



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.

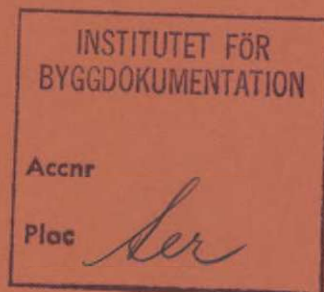
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Utnyttjande av överskotts-  
värme i grundvatten vid  
konstgjord infiltration**

**Förstudie**

**Olof Andersson  
Ingvar Johansson  
Jerker Perers**



*K*  
*Änd*

R121:1982

UTNYTTJANDE AV ÖVERSKOTTSVÄRME I GRUND-  
VATTEN VID KONSTGJORD INFLITRATION

Förstudie

Olof Andersson  
Ingvar Johansson  
Jerker Perers

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791773-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till VIAK AB, Malmö.

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

R121:1982

ISBN 91-540-3808-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

## INNEHÅLL

FÖRORD .....	5
1. SAMMANFATTNING .....	7
2. INLEDNING .....	9
3. GRUNDVATTEN I SVERIGE .....	10
3.1 Allmänt .....	10
3.2 Grundvattenutnyttjande i Sverige .....	11
3.3 System för konstgjord infiltration .....	11
4. INFILTRERAT YTVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA .....	13
4.1 Termohydrauliska förutsättningar ....	13
4.2 Grundvattnets naturliga temperatur och förändring vid ytvatteninfiltration .....	14
4.3 Grundvatten som värmekälla till värmepump .....	16
4.4 Systemlösningen vid ett utnyttjande .....	18
4.4.1 Principutformningen .....	18
5. POTENTIALEN - RESULTAT AV ENKÄTUNDERSÖKNING .....	25
5.1 Sammanfattning - tekniska data .....	25
5.2 Förutsättningar för energitagg .....	26
5.3 Energipotential .....	27

6.	FÖRSLAG TILL FÖRSÖKSOBJEKT .....	28
6.1	Beskrivning av anläggningen .....	28
6.2	Hydrogeologiska förutsättningar ....	28
6.3	Tänkbara uppvärmningsobjekt .....	31
6.4	System för värmeproduktion och distribution .....	31
6.5	Systemets förväntade energi- balans .....	32
6.6	Kostnads kalkyl gällande värme- produktion .....	34
6.6.1	Beräkningsunderlag .....	34
6.6.2	Anläggningskostnader .....	34
6.6.3	Drift och underhåll .....	35
6.6.4	Årskostnad .....	35
7.	FÖRSLAG TILL FORTSATT PROJEKT- UTVECKLING .....	38

UTNYTTJANDE AV ÖVERSKOTTSVÄRME I GRUNDVATTEN VID  
KONSTGJORD INFILTRATION

FÖRORD

Föreliggande rapport innefattar redovisning av en förstudie avseende utnyttjande av överskottsvärme i grundvatten vid vattenförsörjningsanläggningar baserade på konstgjord infiltration av ytvatten.

Förstudien utfördes i huvudsak under 1980/81.

Rapporten har utarbetats av fil dr Olof Andersson, civilingenjör Ingvar Johansson samt undertecknad.

I projektets slutskede har kontakter tagits med Hässleholms kommun som inför en eventuell fortsättning av projektet vid Hässleholms vattentäkt, under tekniska kommunalrådets ledning, bildat en referensgrupp bestående av energiplaneringskommittén samt en representant från gatukontoret.

VIAK AB har under förstudien sammanträffat med arbetsgruppen vid ett tillfälle.

Malmö 1982-06-30

Jerker Perers  
Projektledare





## SAMMANFATTNING

Vid flera kommunala grundvattentäkter förstärks den naturliga grundvattenbildningen med konstgjord infiltration av ytvatten. Man har vid flera sådana anläggningar konstaterat en förhöjd temperatur hos uttaget renvatten till följd av att ytvattentemperaturen sommartid markant överstiger den naturliga grundvattentemperaturen. I praktiken fungerar således anläggningarna som lågtempererade värmelager.

I syfte att utreda under vilka förutsättningar dessa potentiella värmelager kan utnyttjas för energiförsörjningsändamål har en inventering av landets anläggningar utförts. Denna gjordes i form av en enkätundersökning, med frågor av geologisk, hydrogeologisk natur. Vidare erhöles uppgifter om anläggningarnas storlek, kapacitet, lokalisering och driftsförhållanden.

Enkäten visar att det finns i storleksordningen 80 à 90 fungerande anläggningar i landet. Sammantaget omsätts ca 200 Mm<sup>3</sup> ytvatten per år i dessa, varav ca 80 % utgöres av infiltrerat ytvatten.

Genom styrning av infiltration och uttag föreligger en potentiell möjlighet att utnyttja grundvattenmagasinen för mer målinriktad värmelagring än vad som är fallet under normal driftsituation. Förutsättningar härför finns för praktiskt taget alla anläggningar. Energi-lagringspotentialen kan beräknas uppgå till i storleksordningen 1 TWh. Härvid antas en arbetstemperatur i lagret motsvarande -5°C.

För att kunna utnyttja lagrad värme för bostadsuppvärmning fordras system med värmepumpar. Dessa kan enklast kopplas in direkt på renvattenledning, men effektuttaget blir då tidvis starkt begränsat. Hänsyn måste också tas till att renvattentemperaturen inte får förändras till men för konsumenter eller så att den ger upphov till störningar i ledningsnätet.

Detta gäller även andra systemlösningar där värmeuttagsfunktionen mer eller mindre separeras från renvattenproduktionen.

Att göra båda funktionerna helt oberoende av varandra är bara möjligt vad gäller systemen ovan mark. I grundvattenmagasinet är det oundvikligt att uttag för konsumtionsvatten och vatten till värmepumpen påverkar varandra. Förhållandena i magasinen är dock normalt kontrollerbara och går att styra både hydrauliskt och termiskt. Detta förutsätter god kännedom om varje anläggnings termohydrauliska villkor.

I syfte att få till stånd ett pilotprojekt där tekniken med termohydraulisk kontroll prövas och utvecklas föreslås en försöksanläggning i första hand bli förlagd till Hässleholms infiltrationsanläggning vid Galgbacken. Här kan också studeras på vilket sätt uttag för vatten till värmepump kan samordnas med de

krav som ställs beträffande distribution av konsumtionsvatten.

De hydrogeologiska förhållandena vid Galgbacken är väl undersökta och en stor mängd driftsdata finns tillgängliga, även vad gäller temperaturuppgifter. Dessutom finns flera uppvärmningsobjekt i direkt närhet till anläggningen.

## 2. INLEDNING

Vid flera kommunala grundvattentäkter förstärks den naturliga grundvattenbildningen med konstgjord infiltration av ytvatten. Man har vid flera sådana anläggningar konstaterat en förhöjd temperatur hos uttaget renvatten höst- och vintertid till följd av att ytvattentemperaturen sommartid markant överstiger den naturliga grundvattentemperaturen.

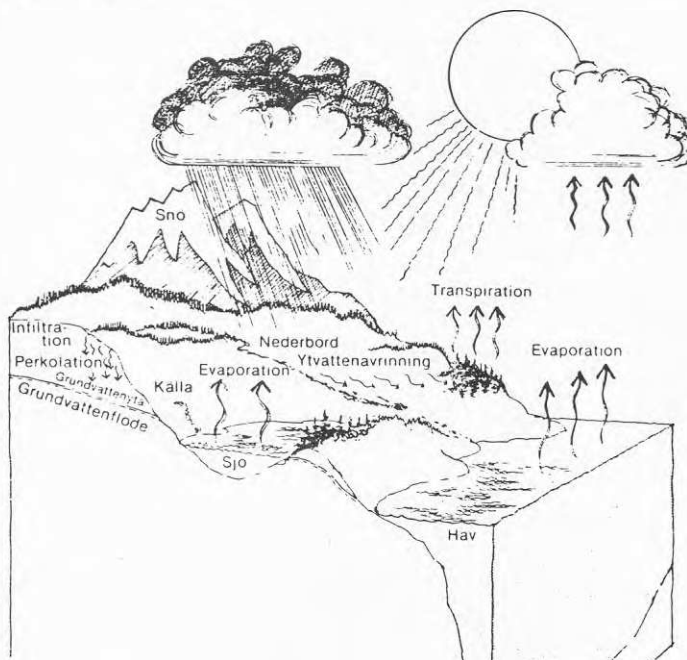
Förutsättningarna för att utnyttja dessa potentiella värmelager för energiförsörjningsändamål har studerats och redovisas i föreliggande rapport. Rapporten bygger bl a på en inventering av Sveriges anläggningar för konstgjord infiltration. Förutom en principiell studie av ett sådant värmelager som värmekälla presenteras olika systemlösningar samt ett förslag till försöksobjekt.

### 3. GRUNDVATTEN I SVERIGE

#### 3.1 Allmänt

Den del av nederbörden som inte avdunstar eller tas upp av växter avrinner i form av yt- och grundvatten, och benämnes nettonederbörd. I Sverige utgör netto-nederbörden ungefär 200 mm av nederbördens årliga 600 mm. Beroende på bl a topografiska och geologiska förhållanden blir den del av nettonederbörden som tränger ned genom de övre marklagren och bildar grundvatten varierande. Som ett genomsnitt för landet kan dock anges ca 100 mm.

Grundvatten söker, liksom ytvatten, att anta den lägsta energinivån (havets nivå) och letar sig därför under markytan fram i genomsläppliga lager enligt minsta motståndets lag. Det läcker slutligen ut i ytvattendragen för vidare transport till havet, se även figur 3.1.



