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.

GÖTEBORGS UNIVERSITET

Rapport R20:1979

Ytjordvärmepump för Håstens fritidsområde i Varberg

Sixten Ankargren
Fredrik Norin
Holger Stråat

Byggforskningen

R20:1979

YTJORDVÄRMEPUMP FÖR HÅSTENS FRITIDSOMRÅDE I VARBERG

Förstudie

Sixten Ankargren
Fredrik Norin
Holger Stråat

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 771215-8 från Statens råd för byggnadsforskning till Centrala byggnadskommittén, Varberg.

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

R20:1979

ISBN 91-540-2990-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 951186

INNEHÅLL

FÖRORD 5

SAMMAFATTNING 7

1 YTJORDSVÄRMEPUMP 11
1.1 Principer 11
1.2 Värmefaktor - effektbehov 13
1.3 Jämförelse med värmepump arbetande med uteluft 15

2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH UTGÅNGSPUNKTER 16
2.1 Allmänna 16
2.2 Meteorologiska 16
2.3 Geologiska 17
2.4 Biologiska 17
2.5 Tekniska 18
2.6 Ekonomiska 19

3 ANLÄGGNINGENS UTFORMNING 20
3.1 Allmänt 20
3.2 Markkollektorn 21
3.3 Värmepumpaggregatet 22
3.4 Värmedistribution 24
3.5 Övrigt 26

4 KOSTNADER 27

5 SLUTORD 28

BILAGOR 29

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
INSTITUTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTENBYGGNAD
VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Bilaga	1	Karta över Varberg	29
	2	Översikt, Håstens fritidsområde	30
	3	Försörjningsplan, ytjordvärme	31
	4	Principschema, ytjordvärmepump och distributionssystem	32
	5	Plan av simhall och fritidsgård	33
	6	Sektioner genom simhall och fritidsgård	34
	7	Golvvärme, golvkonstruktion på mark	35
	8	Investeringskostnader för olika försörjningsalternativ	36
	9	Sammanställning av årskostnader	38
	10	Delresultat av geoteknisk undersökning	40
	11	Redovisning av effekt- och energibehov	41
	12	Litteraturförteckning	42

FÖRORD

I samband med projekteringen av Håstens fritidsområde i Varberg har det framkommit vissa faktorer som talar för värmeförsörjning med hjälp av en s k ytjordvärmepump. Byggnaderna omges av relativt stora ytor, som kan användas för uppsamling av solvärme.

Området skall i en första utbyggnadsetapp bebyggas med en simhall och en fritidsgård samt med en omklädningsbyggnad i anslutning till idrottsplaner. Simhallen kommer inte att användas under sommarmånaderna.

Denna förstudie avser en preliminär bedömning av förutsättningarna för ytjordvärmepump. Den omfattar bl a principer för den interna värmeförsörjningen, kostnadsanalyser, bedömning av effektbehov och energiförbrukning, principer och temperaturnivåer för värmepumpar samt bedömning av erforderlig storlek av markkollektorn.

Anslagsmottagare har varit Centrala Byggnadskommittén i Varberg. Paul Hedström, Fastighetskontoret i Varberg, har varit ledare för projektet som genomförts vid RNK Richard Nilsson Konstruktionsbyrå AB i Göteborg. Övriga inkopplade konsulter har varit White Arkitekter AB, Göteborg, Pi Projekterande Ingenjörer AB, Göteborg samt Larssons Byggnadsbyrå i Göteborg AB.

SAMMANFATTNING

Ett fritidsområde inom Varbergs kommun skall byggas ut med bland annat en simhalls- och en omklädningsbyggnad. I en förstudie har det konstaterats att såväl geologi som utnyttjningstid innebär gynnsamma förutsättningar för värmeförsörjning med ytjordvärmepump. Projektet innebär att ett studium av den praktiska anpassningen till en fungerande anläggning kan göras. Genom de relativt sett stora kompressorenheterna kan en bättre värmefaktor erhållas än vad som är fallet vid idag förekommande anläggningar av villastorlek. Driftsäkerheten är en viktig del och den tillgodoses bland annat genom uppdelning av alla system på av varandra oberoende enheter. Den totala energiförbrukningen väntas minska från drygt 1500 MWh/år för anläggningen utförd enligt SBN-75 till cirka 500 MWh/år. All intern värmeförsörjning sker med lågtemperatursystem. Lokaltemperaturen styrs huvudsakligen via golvvärme. Med undantag för system för förbrukningsvarmvatten distribueras all värme med utekompenserad temperatur.

Bakgrund och syfte

Varbergs kommun avser att inom Håstens fritidsområde uppföra ett flertal byggnader under de kommande åren. Närmast är det aktuellt att bygga en simhall med fritidsgård samt en omklädningsbyggnad. Den senare läggs i anslutning till fem idrottsplaner. Denna etapp skall vara färdigställd i september 1979. Tomtens totala markarea är i storleksordningen 400 000 m^2 och planerad sammanlagd byggnadsarea 11 000 m^2. Topografiskt kännetecknas området av att det till större delen är flackt. Marken består i stora delar av sandig morän med relativt högt liggande grundvattennivå enligt de undersökningar som hittills utförts.

Mot ovanstående bakgrund framlades under hösten 1977 ett förslag att med hjälp av ytjordvärme och värmepump använda solenergi som källa för en del av värmebehovet, de marktekniska förutsättningarna bedömdes som gynnsamma. Solfångare, som används i en del projekt bedömdes som mindre intressanta på grund av att anläggningen sannolikt ej har något värmebehov under sommarmånaderna. Förslaget resulterade i en ansökan till Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR) avseende en förstudie av projektet. Denna omfattar bland annat utformningen av värmeupptagaren i mark (markkollektorn), värmepumpens uppdelning på aggregatenheter med hänsyn till driftsäkerhet, samt principer för den interna värmeförsörjningen med lågtemperatursystem. Förstudien ligger till grund för en ansökan om lån och bidrag för de ökade projekterings- och byggnadskostnaderna samt uppföljningen av den första byggnadsetappen.

Anläggningens utformning

Markkollektorn består av 40/35 mm PEL-rör som läggs på mellan 1 och 1,2 meters djup. Avståndet mellan rören skall vara 1,5 meter och maximalt effektuttag blir 18 W/lm (12 W/m^2 markyta). Sammanlagd utnyttjad markyta blir 30 000 m^2 och ytterligare 18 000 m^2 finns i reserv. Som köldbärare föreslås 30 %-ig etylalkohol men rörens diffusionsegenskaper med detta medium måste studeras närmare. Dimensionerande temperaturer är -2°C till +1°C. Värmepumparna består av standard vätskekylaggregat med hermetiska kolvkompressorer och köldmediekylda motorer. Kondenseringstemperaturen har satts till +50°C och förångningstemperaturen till -7°C vid dimensionerande förhållanden. Den teoretiska värmefaktorn blir då 3,3 men kan antas sjunka till 2,5 om hänsyn tas till erforderliga cirkulationspumpeffekter och dylikt. Den genomsnittliga årsvärmefaktorn blir högre och antas bli 3.0. Simhallsbyggnaden får ett aggregat för värme och ett för förbrukningsvarmvatten. Vardera aggregatet får dubblerade köldmediesystem och kompressorenheter. Omklädningsbyggnaden får ett aggregat med två separata system vardera innehållande två kompressorer. Systemen betjänar värmekretsen respektive förbrukningsvarmvattenkretsen. Reglering sker genom temperaturstyrning av kompressorkapaciteten. För uppvärmningssystemen sker kompensering med hänsyn till utetemperaturen. Som köldmedium kommer endera av medierna R12, R22 och R502 att användas. Slutligt val kan göras vid upphandling av anläggningen.

Ventilationsluften tempereras i första hand genom återluftkörning och värmeåtervinning. Resterande värmebehov täcks genom eftervärmning. Tilluftstemperaturen styrs enbart av utetemperaturen och är vid dimensionerande vintertillstånd +20°C. Luften i simhallen avfuktas i separat aggregat där utvunnet värme tillförs bassängvattnet. Resterande värme tillförs huvudsakligen genom golvvärme. Detta system svarar för lokalernas temperaturstyrning. Rum i simhallsbyggnaden med fasader mot S eller V temperaturregleras via radiatorer. Förbrukningsvarmvatten skall om möjligt värmas genom direkt cirkulation över kondensorerna. Detta förutsätter dispens från gällande föreskrifter (Kylnormer) vilka dock är under revidering. Värmen till den stora bassängen (600 m^3) dimensioneras för +25°C. Undervisningsbassäng och plaskdamm planeras hålla +30°C respektive +33°C. Uppvärmningstiden i samband med påfyllning efter rengöring och dylikt har maximerats till 14 dagar. Distributionstemperaturen för alla de interna värmesystemen har satts till +45°C vid dimensionerande vintertillstånd. Förbrukningsvarmvattnet skall hålla +40°C.

Energiförbrukning

Byggnadernas interna årliga energiförbrukning har beräknats till ungefär 1500 MWh. Genom installation av ytjordvärmepumpen kommer den att minska till ungefär 500 MWh/år. Resterande 1000 MWh/år hämtas sålunda från solen via ackumulering i markytan.

