



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

R119:1983

**Bottensediment och ytjord som
värmekällor för bostadsområden
i Burgsvik och Tingstäde**

Förstudie

**Lars Engström
Hans Grafström
Hans Hydén**

*V
011*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>ser</i>

R119:1983

BOTTENSEDIMENT OCH YTJORD SOM VÄRMEKÄLLOR
FÖR BOSTADSOMRÅDEN I BURGSVIK OCH TINGSTÄDE

Förstudie

Lars Engström
Hans Grafström
Hans Hydén

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800718-8 från Statens Råd för byggnadsforskning
till AB Gotlandshem, Visby och forskningsanslag
821399-4 till VBB AB, Stockholm.

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

R119:1983

ISBN 91-540-4016-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

1	BAKGRUND	1
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	2
2.1	Tingstade	2
2.2	Burgsvik	4
3	FÖRSLAG TILL VÄRMEPUMPANLÄGGNINGAR ...	6
3.1	Allmänna dimensioneringskriterier	6
3.2	Tingstade	7
3.3	Burgsvik	15
4	MILJÖASPEKTER VID SJÖVÄRMESYSTEM	15
4.1	Allmänt	15
4.2	Tingstade	20
4.3	Burgsvik	23
5	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	24

FIGURFÖRTECKNING

- Figur 2.1 Bebyggelseområdets belägenhet i Tingstäde
- Figur 2.2 Område för planerad fotbollsplan
- Figur 2.3 Bebyggelsekvarterets norra parti
- Figur 2.4 Ej bebyggd mark i anslutning till bebyggelsekvarteret
- Figur 2.5 Områden lämpade för sjökollektor
- Figur 2.6 Område aktuellt för utläggning av sjökollektor i Tingstäde träsk
- Figur 2.7 Flödesschema befintlig panncentral i Tingstäde
- Figur 2.8 Tillgängliga utrymmen i panncentral
- Figur 2.9 Flödesschema för värmepumpinstallation
- Figur 2.10 Bebyggelseområde
- Figur 2.11 Bebyggelseområde i Burgsvik
- Figur 2.12 Öppet markområde i anslutning till planerad bebyggelse
- Figur 2.13 Strandområde i Burgsvik
- Figur 2.14 Område lämpat för sjökollektor
- Figur 3.1 Temperaturmätningar i vatten och bottensediment
- Figur 3.2 Uppställning av värmepump och ackumulatortankar
- Figur 3.3 Placering av jordvärmekollektor
- Figur 3.4 Placering av sjökollektor
- Figur 3.5 Rörgravsutformning för överföringsledning

- Figur 3.6 Placering av jordvärmekol-
lektor
- Figur 3.7 Placering av sjökollektor
- Figur 4.1 Bakteriers nedbrytande
av glykos i sjövatten vid
olika temperaturer
- Figur 4.2 Provtagningspunkter Tingstäde
träsk

SAMMANFATTNING

En jämförande förprojektering av ytjordvärme och botten-sedimentvärme har utförts för två bebyggelseområden i Tingstäde och Burgsvik, Gotland. Studerade värmepump-anläggningar är i storleken 80-150 kW.

Vid val av kollektortyp, ytjordvärmekollektor respektive sjökollektor, är med dagens kunskapsläge avståndet till ett område med tillräcklig storlek för kollektorn den avgörande faktorn. Kostnaden för respektive kollektortyp är nämligen relativt likvärdig. För de studerade objekten är därför i båda fallen ytjordvärme det förmånligaste alternativet.

Återbetalningstiden för anläggningar av studerat slag är 10-15 år. Med de finansieringsmöjligheter som kan erbjudas ger de dock förbrukaren lägre energikostnader än konventionell oljeeldning.

1 BAKGRUND

Bottensediment i sjöar och vid grunda havskuster har uppmärksammats som möjliga värmekällor för bostadsuppvärmning via värmepump på likartat sätt som den idag etablerade ytjordvärmetekniken. Ett system med botten-sedimentvärme skulle då i första hand vara motiverat om tillgängliga markytor för ytjordvärmesystem är otillräckliga och om en lämplig sjö eller kuststräcka finns tillgänglig på rimligt avstånd från bebyggelsen.

AB Gotlandshem i Visby har i Tingstäde uppfört ett bostadsområde bestående av 28 radhuslägenheter. För att underlätta införandet av alternativa värmekällor har området utbyggts med ett vattenburet lågtemperatursystem, 55/40°, för värmedistributionen som tills vidare försörjs med en oljepanna. Värmecentralen har gjorts rymlig för att möjliggöra en senare värmepumpinstallation.

I Burgsvik planerar AB Gotlandshem att i två etapper uppföra ca 40 lägenheter i radhus på kort avstånd från Burgsviken, en grund vik av Östersjön på sydvästra Gotland.

Föreliggande rapport avser en jämförande förprojektering av värmesystem baserade på bottensedimentvärme och ytjordvärme för de två bostadsområdena. I arbetet ingår även en bedömning av de miljömässiga konsekvenserna av sedimentvärmesystem.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Tingstäde

2.1.1 Bebyggelse och markutnyttjande

Bebyggelsen är belägen centralt i Tingstäde samhälle ca 500 m från stranden av Tingstäde träsk, se Figur 2.1.

De 28 radhusen är belägna inom västra delen av kvarteret, se Figur 2.1 medan den östra delen ej är bebyggd utan avses utnyttjas bl a för en bollplan, se foto, Figur 2.2. Den fria ytan uppgår till ca 2 500 m². Mot norr begränsas området av en ridå av huvudsakligen klen tallskog, Figur 2.3. Öster om kvarteret ned mot utloppsån från Tingstäde träsk finns ytterligare mark, ca 2 500 m², som ej avses bebyggas, Figur 2.4.

2.1.2 Hydrogeologiska förhållanden

Kvarteret är enligt SGUs jordartsgeologiska kartblad Ser Aa No 169 beläget i randområdet till en mindre isälvsformation som består av sand med inslag av grövre material. Enkla provtagningar med skrubborr ned till ca 1 m djup och inspektion av schakter inom området enligt Figur 2.2 och 2.3 bekräftar detta förhållande. Nära markytan förekommer inslag av silt.

Grundvattenytan är belägen på ca 1 m djup och torde bestämmas av nivån i ån från Tingstäde träsk. Grundvattnet inom området kan betecknas som rörligt. Förutsättningarna att anlägga en kollector för ytjordvärme med ett högt effekt- och energiuttag är goda.

Tingstäde träsk är en sjö med en total yta av ca 5 km², som under isfri tid används som vattentäkt för vattenförsörjningen i Visby. Vattenområdet vid Tingstäde samhälle har ett vattendjup av upp till ca 3 m. Sedi- menten har en tjocklek ned till berg från nära noll och upp till ca 1 m. En beskrivning av bottensediment och bottenfauna lämnas i Kapitel 4. Två vattenområden har identifierats som lämpade för utläggning av värme- kollectorer, se Figur 2.5. Dessa har stenfri botten, sedimentdjup ca 10-50 cm och ett vattendjup av högst ca 2 m. Det södra av dessa med ett avstånd till Visbys vattenintag av ca 200 m, se Figur 2.6, har förutsatts i första hand kunna komma till utnyttjande.

2.1.3 Befintligt uppvärmningssystem och värmebehov

Småhusområdet med en våningsyta av 1 955 m² försörjs idag med värme för lokaluppvärmning och tappvattenberedning från en oljeeldad panncentral. Uppgift om oljeförbrukningen per år saknas men har beräknats till ca 50 m³ Eo1.

Värmevatten distribueras i ett 2-rörssystem dimensionerat för 55°C fram- och 40°C returvattentemperatur vid maxbelastning.

Varje lägenhet är utrustad med en abonnentcentral med parallellkopplad radiatorkrets och tappvattenvärmare. Tappvattenvärmaren är av genomströmningstyp och systemet är försett med en tryckdifferensregulator som stänger radiatorkretsen då varmvatten tappas.

Pannrummet innehåller oljepanna, expansionskärl, primär- och sekundärcirkulationspumpar samt styr- och reglerutrustning för konstanthållning av framtemperaturen. Flödesschema framgår av Figur 2.7.

Den oljeeldade pannan har en nominell effekt av 220 kW. I direkt anslutning till pannrummet finns utrymme reserverat för en eventuell värmepumpinstallation, se Figur 2.8.

Detaljerade värmebehovsberäkningar samt därefter kontroll mot i andra projekt faktiskt uppmätta åtgångstal, ger att värmeeffektbehovet för lokaluppvärmning vid dimensionerande utetemperatur (DUT) för området bör vara ca 90-100 kW.

Genom att utnyttja den typ av vattenvärmare (genomströmningstyp) som beskrivits ovan kommer värmeeffektbehovet för tappvattenvärmning att bli det helt dominerande. Med de normflöden som anges i SBN 80 blir detta effektbehov ca 200-220 kW.

Panna och kulvert nät har därmed fått dimensioneras för tappvattenvärmning och ej som normalt för lokaluppvärmning då magasinsberedning av tappvatten utnyttjas. Systemet har den nackdelen att värmeeffektbehoven momentant blir mycket stora, speciellt morgon och kväll då man har stor efterfrågan på tappvarmvatten. En viss utjämnande effekt, speciellt vintertid, erhålls visserligen med den koppling som beskrivits ovan där radiatorkretsen kopplas bort då varmvatten tappas.

Värmeproduktionsanläggningen får dessutom gå med mycket varierande last, speciellt sommartid då värmebehovet för lokaluppvärmning är lågt. Dessutom erfordras en betydligt högre installerad panneffekt än om varmvattenberedningen utförts centralt eller i magasinsberedare ute i lägenheterna.

2.1.4 Åtgärder vid installation av värmepump

Ett bibehållet uppvärmningssystem försvårar avsevärt möjligheterna att basera hela värmeproduktionen på en värmepumpanläggning. Orsakerna är följande.

Det är inte ekonomiskt motiverat att installera en värmepump, som klarar hela de momentana värmeeffekt-

behoven vid störttappning av varmvatten. Investeringsbehovet för en sådan anläggning blir högt, både för värmepumpaggregat och elabonnemang, samtidigt som utnyttjandetiden för den installerade effekten blir låg. Dessutom är det tvivelaktigt om värmekällan, som har en relativt stor tröghet, kan klara höga momentana värmeuttag utan att sjö- eller landkollektorn behöver överdimensioneras kraftigt.

Att utnyttja den befintliga oljeeldade pannan för att ta dessa momentana toppbelastningar och låta värmepumpen svara för basproduktionen av värme, kan teoretiskt synas vara en framkomlig väg. Driftförhållandena för pannan blir dock mindre gynnsamma med många start och stopp, och långa varmhållningsperioder.

Den enklaste lösningen bör vara att dimensionera värmepumpanläggningen för basproduktion av värme och att komplettera anläggningen med två ackumulatortankar, varav en laddas med överskottsvärme från värmepumpen och den andra med elektriska insticksvärmare.

Den ackumulator som förses med insticksvärmare är avsedd för att tillgodose momentana toppbelastningar vid extremt höga varmvattenbehov och kan ges relativt lång laddningstid och därmed även en låg installerad effekt. Eventuellt kan man utnyttja den befintliga oljecisternen på 7 m³ för ackumulering av värme från värmepumpen.

För att tillgodose värmebehovet under de kallaste perioderna av året utnyttjas antingen den befintliga oljepannan i serie med värmepumpen eller dimensioneras värmepumpen för hela effektbehovet. Ett förslag till flödesschema framgår av Figur 2.9.

2.2 Burgsvik

2.2.1 Bebyggelse och markutnyttjande

Den planerade bebyggelsen är belägen i nordöstra delen av Burgsviks samhälle ca 200 m från Burgsvikens strand, se Figur 2.10.

I en första etapp byggs 20 lägenheter inom södra delen av området, se Figur 2.11. Mellan bebyggelseområdet och stranden finns ett öppet markområde med ytan ca 12 000 m², som utnyttjas som betesmark, se Figur 2.12, och nordost om bebyggelseområdet ansluter ca 15 000 m² betes- och åkermark, se vänstra delen av Figur 2.11.

2.2.2 Hydrogeologiska förhållanden

Bebyggelseområdet är enligt SGUs jordartsgeologiska kartblad Ser Aa No 152 beläget på ett moränområde.

Skruvborrprover tagna dels inom bebyggelseområdet och dels på jordbruksmarken nordväst och nordost om bebyggelseområdet visar att de ytliga jordlagren till minst 1 m djup normalt består av lerig silt, ibland med inslag av grövre material. Förutsättningar finns således att anlägga konventionellt dimensionerade ytjordvärmsystem på endera sidan av bebyggelsen..

Burgsviken utgör en grund vik av Östersjön. Vattendjupet i området utanför bebyggelseområdet är ca 1 m. Bottnen består av sand med ringa organiskt innehåll. Över stora områden är bottnen täckt av mindre stenblock, se Figur 2.13. Ett område relativt fritt från block med vattendjupet 0,5-1 m lämpligt för utläggning av värmekollekter har lokaliserats till en plats enligt Figur 2.14.

Som framgår av Figur 2.13 är området relativt svårtillgängligt för fordon och maskiner för utläggning av kollektorslang.

2.2.3 Planerat uppvärmningssystem och värmebehov

I området planeras vid första utbyggnadsetappen att uppföras 20 småhus, totalt med en sammanlagd våningsyta av ca 1 250 m². Området skall värmeförsörjas från en gemensam värmecentral placerad vid bebyggelseområdets nordöstra hörn.

Distribution av värmevatten och tappvarmvatten kommer att ske i 4-rörskulvert med central beredning av tappvattnet. Distributionsnätet dimensioneras för +55°C fram- och +45°C återledningstemperatur vid maxbelastning. Tappvarmvattnet skall hålla min +45°C vid tappstället enligt SBN 80.

Värmeeffektbehovet enbart för lokaluppvärmning har vid dimensionerande utetemperatur (DUT) beräknats till ca 55 kW. Behovet av produktionskapacitet för beredning av tappvarmvatten beror av magasinstorlek och temperatur. Stor magasinvolym reducerar behovet av installerad kapacitet betydligt. Den här föreslagna uppbyggnaden av anläggningen erfordrar ett pålägg av ca 25 kW för tappvattenvärmning. Utan magasin erfordras ett pålägg av ca 200 kW.

3.1 Allmänna dimensioneringsprinciper

3.1.1 Jordvärmekollektor

En jordvärmekollektor består normalt av en PEL-slang NT4, $\varnothing 40$ mm nedgrävd till 1-1,5 m djup. Arbetet sker ofta med specialmaskiner som "plöjer" ner slangen till en total kostnad inklusive material av 20-30 kr/m. Vid ett mer konventionellt utförande (schakt, kring- och återfyllning, rörläggning m m) blir kostnaden 40-60 kr/m.

Slangarna kan från värmeteknisk synpunkt läggas med ett centrumavstånd av ca 1 m. Det använda slangmaterialet medger en minsta böjningsradie på ca 0,6 m. Om utrymme finns föredras därför ett avstånd mellan slangarna på 1,5 m eller mer. Slangarna läggs i slingor på upp till 400 m utan skarvar för att eliminera läckerisker.

I slangarna cirkulerar en köldbärarvätska vars temperatur under året varierar mellan -5 och $+10^{\circ}\text{C}$. Det maximalt möjliga effektuttaget är, beroende på jordart, vattenhalt, grundvattenrörelser och klimat, ca 20-40 W/m slang. Det möjliga energiuttaget har tidigare angivits till ca 20 kWh/m² år men erfarenheten har visat att ett uttag på i storleksordningen 40 kWh/m² år bör vara möjligt.

3.1.2 Sjökollektor

En sjövärmekollektor består normalt av en PEL-slang NT6 $\varnothing 40$ mm. Slingorna läggs på sjöbotten och förses med belastningsvikter för att förhindra uppflytning vid ispåväxt. Kostnaden för sjökollektorn per meter är likvärdig med den för en jordvärmekollektor. Teoretiskt bör en sjökollektor kunna ge ett högre effekt- och energiutbyte tack vare gynnsammare värmeöverföringsförhållanden i vatten än i mark. I hittills tillämpade dimensioneringsförutsättningar för sjökollektorer har denna möjlighet dock ej utnyttjats. Dessutom bör sjökollektorn kunna ge en förbättrad värmefaktor för värmepumpen eftersom bottensedimenten kan förväntas ha en högre temperatur än marken. Skillnaden är emellertid marginell.

Slangarna i sjökollektorn läggs med ett centrumavstånd av ca 2,5 m i slingor på 400 m längd utan skarvar. Vidare anslutningar sker lämpligen i åtkomliga koppelingsbrunnar på land.

3.2 Tingstäde

3.2.1 Dimensioneringskriterier

En jordvärmekollektor föreslås med hänsyn till markförutsättningarna dimensioneras för ett energiuttag på 40 kWh/m² år och ett maximalt effektuttag på 30 W/m.

Som underlag för dimensionering av en sjökollektor har under en längre tidsperiod utförts temperaturmätningar i vatten och bottensediment i Tingstäde träsk på ca 0,5 m djup i en punkt nära sjöns utlopp. Resultatet av mätningarna visas i Figur 3.1. Av mätningarna framgår klart att bottensedimenten vintertid har en högre temperatur än ytjord på 1 m djup och att det sker en värmetransport från bottensedimenten upp till sjöns vatten. Huruvida möjligt energiuttag per ytenhet kan ökas jämfört med en jordvärmekollektor är dock mindre betydelsefullt. Med hänsyn till det praktiska utförandet av sjökollektorn blir det i de flesta fall effektuttaget, dvs slanglängden som blir dimensionerande. Med hänsyn till bl a de negativa konsekvenserna i form av uppflytning vid stark ispåväxt och till de ekologiska konsekvenserna av frysning av bottensedimenten bör effektuttaget troligen begränsas till 20 W/m slang.

Med hänsyn till valda dimensioneringskriterier kommer valet av kollektortyp primärt att avgöras av minsta avståndet till mark- resp sjöyta av tillräcklig storlek för kollektorn.

3.2.2 Värmepumpaggregat och energibalans

Om värmepumpen dimensioneras för att ensam klara hela effektbehovet föreslås ett aggregat med 130-150 kW nominell uteffekt och med köldmediet R500, som klarar utgående värmevattentemperaturer upp till +60°C. Utnyttjas den befintliga oljepannan för toppbelastningar under vinterhalvåret kan värmepumpens uteffekt reduceras till 80-90 kW. Värmepumpen håller temperaturen i ackumulatortank 1 på +60°C. De elektriska insticksvärmarna håller temperaturen i ackumulatortank 2 på 80-90°C. Värmepumpaggregatet placeras i det reserverde utrymmet och ackumulatortankar, expansionskärl, cirkulationspumpar etc placeras i pannrum. Förslag till uppställning framgår av Figur 3.2.

Då den verkliga oljeförbrukningen för bostadsområdet ej är känd har kalkylerna grundats på de teoretiska värmebehovsberäkningar som genomförts. Dessa ger en årlig oljeförbrukning av 50 m³ Eo1 vid en årsmedelverkningsgrad av 75 % för oljepannan och 15 % kulvertför-luster.

I följande beräkningar har antagits att den befintliga oljepannan demonteras och värmepumpen dimensioneras för hela effektbehovet.

Med optimala storlekar på värmepump och ackumulatorer skall värmepumpen därmed ensam kunna klara i stort sett hela bostadsområdets värmeenergibehov. Naturligtvis kan man inte räkna med 100 %-ig tillgänglighet för anläggningen. Viss reduktion till följd av extremt stora varmvattenbehov eller låga temperaturer i sediment eller mark, service och översyn måste påräknas. Om vi gör antagandet att ca 25 % av behovet för tappvarmvatten, dvs 5 % av det totala årsvärmebehovet måste tillgodoses från tillsatsvärme, erhålls nedanstående sammanställning.

Värmeproduktion, värmepump	345 MWh/år
Värmeproduktion, tillsatsvärme	20 MWh/år

Elkraftbehov, värmepump	125 MWh/år
Elkraftbehov, pumpar etc	20 MWh/år
Elkraftbehov, tillsatsvärme	25 MWh/år

Värmefaktor, värmepump	2,75
Värmefaktor, värmepump+cirk pumpar etc	2,40
Värmefaktor, totalt	2,15

Det har inte varit möjligt att i dessa beräkningar göra någon åtskillnad mellan bottensedimentvärme och ytjordvärme.

Utnyttjas oljepannan vintertid för att täcka topplastbehoven reduceras värmeproduktionen från värmepumpen och elkraftbehovet med ca 10 %. Förbrukningen av olja beräknas i detta fall till ca 5 m³ per år.

3.2.3 Utformning av ytjordvärmekollektor

Värmebehovet från värmekollektorn uppgår till 220 MWh/år vilket enligt valda dimensioneringsförutsättningar kräver en yta av 5 500 m². Maximalt effektbehov uppgår till ca 100 kW vilket kräver en slanglängd av 3 400 m. Motsvarande yta och slanglängd för den mindre anläggningen är 3 200 m² och 2 000 m. Det bör observeras att förhållandet mellan erforderlig area och slanglängd varierar beroende på förhållandet mellan energi- och effektbehovet. Kollektorslangen $\varnothing 40$ mm läggs i det första fallet i 8-9 separata slingor, i det senare fallet 5, vardera med längden 400 m. Avståndet mellan slangarna blir 1,6 m. Samlingsledningen mellan kollektor-slangarna och värmecentralen utgörs av 2 ledningar PEH 110/97,4. Den erforderliga ytan kan inplaceras på sätt som framgår av Figur 3.3.

3.2.4 Utformning av sjökollektor

Enligt valda dimensioneringsförutsättningar kräver sjökollektorer en slanglängd av 5 000 m. Med ett centrumavstånd mellan slangarna på 2,5 m blir ytbehovet 12 500 m². Motsvarande yta för den mindre anläggningen är 11 300 m².

Kollektorer läggs i 12-13 separata slingor, vardera med längden 400 m, och ansluts till samlingsledning via två kopplingsbrunnar på land med avstängningsventiler för varje slinga. För den mindre anläggningen erfordras 7-8 separata slingor.

Sjökollektorn bör med hänsyn till risken för skador på grund av isrörelser förläggas på minst 0,5 m djup vid lägsta vattenstånd under vinterhalvåret, +44,7 m. Vid den tänkta placeringen av sjökollektorn, se Figur 3.4, är stranden långgrund och om vattenområdet närmast land skall utnyttjas för kollektorn måste denna del av kollektorn, ungefär hälften, plöjas ned i bottensedimentet och i princip fungera som en jordvärmekollektor fram till anslutningsbrunnarna och samlingsledningarna.

Överföringsledningen från kollektorn till värmecentralen kan utformas enligt Figur 3.5 med två rörledningar PEH 110/97,4. Längden på denna med sträckning enligt Figur 3.4 blir ca 600 m. Kostnaden är ca 200 kr/m.

3.2.5 Kostnader och lönsamhet

Investeringsbehovet för de större anläggningarna har beräknats i kostnadsnivå augusti 1982 och uppgår till följande belopp, exklusive mervärdeskatt och ränta under byggtid.

	Botten- sediment	Ytjord- värme
Värmepumpaggregat	250 000	250 000
El,ack tank,rör,pumpar etc	220 000	220 000
Kollektor inkl tilledning	275 000	150 000
Projektering,upphandling	100 000	80 000
Administration,byggledning	50 000	50 000
Oförutsett,20 %	180 000	160 000
Totalt	1 075 000	910 000

Investeringsbehovet för den mindre anläggningen är ca 15 % lägre än ovan redovisade kostnader.

Kostnad för elkraftleverans har beräknats utgående från Gotlands Energiverk AB, Lågspänningstariff M4 och medför en årlig kostnad för drift av anläggningarna av ca 54 000 kr, inkl nuvarande elskatt på 4 öre/kWh.

För den mindre anläggningen, med bibehållen oljepanna, är driftkostnaden beräknad till ca 59 000 kr/år.

Kostnaden för underhåll, förbrukningsmateriel, försäkringar har uppskattats till 10 000 kr/år.

Investering i en värmepumpanläggning för småhusområdet Furbjärs 1:6 i Tingstäde skulle kunna ge en driftkost-

nadsbesparing av ca 70-75 000 kr per år vid ett oljepris av 2 500 kr/m³, vilket medför en pay-offtid för investeringarna på 12-15 år.

Räknas med 4 % real kalkylränta (motsv ca 14,5 % låneränta vid 10 % inflation) erhålls en total värmeproduktionskostnad (inkl kapitalkostnader) för de olika alternativen.

Stor värmepump

* Värmepump-bottensediment	44,3 öre/kWh
* Värmepump-ytjordvärme	40,2 öre/kWh

Mindre värmepump

* Värmepump - bottensediment	43,1 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	39,6 öre/kWh
* Befintligt system	36,6 öre/kWh

Omvänt kan sägas att under dessa betingelser får investeringen i värmepumpanläggningen vara högst 650 000 kr för att värmeproduktionskostnaden skall bli densamma som för det befintliga systemet.

Med bostadsstyrelsens bestämmelser för energilån för befintliga flerfamiljshus, vilka kan tillämpas i detta fall, förbättras lönsamheten för värmepumpalternativen betydligt.

Vid 10 % antagen inflation erhålls nedanstående genomsnittliga produktionskostnader under en 20-årsperiod.

Stor värmepump

* Värmepump - bottensediment	27,4 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	25,9 öre/kWh

Mindre värmepump

* Värmepump - bottensediment	27,3 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	26,0 öre/kWh

3.3 Burgsvik

3.3.1 Dimensioneringskriterier

En jordvärmekollektor föreslås med hänsyn till markförsätsättningarna dimensioneras för ett energiuttag på 30 kWh/m² år och ett maximalt effektuttag på 20 W/m.

Som underlag för dimensionering av en sjökollektor har liksom i Tingstäde utförts temperaturmätningar i bottensedimentet i anslutning till den plats där denna skulle kunna placeras. Mätningensresultaten är redovisade i Figur 3.1. Mätningarna avbröts i december 1981 sedan mätgivaren förstörts av isrörelser. Tempera-

turförhållandena fram till mätningarnas upphörande överensstämmer relativt väl med förhållandena i Tingstäde. Sedimentets temperatur under vinterhalvåret är således 3-4°C och en värmetransport sker upp till vattnet. Med hänsyn till de måttliga ekologiska konsekvenser som förutses uppkomma av en lokal frysning av botten sedimenten bedöms en sjökollektor här kunna dimensioneras för ett maximalt effektuttag på 25 W/m slang.

Liksom för Tingstäde avgörs valet av kollektortyp av minsta avståndet till erforderlig yta för respektive kollektortyp.

3.3.2 Värmepumpaggregat och energibalans

Om värmepumpen dimensioneras för att ensam klara hela effektbehovet föreslås en anläggning med ca 80 kW nominell uteffekt. För ett bivalent system med värmepump plus olje- eller elpanna föreslås värmepump med 50 kW nominell uteffekt och olje- eller elpanna på 80 kW. Detta förutsatt att ackumulering av tappvarmvatten enligt avsnitt 2.2.3 genomförs. Anläggningen uppförs antingen med ett aggregat och med köldmediet R500 eller R12, eller med två eller tre mindre aggregat där en enhet utförs med köldmediet R12 för tappvattenvärmning och de andra med köldmediet R22 eller R500 för lokaluppvärmning.

Ackumulering av tappvarmvatten i värmecentralen utförs i en eller flera förråds- och bottenberedare med en sammanlagd volym av ca 3-4 m³. Den optimala storleken bestäms då systemval och temperaturer i beredarna fastställts.

Som referensalternativ till värmepumpalternativen har studerats en oljeeldad panncentral med en installerad effekt av 100 kW och med ett beredarmagasin med 2 m³ volym. Förbrukningen av olja har beräknats till 38 m³ Eol per år vid en årsmedelverkningsgrad av 75 % för oljepannan och 15 % kulvertförluster.

För värmepumpanläggningen dimensionerad för att klara hela värmeeffektbehovet erhålls nedanstående årliga data.

Värmeproduktion, värmepump	275 MWh/år
Värmeproduktion, tillsatsvärme	15 MWh/år
<hr/>	
Elkraftbehov, värmepump	95 MWh/år
Elkraftbehov, pumphar etc	15 MWh/år
Elkraftbehov, tillsatsvärme	20 MWh/år
<hr/>	
Värmefaktor, värmepump	2,90
Värmefaktor, värmepump + pumphar etc	2,50
Värmefaktor, totalt	2,25

Byggs anläggningen upp som ett bivalent system med värmepump plus oljepanna reduceras värmeproduktionen från värmepumpen och elkraftbehovet med ca 10 %. Förbrukningen av olja i detta fall är beräknad till ca 4 m³.

3.3.3 Utformning av ytjordvärmekollektor

Värmebehovet från värmekollektorn uppgår till 180 MWh/år vilket enligt valda dimensioneringsförutsättningar kräver en yta 6 000 m². Maximalt effektbehov uppgår till ca 55 kW vilket kräver en slanglängd av 2 750 m. Motsvarande yta och slanglängd för den mindre anläggningen är 5 400 m² och 1 700 m. Kollektorslangan \varnothing 40 mm läggs i det första fallet i 6-7 separata slingor, vardera med längden 400 m. Avståndet mellan slangarna blir då ca 2 m. Samlingsledningen mellan kollektorslangarna och värmecentralen utgörs av 2 ledningar PEH 110/97,4. Den erforderliga ytan kan inplaceras på sätt som framgår av Figur 3.6.

3.3.4 Utformning av sjökollektor

Enligt valda dimensioneringsförutsättningar kräver sjökollektorn en slanglängd av 2 200 m. Med ett centrumavstånd mellan slangarna på 2,5 m blir ytbehovet 5 000 m². Motsvarande yta för den mindre anläggningen är 4 500 m².

Kollektorn läggs i 5-6 separata slingor, vardera med längden 400 m, och ansluts till samlingsledning via kopplingsbrunnar på land med avstängningsventiler för varje slinga. För den mindre anläggningen erfordras 3-4 separata slingor.

Med hänsyn till risken för skador pga isrörelser, kan kollektorn läggas som en oskyddad sjökollektor först ca 150 m från land. Huvuddelen av kollektorn måste således muddras ned i bottenmaterialet som består av sand, om man ej väljer att gå långt ut från land med en nedgrävd samlingsledning. Ett sådant arrangemang ger dock mycket dåliga möjligheter för inspektion och reparation. Den tänkta placeringen för en sjökollektor framgår av Figur 3.7.

Överföringsledningen från kollektorn till värmecentralen kan utformas enligt Figur 3.5 med två rörledningar PEH 110/97,4. Längden på denna blir ca 350 m.

3.3.5 Kostnader och lönsamhet

Investeringsbehovet för de större anläggningarna har beräknats i kostnadsnivå augusti 1982 och avser enbart alternativskiljande kostnader jämfört med ett referensalternativ enligt avsnitt 3.3.2. Mervärdeskatt och ränta under byggtiden ingår ej.

	<u>Botten- sediment</u>	<u>Ytjord- värme</u>
Värmepumpaggregat	150 000	150 000
El, ack bruk, rör, pumpar etc	180 000	180 000
Kollektor inkl tilledning	120 000	105 000
Projektering, upphandling	60 000	55 000
Administration, byggledning	30 000	30 000
Oförutsett, 20 %	<u>110 000</u>	<u>100 000</u>
 Totalt	 650 000	 620 000

För den mindre anläggningen, med värmepump och oljepanna i bivalens reduceras kostnaderna för värmepumpaggregat och kollektor med ca 75 000 kr, men tillkommer ca 130 000 kr för oljepanna, oljecistern, skorsten, el och reglersystem samt extra utrymme i värmecentral om ca 5 m².

Alternativskiljande kostnader för referensalternativet, oljepanna 100 kW och beredarmagasin 2 m³ är beräknat till ca 200 000 kr.

Kostnad för elkraft för drift av anläggningarna har beräknats utgående från Gotlands Energiverk AB, lågspänningstariff M4, och medför en årlig kostnad av ca 38 000 kr, inkl nuvarande elskatt på 4 öre/kWh. För den mindre anläggningen är driftkostnaden beräknad till ca 42 000 kr per år.

Kostnaden för underhåll, förbrukningsmaterial och försäkringar har uppskattats till 6 000 kr per år.

Jämfört med referensalternativet skulle de olika värmepumpalternativen ge en årlig driftkostnadsbesparing av ca 55-60 000 kr vid ett oljepris av 2 500 kr/m³. Detta medför en pay-offtid för investeringarna på 11-13 år.

Räknas med 4 % real kalkylränta (motsv ca 14,5 % låneränta vid 10 % inflation) erhålls en total värmeproduktionskostnad (inkl alternativskiljande kapitalkostnader) för de olika alternativen.

Stor värmepump

* Värmepump - bottensediment	35,3 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	34,4 öre/kWh

Mindre värmepump

* Värmepump - bottensediment	38,4 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	37,5 öre/kWh
* Referensalternativ	40,5 öre/kWh

Med den finansiering som kan påräknas för nybyggnation och de tillägg i belåningen som är tillämpliga för andra uppvärmningsformer än konventionell oljeuppvärmning, har nedanstående genomsnittliga produktionskostnader (inkl alternativskiljande kapitalkostnader) beräknats. Inflationen har antagits till 10 %.

Stor värmepump

* Värmepump - bottensediment	25,6 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	25,2 öre/kWh

Mindre värmepump

* Värmepump - bottensediment	28,0 öre/kWh
* Värmepump - ytjordvärme	27,4 öre/kWh
* Referensalternativ	37,4 öre/kWh

4.1 Allmänt

4.1.1 Inledning

De ekologiska följderna av temperatursänkningen vid värmeuttag i bottensediment är föga undersökta. Synpunkterna i det följande är därför i huvudsak baserade på allmänna studier av sambandet mellan organismers livsfunktioner och deras omgivningstemperatur. Verkan på enstaka organismer eller grupper av organismer är i många fall känd, men effekten på samspelet mellan organismerna är svår att förutsäga. Det är knappast heller möjligt att ge generella regler som gäller för alla typer av vatten. Det främsta syftet med följande redovisning är att visa på sannolika följder av temperatursänkning - de ekologiska riskerna måste sedan värderas i varje enskilt fall.

4.1.2 Sediment, egenskaper och temperatur

Sedimentens egenskaper är mycket olika i olika typer av sjöar och också på olika ställen i samma sjö. Material, kornstorlek, vattenhalt och organiskt innehåll varierar och påverkar betingelserna för de organismer som lever i sedimentet.

Kemiska och fysikaliska egenskaper är också mycket olika vid sedimentytan och längre ner i sedimentet. Den biologiska aktiviteten förekommer nästan uteslutande i de översta centimetrarna. Bara bakterier i litet antal lever på större djup. Maskar och musslor kan finnas ända ner till 0,5 m, men då i förbindelse med vattnet genom rör och gångar.

Det sker ett ständigt utbyte av lösta ämnen mellan sedimentet och vattnet ovanför. Förhållandena vid sedimentytan är därför av stor betydelse för sammansättningen av det fria vattnet. Genom nedbrytning av organiska föreningar i sedimentet uppkommer höga koncentrationer av lösta ämnen i vattnet mellan partiklarna i bottenmaterialet, vilket resulterar i ett utflöde av lösta ämnen från sedimentet. Flöde i motsatt riktning orsakas av jonbyte och adsorption till bottenmaterialet.

Temperaturen i en sjö bestäms till allra största delen av instrålningen, som i grunda områden också värmer upp sedimenten. Effekten kan förstärkas av en växthus-effekt - vattnet släpper igenom synligt ljus men hindrar kort- och långvägig strålning.

Om man känner temperaturen vid sedimentytan samt sedimentets värmeledningstal och värmekapacitivitet och om vattentemperaturen vid botten antas följa ett

sinusformat förlopp, kan temperaturutvecklingen i sedimentet beräknas:

$$T = T_a e^{-\sqrt{\frac{\sigma}{2k}} z} \sin(\sigma t - \sqrt{\frac{\sigma}{k}} z) + T_m$$

T_a = årstemperaturens amplitud
 σ = $2\pi/3,15 \cdot 10^{-7}$ (s^{-1})
 k = $\lambda/\rho c$ (m^2/s)
 T_m = medeltemperaturen

På 3-4 m djup i sedimentet är temperaturen ganska konstant genom året, medan temperaturen vid sedimentytan visar i stort sett samma variationer som i bottenvattnet.

Rent vatten, utan lösta salter, har sin högsta densitet vid +4°C. I en skiktad sjö, där inblandningen med ytvatten inte sänker temperaturen vid botten, är därför botten temperaturen på vintern omkring +4°C. I grunda sjöar och i situationer där isläggningen föregåtts av vinddriven vertikalblandning är temperaturen i hela vattenmassan lägre.

Ett värmepumpsystem sänker temperaturen i sedimentet. Den största energimängden erhålls vid frysning, 335 J/g, mot 4,19 J/g och grad vid temperaturer över fryspunkten. Från ekologisk synpunkt är frysning och temperatursänkning till sina konsekvenser helt olika fenomen och behandlas här var för sig. Temperatursänkningen i det fria vattnet antas bli så liten att den inte påverkar andra organismer än vissa fiskar.

4.1.3 Effekter av temperatursänkning

De flesta biologiska processer är temperaturberoende. Som en generell regel gäller att reaktionshastigheten fördubblas för var 10:e grad, dvs med nära 10 % per grad. I själva vetket är detta sant bara inom ett ganska snävt temperaturområde eftersom organismer har olika temperaturoptima, nedanför vilka aktiviteten kan avta fortare än vad som anges av den nyss nämnda temperaturrelationen och ovanför vilka aktiviteten avtar i stället för att öka.

Bakterier

Med avseende på temperaturpreferens delas bakterier in i tre grupper: termofila, mesofila och psykofila, med optima vid omkring 60, 40 och 20°C. De psykofila är fortfarande aktiva vid temperaturer under 0°C.

Vid en temperatursänkning kommer bakteriernas aktivitet att minska, Figur 4.1, vilket påverkar flera betydelsefulla processer i sedimentet. Nedbrytningen av dött organiskt material ombesörjs huvudsakligen av bakterier. I grunda områden försiggår nedbrytningen till största delen vid botten. Nedbrytningen förbrukar syre och växtnäringsämnen frigörs, t ex kväve och fosfor.

Bakterierna förmedlar också omvandlingen av enkla föreningar, som reduktion av sulfat till svavelväte och nitrat till kvävgas samt oxidation av ammonium till nitrat.

Lägre bakterieaktivitet kommer att påverka näringstillståndet i ett vatten, i första hand i riktning mot sänkta närsaltshalter. Eftersom minskad aktivitet också ger minskad syreförbrukning kan lägre sedimenttemperatur vara till fördel i eutrofierade vatten med för hög närsaltsbelastning och syrebrist i bottenvattnet.

Alger

En sjövärmekollektor läggs ut på grunda bottnar för att utnyttja den instrålade ljusenergin. På små djup är ljuset tillräckligt för växt av bottenlevande alger. Om botten är lämplig för fastsittande alger är deras produktion sannolikt större än de planktiska algernas. En total produktionsminskning och en förändring av artsammansättningen torde bli följderna av lägre temperatur, men effekterna kan inte bli mer än marginella för systemet som helhet.

Högre växter

Undersökningar rörande rottemperaturens effekt på vattenlevande växter tycks inte ha gjorts. För landlevande växter är sambandet mellan rottemperatur och tillväxt väl belagt, och det förefaller sannolikt att också vattenlevande, rotade växters tillväxt försämras när rottemperaturen sänks. Det kan knappast betraktas som en negativ påverkan eftersom utbredningen av t ex vass och säv ofta orsakar problem vid utnyttjandet av ett vattenområde. Motsatsen, att det finns alltför få högre växter, lär inte förekomma annat än i undantagsfall.

Djur

I de översta centimetrarna av sedimentet förekommer ett rikt djurliv, under förutsättning att där finns tillgång till syre. Encelliga djur, protozoer, dominerar vanligen i antal, medan musslor, olika larvformer, maskar och maskliknande djur utgör den största biomassan.

Djurens aktivitet, liksom bakteriernas och växternas, minskar med minskande temperatur, vilket avspeglas

bl a i deras syrekonsumention. Livscyklar och beteenden är mer komplexa hos djur än hos bakterier. För vattenlevande djur är temperaturförändringar ofta den utlösande faktorn för t ex fortplantning eller förflyttning mellan grunda och djupa bottenar. Det finns exempel på att temperaturförändringar, som inte kunnat visas vara skadliga för vuxna individer, ändå har slagit ut hela djurgrupper beroende på att fortplantningen satts ur spel. De normalt ganska små och regelbundna temperaturvariationerna i sediment gör att de djur som har anpassat sig till den miljön är känsligare för förändringar än andra djurgrupper.

Djur kan reagera på försämrade livsbetingelser genom att lämna ett område, vilket låter enkelt men inte är det, eftersom det sällan finns tomma ytor att kolonisera. En mycket sannolik följd av sänkt temperatur i ett bottenområde är att området överges av vissa djurgrupper, varigenom deras totala antal i en sjö eller havsvik minskar, medan andra och mer toleranta grupper sprider sig över de frigjorda ytorna och, åtminstone vad beträffar biomassa, kompenserar förlusterna av de bortflyttade grupperna.

De fiskar som livnär sig på bottenlevande djur får en förändrad, men inte nödvändigtvis försämrad, tillgång på föda, vilket leder till en förändrad konkurrenssituation mellan befintliga arter. Ruda och ål, som under vintern gräver sig ner i botten för att undgå kylan i det fria vattnet, får försämrade betingelser när sedimenttemperaturen sänks.

Det är inte ovanligt att fiskar lever nära gränsen för den temperatur som de tolererar. En liten ändring av temperaturen kan då få stora följder för deras konkurrensförmåga. I två av de stora sjöarna i USA antas höjningen av medeltemperaturen med bara en grad vara orsaken till att sik, siklöja och kanadaröding praktiskt taget har försvunnit. Fiskarnas lek- och yngelstadier är känsligare för förändringar än andra stadier. Direkta temperatureffekter på fiskfaunan torde framför allt uppstå om uttaget av värme från sedimenten medför en sänkning av det fria vattnets temperatur.

Temperatursänkningen som sådan kan inte få en omfattning som är av betydelse för fågelfaunan. Däremot kan fiskätande fåglar drabbas av en förändring av fiskarnas artsammansättning. Effekten är således mycket indirekt, och en rimlig uppskattning av riskerna för fågellivet är inte möjlig att göra på förhand. Eftersom intresset för fåglar är stort vore det önskvärt med en undersökning av eventuella förändringar på åtminstone någon av de lokaler där en sjövärmekollektor installeras.

4.1.4 Effekter av isbildning

Vid isbildning i sedimentet uppträder helt andra effekter än vid en temperatursänkning. Under normala förhållanden fryser inte botten. De organismer som lever i sediment är därför inte anpassade till de speciella problem som uppstår när temperaturen går under 0°C. Strandlevande organismer däremot, kan ofta uthärda mycket låga temperaturer. Exempelvis överlever den vanliga blåmusslan nedfrysning till -22°C.

Både de kvalitativa och kvantitativa följderna av isbildning är beroende av om isbildningen når sedimentets ytskikt. Om frysningen begränsas till djup större än ca 0,5 m under botten blir skadorna på djursamhället troligen ganska små. Bara de fåtaliga bakterier som lever djupt i sedimentet, blir direkt berörda men kan möjligen överleva infrysning. Frysning av ytskiktet däremot, medför utslagning av så gott som alla bottenlevande organismer. När det frysta området värms upp kommer förruttnelsen av dött organiskt material att kräva stora mängder syre. Beroende på vattenomsättning och djupförhållanden kan döda ytor uppstå med svavelvätebildning av samma slag som man kan se fläckvis i grunda havsvikar.

Isbildningen kan också medföra ökat utflöde av växtnäringsämnen från sedimentet, med åtföljande risk för eutrofiering. När salthaltigt vatten fryser sker en utfrysning av de lösta ämnena, med resultat att salthalten ökar i det vatten som ännu inte frusit. De stora mängderna lösta växtnäringsämnen i vattnet nere i sedimentet kan genom frysningen pressas ut i det fria vattnet och där bli tillgängliga för växterna i avsevärt högre koncentrationer än genom naturliga, långsamma diffusionsförlopp.

4.1.5 Kylvätskans giftighet

Etylenglykol används vanligen som fryspunktsnedsättande tillsats till vattnet i värmepumpens värmebärarkrets. Det finns naturligtvis en viss risk att etylenglykol genom läckage kommer ut i det omgivande vattnet.

Etylenglykol angriper det centrala nervsystemet och njurarna. Dödande mängder för däggdjur är i storleksordningen 10 ml/kg kroppsvikt. 0,05 ml/kg kroppsvikt ger inga varaktiga effekter. I vatten bryts etylenglykol ner bakteriellt på ca 3 dagar vid +20°C och på 8 dagar vid +8°C.

4.1.6 Jämförelse insjö - havsvik

De omedelbara, lokala effekterna i sedimentet är likartade i en havsvik och i en sjö. Processerna är i stort sett desamma i bägge miljöerna, även om organismerna tillhör olika arter. En skillnad är dock att risken för svavelvätebildning är större i havssediment

än i en sjö beroende på den högre sulfatkoncentrationen i saltvatten.

Däremot får förändringar i sedimenten olika effekt på den övriga miljön på grund av rörelserna i vattnet ovanför botten. Även i en havsvik med ganska liten förbindelse med öppna havet försiggår ett ständigt vattenutbyte, så att följderna av en minskad omsättning av växtnäringsämnen eller minskad syreförbrukning inte blir mer än mycket lokala. Ett stillastående bottenvatten i en insjö kan å andra sidan utsättas för relativt kraftig påverkan av störda förhållanden i sedimentet.

Ett eventuellt läckage i värmebärarkretsen innebär betydligt mindre risk i en havsvik än i en sjö. Utspädningen sker snabbare, den bakteriella nedbrytningen av etylenglykol gör förgiftning via fisk och skaldjur osannolik och risken för förgiftning via hushållsvatten är obefintlig.

4.2 Tingstäde

4.2.1 Provtagning

Som underlag för en första, översiktlig bedömning av de biologiska förhållandena i sediment i Tingstäde trask togs sammanlagt 17 bottenprover i närheten av det område där utläggning av en sjökollektor planterats, Figur 4.2.

Vattendjupet vid provtagningspunkterna var mellan 0,8 och 1,5 m. Sedimentet karakteriserades av ett löst, grovkornigt ytlager, som föreföll att vara av delvis organiskt ursprung, och därunder en seg lera. Sedimentets utseende skilde sig obetydligt åt mellan de olika punkterna, men leran var något fastare vid de sju nordligast belägna stationerna. Rotade växter fanns nära stranden men inte längre ut där proverna togs.

Provtagningen gjordes med en s k Ekmanhuggare med en öppning på ca 200 cm² och sållades sedan genom en 0,8 mm metallduk. Proverna konserverades med ethanol och sorterades under lupp på VBBs laboratorium.

Artsammansättningen dominerades av fjädermygglarver (chironomider) vid alla stationer utom en (Tabell 4.1). Proverna innehöll få levande musslor och ett stort antal döda individer. Samtliga arter var små, ca 2-8 mm, och i allmänhet tunnskaliga. Andra djurgrupper - kräftdjur, snäckor, glattmaskar, sländelarver och kvalster - förekom i litet antal. Den vertikala fördelningen undersöktes inte, men vid genomgången av proverna föreföll leran innehålla mycket få individer, medan huvuddelen av faunan var bunden till det lösa ytskiktet.

4.2.2 Ekologiska effekter av temperatursänkning

För vattenlevande djur är temperaturförändringar ofta den utlösande faktorn för t ex fortplantning eller förflyttning mellan grunda och djupa bottnar. De botten-djur som lever i träsket idag utsätts naturligt för stora temperatursvängningar under året pga det ringa djupet. Även om de vuxna individerna skulle överleva de ökade temperatursvängningar som sedimentvärmesystemet kommer att medföra kan ändå vissa djurgrupper slås ut pga störningar i fortplantningen.

Generellt kan sägas att djur som lever på gränsen av sitt toleransområde, i detta fall avseende temperaturen, är särskilt känsliga för miljöförändringar. Huruvida de botten-djur som finns på den undersökta platsen i Tingstäde träsk tillhör denna kategori går inte att fastställa med säkerhet utan en mer ingående undersökning av faunan.

De flesta botten-djur lever i de översta centimetrarna av sedimentet. En sedimentvärmeanläggning av den typ som här planeras läggs på sjöbotten vilket kan medföra isbildning på sedimentytan vintertid. Detta leder sålunda till förändrade livsbetingelser för djuren i området.

Djur svarar på förändringar i närmiljön på olika sätt, t ex genom att

- ingå i vilstadium
- migrera till gynnsammare miljö
- gräva ner sig (försvåras vid isbildning)

Sannolikt kommer artsammansättningen lokalt att förändras vid anläggningen pga migration och minskad överlevnad för vissa arter, men detta behöver inte nödvändigtvis få några allvarligare konsekvenser för miljön i stort i träsket då andra, mer toleranta arter, kan komma att ersätta vissa av de utslagna och anläggningen bara kommer att ta en mycket blygsam del av sjöns yta i anspråk.

4.2.3 Kylvätskans giftighet

Vätskemängden i kollektorer och överföringsledningen i den studerade anläggningen i Tingstäde uppgår till ca 13 000 l. Varje slinga på 400 m innehåller ca 300 l. Av vätskemängden utgör ca 20 %, dvs 2 600 l, etylenglykol eller annan frostskyddsvätska. Dessutom innehåller vätskan antikorrosionstillsatser i små mängder, men med högre giftighet än glykolen, så att dessa normalt blir bestämmande för erforderlig utspädning för att eliminera giftverkan.

För att komma under godkända gränsvärden för koncentra-

tioner av aktuella giftämnen i dricksvatten medför en förlust av all vätska i kollektorn att denna måste spädas ut i en sjövattnenvolym på ca 300 000 m³. Det är således en risk för att koncentrationerna vid vattenintaget till Visby kan överstiga acceptabla gränsvärden om åtgärder ej vidtas så att ett eventuellt köldmedieläckage begränsas till t ex en av slingorna i kollektorn.

4.3 Burgsvik

Inga undersökningar har utförts i Burgsvik. De ekologiska konsekvenserna av en temperatursänkning vid en sjökollektor blir dock små och lokala och tillgängliga utspädningsvolymen säkerställer att effekterna av ett köldmedieläckage blir lokala och tillfälliga.

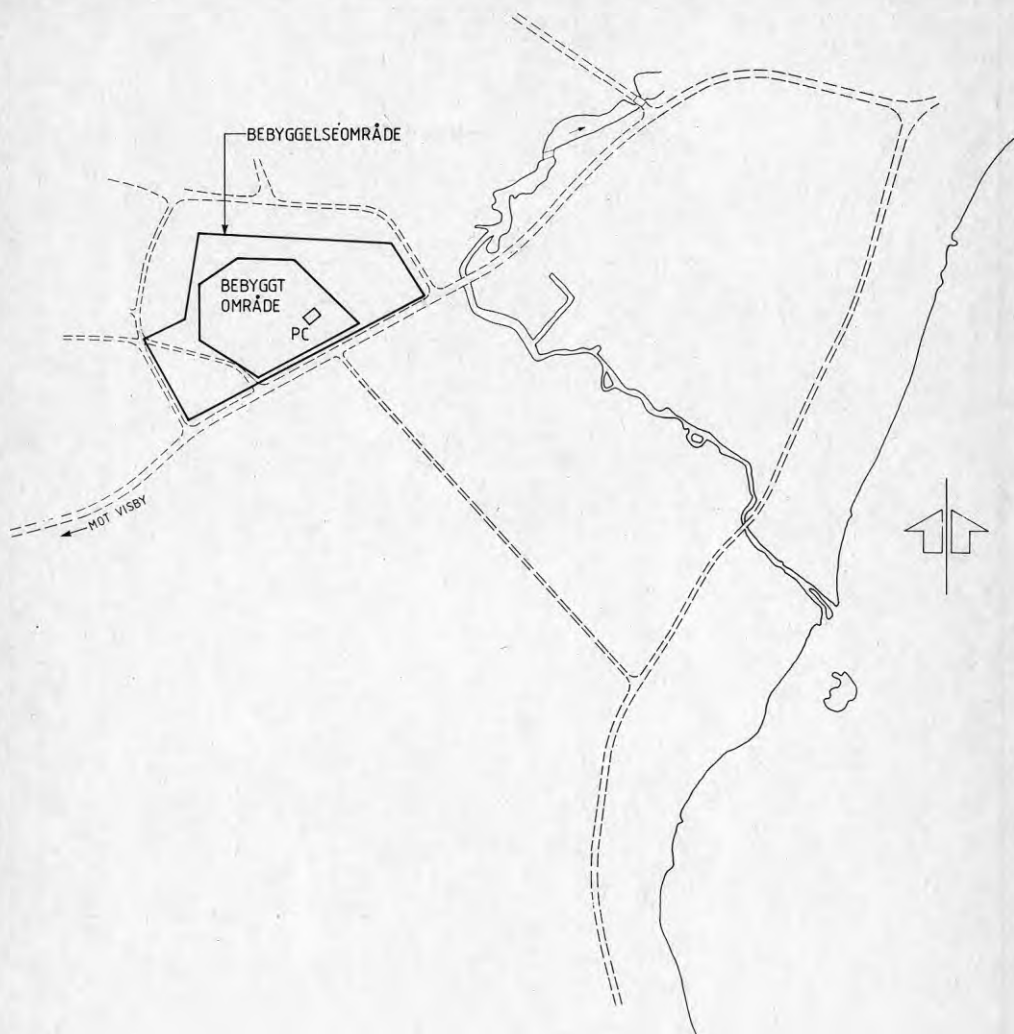
5 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

För båda de studerade bostadsområdena utgör såväl ytjordvärme som bottensedimentvärme möjliga alternativa värmekällor till konventionell uppvärmning med olja.

Valet av typ av värmekollektor bestäms från ekonomisk synpunkt av minsta avstånd till sjö- eller markområde av tillräcklig storlek. I båda de studerade fallen blir därför ett ytjordvärmesystem mest fördelaktigt. Från dimensioneringssynpunkt kan med dagens kunskapsläge ingen skillnad göras mellan de två kollektortyperna.

För bebyggelsen på de studerade platserna i Tingstäde och Burgsvik har ytjordvärme förutsättningar att ge lägre uppvärmningskostnader än oljeeldning. Om andra skäl ej talar emot bör således ytjordvärmesystem anläggas.

Anläggningen i Tingstäde är i här givet förslag relativt snålt dimensionerad (hårt belastad). Eventuellt kan det därför från såväl praktisk som forskningsmässig synpunkt vara intressant att senare komplettera anläggningen så att värme till värmepumpen under delar av året hämtas från uteluften.



Figur 2.1 Bebyggelsområdets belägenhet i Tingstäde



Figur 2.2 Område för planerad fotbollsplan



Figur 2.3 Bebyggelsekvarterets norra parti



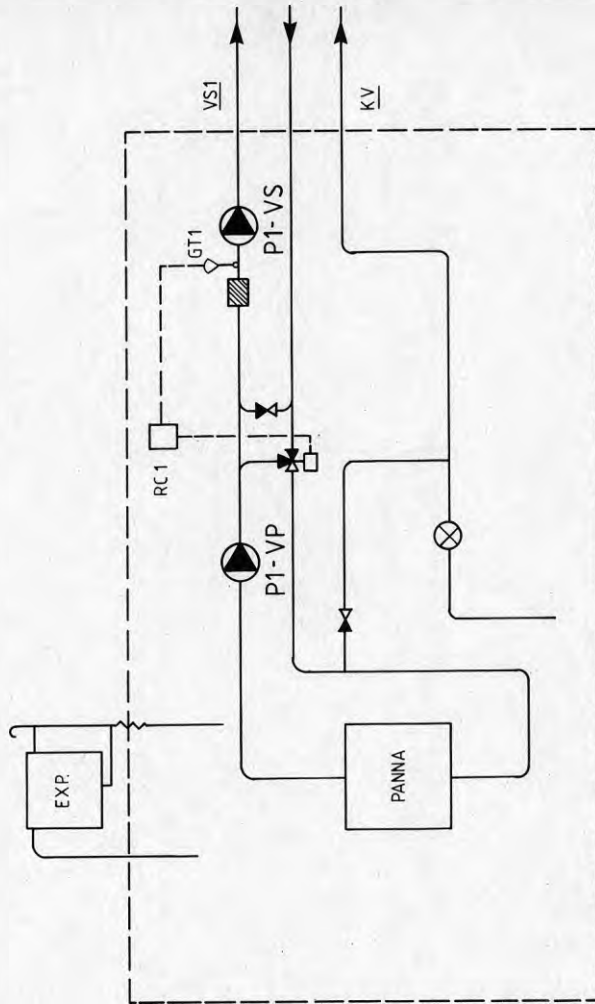
Figur 2.4 Ej bebyggd mark i anslutning till bebyggelsekvarteret



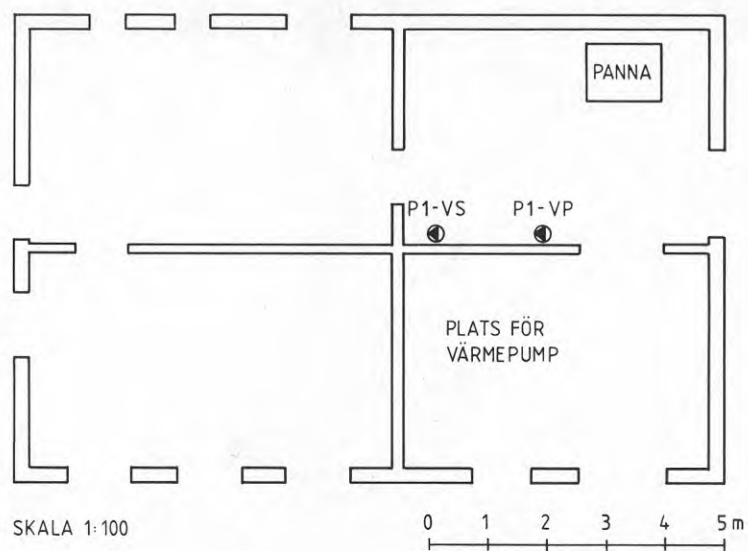
Figur 2.6 Område aktuellt för utläggning av sjökollektor i Tingstäde träsk



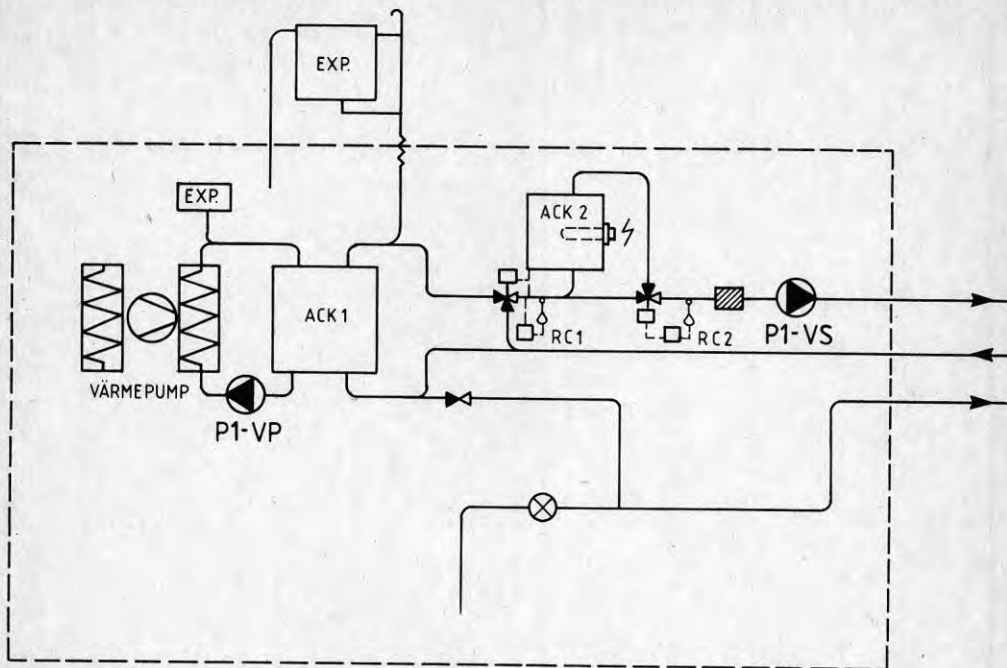
Figur 2.5 Områden lämpade för sjökollektor



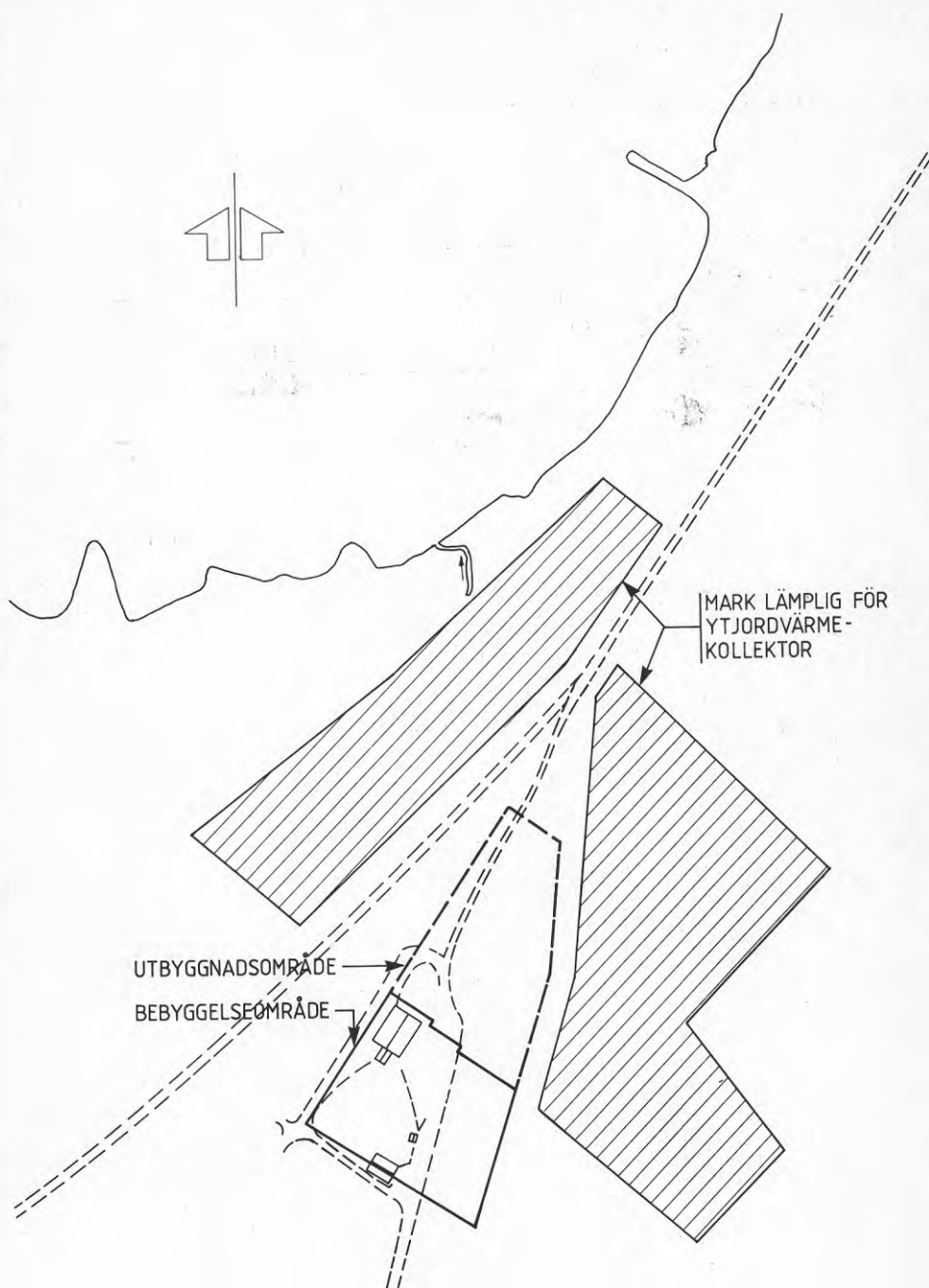
Figur 2.7 Flödesschema befintlig panncentral i Tingstade



Figur 2.8 Tillgängliga utrymmen i panncentral



Figur 2.9 Flödesschema för värmepumpinstallation



Figur 2.10 Bebyggelseområde



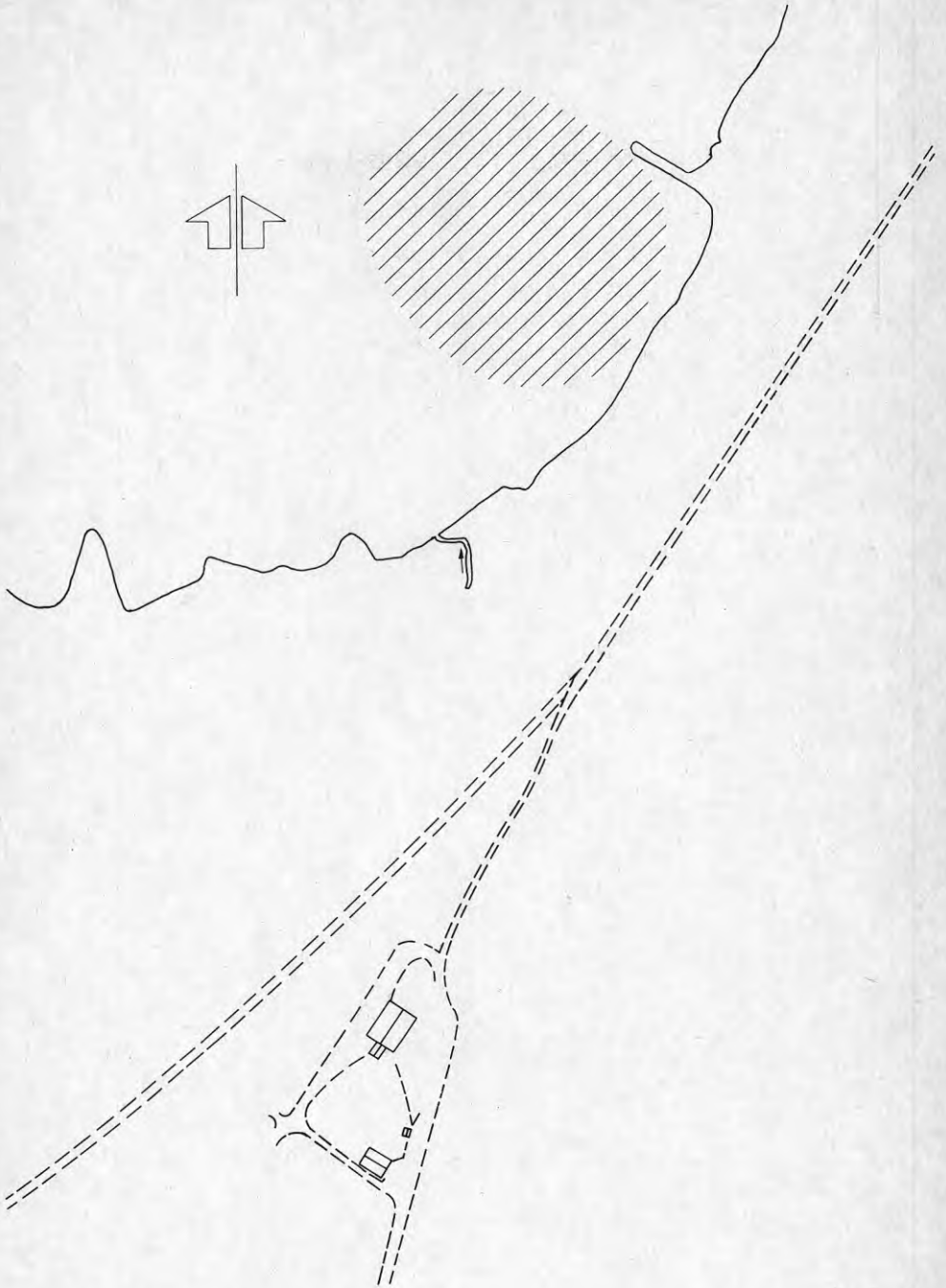
Figur 2.11 Bebyggelseområde i Burgsvik



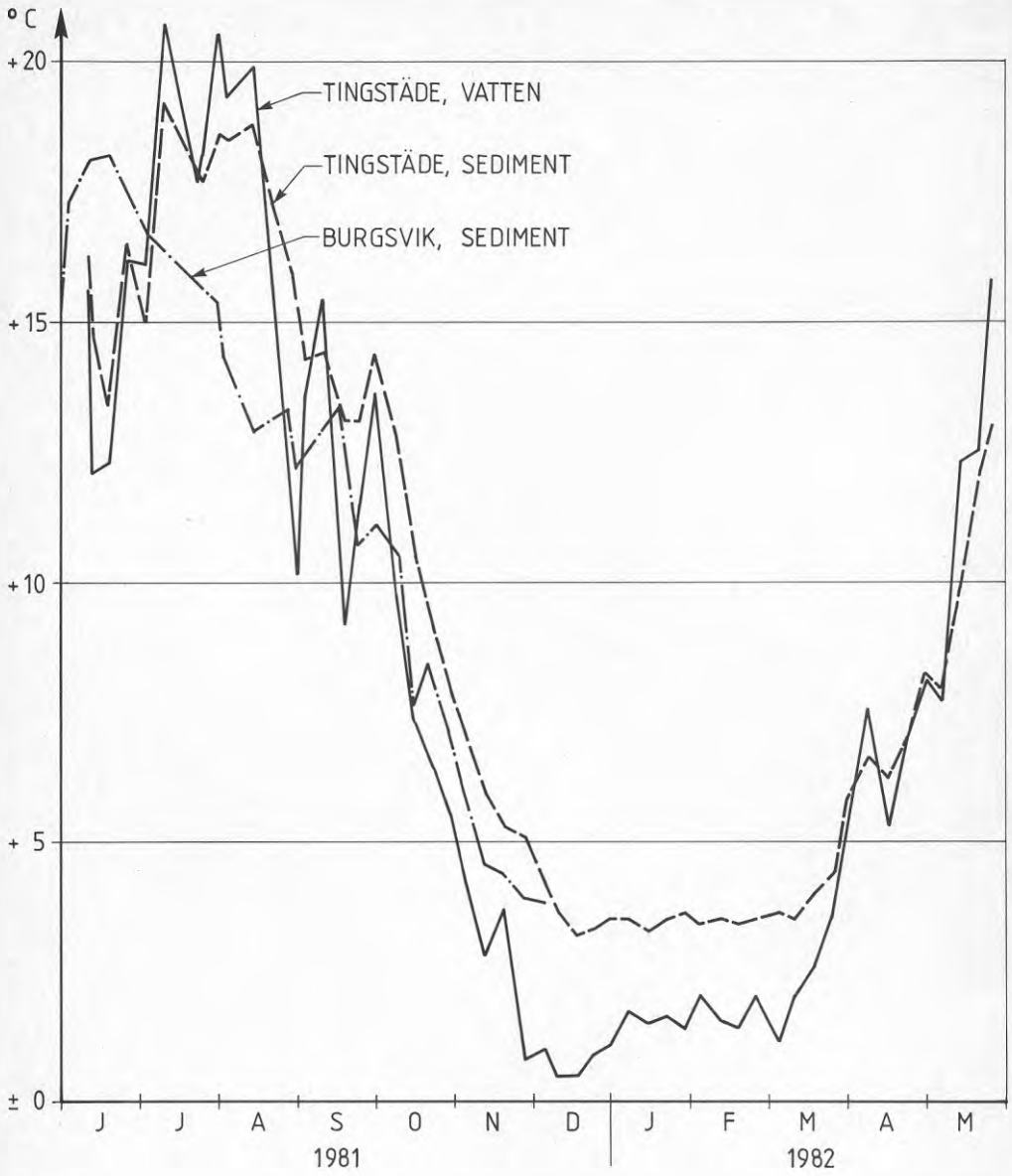
Figur 2.12 Öppet markområde i anslutning till planerad bebyggelse



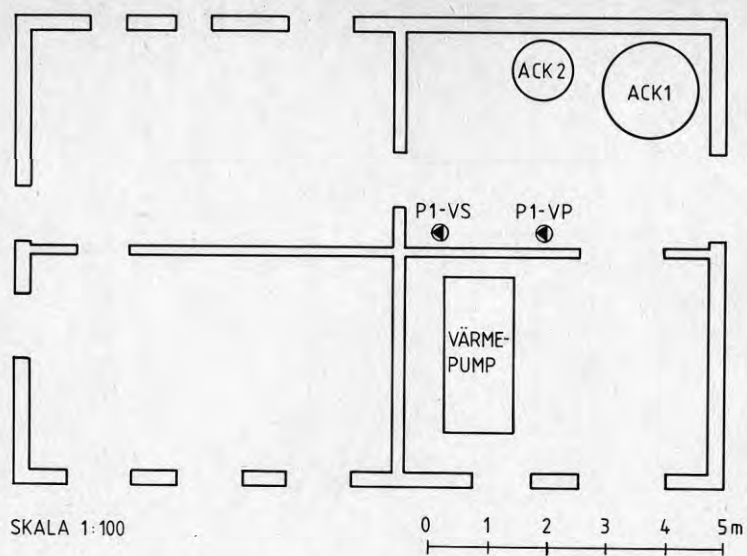
Figur 2.13 Strandområde i Burgsvik



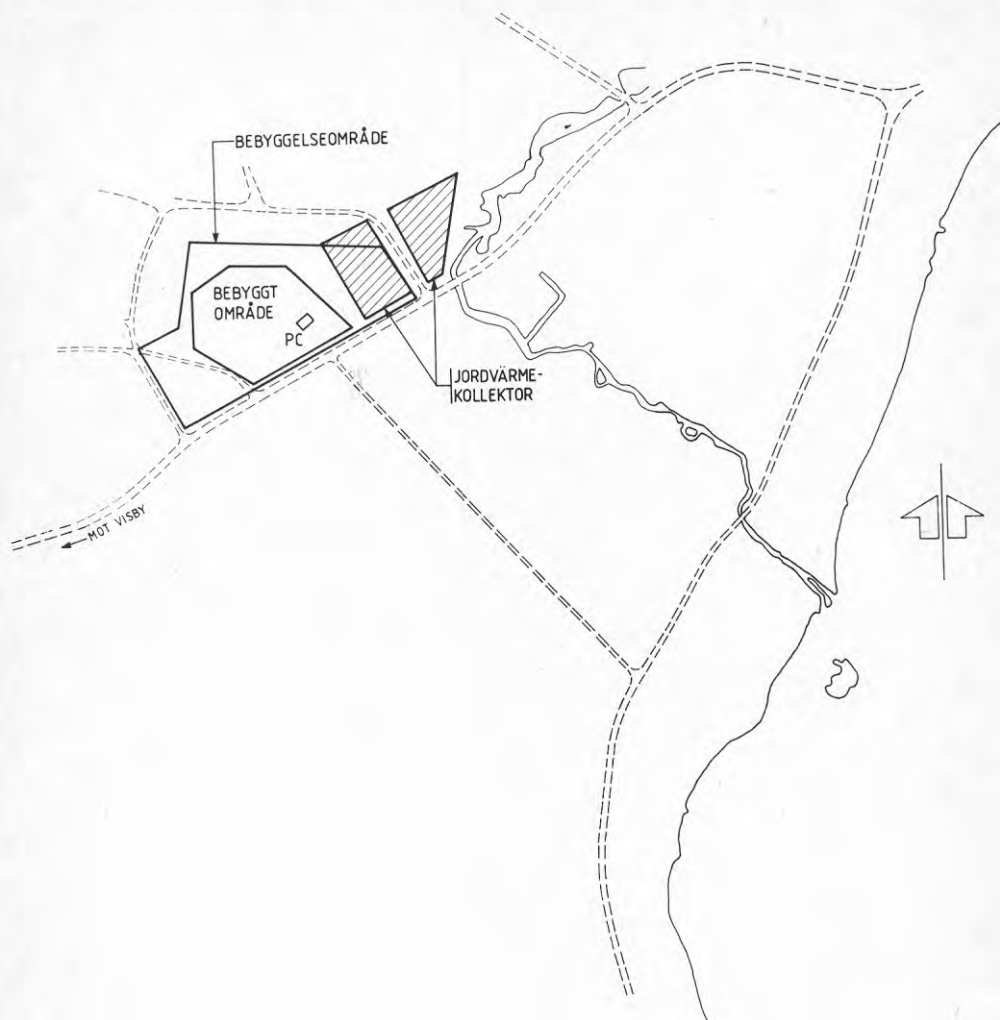
Figur 2.14 Område lämpat för sjökollektor



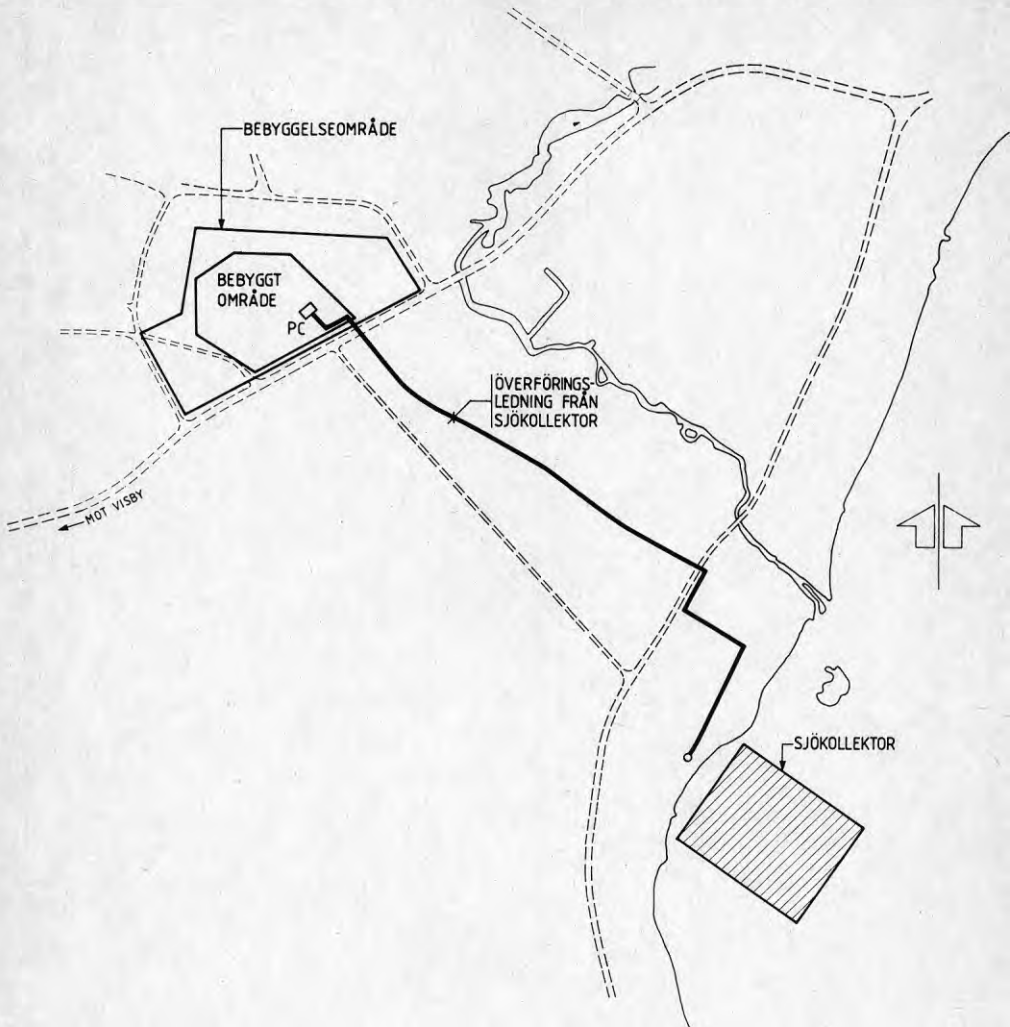
Figur 3.1 Temperaturmätningar i vatten och bottensediment



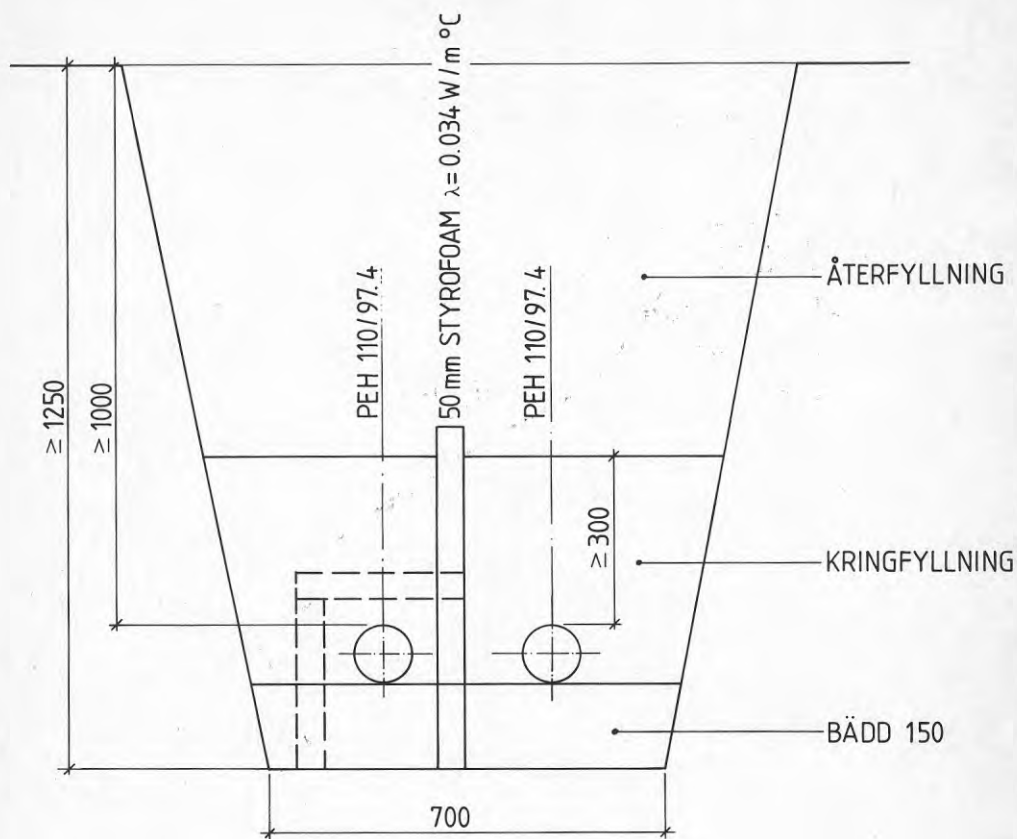
Figur 3.2 Uppställning av värmepump och ackumulatorer



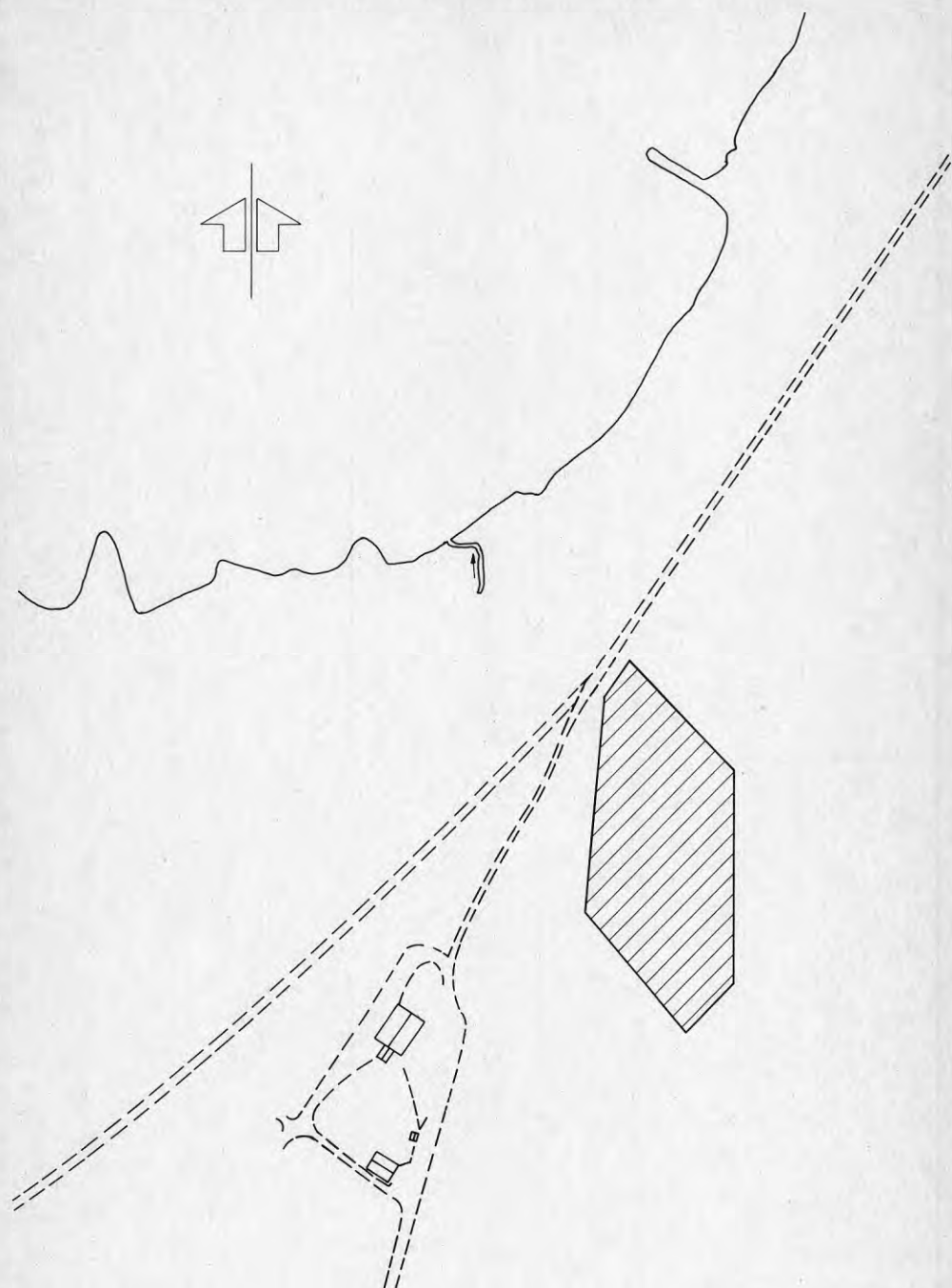
Figur 3.3 Placering av jordvärmekollektor



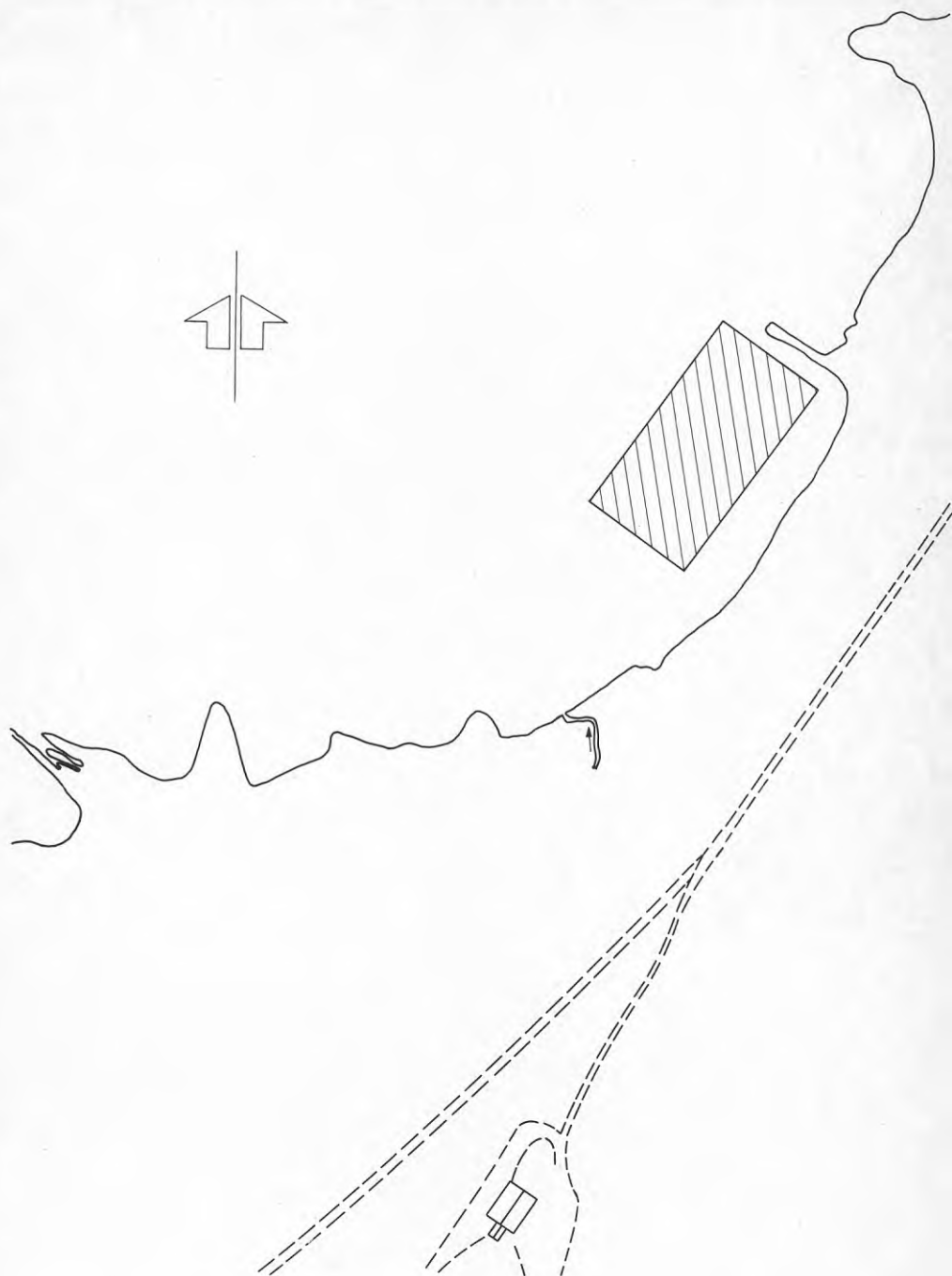
Figur 3.4 Placering av sjökollektor



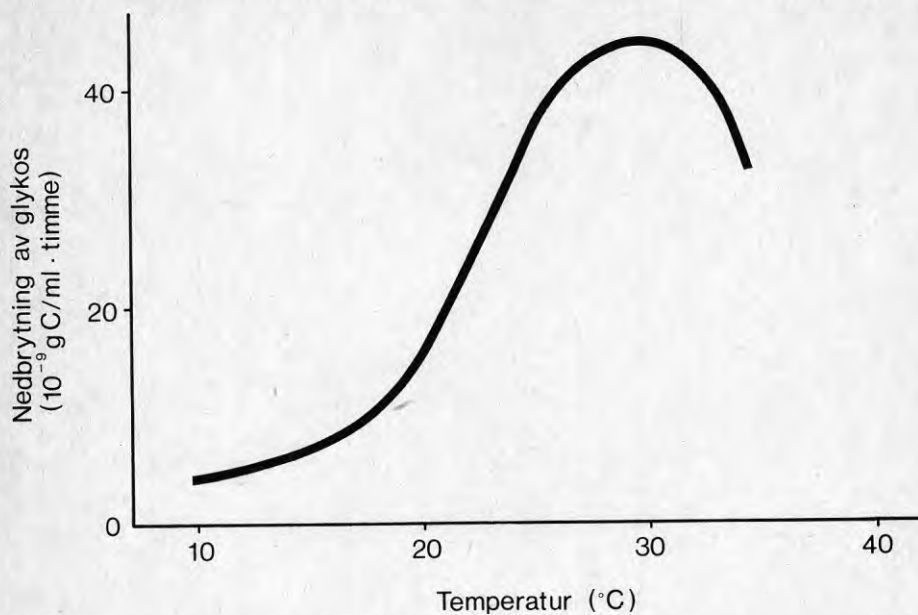
Figur 3.5 Rörgravsutförning för överföringsledning



Figur 3.6 Placering av jordvärmekollektor

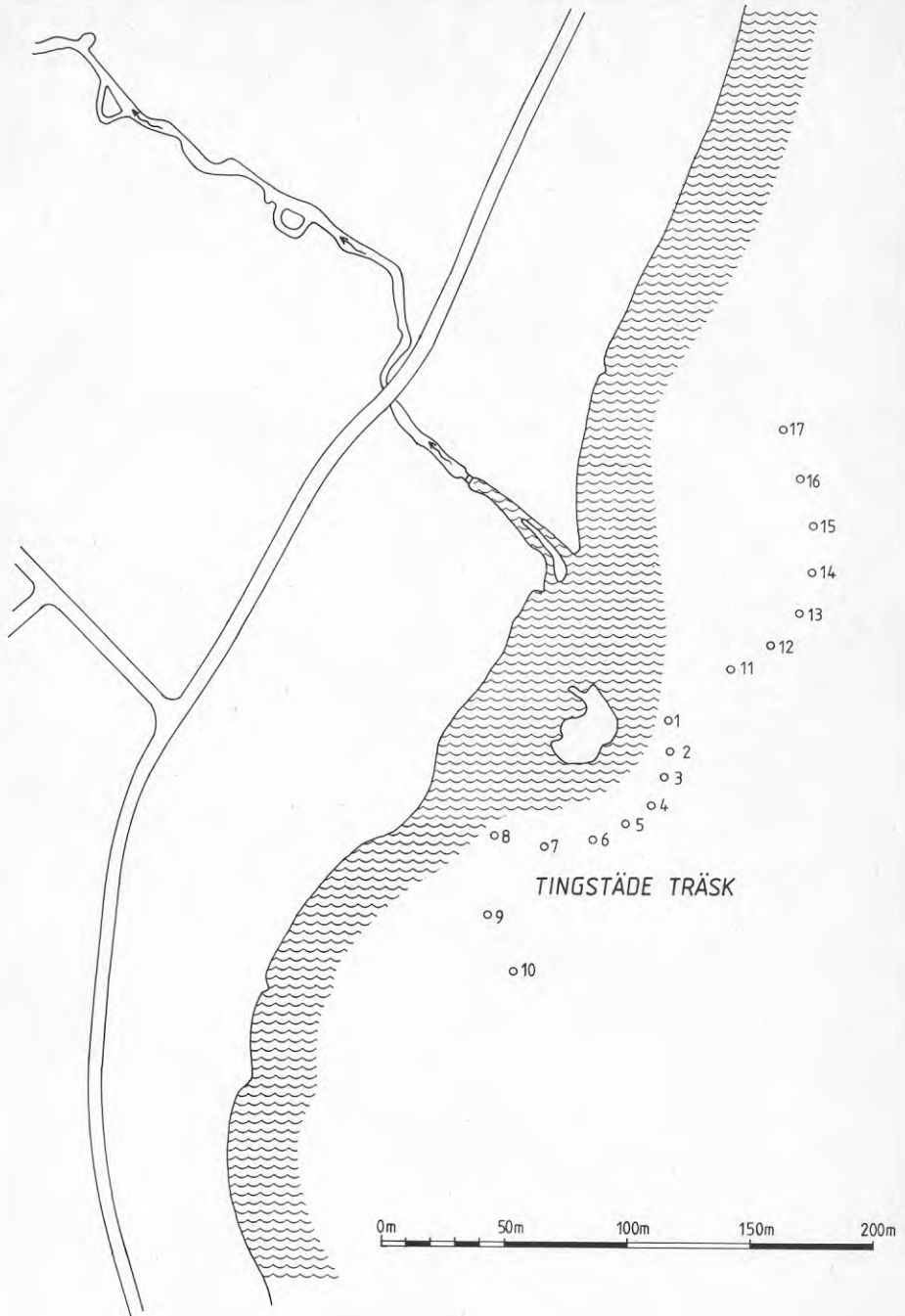


Figur 3.7 Placering av sjökollektor

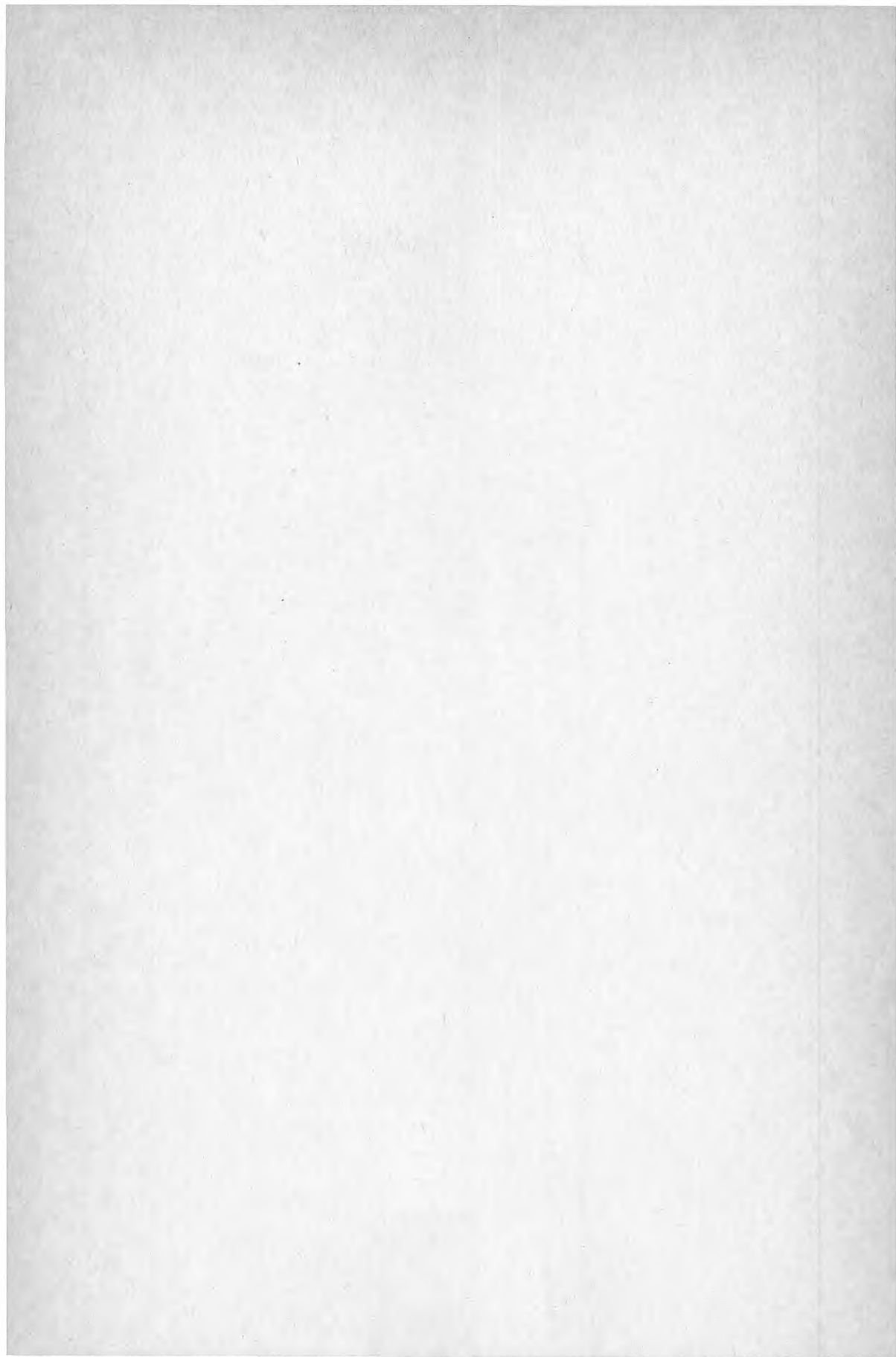


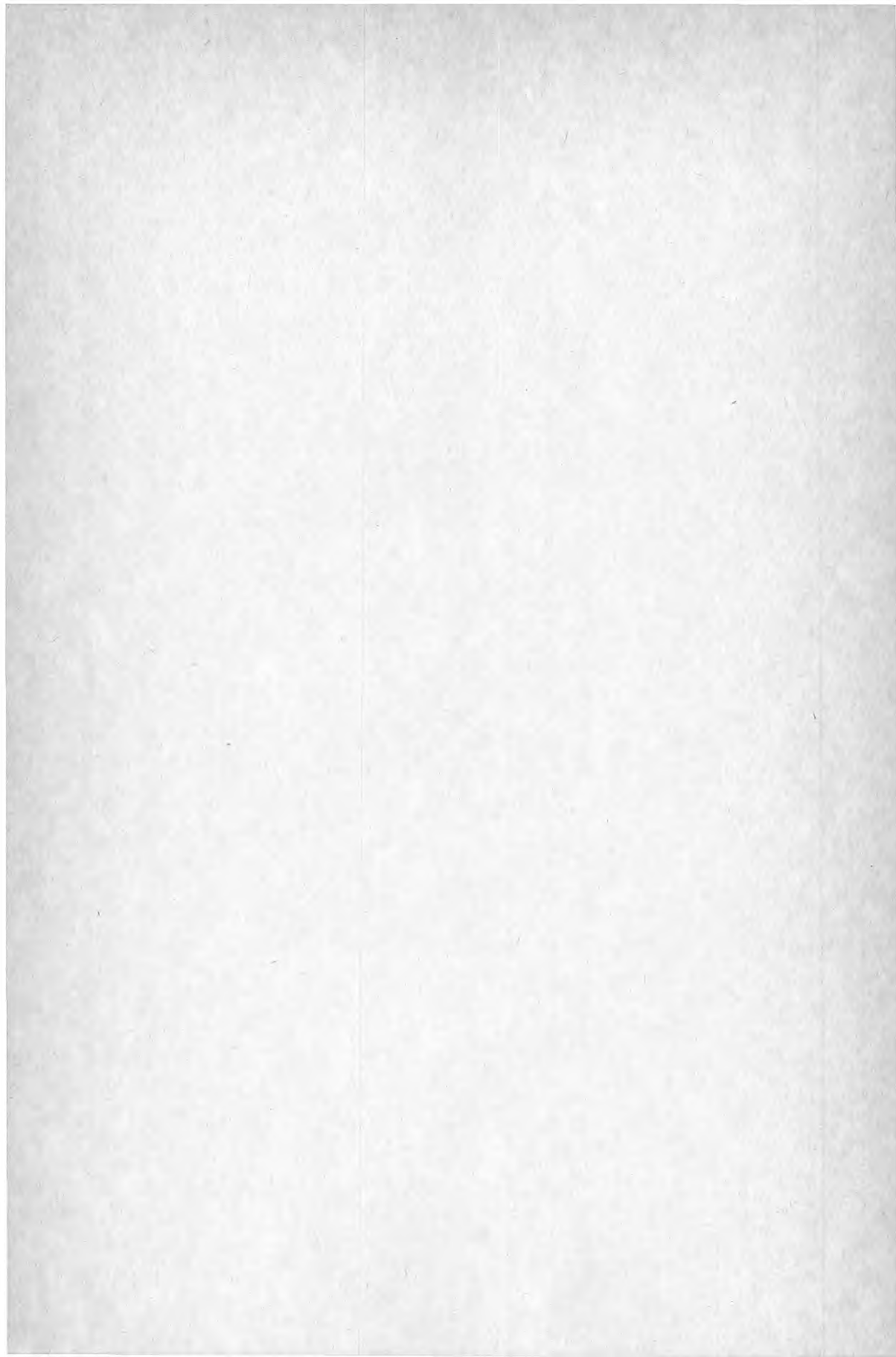
Figur 4.1

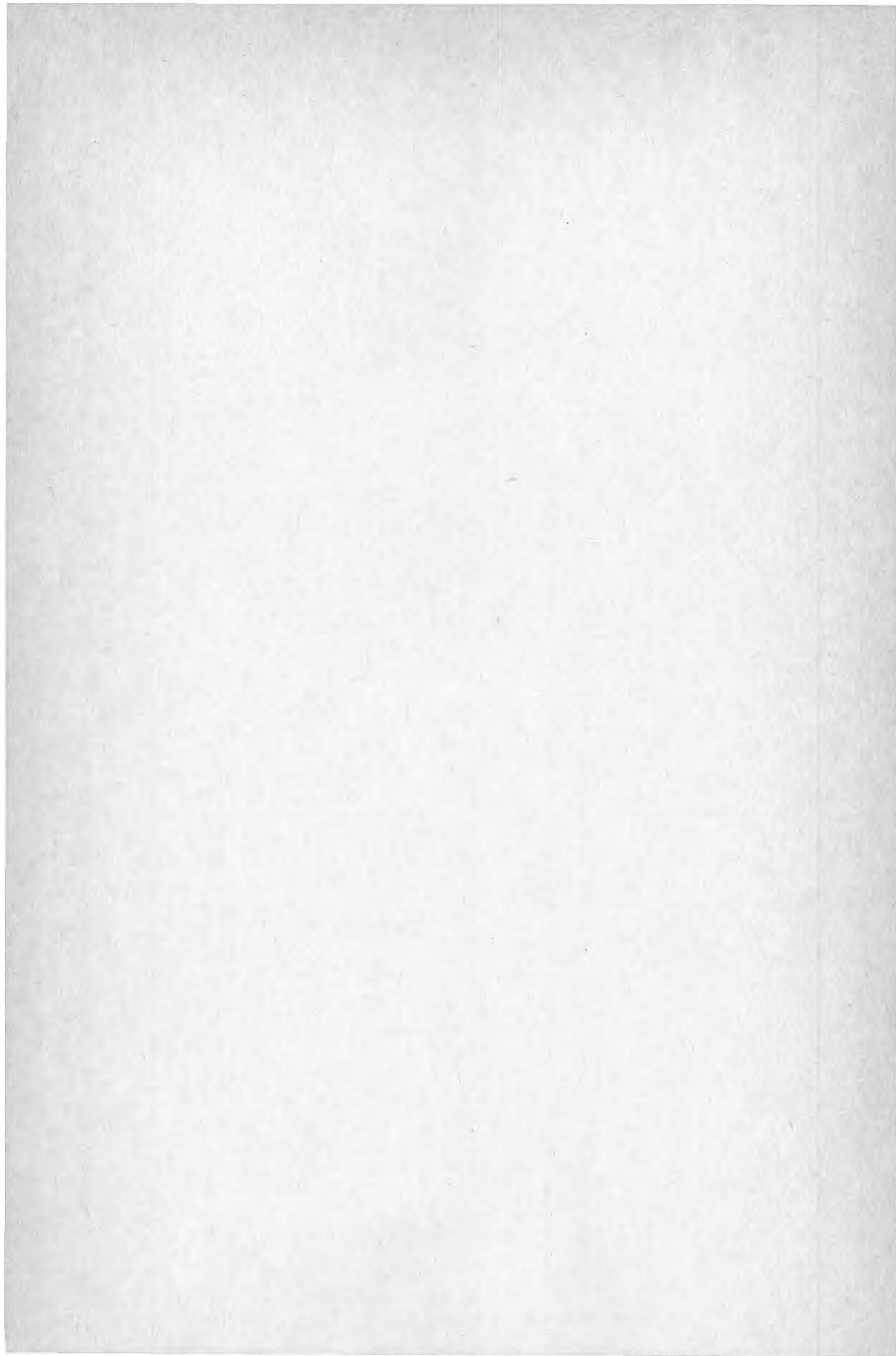
Om miljöförhållandena i övrigt är lämpliga, beror bakteriernas aktivitet på temperaturen. Figuren visar den hastighet med vilken bakterier bryter ner glykos i sjövattnen vid olika temperaturer.



Figur 4.2 Provtagningspunkter Tingstäde träsik







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800718-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Gotlandshem, Visby och forskningsanslag
821399-4 till VBB AB, Stockholm.**

R119: 1983

ISBN 91-540-4016-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700819

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 25 kr exkl moms