Figur 3.1 Hydrologiska cykeln

Geologiska formationer med öppna por- och spricksystem utgör vad som kan benämnas fördröjningsmagasin i grundvattencykeln. Sådana grundvattenmagasin finns i Sverige bl a i form av isälvsavlagringar (sand- och grusformationer) samt porösa sedimentära bergarter främst sand- och kalkstenar. Sveriges urberg innehåller i allmänhet mindre mängder grundvatten. Ut-

tagsmöjligheterna är i urberget vanligen knutet till förekomst av sprickor.

### 3.2 Grundvattenutnyttjandet i Sverige

Användningen av grundvatten kan i stort fördelas på kommunal vattenförsörjning, processvatten för industri samt bevattning för jordbruksändamål och vatten för djurhållning. Av dessa går den ojämförligast största delen till kommunal vattenförsörjning.

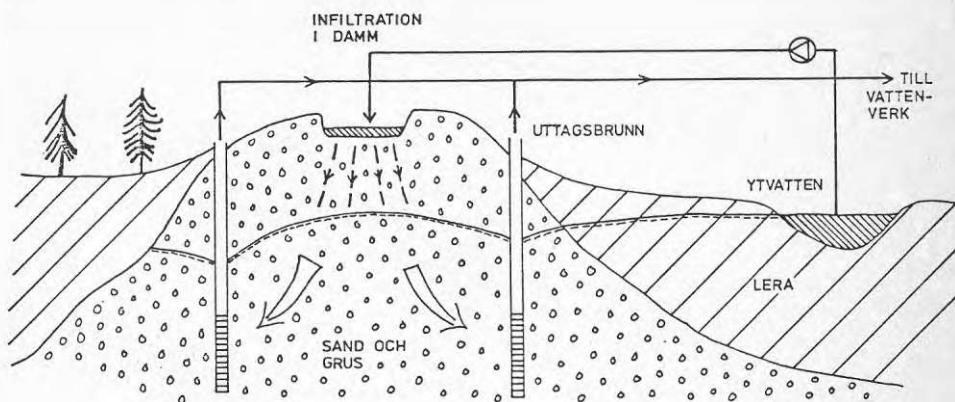
Av den totalt producerade vattenmängden vid de kommunala vattenverken,  $954 \text{ Mm}^3/\text{år}$  (VAV S78), produceras 47 % genom grundvattentäkter. Ungefär 1/3 av denna mängd består av infiltrerat ytvatten. Resterande 53 % utgöres av ytvatten som efter reningsåtgärder direkt används i konsumtionsledet, se figur 3.2.



Figur 3.2 Fördelningen av den kommunala vattenproduktionen

### 3.3 System för konstgjord infiltration

Inom områden där den naturliga grundvattenbildningen är för knapp för att täcka konsumtionsbehovet kan denna förstärkas genom infiltration av ytvatten - konstgjord infiltration. Principen för en sådan anläggning framgår av figur 3.3.



Figur 3.3 Principskiss över konstgjord infiltration. Ytvatten pumpas till en damm där vattnet infiltrerar och förstärker grundvattentillgången

Inte mindre än 21 % av den kommunala renvattenproduktionen i Sverige baseras på grundvattentillgångar med s k konstgjord infiltration.

Större delen av dessa utnyttjar öppna porösa grundvattenmagasin där förutsättningar för infiltration genom dammar är goda.

För att bli få en tillfredsställande rening av det infiltrerade ytvattnet utformas infiltrationsanläggningarna så att vattnets uppehållstid i grundvattenmagasinet uppgår till flera månader.

#### 4. INFILTRERAT YTVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA

##### 4.1 Termohydrauliska förutsättningar

Beroende på ytvattnets temperaturvariationer under året uppstår vid anläggningar för konstgjord infiltration en likartad variation av temperaturen i grundvattenmagasinet. Med hänsyn till bl a uppehållstiden i magasinet sker dock en fasförskjutning så att de högsta grundvattentemperaturerna inträffar senare än de högsta ytvattentemperaturerna.

Vid de anläggningar där den tillgängliga magasinsvolymen är stor finns möjlighet att påverka uppehållstiden, genom att periodvis magasinera respektive tömma magasinet. Genom detta förfarande kan man undvika att infiltrera under den kallaste perioden och kompensera detta genom en ökad infiltration under sommarhalvåret. Man kan således lagra in sommaruppvärmt ytvatten i magasinet och återhämta detta under vinterhalvåret.

Hur effektiv denna form av värmelagring blir beror bl a på grundvattenmagasinets hydrauliska och termiska egenskaper, inlagrad temperaturnivå samt lagringstid.

Grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper visar hur genomsläpplig formationen är (transmissivitet) och vilken magasineringens förmåga denna har (magasinskoeficient).

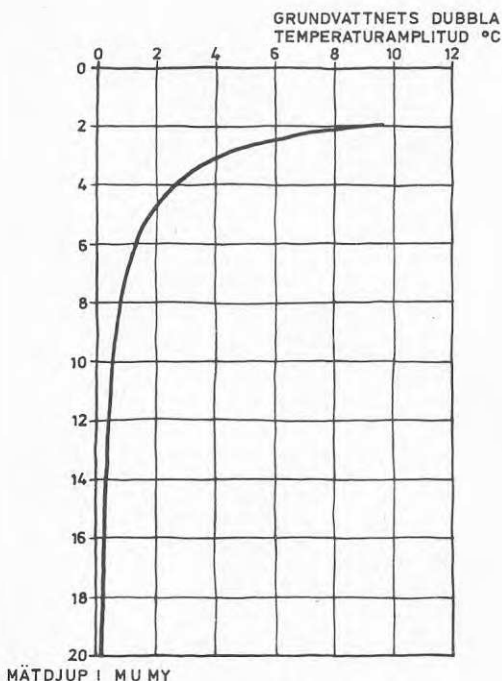
Beträffande de termiska egenskaperna varierar dessa med bl a djupet till grundvattenytan samt om magasinet är öppet mot atmosfären eller överlagrat av tätande finkorniga jordarter. Normalt nyttjas öppna grundvattenmagasin för konstgjord infiltration, men som figur 4.3 illustrerar är ofta delar av magasinet slutet av överlagrande silt och lera.

Öppna förhållanden ger jämförelsevis ett större värmeutbyte med atmosfären än slutna. Termohydrauliska studier som gjorts både modellmässigt och experimentellt visar att öppna grunda magasin ger 2 å 3 gånger större värmeförluster vid högtemperaturlagring än djupare slutna magasin.

Vad gäller värmeförlustens storlek spelar självfallet inlagringstemperaturen och lagringstiden en avgörande roll. I aktuellt fall är inlagringstemperaturen låg (max 20-25°C) och lagringstiden 3-6 månader. Detta sammantaget gör att förlusterna blir relativt små.

#### 4.2 Grundvattnets naturliga temperatur och förändring vid ytvatteninfiltration

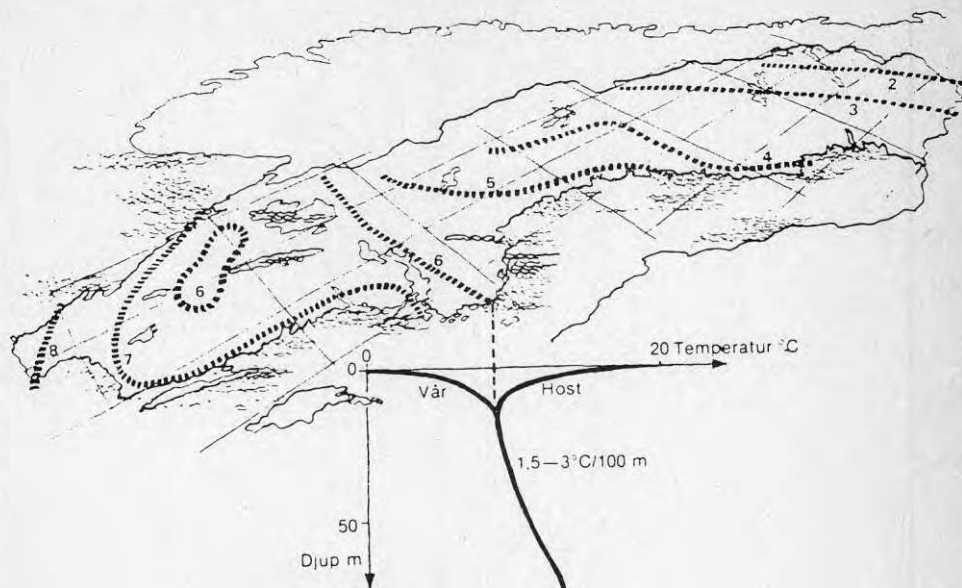
Vid grundvattenbildningen förs stora mängder solvärme ned i grundvattenmagasinen genom att sjunkvattnet upptar den i marklagren magasinerade värmeenergin. Atmosfärens inverkan på marklagrens temperaturförhållande återspeglas också som en utjämnad temperaturvariation på ytligt grundvatten. På djupet 10 ä 20 meter under markytan är dock variationen obetydlig, vilket framgår av figur 4.1.



Figur 4.1 Samband mellan mätdjupet och den beräknade dubbla temperaturamplituden hos grundvattentemperaturens årstidsvariation (Vannet i Norden 1980:1)

På denna nivå under markytan är mark- och grundvattentemperaturen i stort sett stabil och sammanfaller ungefärligen med luftens årsmedeltemperatur, se figur 4.2.





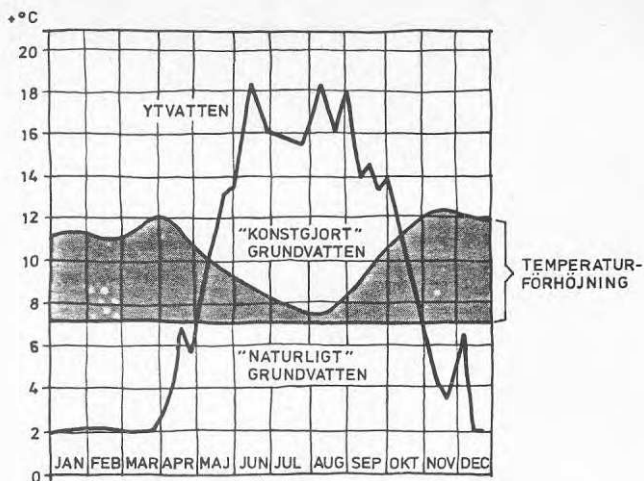
Figur 4.2 Illustration av markens temperaturprofil och grundvattnets medeltemperatur vid grundvattenytan i Sverige (Värme i jord, berg och vatten, BFR T1:1981)

Liksom marklagren, upptar ytvattensamlingarna stora mängder solvärme. Vid konstgjord infiltration kommer även denna energi grundvattenmagasinet till godo.

Vid inlagring av det varmare ytvattnet (ca  $+20^{\circ}\text{C}$ ) sker en värmeöverföring mellan det vatten som flödar i porerna och det fasta kornskelettet. Denna värmeöverföring fortgår så länge det föreligger en temperaturdifferens. Detta leder till att man radiellt ut från infiltrationsbassängen får en diffus värmefront som flyttar sig med en hastighet som bestäms främst av flödet och avståndet till infiltrationsbassängen. För de flesta sand- och grusformationer rör sig värmefronten med ungefär halva vattenhastigheten.

Vid infiltration av kallare ytvatten kommer den motsatta värmeöverföringen ske, dvs den i kornskelettet inlagrade värmen kommer att överföras till vattnet som flödar i porerna.

Ett exempel på hur temperaturen kan variera i ett grundvattenmagasin i jämförelse med ytvattentemperaturen framgår av figur 4.3. Den naturliga grundvattentemperaturen har antagits till  $7^{\circ}\text{C}$ .



Figur 4.3 Årlig temperaturfördelning på infiltrerat yt- resp uttaget grundvatten vid en infiltrationsanläggning i Hässleholm. Ytvattnet, som infiltreras under sommaren, ger en förhöjd temperatur i grundvattenmagasinet under vintern. Uttagsbrunnen ligger 300 m från infiltrationsbassängen. Rastrerad yta utgör temperaturförhöjningen jämfört med den opåverkade grundvattentemperaturen.

#### 4.3 Grundvatten som värmekälla till värmepump

Den värmemängd som lagras i ett grundvattenmagasin genom konstgjord infiltration har för låg temperaturnivå för att direkt kunna användas till bostadsuppvärmning. Det är därför nödvändigt att använda värmepump.

Vid användandet av värmepumpsteknik på grundvatten är det främst tre faktorer hos värmekällan som påverkar driftsekonomi och driftsäkerhet, nämligen:

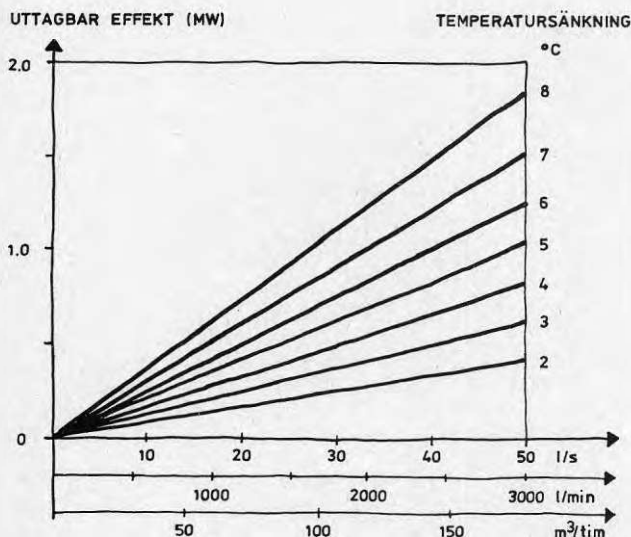
- Temperatur
- Flöde
- Vattenbeskaffenhet

Det möjliga effektuttaget ur grundvatten är en funktion av flödet, värmekällans temperaturfall över värmepumpen samt vattnets specifika värmekapacitet och densitet enligt

$$P = Q \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta T$$

där  $P$  = effekt (W)  
 $c$  = vattens specifika värmekapacitet  
 ( $4.19 \times 10^3$  Ws/kg, °K)  
 $\rho$  = vattens densitet ( $1000$  kg/m<sup>3</sup>)  
 $\Delta T$  = skillnaden i grundvattentemperatur  
 före respektive efter värmepump (°K)

Av formeln framgår att ett flöde på exempelvis 1 l/s som sänks en grad K ger en effekt på 4.2 kW. Vattnets värmeavgivningseffekt som funktion av flöde och temperaturuttag visas i figur 4.4.

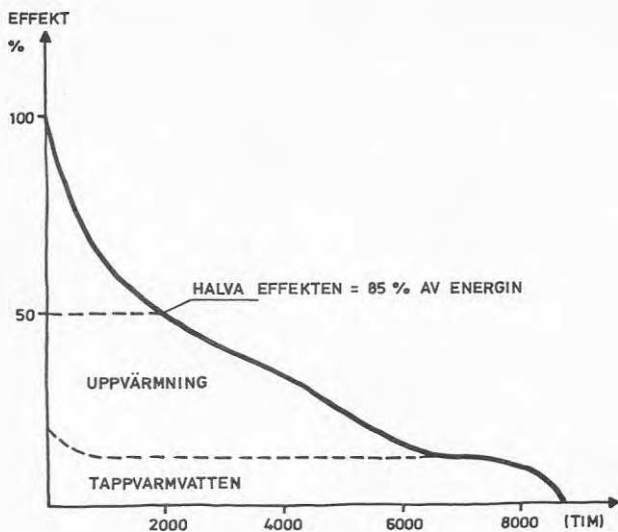


Figur 4.4 Uttagbar effekt ur grundvatten som funktion av flöde och temperatursänkning

För att säkerställa goda driftsförhållanden måste hänsyn tas till grundvattnets egenskaper avseende korrosivitet och utfällningsbenägenhet. Särskilda problemområden är utfällning av kalk och järn i brunar och värmepumpens förångare. Vattenkemiska problem kan emellertid förutses och avhjälpas. Korrosion bemästras lämpligen genom rätt materialval och utfällningar kan förebyggas bl a genom att göra systemen slutna och tryckbelastade. I vissa fall kan även kemiska åtgärder behövas, bl a pH-justering.

Vid normal bostadsuppvärmning och varmvattenberedning inträffar höga effektbehov endast under några dygn per år, se varaktighetsdiagram figur 4.5. Av denna anled-

ning dimensioneras en värmepumpänläggning sällan för hela effektbehovet.



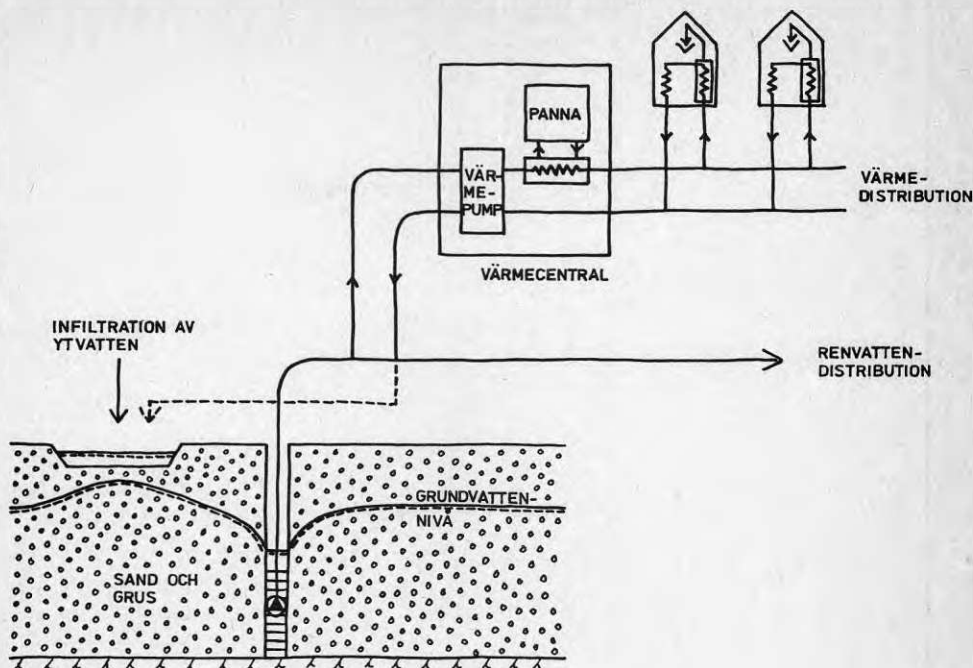
Figur 4.5 Varaktighetskurva över effektbehovet för uppvärmning och varmvattenberedning under ett år. Principkurva gällande bostäder.

Genom att dimensionera värmepumpen för ca 50-60 % av det maximala effektbehovet täcks i storleksordningen 80-90 % av energibehovet. Det effektbehov, som överstiger värmepumpens effekt, s k "topplast" tillgodoses lämpligen med någon form av bränsle. Mindre lämpligt är att använda el för att täcka topeffekten bl a pga höga fasta avgifter.

#### 4.4 Systemlösning vid ett utnyttjande

##### 4.4.1 Principutformning

Hur överskottsvärme i grundvattenmagasin skall kunna tillvaratas och fogas in i ett uppvärmningssystem åskådliggörs schematiskt i figur 4.6.



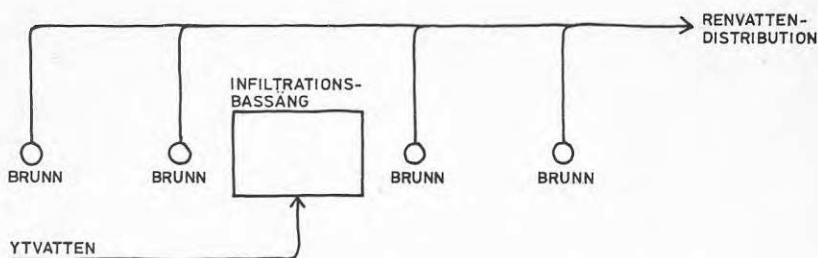
Figur 4.6 Princip för utnyttjande av värme från en infiltrationsanläggning

Grundvatten med förhöjd temperatur uppfordras via en grusfilterbrunn till värmepumpenläggningen. Grundvattnets temperatur sänks i värmepumpens förångare och vidarebefordras till vattenledningsnätet eller till en förnyad infiltration i grundvattenmagasinet, alltefter driftsituationen. Värmepumpens kondensorsida är ansluten till ett lågtemperatursystem i vilket värmedistributionen sker. För topplast- och reservändamål finns en bränsleledad panna.

Då grundvattenmagasinet får den dubbla funktionen som vattentäkt och värmelager, betyder det att någon av verksamheterna måste prioriteras. Det mest sannolika är att renvattenproduktionen prioriteras, vilket medför att värmeuttagen måste planeras och bedrivs på sådant sätt att renvattenkonsumenterna inte åsamkas en ökad energilåtgång då renvattnet varmvattenberedes.

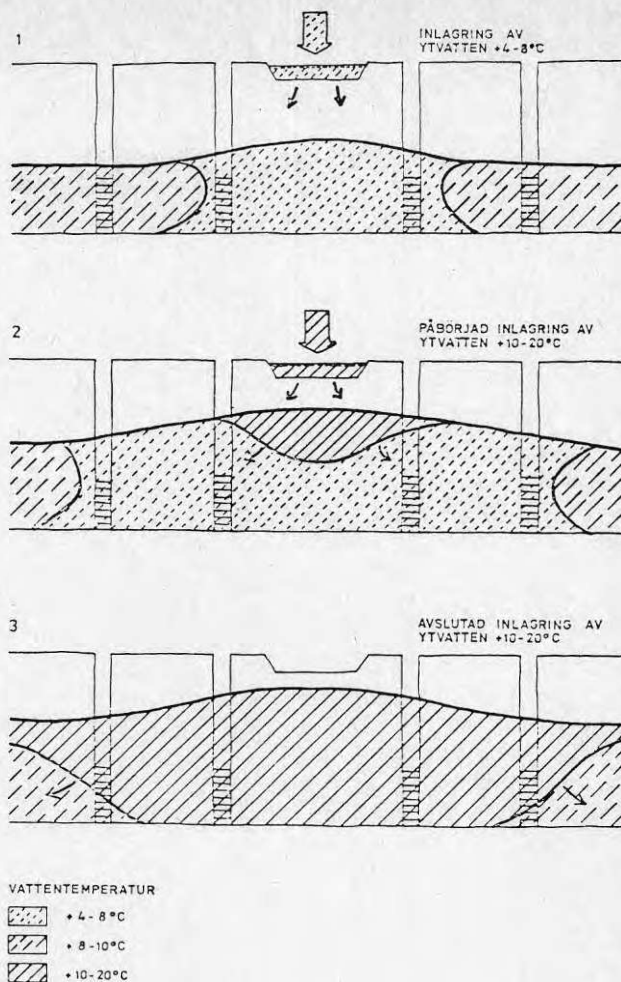
Av central betydelse vid utnyttjande av överskotts- värme i grundvattenmagasin är proceduren för inlagring respektive uttag av värme. Figur 4.7 visar en anläggnings utformning i plan och figur 4.8 visar grundvat-

tenmagsinets termohydrauliska förhållanden under olika skeden under året.



Figur 4.7 Planskiss över infiltrationsbassäng och brunnar - Principskiss

Det i figurtexten beskrivna förloppet är naturligtvis idealiserat. I verkligheten erfordras en mycket god kännedom om de hydrogeologiska förhållandena för att kunna styra, kontrollera och hantera inlagringen på detta sätt. Det ställs också krav på hur brunnarna är lokaliserade i förhållande till infiltrationsbassängerna och vilka uttagsförhållanden som råder. Genom att använda de styrmedel som står till förfogande, infiltration och uttag, kan inom vissa gränser värmemängdens rörelser kontrolleras.

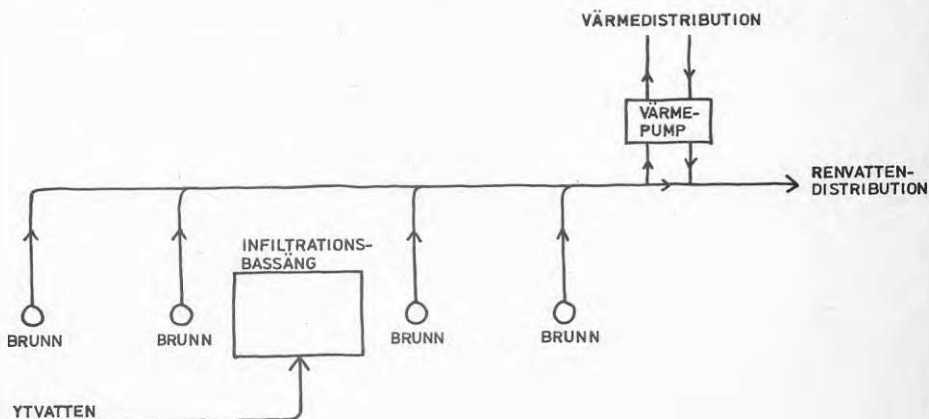


Figur 4.8 En årscykel med inlagring av ytvatten. I skede 1 finns fortfarande "varmt" vatten kvar i perifert läge från föregående år. Svält vatten har tillförts dammen i mindre mängder under vintern och späds på med svält ytvatten under våren. I skede 2 har ytvattnets temperatur förhöjts och uppnår "sommartemperatur". Denna infiltrationsperiod är i syd-sverige ca 5 månader. I skede 3 är magasinet fyllt med sommartempererat ytvatten. Rester av den svala vinter/vårinfiltrationen finns dock kvar i perifert läge.

Med tanke på att grundvattenmagasinet både är ett värmelager och magasin för konsumtionsvatten måste hänsyn tas till hur båda dessa funktioner kan samordnas. Formerna för en sådan drift kan följa tre huvudprinciper:

- befintligt brunn- och ledningssystem används för både värme- och konsumtionsvattenuttag
- de båda funktionerna separeras avseende ledningssystemet men ej brunnssystemet
- de båda funktionerna separeras både vad avser lednings- och brunnssystem

Hur en systemlösning enligt det första alternativet kan utformas framgår av figur 4.9.

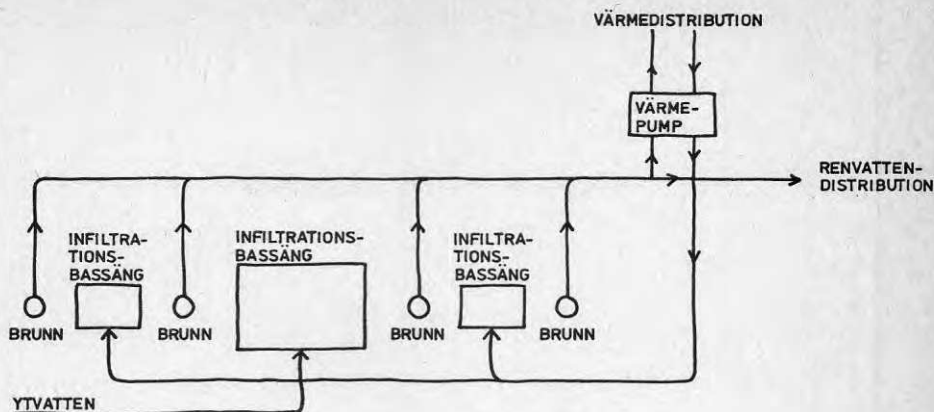


Figur 4.9 Systemlösning där värmepumpen är placerad på vattenförsörjningsledningen

Fördelen med detta system är att det befintliga ledningsnätet kan användas och att värmepumpen kan kopplas in varhelst på distributionsledningen. Systemets avigsida består i att vattenuttagen som sker för vattenförsörjningsändamål samtidigt utgör den största volymströmmen som kan passera värmepumpens förångare, vilket tidvis kan begränsa effektuttaget till värmepumpen. Värmepumpen måste därför dimensioneras för den lägsta förekommande volymströmmen för att energitillskottet till uppvärmningssystemet skall vara stabilt.

Om systemet kompletteras med en möjlighet att återinfiltrera grundvatten som passerat värmepumpen, enligt figur 4.10, kan vattenuttaget för uppvärmningsändamål göras kvantitativt oberoende vattenförsörjningsuttagen.

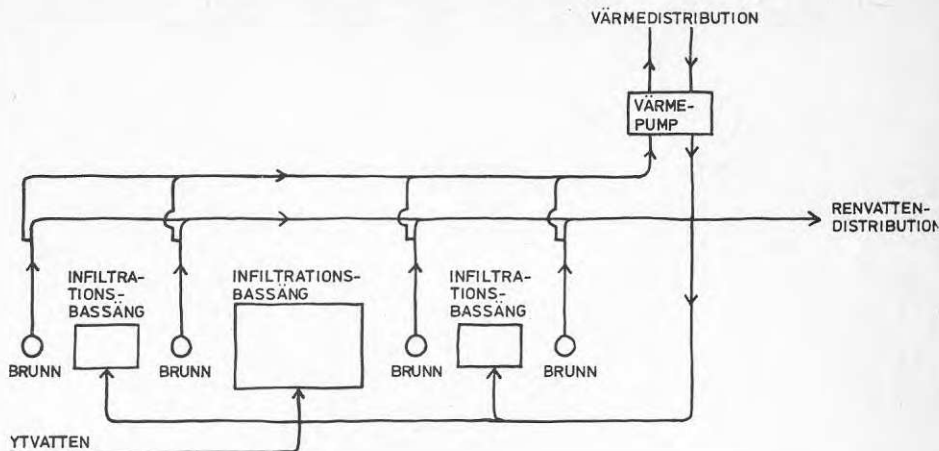




Figur 4.10 Systemlösning där värmepumpen är placerad på vattenförsörjningsledningen med möjlighet till återinfiltration. Här kan separata återföringsbassänger vara aktuella.

System som följer huvudprincipen med helt separata ledningar har den fördelen att vattenuttag för värme- respektive vattenförsörjningsändamål kan göras någorlunda oberoende av varandra. Systemberoendet uppträder då huvudsakligen i själva grundvattenmagasinet och bör kunna styras genom hydraulisk kontroll. Detta kan uppnås genom att lokalisera vattenuttagen för värme- produktion till zoner med högre temperatur och använda zoner med lägre temperatur för vattenförsörjnings- ändamål. Härvid nyttjas befintliga brunnar.

Som tidigare framgått i figur 4.8 kommer temperatur- förhållandena på olika ställen i magasinet att variera under året. Med hänsyn härtill och med tanke på att alltid erhålla en hög temperatur på det uttag som skall gå till värmepumpen bör en flexibel brunnskopp- ling eftersträvas, se figur 4.11.



Figur 4.11 Systemlösning där vattenuttag för värme respektive vattenförsörjning separeras. Det varmaste vattnet kan väljas gå till värmepump. Överskott på avkylt vatten från värmepumpen återinfiltreras. Underskott kan kompenseras genom uttag av svalt vatten.

Den tredje huvudprincipen innebär att nya brunnar behöver anläggas och nya ledningsdragningar göras. Detta kan vara aktuellt i skeden då man vill göra driften av konsumtionsvattenfunktionen helt skild från påverkan av uttag för värmeförsörjningsändamål. En mer eller mindre stor inverkan på magasinförhållandena går emellertid inte att undvika.

## 5. POTENTIALEN - RESULTAT AV ENKÄTUNDERSÖKNING

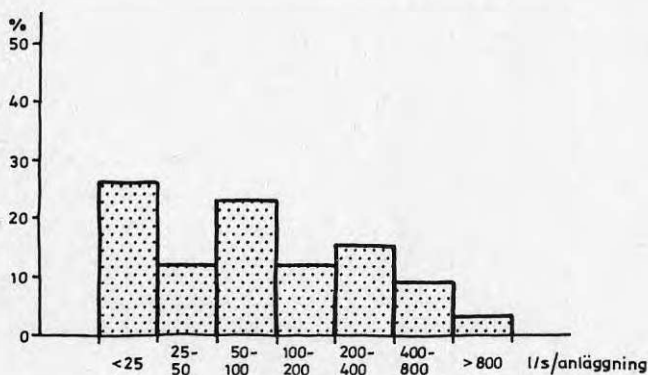
I syfte att uppskatta energipotentialen vid anläggningar för konstgjord infiltration i landet har en enkätundersökning genomförts. I enkäten tas frågor upp angående vattenmängder, typ av grundvattenmagasin, omsättningshastighet m m, se bilaga 1. Enkäten utformades vidare så att en grov bedömning av de tekniska förutsättningarna för utvinning av överskottsvärme har möjliggjorts.

Enkäten sändes ut till 80 kommuner inom vilka det enligt uppgift från bl a VAV finns en eller flera anläggningar för konstgjord infiltration. Svarsfrekvensen uppgick till drygt 60 %. Andelen användbara svar blev 45 %, eller 36 st, vilka bearbetats statistiskt.

5.1 Sammanfattning - tekniska data

Av undersökningen framgår att varje anläggning för konstgjord infiltration i medeltal försörjer 40 000 personer och att ca 70 % av anläggningarna försörjer färre än 50 000 personer.

Vid anläggningarna görs för närvarande ytvattenuttag på i medeltal 125 l/s. Motsvarande siffra för renvattenproduktionen är 150 l/s. Mellanskillnaden utgörs av naturligt bildat grundvatten. Beträffande renvattenproduktionen kan vidare anges att ca 70 % av anläggningarna har en produktion som överstiger 50 l/s och för ca 40 % av anläggningarna är produktionen överstigande 100 l/s, se vidare figur 5.1.



Figur 5.1 Anläggningarnas procentuella fördelning med hänsyn till produktionskapacitet av renvatten

Råvattenledningens längd, dvs ledningen mellan ytvattendrag och infiltrationsområde, varierar mellan 30 och 50 000 m. Ca 40 % av anläggningarna har en råvattenledning vars längd är mindre än 1000 m.

När det gäller antalet infiltrationsbassänger har ca 55 % av anläggningarna fler än 3 bassänger och medeltalet är 6. Vidare har 50 % av anläggningarna en total infiltrationsyta som är större än 5000 m<sup>2</sup>. Medeltalet är 17 500 m<sup>2</sup>.

Antalet uttagsbrunnar uppgår i medeltal till 14 st och utgörs till 93 % av rörbrunnar. Brunnarnas kapacitet varierar i allmänhet mellan 20 och 100 l/s.

Avståndet mellan infiltrationsbassängen och uttagsbrunnarna varierar mellan 10 och 20 000 m. De kortare avstånden dominerar dock och vid ca 60 % av anläggningarna är avståndet mindre än 600 m.

I medeltal finns 44 observationsrör per anläggning och i 72 % av fallen finns 10 eller fler.

Temperaturmätningar förekommer vid ca 60 % av anläggningarna vid vilka mätningar görs av ren- och råvatten. Vid 30 % av dessa anläggningar sker även mätning av temperaturen i enskilda brunnar.

Avståndet mellan en anläggning och tätbebyggelse varierar mellan 50 och 10 000 m. Medelavståndet uppgår till 2700 m men vid drygt 50 % av fallen är avståndet 1000 m eller mindre.

## 5.2 Förutsättningar för energiuttag

Huruvida en anläggning för konstgjord infiltration är lämplig och anpassad för energilagringssändamål beror på ett flertal faktorer.

Bl a bör grundvattenmagasinet ha en god hydraulisk kontrollerbarhet och en betydande lagringsvolym. Detta är dock en grundförutsättning för att en anläggning skall fungera tillfredsställande för det ändamål den byggs. Det är därför troligt att samtliga anläggningar besitter dessa vitala egenskaper.

Vidare bör råvattnets beskaffenhet vara sådan att det kan användas för kontinuerlig infiltration under sommarmånaderna. Infiltrationsavbrott eller nedsatt infiltrationskapacitet kan uppkomma bl a till följd av att råvattnets förbehandling (filtrering, silning) inte fungerar tillfredsställande. Ett annat sådant problem kan bestå av algutväxt i infiltrationsdammarna.

Anläggningens anpassning till rådande hydrogeologiska förhållanden är av stor betydelse, främst avseende infiltrationsbassängernas och brunnarnas inbördes lokalisering. Ett stort antal bassänger och brunnar samt en god tillgång på observationsrör är gynnsamt för möjligheten att kontrollera och styra den infiltrerade värme- och vattenmängden. Enkäten visar på att sådana förhållanden råder för flertalet anläggningar.

Avståndet till lämpliga uppvärmningsobjekt är en annan betydelsefull faktor. Om man bortser från vattenverkens eventuella egenbehov kan avståndet till tätbebyggelse utgöra ett mått på tillgängliga objekt. Enligt enkäten finns då sådana på avstånd mindre än en kilometer i ca hälften av fallen. Å andra sidan är det inget absolut krav att uppvärmningsobjektet ligger i direkt anslutning till infiltrationsanläggningen. Som värmekälla betraktat kan vattnet transporteras betydande sträckor, särskilt om detta kan ske i befintliga ledningssystem. Var en värmepump kan placeras med hänsyn till uppvärmningsobjekt m m är därför helt avhängigt lokala förhållanden.

I detta sammanhang bör även en juridisk aspekt tas upp, nämligen förekomst av befintliga vattendomar. Vattendomarna, i vilka tillåtna vattenuttag fastställts, är inte sällan så beskaffade att de tillåter ett lägre uttag av ytvatten under sommarmånaderna för att upprätthålla en lägsta vattenföring i vattendraget. Detta innebär begränsade möjligheter vad gäller optimal värmeladdning av grundvattenmagasinen. Denna frågeställning har dock inte tagits upp i enkäten, varför det är okänt i vilken mån vattendomarna utgör en begränsande faktor.

### 5.3 Energipotential

Om de anläggningar som inventerats genom enkäten anses utgöra ett representativt urval för landet som helhet kan renvattenproduktionen sammantaget beräknas till ca  $200 \text{ Mm}^3/\text{år}$ . De som har en medelproduktion mindre än  $50 \text{ l/s}$  utgör en mindre andel och har en sammanlagd årsproduktion motsvarande ca  $20 \text{ Mm}^3$ .

Energimässigt motsvarar  $200 \text{ Mm}^3$  vatten  $235 \text{ GWh}$  för varje grads temperaturförskjutning. Säg att man genom anpassning av infiltration och uttag kan åstadkomma en temperaturförhöjning på  $5^\circ \text{C}$  i grundvattenmagasinet och att man kan tillgodogöra sig denna förhöjning, så motsvarar detta ett energiinnehåll på drygt  $1 \text{ TWh}$ . Detta är liktydigt med  $150\,000 \text{ m}^3$  olja vid en pannverkningsgrad på  $80\%$ .

## 6 FÖRSLAG TILL FÖRSÖKSOBJEKTET

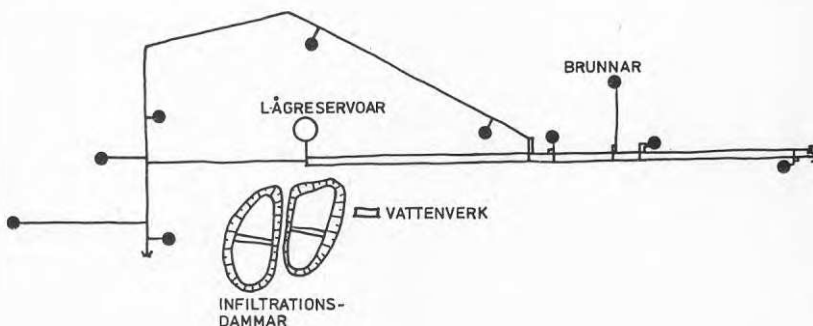
6.1 Beskrivning av anläggningen

Utifrån resultaten av inventeringen har en av anläggningarna valts för en mer detaljerad studie. Denna ligger i Hässleholms tätort och försörjer tätorten, som omfattar ca 24 000 personer med renvatten. Anläggningen, benämnd Galgbacken, är lokaliserad i en omfattande sand- och grusavlagring. I området har ett flertal hydrogeologiska undersökningar genomförts varför de geologiska och hydrauliska villkoren är väl kända.

Renvattenproduktionen uppgår till ca 75 l/s. Anläggningen har 4 infiltrationsbassänger och 10 uttagsbrunnar. Antalet observationsrör inom området uppgår till ett 20-tal. Råvatten tas från Almaån belägen ca 5 km från anläggningen.

Enligt vattendom har kommunen rätt att ur Almaån ta ut 150 l/s då vattenföringen i ån överstiger 500 l/s. Vid lägre vattenföring får endast 10 % av vattenföringen tas ut som råvatten för infiltration.

Ledningssystemet mellan brunnar och lågreservoar utgörs av ett ringmatningssystem, se situationsplan figur 6.1.

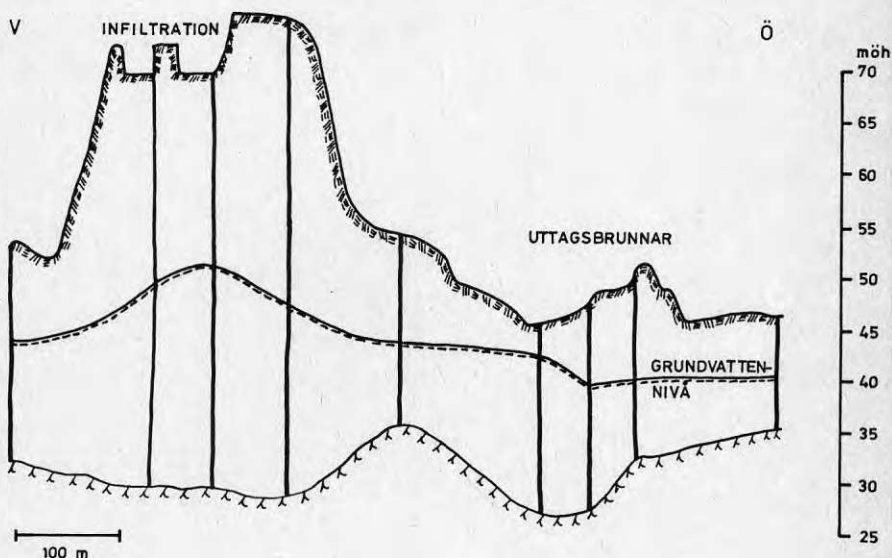


Figur 6.1 Situationsplan över anläggningen Galgbacken i Hässleholm med befintliga dammar, ledningar och brunnar.

6.2 Hydrogeologiska förutsättningar

Infiltrationsbassängerna är belägna uppe på en höjd, vilken utgör en del av en glacifluvial randås. Materialsammansättningen som är känd från 40-talet borrhningar är starkt växlande. Huvudfraktionen i åskullen

utgörs av mellansand, medan avlagringens fortsättning mot öster huvudsakligen består av grus. Jordlagrens mäktighet uppgår maximalt till drygt 40 m, se figur 6.2.



Figur 6.2 Profil genom Galgbäcken

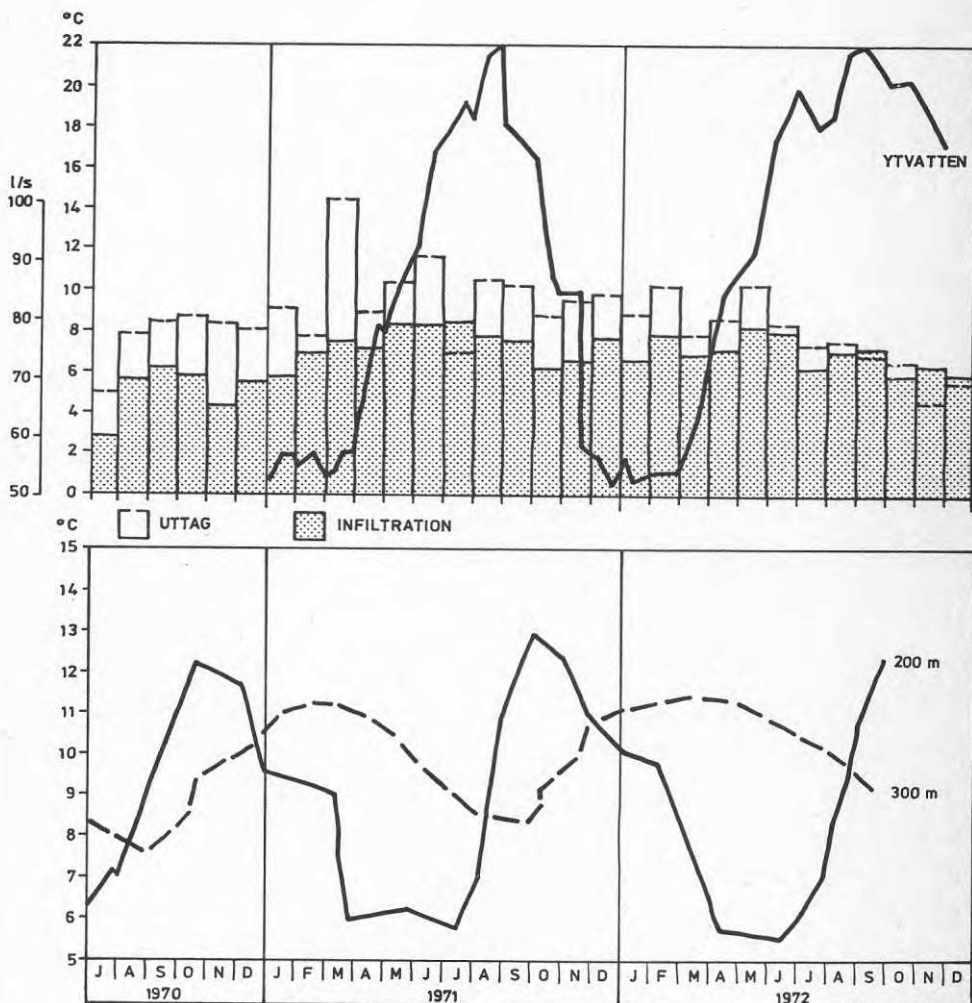
Berggrunden utgöres av gnejs och dess överyta är belägen på +30 - +35 möh.

Sand- och grusformationen överlagras inte av något lågpermeabelt material varför grundvattenmagasinet är öppet.

Tillgänglig magasinvolym mellan högsta och lägsta grundvattennivå uppgår till i storleksordningen  $600\ 000\ m^3$ . Grundvattennivåamplituden är då satt till 10 m. Magasinvolymen för värmelagring då jordmaterialet inkluderas blir ca  $1,8\ Mm^3$ .

Magasinets hydrauliska parametrar är kända från ett flertal propumpningar. Förhållandena i magasinet erbjuder goda möjligheter till en ökning av infiltration och uttag sett utifrån nuvarande driftsförhållanden. Med hänsyn till infiltrationsbassänger, brunnar och observationsrör är det väl sörjt för möjligheten till styrning och kontroll av inlagrad mängd värme och vatten.

Redan idag kan variationer av ytvattentemperatur spåras i uttagsbrunnarna. Som framgår av figur 6.3 sker en klar temperaturpåverkan i uttagsbrunnarna, vilken dock avklingar med ökat avstånd. Av stort intresse är färförskjutningen som på avståndet 300 m uppgår till ca 6 månader.



Figur 6.3 Resultat av temperaturmätningar vid Hässleholms anläggning Galgbacken

Driftsdata över infiltrerat och uttaget vatten visar att andelen naturligt bildat grundvatten uppgår till ca 25 %. Resten utgöres av ytvatten, som gör att temperaturen på det uttagna konsumtionsvattnet på 300 m avstånd från dammarna svänger mellan 8 och 12 °C. På



närmare avstånd ökar temperaturamplituden. Av särskilt intresse är temperatursvängningens fasförskjutning.

### 6.3 Tänkbara uppvärmningsobjekt

Inom ett område beläget endast ca 200 m från infiltrationsanläggningen planeras ett radhusområde att uppföras. I bebyggelsen kommer det, förutom ett 20-tal radhus, att ingå några enstaka friliggande villor. Nybebyggelsen planeras att utföras med uppvärmningssystem av lågtemperaturtyp. Effektbehovet per hus antages till 7 kW och årsenergin till ca 20 000 kWh. Totala effekt/energibehoven blir således i storleksordningen 175 kW resp 500 MWh.

Ytterligare ett uppvärmningsobjekt utgöres av vatten-<sub>3</sub>verksbyggnaden i vilken det årligen förbrukas ca 13 m<sup>3</sup> olja för uppvärmning. Detta motsvarar ca 90 MWh vid pannverkningsgraden 70 %. Effektbehovet kan uppskattas till drygt 40 kW.

Båda dessa objekt är av intresse i den fortsatta projektutvecklingen, liksom ett antal andra närliggande byggnader. I det följande har antagits att de båda förstnämnda objekten försörjs från en gemensam värmecentral.

### 6.4 System för värmeproduktion och distribution

I det tänkta fallet väljes systemlösningen med central värmeproduktion och distribution genom ett fjärrvärmenät.

Placeringen av värmeproduktionsanläggningen bör göras så att fjärrvärmenätets totala längd minimeras. Värmecentralen lokaliseras därför lämpligen i direkt anslutning till det största uppvärmningsobjektet, dvs området med småhusen.

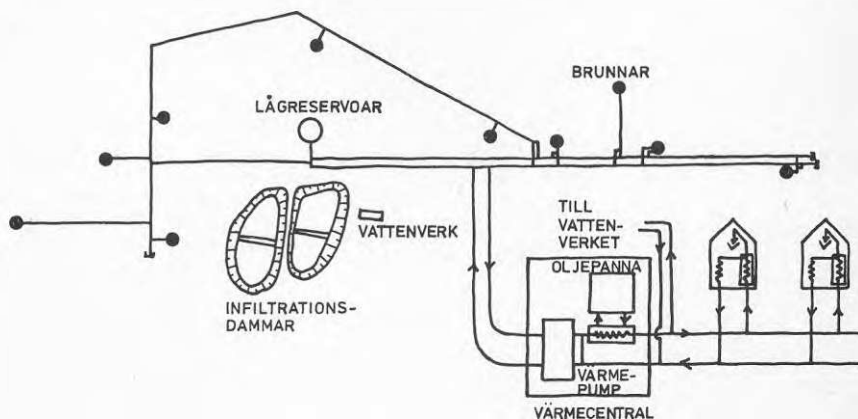
Värmecentralen kan antingen bestå av en värmepump som dimensioneras att täcka hela effektbehovet och täcker hela energibehovet. Alternativt eller också kan värmepumpen dimensioneras till ca 50 % av effektbehovet och svara för i storleksordningen 85 % av energibehovet. I det sistnämnda fallet kompletteras värmepumpen med en topplastfunktion.

Denna kan bestå av elpanna eller förbränningspanna. Det lokala elnätet medger emellertid inte någon större effektbelastning utan omfattande förstärkning. I aktuellt fall har vi därför räknat med en värmepump som dimensioneras för halva effektbehovet och att spetslasten tas med en oljeeldad panna.

I enlighet med vad som tidigare anförts gäller det att förse värmepumpen med så varmt vatten som möjligt, särskilt vintertid.

Som tidigare framgått av figur 6.1 finns förutsättningar att gruppera brunnarna i två separata uttagsenheter. De brunnar som är belägna längst österut utgör en yttre grupp, medan de som ligger i en halvcirkel runt dammarna bildar en inre grupp. Man kan således variera uttaget med hänsyn till avståndet från dammarna och rådande termiska förhållanden i magasinet. Detta underlättas av att ledningssystemet till de fyra östligaste brunnarna är dubbelt.

Den föreslagna utformningen av försöksanläggningen, med hänsyn till samordning med konsumtionsvattenproduktionen, illustreras i figur 6.4.



Figur 6.4 Föreslagen utformning av försöksanläggning

### 6.5 Systemets förväntade energibalans

Energibalansen för en infiltrationsanläggning kan grovt tecknas

$$Q_{in} = Q_{ut} + Q_{förlust}$$

$$Q_{in} = \text{inlagrad värmemängd}$$

$$Q_{ut} = \text{uttagen värmemängd}$$

$$Q_{förlust} = \text{värmeförlust under lagringstiden}$$

Den inlagrade värmemängdens storlek beror på mängden infiltrerat vatten och dess temperatur. Då ytvattnet uppnår sin högsta temperatur under sommarmånaderna bör

inlagringsperiodens tyngdpunkt vara förlagd till dessa månader. Begränsande faktorer under denna period kan utgöras av vattendomar och vattenkvalitet. Infiltration under övriga månader bör ur energisynpunkt inskränkas till i stort sett den tid då ytvattentemperaturen överskrider konsumtionsvattentemperaturen. Med hänsyn till detta uppgår inlagringsperioden till 5 å 6 månader (jfr figur 4.3).

Värmeförlusten under lagringstiden kan nöjaktigt beräknas utifrån befintliga temperaturuppgifter på infiltrerat ytvatten och uttaget grundvatten på olika avstånd från infiltrationsdammarna, se figur 6.3.

Härvid måste också uppehållstiden i magasinet beaktas liksom vattenomsättning och naturlig grundvattentemperatur. Översiktligt beräknat erhålls en förlust motsvarande 20 å 30 % vid en uppehållstid av 3 å 4 månader.

Vi kan således förvänta oss att återvinna i storleksordningen 3/4 av inlagrad värme.

För att konkretisera vilka energimängder som omsätts totalt kan vi se på hur stor energimängd som kan lagras in i magasinet under perioden 15 maj till 15 oktober. Medeltemperaturen på ytvattnet under denna period är ca +15°C. Om vi antar att en genomsnittlig infiltration av 150 l/s under denna tidsperiod är möjlig med hänsyn till vattendom, vattenkvalitet m m och om energiinnehållet beräknas för det vatten som genom konstgjord infiltration verkar förhöjande på temperaturnivån i grundvattenmagasinet uppgår detta till ca 18 GWh. Förutsätter vi vidare att energiförlusterna uppgår till 30 % reduceras den utvinnbara energin till ca 12 GWh.

För föreslagen anläggning är energibehovet betydligt mindre Om värmepumpen som tidigare angetts dimensioneras för halva effektbehovet, dvs ca 110 kW och den arbetar med värmefaktorn 3 fordras 37 kW för värmepumpsdriften. Resterande 73 kW tas från värmekällan. Detta motsvarar ett grundvattenuttag av 3,5 l/s beräknat på ett T av 5°C (från +12°C till +7°C). Dimensioneras värmepumpen till full effekt fördubblas vattenbehovet.

I vilket fall som helst utnyttjas bara en bråkdel av den i infiltrationsanläggningen omsatta energin. Det föreligger således ett utrymme till utbyggnad av betydligt större värmepumpsanläggningar. Utnyttjas hela kapaciteten bör emellertid värmeuttaget (temperatursänkningen) avpassas så att en lämplig temperatur på konsumtionsvattnet erhålls. Denna kan antas ligga på ca 7°C, vilket är den naturliga grundvattentemperaturen. Den uttagbara effekten kommer då att ligga runt 2 MW.

## 6.6 Kostnadskalkyl gällande värmeproduktion

I kalkylen har följande alternativ medtagits:

- central konventionell oljeeldning
- central värmepumpsanläggning dimensionerad för full effekt
- dito dimensionerad för halv effekt, kompletterad med oljeeldad panna.

Alternativet med värmepump dimensionerad för full effekt har medtagits med hänsyn till att värmecentralen ligger inom skyddsområde. Detta kan medföra begränsningar eller extra åtgärder för oljehantering.

Alternativet med central oljeeldad panna har medtagits enbart i jämförande syfte.

Kalkylen har utformats som en årskostnadskalkyl i både fast och löpande penningvärde.

Värmedistribution ingår ej i kalkylen.

### 6.6.1 Beräkningsunderlag

Det förutsättes att uppvärmningsobjektet består av dels ett småhusområde (25 hus) och dels befintligt vattenverk. Båda objekten försörjs från en värmecentral belägen vid småhusområdet ca 200 m från vattenverket.

Följande allmänna indata har använts:

Effektbehov	215 kW
Årlig energiförbrukning	590 MWh
Ekon livslängd	15 år
Inflation	7 %
Energipris, olja	1700:-/m <sup>3</sup>
Energipris, el	0:20/kWh
Real energiprisökning	4 % på såväl olja som el
Real prisökning underhåll	4 %
Abonnemangsavgift, el	250:-/kW och år
Anlägg kostn värmepump	1200:-/kW effekt ut
Anlägg kostn oljepanna	400:-/kW effekt ut
Anlägg kostn kallvattenledn	300:-/m
Finansiering:	Lån till fullt tak
	12,5 % ränta

### 6.6.2 Anläggningskostnader

#### Alt 1

Konventionell oljeeldning	Totalt	86 000:-
---------------------------	--------	----------

Alt 2

Värmepumpsanläggning full effekt	Värmepump 258 000:- Ledningar <u>105 000:-</u>
Totalt	363 000:-

Alt 3

Värmepumpsanläggning med oljeeldad spets- och reservenhet till full effekt	Värmepump 132 000:- Oljepanna 65 000:- Ledningar <u>105 000:-</u>
Totalt	302 000:-

6.6.3 Drift och underhållAlt 1

Rörlig energikostnad/år 85 m <sup>3</sup> EO1 vid 70 % pannverkningsgrad	145 000:-
Underhållskostnad/år	<u>2 000:-</u>
Totalt	147 000:-

Alt 2

Rörlig energikostnad vid värme- faktorn 3	40 000:-
Fast avgift, el	18 000:-
Underhåll	<u>5 000:-</u>
Totalt	63 000:-

Alt 3

Rörlig energikostnad, olja 13 m <sup>3</sup>	22 000:-
Rörlig energikostnad, el (värmefaktor 3,5)	29 000:-
Fast avgift	10 000:-
Underhåll	<u>5 000:-</u>
Totalt	66 000:-

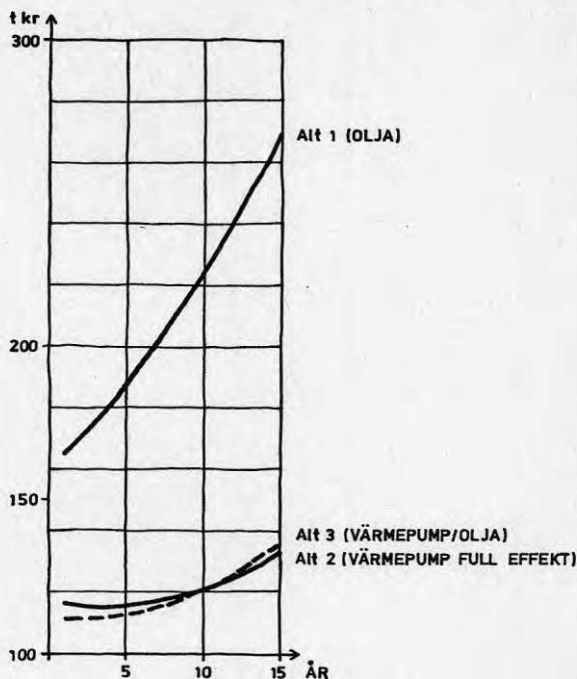
6.6.4 Arskostnad

Arskostnaden för värmeproduktionen som funktion av kapital-, drifts- och underhållskostnader i fast och löpande penningvärde för år 1, 5, 10 och 15 framgår av tabell 6.1.

Alternativ/ Kostnadspost	Kostnad	(KKr)			
		År 1	År 5	År 10	År 15
<u>Alt 1</u>					
(konv olja)					
Kapital	fast	12.1	9.2	6.6	4.7
	löp	13.0	13.0	13.0	13.0
Drift/underhåll	fast	152.9	178.8	217.6	264.7
	löp	163.6	250.8	428.0	730.4
Årskostnad	fast	165.0	188.1	224.2	269.4
	löp	176.5	263.8	441.0	743.4
<u>Alt 2</u>					
(värmepump full effekt)					
Kapital	fast	51.1	39.0	27.8	19.8
	löp	54.7	54.7	54.7	54.7
Drift/underhåll	fast	65.5	76.6	93.3	113.5
	löp	70.1	107.5	183.4	313.0
Årskostn	fast	116.7	115.7	121.1	133.3
	löp	124.8	162.2	238.2	367.7
<u>Alt 3</u>					
(värmepump/olja)					
Kapital	fast	42.6	32.5	23.1	16.5
	löp	45.5	45.5	45.5	45.5
Drift/underhåll	fast	68.6	80.3	97.7	118.9
	löp	73.4	112.6	192.2	327.9
Årskostn	fast	111.2	112.8	120.8	135.4
	löp	119.0	158.2	237.7	373.5

Tabell 6.1 Årskostnader för värmeproduktion vid de tre alternativen i fast och löpande penningvärde

Jämfört med konventionell olja uppvisar båda värmepumpsalternativen betydligt lägre årskostnader, se även figur 6.5.



Figur 6.5 Årskostnaden i fast penningvärde för (1) konventionell oljeeldning, (2) värmepump full effekt och (3) värmepump med oljeeldad spetslast

Av intresse är att de båda alternativen med värmepump blir jämbördiga vid aktuell projektstorlek. En uppskalning av projektet skulle inverka ekonomiskt positivt på alternativ 3 (värmepump/oljespets) i jämförelse med alternativ 2 (enbart värmepump) främst beroende på att den fasta avgiften för installerad eleffekt utslaget på nyttjandetiden ökar exponentiellt.

## 7. FÖRSLAG TILL FORTSATT PROJEKTUTVECKLING

Förstudien har visat att såväl tekniska som ekonomiska förutsättningar finns att lokalisera en försöksanläggning till Galbacken.

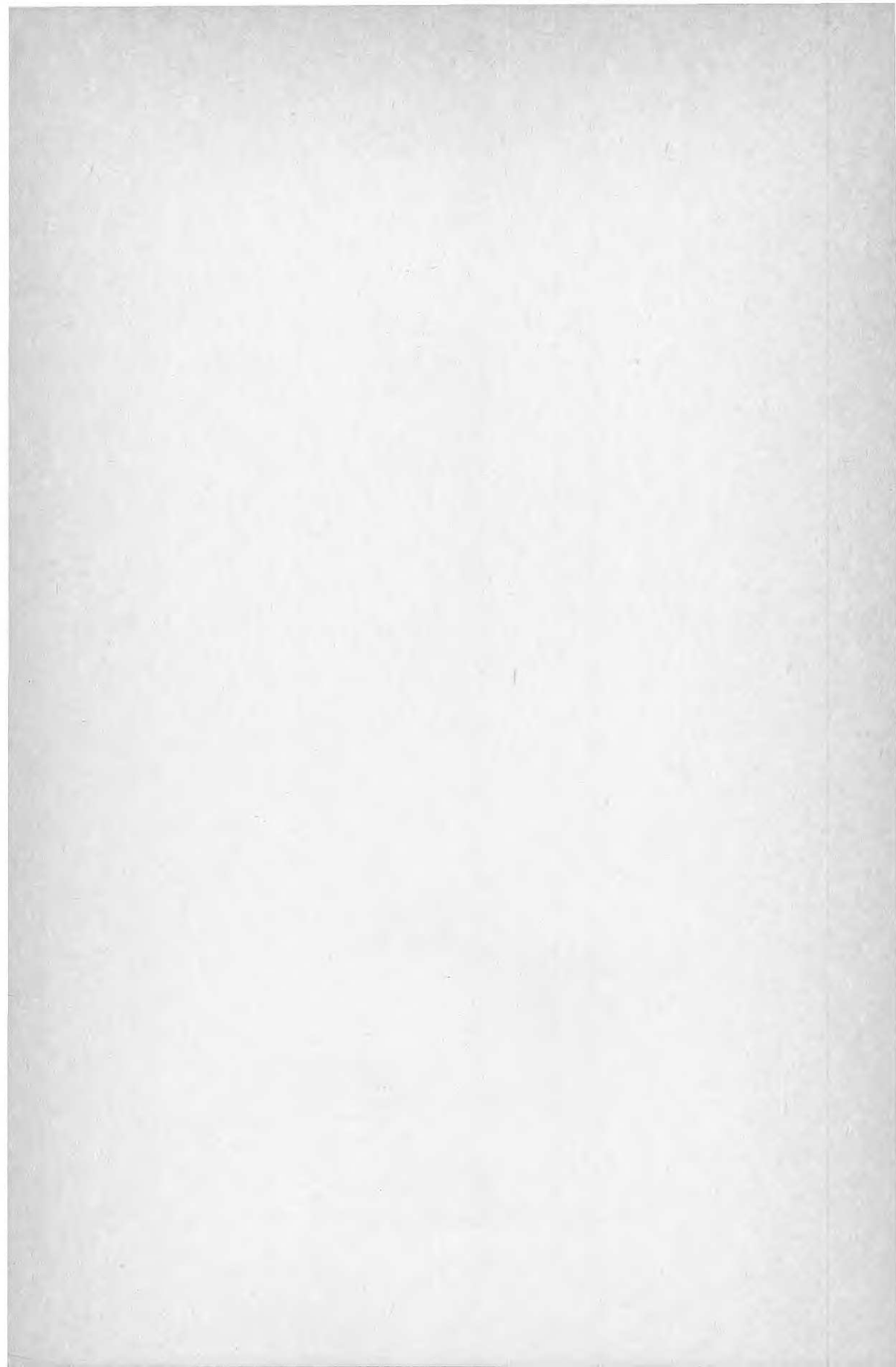
Intresse till en fortsatt projektutveckling finns också från kommunen, som för ändamålet har bildat en särskild referensgrupp. Referensgruppen har bl a tillskrivit naturvårdsverket för att få synpunkter på projektet ur miljösynpunkt. I naturvårdsverkets svar föreligger inga synpunkter som skulle kunna inverka negativt på projektplanerna.

Mot bakgrunden härav föreslås en vidareutveckling enligt följande:

- Fördjupade studier av akviferens hydrauliska och termiska villkor. Modellanalys.
- Lokalisering av uttagsbrunn/ar med hänsyn till akvifer och driftssimulering.
- Konkretisering av uppvärmningsobjektens effekt- och energibehov.
- Val av systemlösning. Placering av värmecentral. Driftssimulering.
- Detaljprojektering.

För ändamålet bildas en projektgrupp bestående av kommunens referensgrupp samt representanter från VIAK.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791773-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till VIAK AB, Malmö.**

**R121: 1982**

**ISBN 91-540-3808-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700621**

**Abonnemangsgrupp:  
V. Anläggningsteknik**

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

**Cirkapris: 25 kr exkl moms**