Kostnader

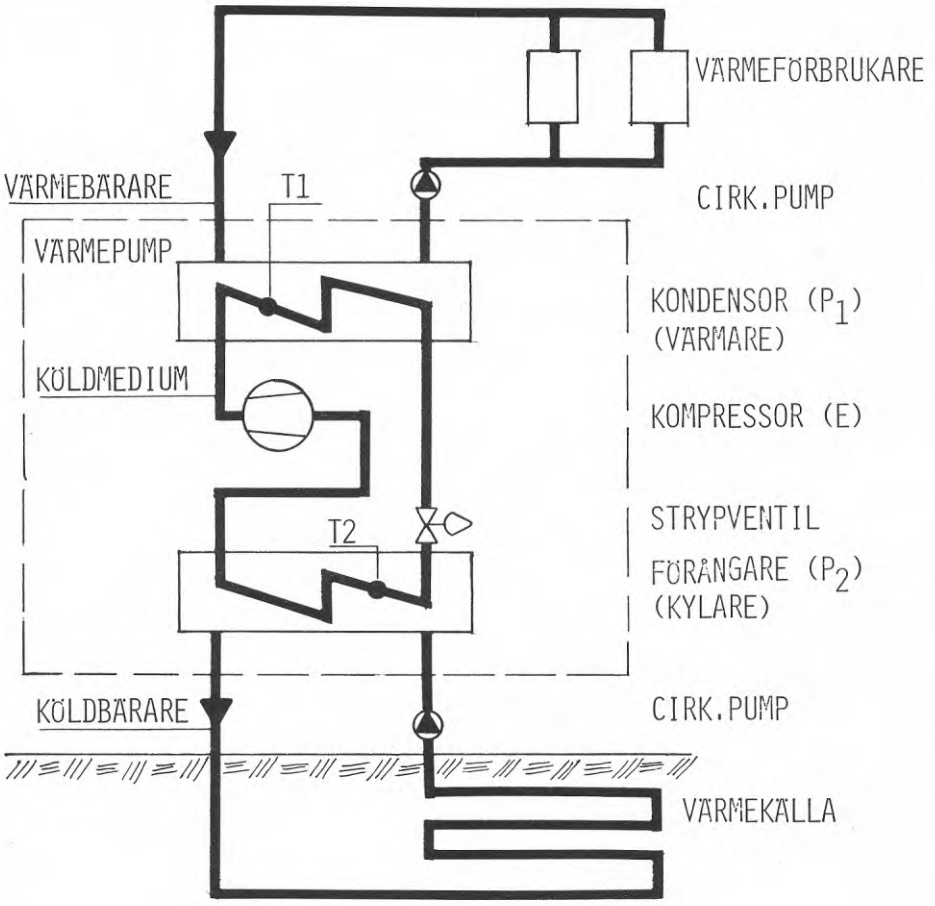
Jämfört med vattenburen elvärme blir såväl driftkostnaden som totala årskostnaden lägre med det föreslagna systemet. Vid jämförelse med oljeeldad panncentral blir driftkostnaden i stort sett oförändrad medan den större investeringen ger en ökning av kapitalkostnaden med cirka 140 000 kr/år vid ytjord-värmepumpen.

1 YTJORDVÄRMEPUMP

1.1 Principer

Värmepumpen är i princip detsamma som en kylanläggning, arbetande med förångande köldmedium. Sådana maskiner har således varit i användning under lång tid. Skillnaden mellan värmepump- och kylanläggning är att kylanläggningen används för att kyla ett objekt och att överföra denna värme till en annan plats där den kan mottas utan olägenhet. Värmepumpens primära uppgift är att tillföra ett objekt värme som hämtas från en annan plats. För att värmepumpen skall kunna installeras fordras en värmekälla med en lämplig temperatur. Detta krav uppfylls relativt väl av de översta jordlagren där den egentliga värmekällan är solen.

Värmepumpen kan jämföras med en vattenpump som transporterar vatten från en lägre till en högre nivå. Energiförbrukningen för vattenpumpen blir proportionell mot skillnaderna på vattennivåerna. Värmepumpen (figur 1.1) transporterar värme med ett förångande köldmedium från en lägre till en högre temperaturnivå.



FIGUR 1.1 PRINCIPSCHEMA, YTJORDVÄRMEPUMP

1.2 Värmefaktor - effektbehov

Värmepumpens momentana effektbehov påverkas av såväl förångnings- (T_2) som kondenseringstemperatur (T_1). Processen följer enligt termodynamiska lagar den s k Carnotprocessen, som innebär att effektbehovet (E) kan relateras till värmeupptagningen vid förångaren (P_2) sålunda

$$E = P_2 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_2} \cdot \frac{1}{\eta_{Ct}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Faktorn $\eta_{Ct} \cdot \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \varepsilon$ kallas köldfaktorn.

Den talar om hur stor kyleffekt som erhålls vid förångaren för varje tillförd effektenhet till kompressorn. I faktorn ingår den totala Carnotska verkningsgraden η_{Ct} som i sig är beroende av E. Praktiska undersökningar har gett följande värden

E =	1 000	kW	η_{Ct} = 0,63
	100	kW	0,58
	10	kW	0,43
	1	kW	0,35
	0,1	kW	0,2

Vid värmepumpen är det sambandet mellan effektfaktorn och kondensorvärme (P_1) som är intressant. Eftersom P_1 måste vara lika stor som summan av kompressoreffekten E och kyleffekten P_2 fås med hjälp av (1) ovan

$$E = \frac{1}{\theta} \cdot P_2$$

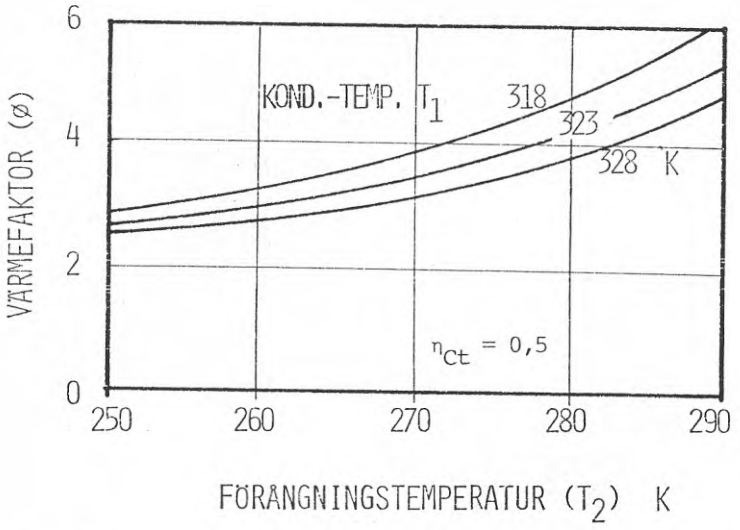
$$P_1 = E + P_2 \qquad \text{och följaktligen}$$

$$P_1 = (1 + \varepsilon)\, E = \emptyset \cdot E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Faktorn Ø kallas värmefaktorn och beräknas sålunda ur

$$\emptyset = 1 + \eta_{Ct} \cdot \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Den talar om hur många kW värme kondensorn ger för varje kW driveffekt som tillförs kompressorn och har redovisats i figur 1.2.



FIGUR 1.2 VÄRMEFAKTORN SOM FUNKTION AV FÖRÅNGNINGS- (T_2) OCH KONDENSERINGSTEMPERATUREN (T_1).

Exempel:

Kondenseringstemperatur 50°C $T_1 = 273 + 50 = 323$ K

Förångningstemperatur -10°C $T_2 = 273 - 10 = 263$ K

Kompressorns driveffekt 30 kW $\eta_{Ct} = 0,5$

$$\text{ø} = 1 + 0,5 \cdot \frac{263}{323 - 263} = 3,2$$

$P_1 = 3,2 \cdot 30 = 96$ kW $P_2 = 96 - 30 = 66$ kW

Vid förångaren hämtas 66 kW som tillsammans med kompressorns 30 kW avges vid kondensorn.

I ett uppvärmningssystem har man ibland ett behov som är relaterat till en viss temperaturnivå. Detta gäller t ex varmvattenförbrukningen. I andra fall låter man temperaturnivån följa effektbehovet som t ex vid byggnadsuppvärmning. För de allra flesta systemen gäller att effektbehovet (P_1) varierar. För värmepumpen betyder det att värmeeffekten som tas upp från förångaren varierar, varigenom temperaturen hos värmekällan påverkas. Ett minskat effektuttag kommer således att öka förångningstemperaturen (T_2) och eventuellt att minska kondenseringstemperaturen (T_1). Båda dessa faktorer ökar värmefaktorn (figur 1.2). Om sålunda T_2 i exemplet ändrades till 273 K (0°C) och T_1 till 318 K (45°C) fås en värmefaktor nära 4,1.

Ovanstående gäller enbart för själva värmepumpanläggningen. Utöver normala systempumpar tillkommer för ytjordvärmen en cirkulationspump mellan markkollektor och förångare. Denna effekt ligger i storleksordningen 5 % av maximal kompressoreffekt och ger en konstant energiförbrukning under anläggningens drifttid. Energin överförs till största delen till kondensorn och nyttiggörs därmed. Det bör även observeras att angivna verkningsgrader avser kontinuerlig drift.

Under driftstiden kommer förångningstemperaturen att variera med belastning och rådande marktemperatur medan kondenseringstemperaturen kommer att ligga på mer konstant temperatur eftersom värmebärartemperaturen för bl a förbrukningsvarmvatten ej kan tillåtas sjunka. Vid dimensionering av värmepumpsaggregatet måste den lägsta förångningstemperaturen och det högsta värmeeffektbehovet bli dimensionerande om hela effekt- och energibehovet skall täckas.

1.3 Jämförelse med värmepump arbetande med uteluft

Värmepumpar arbetande med uteluft som värmekälla har blivit mer vanliga än ytjordvärmepumpen. De förra har dock flera nackdelar. Således arbetar de ogynnsamt vid låga utetemperaturer. Uteluftstemperaturens stora variationer medför vidare större påfrestningar. Förångarna blir isbelagda och kräver avfrostningar, vilket innebär reglertekniska komplikationer och energiförluster.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH UTGÅNGSPUNKTER

2.1 Allmänna

Markkollektorns uppgift är att från marken hämta erforderlig energi. Denna energi lagras i marken under den varma årstiden, huvudsakligen direkt genom solinstrålning men även genom konvektiv värmeöverföring. Däremot är den geotermiska värmen, d v s värmetransporten från jordens inre så gott som helt utan betydelse på de nivåer markkollektorn ligger. Markens egenskaper skall vara sådana att den dels förmår ackumulera tillräcklig mängd energi (ha en bra värmekapacitet) utan att alltför stora arealer behöver tas i anspråk, dels släpper ifrån sig energin utan att alltför stora temperaturdifferenser behöver upprätthållas (ha en god värmeledningsförmåga). Vidare skall topografin tillåta en någorlunda plan förläggning av rören. Vid större nivåvariationer kan nämligen luft samlas i fickor och hindra cirkulationen. Om marken innehåller större stenar kan läggningen försvåras och fördyras. Slutligen måste vid materialval och kopplingsmetodik hänsyn tas till risker för kemiska och mekaniska påfrestningar.

Genom att man tar energi ur marken kommer temperaturförhållandena att påverkas. Om energiuttaget blir för stort kan marktemperaturen sjunka så att marken fryser och ej hinner töa under den varma årstiden. I och för sig betyder ej infrysningen något tekniskt problem och den begränsas till området närmast kollektorn. Man utnyttjar då isbildningsvärmet. Däremot måste kollektorn ligga på ett sådant djup att markens vegetation ej påverkas negativt. En positiv effekt är att temperatursänkningen också innebär en fuktdiffusion mot kollektorn vilket positivt påverkat markens fysikaliska egenskaper.

2.2 Meteorologiska

Solstrålningen inklusive den diffusa himmelsstrålningen på Varbergs breddgrader ger enligt Pleijel ett årligt energibidrag av cirka 1,5 MWh/m^2. Det preliminärt beräknade uttaget genom markkollektorn är 0,02 MWh/m^2, år, varvid dock en mycket försiktig bedömning har gjorts beträffande möjligt maximalt effektuttag. Därmed skulle energiuttaget ligga i intervallet 1 - 3 % av instrålad energi över effektiv markyta.

2.3 Geologiska

Den aktuella delen av Håstensområdet (bilaga 2) kan för en geologisk beskrivning indelas i fyra kvadranter. Den nordvästra delen upptas bland annat av en befintlig högstadieskola och där skall också anläggas parkeringsplatser. Området är enligt gjorda undersökningar delvis relativt sankt. Djupet ner till berg kan lokalt vara litet. Området avses ej att användas för förläggning av markkollektorer i denna etapp. Den sydvästra delen består av skogsdungar och i vissa lägen går berget i dagen. Området skall lämnas orört med undantag för en kulvert för försörjning till området.

Området öster om simhallsbyggnad och parkeringsplatser utgörs av åkerjord på sandig morän och lera enligt hittills utförd grundundersökning (bilaga 10). Det är i denna del markkollektorerna skall förläggas. Grundvattennivån i november 1977 var cirka +19 meter i den västra delen och +18 meter i den östra. För ett slutligt bedömningsunderlag vad gäller rörslingornas längd, djup och horisontella fördelning erfordras mera ingående analyser. Emellertid har hittills inget framkommit som stoppar planerna på ytjordvärmeförsörjningen. Området är flackt. Moränen kan innehålla större stenar som försvårar läggningsarbetet. Det är ännu ej fastställt huruvida rören kan läggas under grundvattennivån. Inte heller är marklagrens sammansättning så analyserad att värmeledningsförmåga, värmekapacitet, densitet kunnat fastställas. Dessa analyser kommer att genomföras så snart som möjligt. Till dess har vi med experthjälp kommit fram till ett möjligt effektuttag om cirka 12 W/lm rör från marken, vilket är ungefär halva maximala uttaget från tidigare anläggningar. Den totala arealen som bedöms lämplig för markkollektorer är cirka 84000 m^2, varav upp till 48 000 m^2 reserverats för denna etapp och resterande skall användas för framtida utbyggnader i området.

2.4 Biologiska

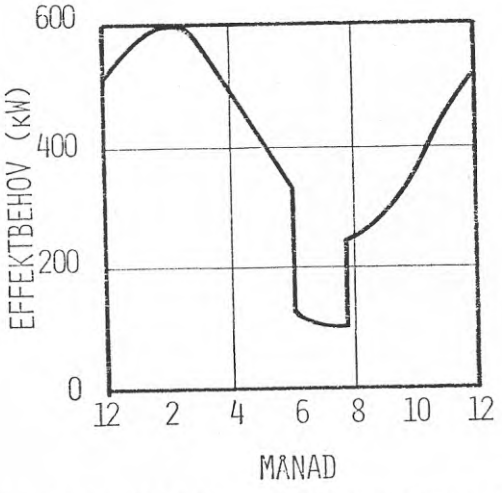
Den del av den totala värmeinstrålningen som upptas av markkollektorn är som framgick ovan under 2.2 mycket liten. En sänkning av marktemperaturen motverkas automatiskt genom att den sekundära utstrålningen från marken då minskas. Se även t ex Balstrup. Vissa källor hävdar t o m att fuktdiffusionen in mot markkollektorn skulle kunna ge positiva effekter vad gäller växtligheten. Vi har ej kunnat finna några rapporter om negativa påverkningar. Vid det aktuella läggningsdjupet anser vi därför riskerna för en märkbar inverkan på växtligheten som minimala.

2.5 Tekniska

Håstens fritidsområde ligger som framgår av bilaga 1 i Varbergs nordvästra delar. Det omges av ett industriområde i norr och bostadsbebyggelse i söder. På området finns idag en högstadieskola och två barnstugor. Den första byggnadsetappen, som detta projektet avser, omfattar en simhall med ett fritidshem samt en omklädningsbyggnad. För framtiden finns planer på en skola, en sporthall samt en ishall. Av bilagorna 2 och 3 framgår hur de olika objekten placerats inom området liksom bollplaner m m. I den senare har även byggnadernas externa effektbehov liksom energiförbrukningen angetts. Byggnadsarbeten inklusive läggning av bollplaner påbörjas i augusti 1978 så att anläggningarna kan stå färdiga i september 1979.

Byggnadernas effektbehov varierar med utetemperaturen på olika sätt beroende på vilken anläggningsdel som betraktas. Sålunda är behovet för bassängvattnet i stort sett konstant över utnyttjningstiden. Varmvattenförbrukningen finns enbart under dagtid och varierar då med besöksfrekvensen. Effektbehovet för transmissionsförlusterna varierar endast med utetemperaturen medan ventilationsluften används för att kompensera de interna energiflödena som beror på solvärmeinläckning, personvärme, värme från bassänger etc. Genom värmeåtervinning och återluftskörning blir detta senare effektbehov litet. Då det gäller simhallen är återluftskörningen styrd av avfuktningsbehovet.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att effektbehovet i stort sett vad årstiden beträffar består av en konstant del för bassäng- och varmvattenvärmning och en utetemperaturberoende del för transmissionsförlusterna. Effektbehovet har sitt maximum någon gång i januari/februari. Under sommarmånaderna är effektbehovet sannolikt försumbart då simhallen kommer att vara stängd (figur 2.1).



FIGUR 2.1 DET MAXIMALA EFFEKTBEHOVETS ÅRSVARIATION.

Temperaturförhållandena och markens fysikaliska egenskaper bestämmer hur mycket energi som kan utvinnas och hur stor energimängd som behöver uppoffras. Ju högre marktemperatur desto bättre värmefaktor. Tjäldjupet i Varbergsområdet är för aktuell marksammansättning mellan 0,8 och 1,4 meter. Maxtemperaturen på ungefärligt läggningsdjup (cirka 10°C) uppnås någon gång i september/oktober medan mintemperaturen sannolikt uppträder någon gång i mars. Dessa bedömningar avser orörd mark. Genom energiuttaget kommer temperaturen kring markkollektorn att sjunka ytterligare men hur mycket kan avgöras först efter kompletterande markundersökningar. I detta sammanhang kan nämnas att man genom frysning av marken momentant kan ta ut en energimängd motsvarande en månadsförbrukning av 20 W per löpmeter rör. Detta skulle innebära att jorden kring röret fryses till en radie av knapp 1/2 meter. Man uppnår då dels att markens värmeledningsförmåga ökas dels att temperatursänkningen på grund av energiuttaget bromsas. Vi har bedömt att värmepumpens förångningstemperatur ej skall behöva underskrida -10°C och att den under väsentliga delar av uppvärmningsperioden skall kunna vara avsevärt högre.

Då det gäller kondensorn måste denna lämna ifrån sig värmet vid ungefär 45°C. Detta innebär dels att kondenseringstemperaturen skall ligga i storleksordningen 50°C, dels att samtliga uppvärmningssystem skall dimensioneras för en högsta framledningstemperatur av 45°C.

2.6 Ekonomiska

Vid de ekonomiska bedömningarna har vi utgått från en kalkylränta av 9,5 % och avskrivningstider på 15 år för installationer och 40 år för byggnader och anslutningsavgifter. Energipriser som använts framgår av bilaga 9.

Den årliga underhållskostnaden för apparatrummen har antagits vara 1,5 % av byggnadskostnaden för el-värme-alternativen och 2 % för oljevärme. Alla kostnader avser prisläget 1977-12-31 exklusive mervärdeskatt.

3 ANLÄGGNINGENS UTFORMNING

3.1 Allmänt

Värmeförsörjningen uppdelas på två enheter - en för simhall och fritidsgård och en för en omklädningsbyggnad. Värmeeffektbehovet har preliminärt beräknats till 420 respektive 180 kW, d v s 600 kW totalt. Förångningstemperaturen är tänkt att vara -7°C och kondenseringstemperaturen +50°C. Med hänsyn till nödvändiga energitillskott för mediadistribution etc bedöms detta innebära anslutningseffekter på maximalt 210 respektive 90 kW.

Projekteringen omfattar även anslutningar för framtida annan värmeförsörjning av byggnaderna.

3.2 Markkollektorn

Kollektorns rör är utsatta för mekaniska och kemiska angrepp. Risker i samband med marksättningar måste elimineras genom noggrann läggningsteknik. I princip används samma typ av schaktningsmaskiner som vid telearbeten. Det innebär bl a att större stenar kan försvåra arbetet så att kringgående manövrar erfordras. Även djurangrepp skulle kunna räknas in i mekaniska påfrestningar. Vi har emellertid inte någonstans kunnat finna att sådana inträffat på det markdjup och den typ av rör vi avser att använda. Rören måste stå emot markens surhet och även vara diffusionstäta för köldbärarmediet.

Mot denna bakgrund har vi kalkylerat med polyeten-rör (PEL) av dimensionen 40/35 mm. Man har rör av denna typ som förvarats fritt utomhus i 20 år utan att någon allvarlig kvalitetsförsämring inträffat. Viss stelning orsakas av solens UV-strålning men motverkas med hjälp av inblandning av kimrök. Man räknar idag med att markförlagda rör har en livslängs av mellan 50 och 100 år. Rören är skyddade mot UV-strålning och utsätts ej för höga temperaturer eller tryck. PEL-rörens diffusionsegenskaper är tillfredsställande då det gäller ethylen-glykol. Ännu bättre är egenskaperna då det gäller kalciumklorid (beträffande köldbärarvalet, se nedan).

De markytor som preliminärt avsatts framgår av bilaga 3. Varje yta i den första etappen har ungefärliga dimensioner 60 x 100 m. Rören skall läggas på mellan 1 och 1,2 meters djup i W-formade slingor om 400 meter. Med delningen 1,5 meter betyder detta att ytorna vardera täcks av 10 x 400 eller 4 000 meter rör. Detta ger en tillgänglig effekt från marken av 72 kW per yta eftersom det möjliga effektuttaget bedömts till 18 W/lm rör. Om anläggningens värmefaktor vid dimensionerande utetemperatur/förångningstemperatur skulle nå upp till 2,5 skulle markkollektorn behöva lämna 360 kW och därför har fem ytor (30 000 m^2) redovisats. Ytterligare tre (18 000 m^2) finns disponibla i den nordöstra delen av området för denna etapp. Dessa kan t ex utnyttjas om större stenar skulle hindra läggningsarbetet trots kringgående manövrar eller som reservytor i största allmänhet.

För köldbäraren måste man ta hänsyn till frysrisken. Därför används vatten med fryspunktsnedsättande medel. Man kan bl a använda ethylen-glykol, kalciumklorid eller ethylalkohol. Vi har med stöd från tidigare goda erfarenheter kalkylerat med att använda en 30-procentig (vikts-) tillsats av ethylalkohol (inhemsk produkt). Beslut fattas dock efter kontroll av rörens motståndskraft. Preliminärt bedöms köldbäraren vid dimensionerande tillstånd arbeta mellan temperaturerna -2 och +1°C. Alkoholtillsatsen ger frysrisk vid -20°C.

3.3 Värmepumpaggregat

Allmänt

Enligt tidigare beskrivning av värmepumpens uppbyggnad påverkas dimensionering och val av antal värmepumpsaggregat av värmebehov, kompressorstorlek och kraven på driftsäkerhet. Val av antal aggregat påverkas också av kostnader för installationerna, standardaggregatets effektsteg samt anpassningen till anläggningsdel. Med anläggningsdel menas att aggregaten t ex kan uppdelas på värmning av varmvatten och övrig uppvärmning. För uppvärmning av förbrukningsvarmvatten som skall ha en konstant hög temperatur av cirka 40°C, skall temperaturen på utgående värmebärare styra aggregatet. För övrig värme skall utgående temperatur vara proportionell mot belastningen, vilket påverkar värmefaktorn och därmed energiförbrukningen gynnsamt. Alternativt kan värmepumpsaggregatet förses med en speciell förvärmeväxlare som utnyttjar kompressorernas överhettningsvärme för varmvattnet.

Val av antal enheter

Om det ur energisynpunkt är riktigt att installera stora kompressorer, måste detta ställas i relation till besvär vid eventuellt kompressorfel. För den aktuella installationen synes det vara riktigt att installera standardiserade fabrikstillverkade vätskekylaggregat (värmepumpsaggregat) med dubbla köldmediesystem och med två eller flera kompressoraggregat. Vid sammanställning av påverkande faktorer finner vi det lämpligast att installera tre sådana aggregat. I simhallsbyggnaden installeras två aggregat innehållande vardera två åtskiljda köldmediesystem med var sin kompressor. Det ena aggregatet är avsett för varmvattenuppvärmning - det andra för byggnadsuppvärmning. I omklädningsbyggnaden installeras ett aggregat också det med två åtskiljda köldmediesystem. Varje system förses här med två kompressorenheter. Det ena systemet ombesörjer uppvärmningen av förbrukningsvatten - det andra byggnaden. Vid uppdelningen på kompressorenheter har stor vikt lagts vid att ett eventuellt haveri på en enhet ej får innebära fullständigt värmebortfall. Vidare har hänsyn tagits till enkelhet i uppbyggnaden och till anpassningen till olika reglerfunktioner.

Kompressortyp

Kompressor bör vara av typ hermetisk kolvkompressor med köldmediekylda motorer. Detta medför att elmotorernas förlustvärme överförs direkt till värmesystemet och tillgodogörs där.

Köldmedium

Bestämmande för val av köldmedium är gällande säkerhetsbestämmelser ("Kylnormer"), köldmediets kemiska och fysikaliska egenskaper samt kostnader.

Köldmedier är enligt "Kylnormer" indelade i grupper med hänsyn till farlighet. Eftersom varmvattenuppvärmningen och anläggningen skall betjäna publik lokal väljs köldmedium tillhörande grupp 1 b, vilket kan anses som icke hälsofarlig. Inom denna grupp väljes alternativt R12, R22 eller R502. Av nämnda typer har R12 de fördelaktigaste fysikaliska egenskaperna men påverkar kompressorstorleken ogynnsamt. Skillnaderna mellan köldmedierna är dock så små att slutligt avgörande bör ske vid upphandling med hänsyn till de ekonomiska konsekvenserna.

Ytjordvärmepump för aktuellt projekt kan konstrueras med enbart kända standardprodukter och av beprövade konstruktioner. På marknaden i Sverige finns ett flertal fabrikat representerade av etablerade företag som också kan lämna god service.

Temperaturerna vid dimensionerande tillstånd har satts till -7°C och +50°C för respektive förångnings- och kondenseringstemperatur. Detta innebär att värmefaktorn blir cirka 3,3 för värmepumpen. Nödvändiga hjälpapparater och kapacitetsregleringar medför att faktorn netto blir något sämre och vi har för dimensioneringen av värmepumpen använt siffran 2,5. Eftersom energiförbrukningen endast till en liten del sker vid dimensionerande förhållanden och eftersom värmefaktorn i övrigt blir högre har vi som genomsnittlig värmefaktor över året satt 3,0, vilket enligt vår erfarenhet är försiktigt.

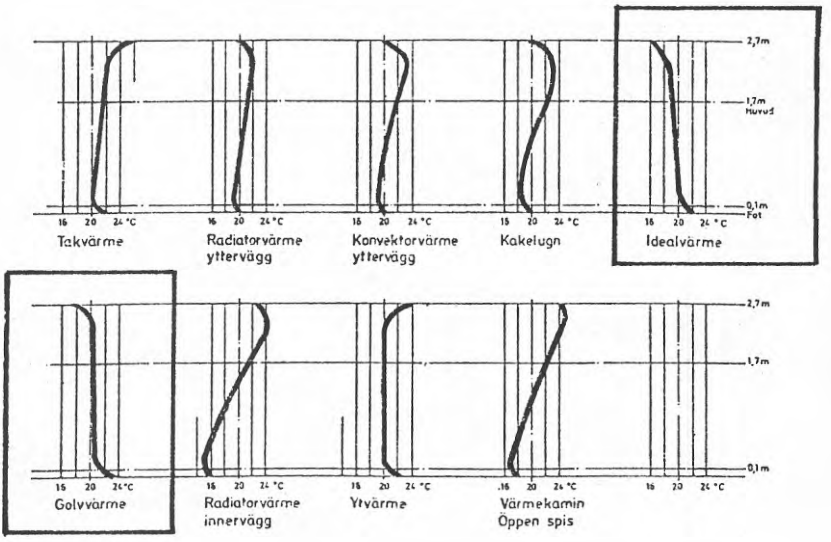
3.4 Värmedistribution inomhus

Allmänt

Principen för den interna värmedistributionen framgår av bilaga 4. Byggnadsuppvärmningen sker på tre sätt. Samtliga är dimensionerade för en distributionstemperatur hos värmebäraren av +45°C.

Byggnadsuppvärmning och luftbehandling

I stort sett all ventilationsluft tillförs lokalerna vid maximalt +20°C. Denna temperatur uppnås genom återluftsinblandning, regenerativ värmeväxling och eftervärmning. Erforderliga värmare blir dimensionerade för lågtemperatursystemet. För luften i simhallen finns en avfuktningsanläggning som bl a innebär att det bundna värmet överförs till bassängvattnet. Temperaturen i hallen styrs genom variabel tillufttemperatur. I simhallsbyggnaden finns ett antal rum med fasad mot syd och väst. Dessa kommer att förses med radiatorer som även får svara för rummets temperaturstyrning. Övriga lokaliteter i såväl simhalls- som omklädningsbyggnad värms med golvvärme. Radiatorer och golvvärmeslingor reglerar rumstemperaturen via termostatventiler. Huvuddelen av temperaturhållningen sker således med golvvärme. Detta system har valts av två skäl. Dels innebär den låga distributionstemperaturen att stora värmeöverförande ytor erfordras, dels ger golvvärmet den gynnsammaste temperaturfördelningen i ett rum. Temperaturgradienten i ett rum för olika uppvärmningssystem har bl a redovisats av dr. ing. A Kollmar (figur 3.1).



Figur 3.1 Temperaturprofiler i rum med olika uppvärmningssystem

Den idealiska profilen innebär ett varmt golv och något fallande temperatur mot taket. Golvvärmesystemet är det som bäst uppfyller detta idealförhållande. För en given operativ temperatur erfordras en lägre lufttemperatur i rummet vid golvvärme än övriga system, vilket är positivt ur energisynpunkt.

Förbrukningsvarmvatten

För förbrukningsvarmvattnet finns två alternativ till uppvärmning. Det vanligaste sättet är att låta en värmebärare föra energin till en värmeväxlare som dimensioneras med hänsyn till erforderlig ackumuleringsgrad. Uppvärmning kan också ske direkt genom att vattnet cirkuleras över kondensorn. Härmed ökar värmefaktorn genom att temperaturdifferensen minskar med cirka 5°C. Detta förutsätter att kallvattnet inmatas med speciell pump eller att kommande bestämmelser i "Kylnormer" tillåter direkt påfyllning. I bilaga 4 har det senare systemet redovisats. Oavsett vilket system som slutligen väljs kommer distributionen att ske i ett cirkulationssystem så att cirka 40-gradigt vatten alltid finns tillgängligt vid tappställena. Duschar förses med självstängande ventiler och termostater.

Bassängvatten

Allt bassängvatten värms i ett system anslutet till distributionsnätet för byggnadsuppvärmning. Stora effektuttag förväntas efter det att bassängerna fått sin årliga rengöring, då alltså cirka 700 m^3 vatten skall värmas till drygt 25°C, undervisningsbassäng till 30°C och plaskdamm till 33°C. En tidsrymd på 14 dagar har angetts för uppvärmningen.

3.5 Övrigt

Möjligheten att komplettera markkollektorn med solfångare har övervägts. Genom temperaturstyrning så att värme leds ner genom markkollektorerna då solfångarna har högre temperatur skulle marken kunna användas som ackumulator med en temperatur som överskrider den orörda markens. Om temperatursänkningen i marken kan begränsas och den lägsta temperaturen därigenom bli högre med hjälp av solfångaren får man en positiv effekt. Den energimängd som lagras under den varma delen av året kommer emellertid sannolikt att bli liten eftersom överskott relativt omgivande mark också innebär ett värmeflöde från markkollektorn. Vidare innebär värmetillförsel också att fuktdiffusionen blir riktad från kollektorområdet med minskning av vattenhalten som följd.

Solfångarna kan utnyttjas för direktuppvärmning av byggnaden eller förbrukningsvarmvatten, men då simhallsbyggnaden är avstängd under sommarmånaderna minskar lönsamheten för denna merinvestering.

Vi har mot dessa bakgrunder ej bedömt det motiverat att för den aktuella etappen installera solfångare.

4. KOSTNADER

Jämförande kostnader har beräknats för tre alternativ av värmeförsörjning (bilaga 8 och 9). Parallellt med ytjordvärmepumpen har sålunda dels oljebaserad värme, dels ackumulerande elvärme med nattaxa undersökts.

Som framgår av sammanställning över bedömda investerings-, drifts- och årskostnader (bilaga 9) är årskostnaden för ytjordvärmepump med nuvarande energipriser cirka 96.000 kronor lägre och driftskostnaden per år cirka 167.000 kronor lägre än för vattenburen elvärme. Vid jämförelse med oljeeldad panncentral är årskostnaden cirka 140.000 kronor högre för ytjordvärmepump medan däremot driftskostnaden per år är lika för de två anläggningarna.

5 SLUTORD

Förstudien visar att detta objekt med relativt liten byggnadsyta på stora markytor åkerjord har förutsättningarna för värmeförsörjning baserad på den energiupplagring som sker i ytjordlagren med s k ytjordvärmepump.

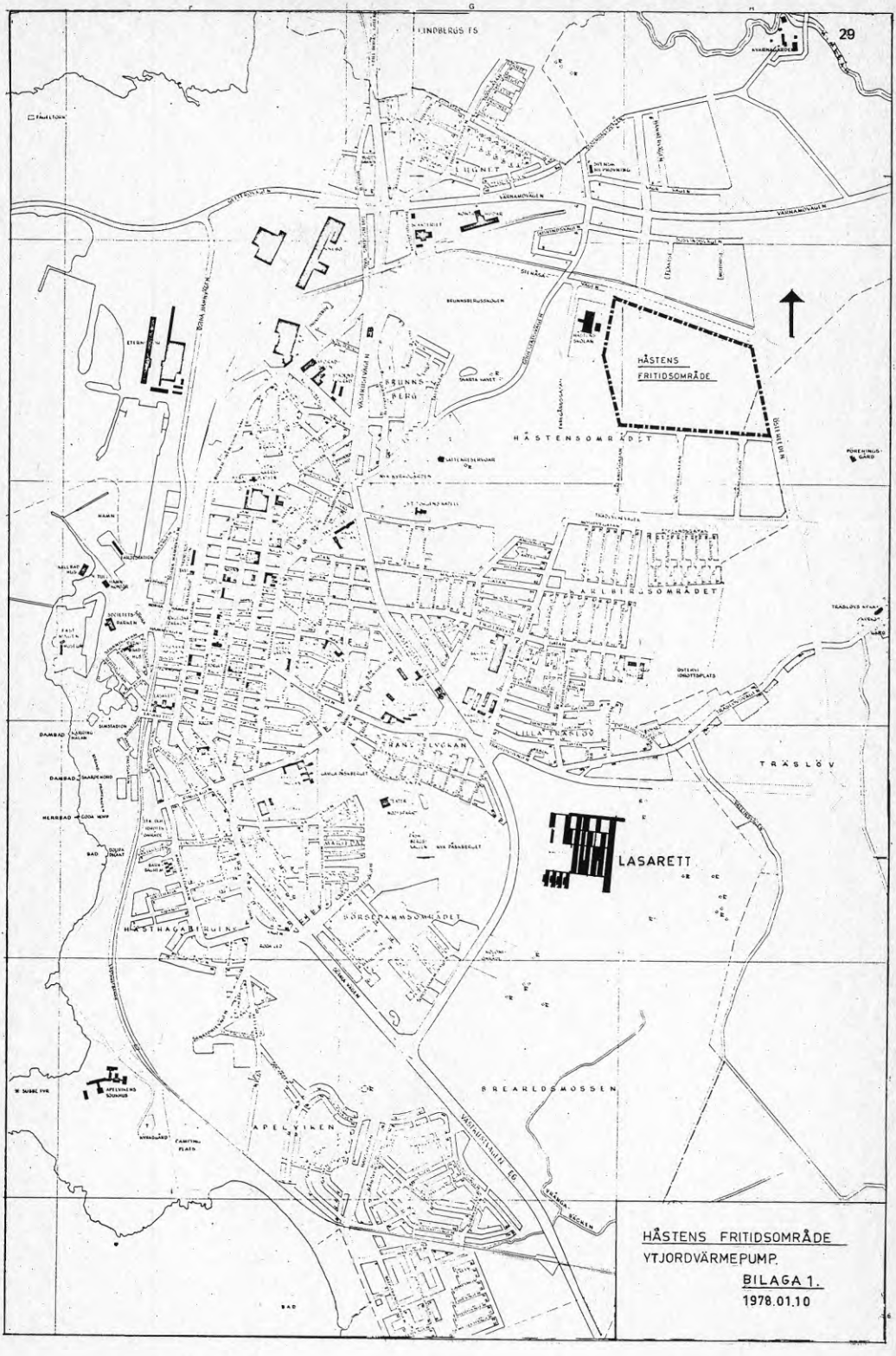
Totala effektbehovet för de aktuella byggnaderna i etapp I utförda i enlighet med Svensk Byggnorm 1975 med värmeåtervinning etc är beräknad till 600 kW. Ytjordvärmepumpen bedöms kunna ge en minst 50 %-ig reduktion av effektbehovet. Det totala energibehovet 1 530 MWh reduceras med ytjordvärmepump till 510 MWh eller en minst 65 %-ig reduktion av totala energibehovet för byggnader utformade med invändiga installationer enligt idag gällande normer. (Se bilaga 11).

Man sparar med ytjordvärmepump således cirka 1 000 MWh/år utan att öka den årliga driftskostnaden i jämförelse med oljeeldad panncentral. Varbergs kommun kan därmed för byggnadsetapp I årligen reservera energi till annan bebyggelse för cirka 200.000 kronor beräknat i dagens elenergipris för Varberg.

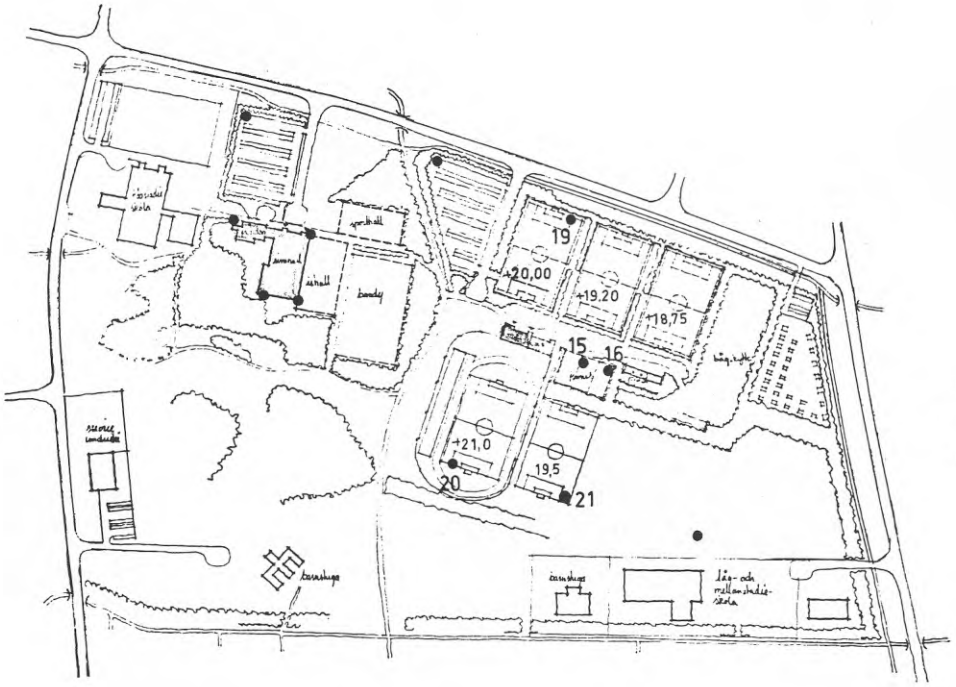
I jämförelse med objektets beräknade kostnader för byggnader med konventionellt värmesystem men exklusive markarbeten, cirka 10 miljoner kronor, bedöms merkostnaden för ytjordvärmepumpen till cirka 10 % av byggnadskostnaden. Den slutliga kostnaden kan bestämmas noggrannare först sedan vissa kompletterande markundersökningar genomförts.

Vi konstaterar att ytjordvärmepumpen innebär:

- En miljövänlig värmeförsörjning i en undervisnings-, rekreations- och motionsanläggning utan försörjningstransporter
- En anläggning med anpassade, beprövade standardkomponenter av en mångfald olika fabrikat. Positivt ur konkurrens- och underhållssynpunkt
- Ett system som i Sverige har körts och provats i permanenta anläggningar sedan 1975. Idag finns uppskattningsvis cirka 300 st ytjordvärmepumpar för villor.
- Ett uppvärmningssystem av typ "lågtemperatur", vilket är gynnsamt för anslutning till eventuell framtida annan värmekälla
- Lagrad solvärme i jorden disponeras vintertid vid gynnsam jordvärmetemperatur till skillnad mot solfångare som utan specialarrangemang saknar denna naturliga ackumuleringseffekt
- En värmefaktor av 3,0 i genomsnitt för hela året



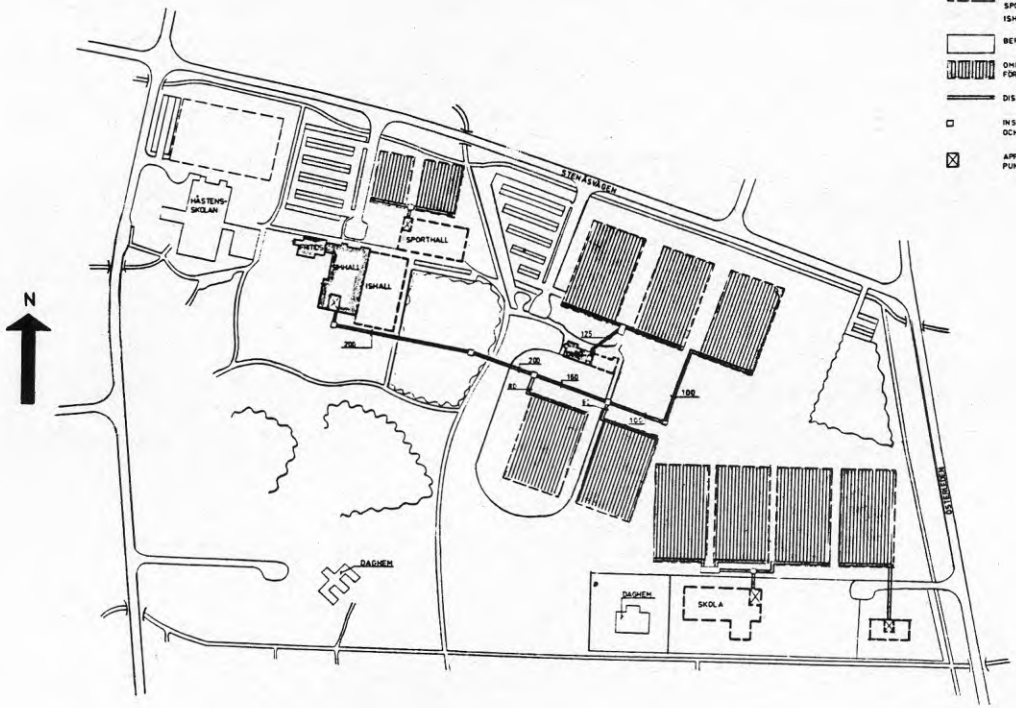
HÅSTENS FRITIDSOMRÅDE
YTJORDVÄRMEPUMP.
BILAGA 1.
1978.01.10



Angivna +höjder anger blivande markhöjder.

● Borrhål, provplats-nr. Se även bilaga 10.

Vaxberg Hässleholm
översiktsplan 1:2000
20.12.1977 White / 81
BILAGA 2.



RITNINGSBETECKNINGAR

	EXTERNT UPPVÄRMNINGSBEHOV EFFEKTBEHOV i kW.	ENERGIBEHOV i MWh.
ETAPP I		
SIMHALL OCH FRITIDSHEM	420	1280
OMKLÄDNINGSBYGGNAD	180	250
ETAPP II (FRAMTIDA)		
SKOLA	340	615
SPORTHALL	130	240
ISHOCKEYHALL	—	—

BEFINTLIGA BYGGNADER.

OMRÅDE MED KOLLEKTORER FÖR YTJORDVÄRME.

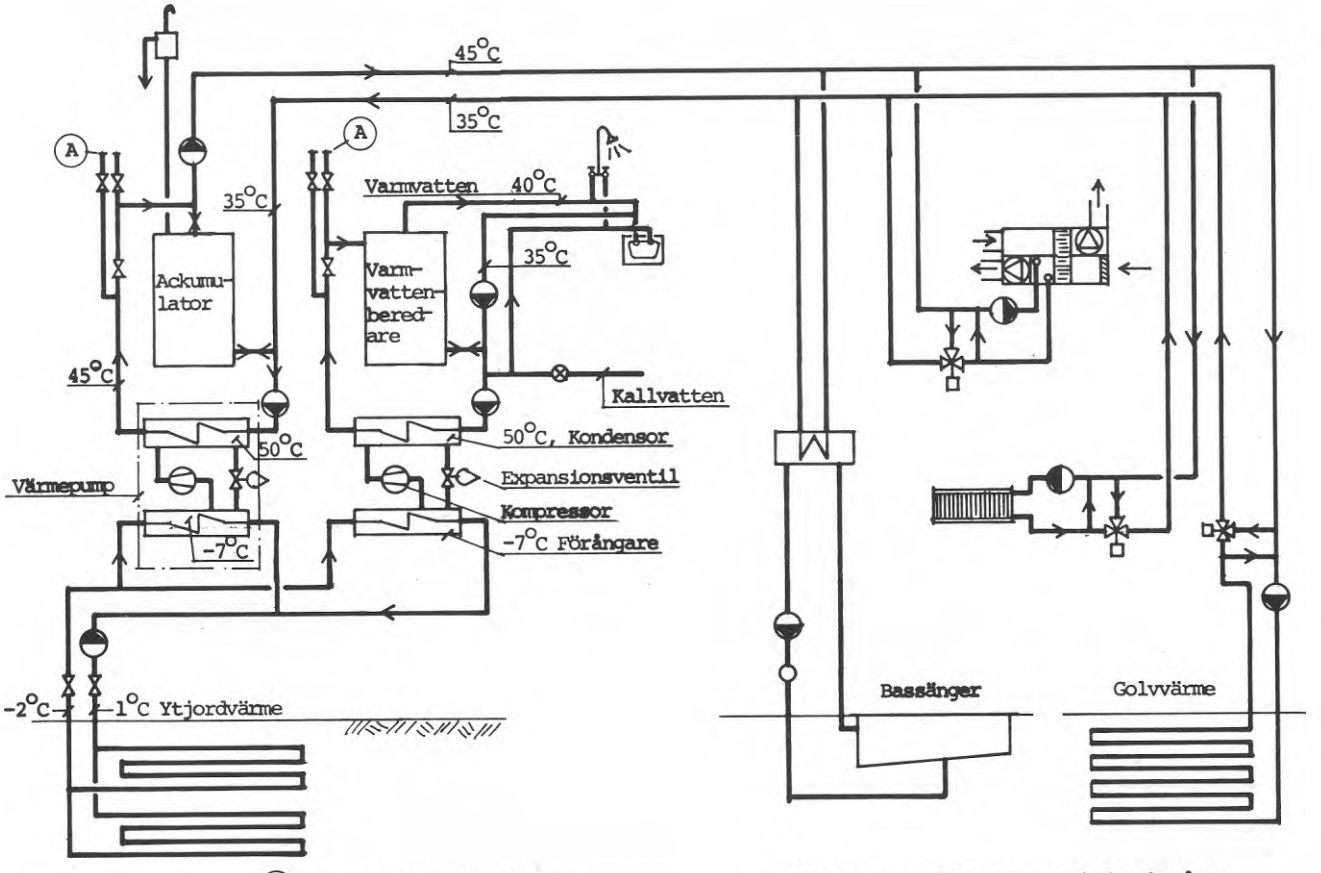
DISTRIBUTIONSLEDNINGAR.

INSPEKTIONSBRUNN MED STYR- OCH MÄTUTRUSTNING.

APPARATRUM FÖR VÄRME-PUMP OCH VÄXLARE.

RNK RICHARD NILSSON KONSULTFÖRETAGET AB
SKIF

HÄSTENS FRITIDSOMRÅDE	
FÖRSÖRJNINGSPLAN YTJORDVÄRME	
S. ANDERSEN SA WLN	
1978.01.10	41 60 02 BILAGA 3

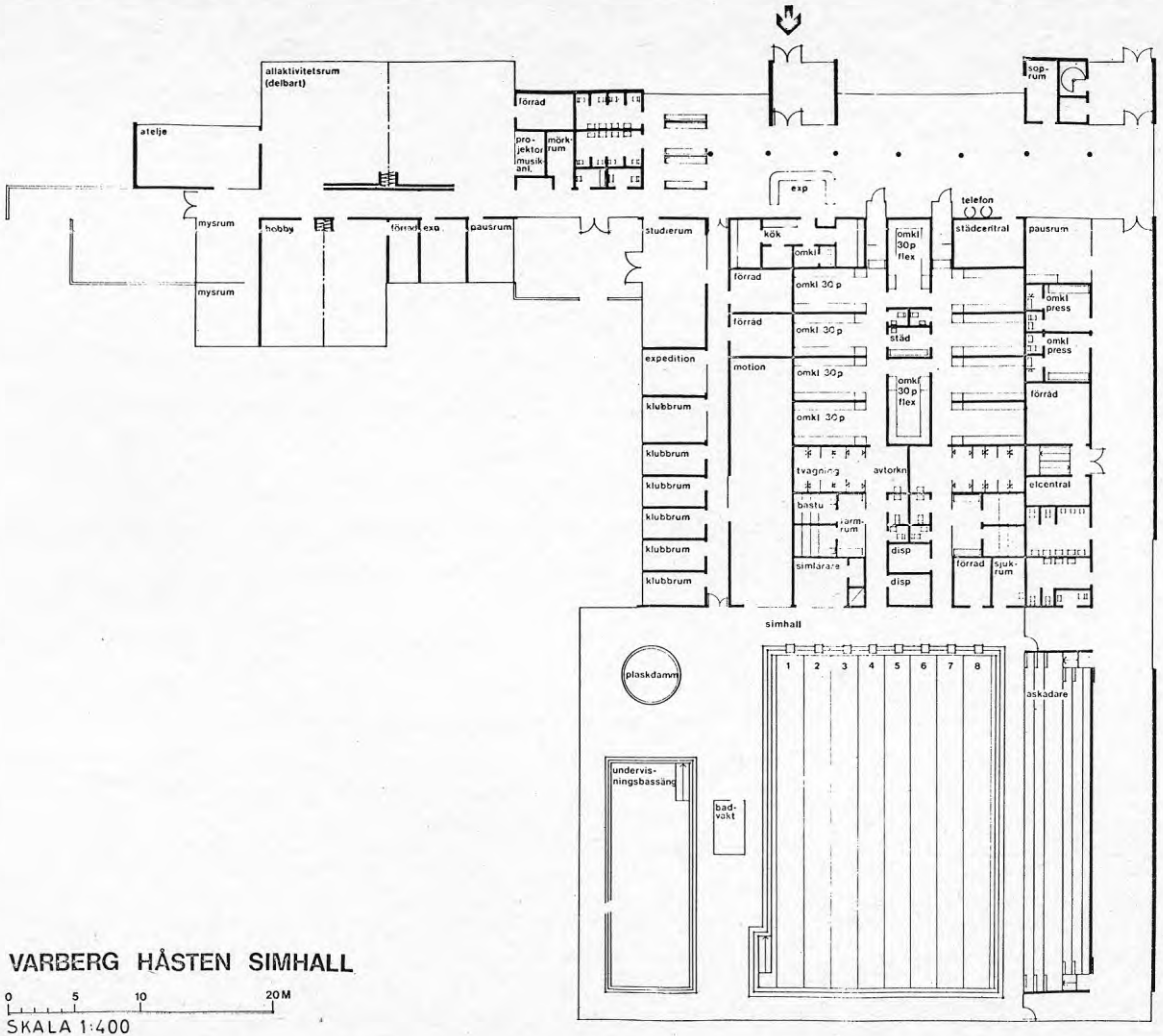


(A) = Proppade anslutningar för eventuell framtida annan värmekälla

RNK Richard Nilsson Konstruktionsbyrå AB

YTJORDVÄRMEPUMP

Principschema 1978-01-15 Bilaga 4

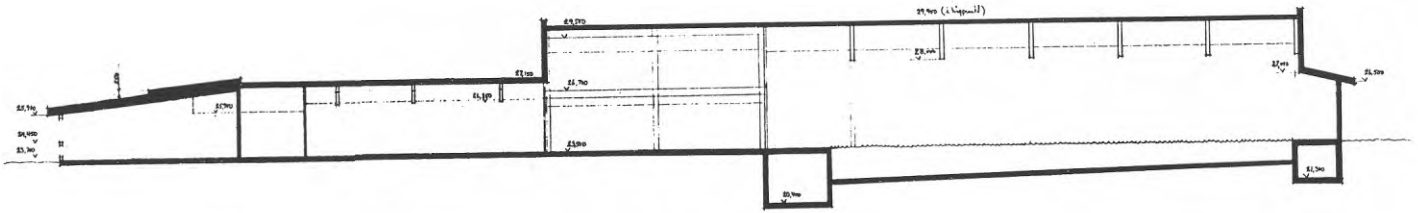


VARBERG HÅSTEN SIMHALL

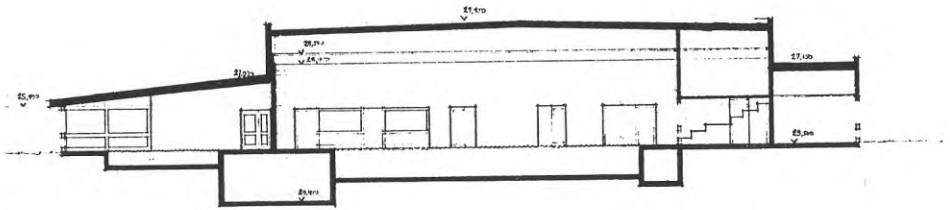
0 5 10 20M

SKALA 1:400

BILAGA 5 white



längdsektion genom omkl/simhall



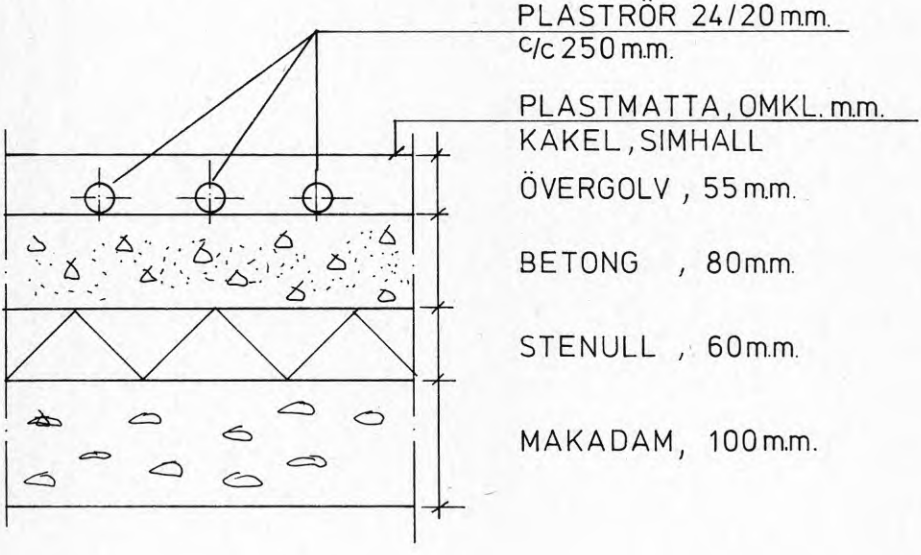
sektion genom simhall

Vaxbergsskolan sektion 1:250 12.12.1977 vhlk/81

BILAGA 6.

GOLVVÄRME.

DETALJ AV GOLVKONSTRUKTION
PÅ MARK.



HÅSTENS FRITIDSOMRÅDE.
YTJORDVÄRMEPUMP
SKALA 1:5.
BILAGA 7.

BILAGA 8. INVESTERINGSKOSTNADER FÖR OLIKA FÖRSÖRJNINGSALTERNATIV

Projektet omfattar dels en simhall med fritidshem på en sammanlagd byggnadsyta av 3 400 m^2 dels en omklädningsbyggnad på 600 m^2. Total byggnadsyta alltså 4 000 m^2.

Alternativ 1. Oljevärme

Panncentral		
2 x 300 kW inkl skorsten, oljeförråd, brännare och övrig utrustning		200.000
Kulvertar		
Trädfällning, schaktning, återfyllning	62.500	
Rör, isolering, skyddsrör	62.500	125.000
Byggnadskostnader		
Friliggande central		160.000
Projektering		50.000
	Summa kronor	535.000

Alternativ 2. Ytjordvärme

Den erforderliga markytan för värmeinsamling har bedömts vara 21 000 och 9 000 m^2 för simhalls- respektive omklädningsbyggnaden. Total markyta blir således 30 000 m^2 eller fem bollplaner.

	Simhall Fritidshem		Omklädnings-byggnad		Totalt
Installationer inomhus					
Värmepump	125.000		60.000		
Varmvattenberedare med VVX	35.000		25.000		
Rör inom central, pumpar etc	30.000		15.000		
Elinstallationer	30.000		15.000		
Merkostnad för lågtemperatursystem (45 - 35°C)	75.000		10.000		
Byggnadskostnader för golvvärme	15.000	310.000	3.000	128.000	438.000

	Simhall Fritidshem		Omklädnings-byggnad		Totalt
Transport					438.000
Installationer utomhus					
Markkollektor (35/40)	70.000		30.000		
Schaktning för dito	140.000		60.000		
Distributionsledningar med avstängnings- och reglerventiler m m, skyddsrör	240.000		35.000		
Schaktning för dito	95.000		10.000		
Frysskyddsmedel, köldbärare	50.000		12.000		
Kulvertbrunnar, inkl schaktning och återfyllning	50.000	645.000	10.000	157.000	802.000
Byggnadskostnader		---		---	90.000
Projekteringskostnader					230.000
			Summa kronor		1.560.000

Alternativ 3. Vattenburen elvärme

Elvärmeanläggning			
2 x 850 kW inkl ackumulatorer m m			460.000
Kulvertar			
Trädfällning, schaktning, återhyllning etc	62.500		
Rör, isolering, skyddsrör etc	62.500		
Kulvertbrunnar 2 st	20.000		145.000
Byggnadskostnader			270.000
Projektering			90.000
	Summa kronor		965.000

YTJORDVÄRMEPUMP FÖR HÅSTENS FRITIDSOMRÅDE I VARBERG

BILAGA 9, INVESTERINGS- OCH ÅRSKOSTNADER, SAMMANSTÄLLNING

Förutsättningar

Dimensionerande utetemperatur -16°C

Driftkostnader

Elvärme (lågspänning)	Normaltaxa (ytjordvärme)	Dubbeltariff x) (Ack. el.)
Anslutningsavgift	76 kr/kW	76 kr/kW
Fast årlig avgift	81 kr/kW	71 kr/kW
Energiavgift kl 06.00 - 22.00	0,145 kr/kWh	(0,15 kr/kWh)
kl 22.00 - 06.00	0,145 kr/kWh	0,073 kr/kWh
Energiskatt f n	0,03 kr/kWh	0,03 kr/kWh
Totalt genomsnittligt energipris inkl energiskatt och effektavgift	0,175 + 0,032 kr/kWh	0,103 + 0,078 kr/kWh

x) Förutsatt att nattaxan kan erhållas. Beräkningen grundad på 3 ggr kostnad i abonnemangsklass 19 (Varbergs Elverk)

Oljevärme

Oljepris	525:-- kr/m^3
Pannverkningsgrad	80 %
Energikostnad, netto	0,067 kr/kWh

Övrigt

Kalkylränta	9,5 %
Avskrivningstid för installationer	15 år (annuitet 12,77 %)
Dito för anslutningsavgift och byggnader	40 år (annuitet 9,76 %)

	Initial-kostnad Kronor	Årskostnader		
		Kapital	Drift och underhåll	Summa
Alternativ 1. Panncentral (effektbehov 600 kW)				
Installationer inomhus	200.000			
Kulvertar inkl schaktningsarbete	125.000			
Projektering m m	50.000			
	375.000	47.900		47.900
Utrymmesbehov (byggnadsyta 80 m^2)	160.000	15.600	3.200	18.800
Energikostnad (uppvärmning, ventilation, varmvatten) 1 530 MWh/år			102.500	102.500
Drift (brännare, pumpar)			5.000	5.000
Skötsel (inkl sotning)			12.000	12.000
	535.000	63.500	122.700	186.200
Alternativ 2. Ytjordvärmepump (anslutningseffekt 300 kW)				
Installationer inomhus	438.000			
Markledningar inkl schaktningsarb.	802.000			
Projektering m m	230.000			
	1.470.000	187.700		187.700
Utrymmesbehov (byggnadsyta 60 m^2)	90.000	8.800	1.400	10.200
Anslutningsavgift	22.800	2.200		2.200
Fast årlig avgift			24.300	24.300
Energikostnad (uppvärmning, ventilation, varmvatten) 510 MWh/år			89.300	89.300
Skötsel			12.000	
	1.582.800	198.700	127.000	325.700
Alternativ 3. Ackumulerande elvärme (anslutningseffekt 1 700 kW)				
Installationer inomhus	460.000			
Kulvertar inkl schaktningsarbete	145.000			
Projektering	90.000			
	695.000	88.800		88.800
Utrymmesbehov (byggnadsyta 180 m^2)	270.000	26.400	4.000	30.400
Anslutningsavgift	129.200	12.600		12.600
Fast årlig avgift			120.700	120.700
Energikostnad (uppvärmning, ventilation, varmvatten) 1 530 MWh/år			157.600	157.600
Skötsel			12.000	12.000
	1.094.200	127.800	294.300	422.100

YTJORDVÄRMEPUMP, HÅSTENS FRITIDSOMRÅDE I VARBERG

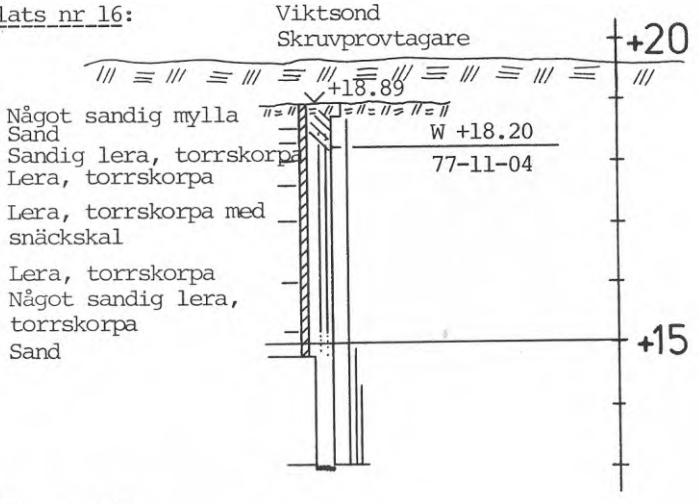
BILAGA 10. DELRESULTAT FRÅN GEOTEKNISK UNDERSÖKNING

Provplatsernas läge framgår av bilaga 2.

Provplats nr 15:

Vattennivån var 1977-11-04 +19.20 m eller 0,3 m under blivande marknivå. Marken utgörs av sandig lera.

Provplats nr 16:



Provplats nr 19:

Vattennivån var 1977-11-04 +18.90 m eller 1,1 m under blivande marknivå. Marken utgörs av sandig morän.

Provplats nr 21:

Vattennivån var 1977-11-04 +18.10 m eller 0,9 m under blivande marknivå. Marken utgörs av sandig lera.

Markundersökningarna har utförts av Pi Projekterande Ingenjörer AB, Göteborg

YTJORDVÄRMEPUMP FÖR HÄSTENS FRITIDSOMRÅDE I VARBERG. BILAGA 11. REDOVISNING AV EFFEKT- OCH ENERGIBEHOV

HÄSTENS FRITIDSOMRÅDE, ETAPP I

FÅR EN CIRKA 75 %-IG REDUKTION AV EFFEKTBEHOV OCH CIRKA 85 %-IG REDUKTION AV ENERGIBEHOV.

	VÄRMEEFFEKTBEHOV I KW	VÄRMEENERGIBEHOV I MWH/ÅR	
TOTALT BEHOV	1200	3000	FRÅN
50 % FRÅN ÅTERVINNING UR VENTILATIONSLUFTEN			
50 % RESP 65 % FRÅN YTJORDVÄRME OCH VÄRMEPUMP			
	300	500	TILL

GÖTEBORG DEN 15 JANUARI 1978

YTJORDVÄRMEPUMP FÖR HÅSTENS FRITIDSOMRÅDE I VARBERG

BILAGA 12. LITTERATURFÖRTECKNING

Balstrup, T, 1977. Värmepumpeanlaeg. Del 1. Varme-overgangsforhold i jord (Teknologiskt Instituts Forlag)

Eriksson, K G, Waldner L, 1977. Förutsättningar för utnyttjande av jordvärme. VVS-Forum 1977 nr 5

Lundén R, 1976. Värmepump med effektutjämningssystem. (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm

Rouvel L, 1975. Erdreichtemperaturen bei Wärmeentzug mittels Wärmepumpe. HLH 26 (11)

Pleijel G, 1963. Solstrålning genom fönster i norra, mellersta och södra Sverige. (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm

Taesler R, 1972. Klimatdata för Sverige (Statens Råd för Byggnadsforskning) Stockholm

VVS-Handboken, 1974. Tabeller och diagram. (Förlags AB VVS) Stockholm

Worsøe-Schmidt P, 1976. Varmepumpeanlaeg. Del 2. Varmeovergangsforhold og fordampningsforløb i jord-fordampere. (Teknologisk Instituts Forlag) Köpenhamn

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 771215-8 från Statens råd för byggnadsforskning till Centrala byggnadskommittén, Varberg

Art.nr: 6600920

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst
Box 1403
111 84 Stockholm

R20:1979

ISBN 91-540-2990-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Cirkapris: 20 kr exkl moms

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET