ISBN 91-540-3928-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700747

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms