



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.



## Resultat från prov av två ytjordvärmepumpar

**Ola Gröndalen**  
**Mats Renntun**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-2135
Plac	See

[K]  
[ON]  
R  
JBL

R135:1980

RESULTAT FRÅN PROV AV TVÅ YTJORDVÄRMEPUMPAR

Ola Gröndalen  
Mats Renntun

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
750489-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Sydkraft AB, Malmö.

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

R135:1980

ISBN 91-540-3364-0  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057133

## INNEHÅLL

BETECKNINGAR . . . . .	4
FÖRORD . . . . .	5
1 SAMMANFATTNING . . . . .	6
2 BAKGRUND OCH MÅLSÄTTNING . . . . .	7
3 PRINCIPER FÖR MÄTNING OCH UTVÄRDERING . . . . .	8
4 VÄRMEPUMPANLÄGGNING I ESLÖV . . . . .	9
4.1 Allmänt . . . . .	9
4.2 Beskrivning . . . . .	9
4.2.1 Värmepump . . . . .	9
4.2.2 Jordslangsystem . . . . .	11
4.2.3 Mätutrustning . . . . .	11
4.3 Driftresultat, V M Christensen	12
4.3.1 Energimässigt . . . . .	12
4.3.2 Värmepumpens funktion . . . . .	14
4.4 Driftresultat, Völund . . . . .	15
4.4.1 Energimässigt . . . . .	15
4.4.2 Värmepumpens funktion . . . . .	16
4.5 Mätningar av jordtemperaturen . . . . .	16
5 VÄRMEPUMPANLÄGGNINGEN I RYDSGÅRD . . . . .	18
5.1 Allmänt . . . . .	18
5.2 Beskrivning . . . . .	18
5.2.1 Värmepump . . . . .	18
5.2.2 Jordslangsystemet . . . . .	19
5.2.3 Mätutrustning . . . . .	19
5.3 Driftresultat . . . . .	20
5.3.1 Energimässigt . . . . .	20
5.3.2 Värmepumpens funktion . . . . .	21
5.4 Mätningar av jordtemperaturen . . . . .	22

BILAGORNA 1-27

## BETECKNINGAR

I rapporten redovisas tre olika värmefaktorer:

- $COP_B$       Värmefaktor (brutto) med avseende på kompressor, dvs avgiven värmeenergi från värmepumpen dividerad med tillförd elenergi till kompressorerna.
- $COP_N$       Värmefaktor (netto) med avseende på kompressorer och cirkulationspump för vattnet i jordslingan. Däremot ingår ej el till cirkulationspump för radiatorer och varmvattenberedning, eftersom dessa poster även ingår i alla andra typer av vattenburet uppvärmningssystem.
- $COP_T$       Värmefaktor (totalt) med avseende på kompressorer, alla cirkulationspumpar och tillsatsel. Denna värmefaktor bör läsas med en viss försiktighet, eftersom haverier m m medför stora variationer i tillsatsel-förbrukning.

Den värmefaktor som bör användas vid jämförelse mellan värmepump och andra uppvärmningssystem är  $COP_N$ , eftersom den tar hänsyn endast till den elförbrukning som är speciell för värmepumpen. Jämförelse med ett olje- eller elpannealternativ bör alltså göras på denna bas.

- Brine      Den vätska som cirkulerar i jordslangarna och upptar markens värme. Den består av ca 75 % vatten och 25 % glykol.

## FÖRORD

Sydskraft har sedan 1975 utfört praktiska prov av värmepumpar för villainstallationer. Olika fabrikat och olika värmekällor testas. Som värmekälla utnyttjas uteluft, ytjordvärme och grundvatten. Som värmedistributionsmedel tjänstgör vatten i alla prov.

Syftet med proven är att få kunskap om olika värmepumpars och värmepumpsystems prestanda och driftsäkerhet i praktisk drift under en följd av år.

I denna rapport redovisas resultaten från proven av två ytjordvärmepumpar i Eslöv och Rydsgård utanför Ystad.

I en tidigare rapport från Byggforskningsrådet, R90:1979, har vi redovisat resultaten från en luftvärmepump i Ö Grevie utanför Malmö.

Statens Råd för Byggnadsforskning har bidragit med medel till de flesta prov som Sydkraft utfört under de gångna åren.

Målsättningen med detta projekt var att få kunskap om och praktiska erfarenheter av ytjordvärmesystem. För detta ändamål uppköptes och installerades två ytjordvärmeanläggningar i Eslöv och Rydsgård utanför Ystad.

Den första värmepumpen i Eslöv, som var av fabrikat V M Christensen, togs i drift i november 1975. Efter det att båda kompressorna havererat ersattes den med en Völund i oktober 1978.

I Rydsgård togs värmepumpen i drift i januari 1977. Den är av fabrikat AGA-Thermia.

I båda anläggningarna grävdes ca 400 m slang ned på 1,5 m djup.

Den nya värmepumpen i Eslöv har under de 1 1/2 år den varit i drift presterat värmefaktorn 2,6 (inklusive pumpen för jordslingan). Värmepumpen i Rydsgård har uppnått värmefaktorn 2,5. Skillnaden i värmefaktor kan förklaras med olikheter i markförhållanden.

Detta innebär att dessa ytjordvärmepumpar har medfört en energibesparing på 60-62 %.

Förutom haveriet med den första värmepumpen i Eslöv har anläggningarna sedan dess fungerat bra och husägarna har förklarat sig mycket nöjda.

Mätning av jordtemperaturen har visat att denna inte påverkas negativt med någon hittills mätbar avkylningseffekt.



Sydskraft har sedan flera år tillbaka studerat värmepumpar genom bl a mätning på installationer och provinstallationer.

Ytjordvärme är en av de intressantaste tillämpningarna genom att relativt konstanta betingelser erhålls på förångarsidan, vilket medför att i motsats till luftbaserade system behovet av tillsatsenergi inte blir så utpräglat vid stark kyla. Det var sålunda av intresse för Sydskraft som kraftproducent och distributör att undersöka hur detta fungerar i praktiken. Vid valet av provinstallationer beaktades faktorer som t ex de befintliga husens storlek, energibehovet för husen enligt ägarnas uppgifter, möjligheten att gräva ned ytjordvärmesystemet med ca 400 m rör, möjligheten att installera pumpen i husen med hänsyn till utrymmen etc samt husägarnas villighet att medverka.

Målsättningen med projektet var:

- Att erhålla praktiska erfarenheter av ytjordvärmesystem av kommersiellt tillgänglig typ genom bl a mätning av vissa parametrar och efterföljande utvärdering
- Undersökning av ytjordvärmesystemets funktion med avseende på eventuella avkylningseffekter och inverkan på värmepumpens prestanda

Mätningen bygger på lokal avläsning genom husägarens försorg med regelbundna intervaller. Vanligen utförs avläsningen vid en bestämd tidpunkt varje vecka.

Mätpunkter installeras i tillräcklig omfattning för att uppfylla den målsättning som satts enligt tidigare. Detta innebär el- och värmeenergimätare för avgiven respektive tillförd energi till radiatorer, tappvatten, värmepumpen, ytjordslingan etc. Genom att jämföra tillförd energi till kompressorer och energi från jordslingan med avgiven energi till radiatorer och tappvarmvatten erhålls en kontroll av mätningen. Vidare används elenergimätning för att få underlag för att studera speciella objekts förhållanden, exempelvis cirkulationspumpar.

Gångtidsmätare installeras för exempelvis kompressordrift. Härvid erhålls underlag för att beräkna avgiven effekt m m.

För ytjordvärmekretsar anordnas temperaturmätning med hög noggrannhet. Mätning sker runt jordslinga och i en referenspunkt.

De ekologiska effekterna av markvärmeuttag har inte studerats i detta projekt, utan där hänvisas till projektanslag P780635-4 från Byggforskningsrådet.

## 4 VÄRMEPUMPANLÄGGNINGEN I ESLÖV

## 4.1 Allmänt

Värmepumpen togs i drift i november 1975. Denna värmepump hämtar värme ur marken och avger värme till ett konventionellt radiatorsystem. Även tappvarmvattnet värms här med värmepumpen. Den befintliga oljepannan skrotades.

I denna installation har två olika fabrikat av värmepumpar använts. Den första hade tillverkats av Dansk Värmepumpsindustri i Åbenrå och såldes genom V M Christensen (VMC) i Köpenhamn. Den var i drift från november 1975 och togs ur drift sommaren 1978 efter det att båda kompressorerna havererat och servicen från leverantören upphörde att fungera.

Värmepumpen byttes till en Völund som togs i drift i oktober 1978 och har varit i drift sedan dess.

## 4.2 Beskrivning

## 4.2.1 Värmepump

Värmepump: V M Christensen (1975--1978)

Värmepumpen bestod av två på köldmediesidan helt separata enheter. Dessa hade parallellkopplats såväl på radiatorvattensidan som på brinesidan. Seriekoppling skulle varit gynnsammare ur termisk synpunkt, men det ökade tryckfallet på vatten- respektive brinesidan skulle då medföra en alltför stor ökning av pumparbetet.

Varje enhet bestod av en helhermetisk kompressor med märkeffekten 1,5 kW av fabrikat Unité Hermetique. Förångare och kondensor var av dubbelrörstyp och de var ingjutna i polyuretanskum. För att säkerställa torr suggas till kompressorn fanns en värmeväxlare som överhettade gasen något med hjälp av underkylning av kondensatet från kondensorn. Kompressorernas förlustvärme återvanns i någon mån genom en yttre mantelkylning med hjälp av radiatorvattnets retur. Denna kylmantel förhindrade också kompressorernas olja från att skumma, vilket kan inträffa vid höga kondenseringstemperaturer.

Som köldmedium användes R22. (Efter ett kompressorhaveri körde ena enheten med köldmedium R502.) Kopplingsschema över brine- och radiatorsystem framgår av bilaga 1.

Värmning av tappvarmvatten gjordes med ena värmepumpenheten genom omkoppling av magnetventilerna 1 och 2 (se bilaga 1).

Som tillsatsvärme för radiatorsystemet fanns en elpatron av genomströmningstyp på 3 kW och en elpatron på 2 kW för tappvarmvattnet.

Regleringen av värmepumpenheterna skedde med utomhustemperaturen som styrparameter. Regleringen var en proportionell reglering som styrde framledningstemperaturen som funktion av utomhustemperaturen. En inomhusgivare fanns också som höll nere börvärdet på framledningstemperaturen om inomhustemperaturen var högre än inställt börvärde. Beroende på värmebehovet kopplades radiatorsystemets cirkulationspump, värmepumpenhet 1, värmepumpenhet 2 och tillsatsvärmens in stegvis. Vid tappning av varmvatten startade värmepumpenhet 2 med en termostat placerad i botten av varmvattenberedaren. När returtemperaturen från beredarens värmningskrets nådde sitt börvärde kopplades enhet 2 ifrån.

Då värmebehovet i huset var så stort att enhet 2 behövdes till radiatorsystemet värmdes tappvarmvattnet med en elpatron på 2 kW som kopplades in med en separat termostat som var något lägre ställd än normal tappvarmvattentemperatur. Reglerkretsarna var uppbyggda med transistor- och IC-teknik. Dessa kretsar styrde reläer som i sin tur styrde de olika objektens kontaktorer. (Upptill 13 värmepumpenheter kunde styras med samma reglersystem.)

#### Värmepump: Völund Q 700/2 (1978-- )

Den nya värmepumpen är av fabrikat Völund, typ Q 700/2. Denna värmepump är moduluppbyggd där varje modulenhet består av en kompressor, en förångare, en kondensator och en reduktionsventil, vilka sammanbyggs till ett hermetiskt slutet kretslopp.

Denna anläggning i Eslöv består av två moduler.

Förutom dessa två moduler ingår i anläggningen en varmvattenberedare (200 l), en ackumulatortank för radiatorvattnet (75 l) samt elektronisk styrrustning. Allt detta är inbyggt i ett skåp med höjden 1,86 m, bredden 1,4 m och djupet 0,61 m.

Anläggningen kopplades systemmässigt som tidigare, dvs enligt bilaga 1.

Varje modul har en avgiven värmeeffekt på 3,8 kW vid en radiatorvattentemperatur på + 45° C och temperaturen, 0° C, på brine till värmepumpen.

Framledningstemperaturen i radiatorerna regleras i förhållande till utelufttemperaturen. En kall vinterdag är framtemperaturen knappt + 50° C.

Värmepumpens ena modul prioriterar varmvattenberedningen före radiatorvattnet. Tappvarmvattnet är inställt på ca + 45° C.

Varje kompressor har en märkeffekt av 1,4 kW. Cirkulationspumpen för brinekretsen har en effektförbrukning av 60 W, dvs ca 2 % av anläggningens kompressoreffekt.

Någon elektrisk tillsatsvärme finns ej installerad men kan sättas in i varmvattenberedaren.

Husets värmebehov som funktion av utetemperaturen visas i bilaga 2.

#### 4.2.2 Jordslangsystem

Den värme som tas från marken består till nästan 100 % av lagrad solenergi. Ett rörsystem av 395 m PEL-rör har grävts ned på 1,5 m djup och med ett c/c-avstånd av ca 2 m. (PEL är en förkortning av termoplasten Polyeten. Tryckklassen är NT6, ytterdiameter 40 mm och godstjocklek 3,7 mm.) Rörsystemet är uppdelat i tre parallella slingor. Som brine används en blandning av vatten och etylenglykol (25 % glykol). Rörsystemets layout och rörlängder framgår av bilaga 3.

Det som bestämmer jordens egenskap som ackumulator av värme är dess specifika värme och värmeledningstal. Dessa storheter är mycket beroende av jordens fukthalt. Denna är i sin tur beroende av jordens kapillärhållande förmåga.

För att klassificera jorden har Geotekniskt Institut i Köpenhamn tagit jordprover och man har bl a bestämt vattenhalt, värmeledningstal, portal och vattenmängdsgrad. Resultaten framgår av bilagorna 4, 5 och 6. Där framgår att markförhållandena här är gynnsamma med höga vattenhalter och hög vattenmättnadsgrad.

#### 4.2.3 Mätutrustning

Ute i marken där PEL-rören är placerade finns totalt 22 temperaturmätpunkter placerade. Placeringen framgår av bilagorna 3 och 7. Temperaturen mäts även i en referenspunkt ca 15 m utanför rörsystemet på fem olika djup (se bilagorna 3 och 7). Temperaturmätningen görs med motståndselement (PT100) kopplade i fyrledarkoppling. Själva motståndsmätningen görs med ett mycket höghmigt digitalinstrument avsett för motståndsmätning med fyrledarkoppling. Mätnoggrannheten uppgår till 0,2° C. Digitalinstrumentet är av fabrikat Data Precision, modell 3500.



På själva värmepumpen finns tre värmemängdsmätare monterade. Var och en består av en flödesmätare av vinghjulstyp, två matchade motståndstermometrar (Ni) och ett elektroniskt integreringsverk med en upplösning av 1 kWh.

Värmemängdsmätarna är från Svensk Värmemätning. Motståndstermometrarna har typbeteckning TM 152 och integreringsverket är av typ SVM 651.

Flödesmätarna har injusterats för minsta möjliga fel inom det aktuella flödesområdet. Mätnoggrannheten begränsas av att de aktuella temperaturdifferenserna är små.

Temp diff	0-100° C
Relativ noggrannhet	± 1 % inom 50-100 % av temperaturmätområdet
"-	± 2 % inom 25-50 % av temperaturmätområdet
"-	+ 4 % inom 10-25 % av temperaturmätområdet

Värmemängdsmätarna mäter upptagen värmemängd i brinesystemet, avgiven värmemängd till radiator-systemet och avgiven värmemängd till varmvattenberedaren. Inkopplingen framgår av bilaga 1.

Ett antal energimätare och drifttidmätare finns inkopplade på olika komponenter. Dessa mäter energiförbrukningen och gångtiden för kompressorer, elpatroner, cirkulationspumpar samt värmemängder för jordslangsystemet, radiatorsystemet och beredning av tappvarmvatten.

Avläsning av energimätare och drifttidmätare görs en gång per vecka.

#### 4.3 Driftresultat

##### 4.3.1 Energimässigt

Så långt som möjligt redovisas driftresultaten för hela kalenderår. Kompressorhaverier och byte av värmepump har dock medfört att resultaten redovisas även för kortare perioder.

För definitioner av värmefaktorer se Beteckningar.

Resultat VMC: December 1975 till mars 1976Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb	11 100 kWh
-------------------------	------------

Tillförd elenergi

Till kompressorer	4 300 kWh
Till pump för jordslingan	200 kWh
Till pumpar för radiatorer och vvb	400 kWh
Tillsatsel	100 kWh

Gångtider

Kompressor 1	95 %
Kompressor 2	30 %

Värmefaktorer

$COP_B$	2,6
$COP^N$	2,4
$COP_T$	2,2

Resultat VMC: 1977Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb	18 700 kWh
-------------------------	------------

Tillförd elenergi

Till kompressorer	6 700 kWh
Till pump för jordslingan	400 kWh
Till pumpar för radiatorer och vvb	600 kWh
Tillsatsel	300 kWh

Gångtider

Kompressor 1	35 %
Kompressor 2	10 %

Värmefaktorer

$COP_B$	2,7
$COP^N$	2,6
$COP_T$	2,3

Resultat VMC: Januari till juli 1978Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb	9 200 kWh
-------------------------	-----------

Tillförd elenergi

Till kompressorer	3 200 kWh
Till pump för jordslingan	300 kWh
Till pumpar för radiatorer och vvb	500 kWh
Tillsatsel	2 000 kWh

Gångtider

Kompressor 1	75 %
Kompressor 2	65 %

Värmefaktorer

$COP_B$	2,3
$COP_N$	2,1
$COP_T$	1,5

Resultat VMC: Sammanfattning 1975--1978

Sammanfattningsvis har värmepumpen under denna tid producerat ca 37 000 kWh värme med en värmefaktor  $COP_N$  av 2,4 (dvs inklusive cirkulationspumpen för jordslingan).

## 4.3.2 Värmepumpens funktion

Efter idrifttagningen i mitten av november 1975 uppstod en del svårigheter som visade sig bestå i felvända magnetventiler och en felvänd cirkulationspump. Efter att dessa problem avhjälpats var driften problemfri fram till mitten av mars 1976. Då inträffade ett kompressorhaveri i samband med att en fas föll bort på nätet. Varken kompressorns yttre motorskydd eller bimetall löste i denna situation. Det visade sig att motorskyddet stod för högt inställt. Efter detta haveri inkopplades även ett motorskydd av Clickson-typ. Den havererade kompressorn saknade säkerhetspressostater såväl på hög- som lågtryckssidan. Sådana har införts på den enhet som ersatte den defekta enheten.

Servicen från leverantören V M Christensen (VMC) i Köpenhamn har inte fungerat alls. Vid driftstörningar har endast nya komponenter skickats från Danmark och SK har fått ordna rörinstallatör och elektriker för att åtgärda felet. VMC har dock betalat rörinstallatör och elektriker. Normal leveranstid av nya komponenter har varit en vecka.



## 4.4 Driftresultat, Völund

## 4.4.1 Energimässigt

Resultat Völund: Oktober till december 1978Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb	5 400 kWh
-------------------------	-----------

Tillförd elenergi

Till kompressorer	1 800 kWh
Till pump för jordslingan	200 kWh
Till pumpar för radiatorer och vvb	200 kWh

Gångtider

Kompressor 1	65 %
Kompressor 2	5 %

Värmefaktorer

COP <sub>B</sub>	3,0
COP <sub>N</sub>	2,7
COP <sub>T</sub>	2,5

Resultat Völund: 1979Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb	18 900 kWh
-------------------------	------------

Tillförd elenergi

Till kompressorer	6 600 kWh
Till pump för jordslingan	600 kWh
Till pumpar för radiatorer och vvb	1 000 kWh

Gångtider

Kompressor 1	50 %
Kompressor 2	5 %

Värmefaktorer

COP <sub>B</sub>	2,9
COP <sub>N</sub>	2,6
COP <sub>T</sub>	2,3

Resultat Völund Q 700: Sammanfattning 1978--1979

Värmepumpen har under denna period producerat drygt 24 000 kWh värme med en värmefaktor COP<sub>N</sub> av 2,6 (dvs inklusive cirkulationspumpen för jordslingan). Detta innebär alltså en energibesparing av ca 62 %.

Av den totala elenergiförbrukningen till kompressor och cirkulationspump för jordslingan har den senare svarat för ca 9 %, vilket får anses vara godtagbart.

Framledningstemperaturen på radiatorvattnet är maximalt ca + 50° C och tappvarmvattnet är ca + 45° C.

Bringtemperaturen till värmepumpen varierar från + 12° C (augusti-september) till ± 0° C (februari-mars). Brinen kyls 2-3° C i värmepumpens förångare och värms alltså motsvarande i jordslingan.

Värmefaktorn som funktion av brinetemperaturen visas i bilaga 8.

#### 4.4.2 Värmepumpens funktion

Denna värmepump har fungerat bra hittills och husägaren är mycket nöjd med anläggningen. Värmepumpen har varit i drift i ca 1 1/2 års tid.

De enda fel som hittills har uppstått är att några säkringar har gått.

Husägaren tycker att värmepumpens moduluppbyggnad är ett bra system. Det är ganska enkelt att plocka ut en modul för en eventuell reparation. Värmeförsörjningen kan under tiden klaras enbart med den andra modulen. En ersättningsmodul kan eventuellt sättas in under reparationstiden. Det är också enkelt att vid behov komplettera anläggningen med ytterligare en modul.

#### 4.5 Mätningar av jordtemperaturen

Jordtemperaturen har mätts kring ett rör mitt i systemet och i en referenspunkt ca 15 m från systemet. Resultatet av temperaturmätningarna från december 1975 till maj 1976 framgår av bilagorna 9-18.

Observera att den temperaturgivare som ligger på 1,5 m djup ligger direkt mot PEL-röret. Vid 1,6-1,7 m djup vid röret finns en knyck i temperaturkurvan som torde bero på att mätpunkterna A5 och A6 (se bilaga 7) kan ha flyttat sig något genom att marken satt sig. Även kurvritningsprogrammet som plottat kurvan interpolerar här något felaktigt.

Av bilagorna 9-18 framgår att temperatursänkningen kring röret relativt referenspunkten är relativt blygsam. Vid röret uppgår den till maximalt 3-4° C. Vid markytan är temperatursänkningen obetydlig utom i maj då temperaturen ligger 3-4° C lägre vid rör-systemet. På större djup ligger temperaturen hela

tiden på  $1-2^{\circ}$  C lägre. Det finns dock en viss osäkerhet beroende på att referenspunkten kanske har något högre temperatur även om inte värme togs ur marken. Detta kunde tyvärr inte kontrolleras p g a att problem med mätutrustningen förhindrade temperaturmätningar innan värmepumpen togs i drift.

I ett jordvärmesystem kan marken betraktas som ett värmelager. Under sommarhalvåret lagras solenergi i marken som sedan tas upp av jordvärmepumpen under vinterhalvåret. Resultatet av temperaturmätningar under tre höstdagar 1977 och 1978 framgår av bilagorna 19 och 20.

Av dessa bilagor framgår att marken vid röret har återhämtat sig under sommaren och antagit i stort sett samma temperaturer som referensmarken ned till ca 2 m under markytan. Vid ca 3 m djup, eller ca 1,5 m under röret, är dock marken under röret  $1-2^{\circ}$  C kallare än motsvarande i referenspunkten.

Energiuttaget ur marken har i Eslövsanläggningen varit ca 10 000 kWh/år. Den nedgrävda slangen som ligger på 1,5 m djup är ca 400 m lång och den utnyttjade markytan är ca 800 m<sup>2</sup>.

Det innebär alltså att energiuttaget ur marken har varit ca 13 kWh/m<sup>2</sup> markyta och ca 25 kWh/m slang och år. För anläggningen i Rydsgård har dessa värden varit ca dubbelt så stora, dock även där tillräckligt små för att ej få permanent nedkylning av marken.

I Eslöv har husägaren odlat potatis, morötter m m ovanpå jordslangsystemet och alla grödor har växt mycket bra.

## 5 VÄRMEPUMPANLÄGGNINGEN I RYDSGÅRD

### 5.1 Allmänt

Värmepumpen, som är av fabrikat AGA-Thermia, togs i drift i januari 1977.

Värmepumpanläggningen hämtar värme ur marken och avger den till det i huset befintliga radiator- och tappvattensystemet. Installationens egenskaper representerar ett typiskt fall med ett ganska stort hus som har relativt dålig isolationsstandard och härav följande stort effektbehov samt hög årlig energiförbrukning.

Huset är i två plan med delvis uppvärmd källare. Totalt bebyggd yta är 154,6 m<sup>2</sup>. Bostadsytan är 235 m<sup>2</sup>. Huset är byggt 1906--1908 med putsade väggar av tegel med hålrum (kanalvägg) utan fyllning. Oljeförbrukning före värmepumpsinstallation var ca 6 m<sup>3</sup>/år. Antal vattenradiatorer är 28 st, varav 8 st har bytts till radiatorer med större värmeyta.

Den befintliga oljepannan behölls som reserv och toppeffektkapacitet.

Under 1979 uppstod fel på mätutrustningen. Detta upptäcktes tyvärr alltför sent, vilket har medfört att inga relevanta mätvärden från 1979 finns att redovisa. En snabbkontroll av värmepumpens värmefaktor visade dock att denna låg på samma nivå som 1977 och 1978. Det kan därför antas att värmepumpen har arbetat med samma prestanda under 1979 som de två tidigare åren.

### 5.2 Beskrivning

#### 5.2.1 Värmepump

Värmepumpen är av typ AGA-Thermia JBC 400. Kompressorn, som är av hermetiskt utförande och av kolvtyp, har märkeffekten 3,6 kW, fabrikat Copeland.

Förångaren är av koaxialtyp, expansionsventilen är termostatisk och kondensorn är dubbelmantlad. Köldmediet, R 22, kondenseras i yttermanteln och värmer där vattnet till det recirkulerande värmesystemet. Tappvarmvattnet värms sedan i det inre mantelutrymmet (ca 300 l).

Cirkulationspumpen för jordslingan har en märkeffekt av 0,55 kW.

Värmepumpen regleras av dels en reglercentral med framledningsgivare och utegivare, dels två termostater och en pressostat.

Med reglercentralen väljs ett samband mellan framledningstemperatur och utetemperatur som ger en viss inomhustemperatur under en årscykel.

Vidare kan natt- och dagsänkningar väljas med hjälp av tidur och ryttare. Brytdifferensen på framledningsgivaren är 7° C, dvs värmepumpen startas vid en viss framledningstemperatur och stoppas när denna temperatur har ökat 7° C. Reglercentralen ser alltså till att kondenseringstrycket inte blir högre än vad som behövs för att hålla en viss framledningstemperatur. När framledningstemperaturen når 50° C träder en max termostat i funktion. Denna har också brytdifferensen 7° C och reglerar värmepumpdriften mellan 43 och 50° C i framledningstemperatur.

Under en tidsperiod från vår till höst blir värmepumpens gångtid så kort att speciell drift för tappvarmvattenproduktion måste ske. Termostaten startar värmepumpen vid temperaturen 45° C. Samtidigt stannar radiatorpumpen. Värmepumpen går tills kondenseringstemperaturen blir 55° C. Då bryter pressostaten och radiatorpumpen startar igen. Är reglercentralen nollställd går inte radiatorpumpen.

Sammankopplingen mellan värmepump och oljepanna framgår av bilaga 21.

### 5.2.2 Jordslangsystemet

Under den varma årstiden lagras solenergi i marken. Det installerade jordslangsystemet består av 408 m PEL-rör, 40 x 3,7, med vatten-/glykolblandning (75/25 %).

Rören ligger på 1,5 m djup och på 2 m avstånd från varandra.

Plan över jordslangsystemet framgår av bilaga 22. Jorden är av typ hård lera.

Brineflödet genom jordslangsystemet är 0,8 l/s.

### 5.2.3 Mätutrustning

Ute i marken finns dels temperaturmätgivare för mätning av temperatur intill PEL-röret, dels givare i en referenspunkt.



Temperaturgivarna består av resistanstermometrar, Pt 100, kopplade i fyrledarkoppling. (Jordtemperaturen har avlästs med långa intervaller.)

Värmemängdsmätare finns för

- avgiven energi från värmepump till radiatorer
- avgiven energi från värmepump till tappvarmvatten
- upptagen energi från jordslangsystemet

Elenergimätare finns för

- kompressor
- cirkulationspump, jordslinga
- cirkulationspump, radiatorer
- värmepump totalt

Dessutom har drifttiden och antalet starter för kompressorn registrerats.

Med hjälp av dessa mätvärden, vilka avlästs veckovis, har analys av värmepumpen utförts.

Värmemängdsmätarna levereras av Svensk Värmemängdsmätning med integreringsverk typ SVM651 med tillhörande motståndstermometrar typ TM152.

Mätutrustningen är inkopplad enligt bilaga 21.

### 5.3 Driftresultat

#### 5.3.1 Energimässigt

Resultat: Juli 1977 till december 1977

##### Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb 13 600 kWh

##### Tillförd elenergi

Till kompressor 4 500 kWh

Till pump för jordslingan 700 kWh

Till pumpar för radiatorer och vvb 400 kWh

##### Värmefaktorer

COP<sub>B</sub> 3,0

COP<sub>N</sub> 2,6

COP<sub>T</sub> 2,4

Resultat: 1978

##### Avgiven värmeenergi

Till radiatorer och vvb 28 700 kWh

Tillförd elenergi

Till kompressor	9 900 kWh
Till pump för jordslingan	1 900 kWh
Till pumpar för radiatorer och vvb	800 kWh

Gångtid

Kompressor	40 %
Antal starter kompressor	ca 23 000

Värmefaktorer

COP <sub>B</sub>	2,9
COP <sub>N</sub>	2,4
COP <sub>T</sub>	2,3

Resultat: Sammanfattning 1977--1978

Värmepumpen har under denna tid producerat över 42 000 kWh värme. Värmefaktorn COP<sub>N</sub> har varit 2,5. Detta innebär en energibesparing på 60 %.

Detta är alltså inklusive elförbrukningen till cirkulationspumpen för jordslingan. Av den totala elenergiförbrukningen till kompressor och cirkulationspump för jordslingan har den senare svarat för ca 15 %. Det borde finnas möjligheter att ytterligare optimera detta system genom val av annan rördimension, flera kretsar eller mindre pump. Detta borde leda till en energibesparing på ytterligare 2-3 %.

Temperaturen på brinen har i Eslövsanläggningen aldrig varit under  $+ 0^{\circ}\text{C}$ , medan man i Rydsgård har uppmätt som kallast  $- 4^{\circ}\text{C}$  i mars.

Värmefaktorerna variation över ett år (1978) visas i bilaga 23.

## 5.3.2 Värmepumpens funktion

Det har visat sig att husets effektbehov är så stort att man vid kalla perioder behöver ställa av anläggningen och köra oljepannan. I driftkonstruktionen från värmepumpleverantören tillåts ej paralleldrift på hög returtemperatur från radiatorer. Anläggningen fungerar nu till full belåtenhet och övergång mellan värmepump och panna kan klaras manuellt utan större svårighet. Förutom ett mindre köldmedieläckage har inga driftstörningar som kan tillskrivas värmepumpen förekommit.

Ett problem som nyligen upptäcktes är att det bildas kondens på cirkulationspumpen för jordslingevattnet. Cirkulationspumpen sitter i botten av värmepumpskåpet och eftersom det bildas ganska mycket kondensvatten har det blivit vattenpölar i

botten av värmepumpskåpet. Om inte pumpen inkapslas eller något liknande görs är risken för stora rostskador stor i framtiden.

Pumpens prestanda har innehållits men har under kalla perioder ej räckt till för att hålla temperaturen högre än ca  $18^{\circ}\text{C}$  inomhus. Startfrekvensen är dessutom under låg radiatorbelastning (ca  $25^{\circ}\text{C}$  ut) onödigt hög, vilket på sikt kan inverka menligt på kompressorns livslängd.

#### 5.4 Mätningar av jordtemperaturen

Jordtemperaturen har mätts kring ett av plaströren i systemet samt i en referenspunkt utanför jordslangsystemet.

Resultatet av temperaturmätningarna under senvintern och våren 1977 framgår av bilagorna 24-26.

Temperatursänkningen kring röret relativt referenspunkten är, precis som i Elsövmätningarna, liten. Vid röret uppgår den till max  $4-5^{\circ}\text{C}$  och i övrigt  $1-3^{\circ}\text{C}$ .

Inte heller i Rydsgård har någon permanent avkylning av marken kunnat påvisas, utan marken återhämtar sig under sommaren. Detta framgår av bilagorna 26 och 27. Redan i mitten av juni är marken så gott som återställd.

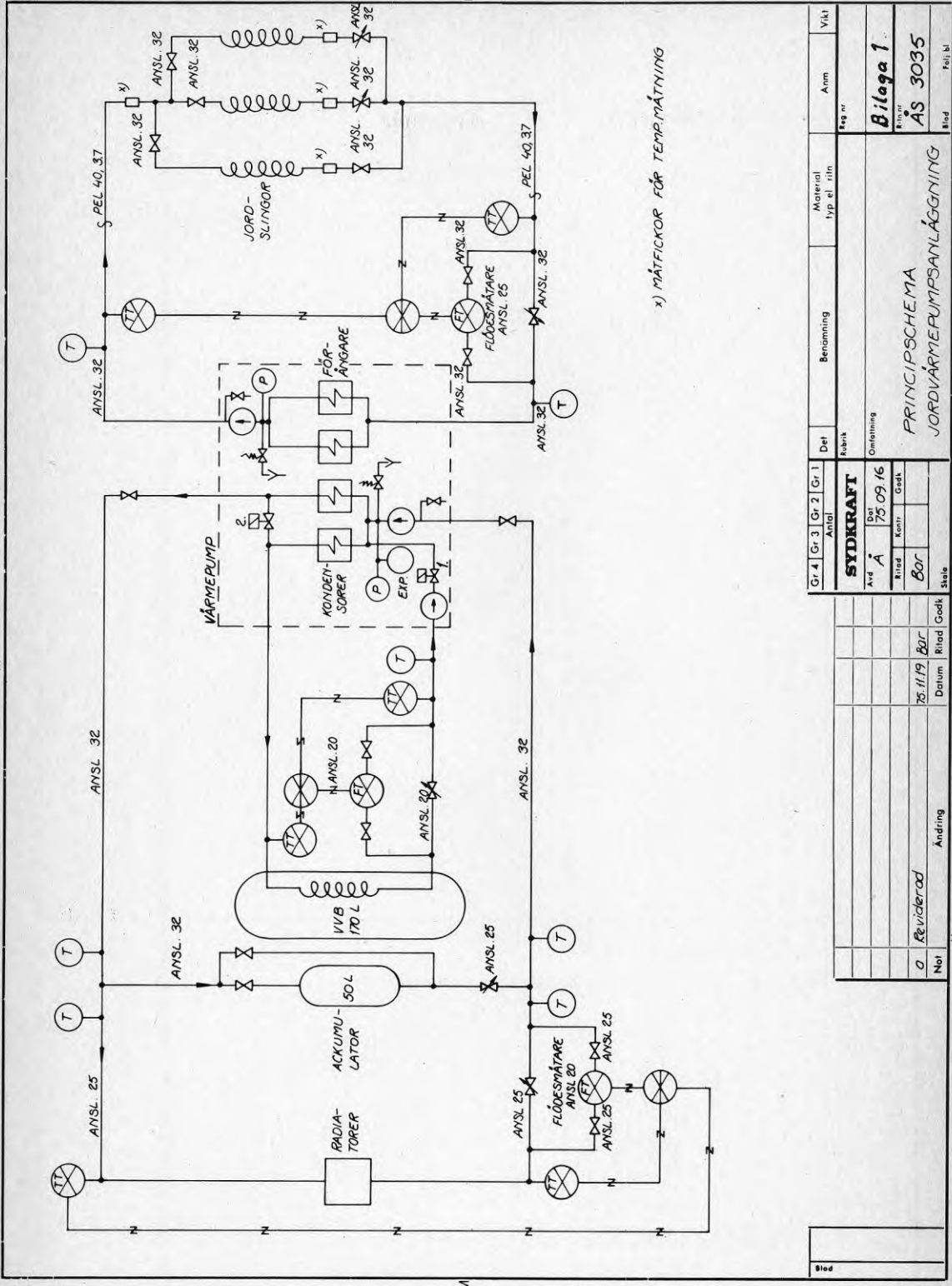
Att undvika permanent nedkylning av marken är en fråga om att dimensionera jordvärmearläggningen rätt, dvs att ej ta ut för mycket energi per  $\text{m}^2$  markyta.

I Rydsgård har ca 410 m slang grävts ned på  $1,5$  m djup och den utnyttjade markytan är ca  $850 \text{ m}^2$ . Energiuttaget ur marken har varit ca  $20\,000 \text{ kWh/år}$ , vilket alltså innebär ca  $25 \text{ kWh/m}^2$  markyta och ca  $50 \text{ kWh/m}$  slang.

Dessa värden har alltså varit så låga att marken har kunnat återhämta sig temperaturmässigt under sommaren.

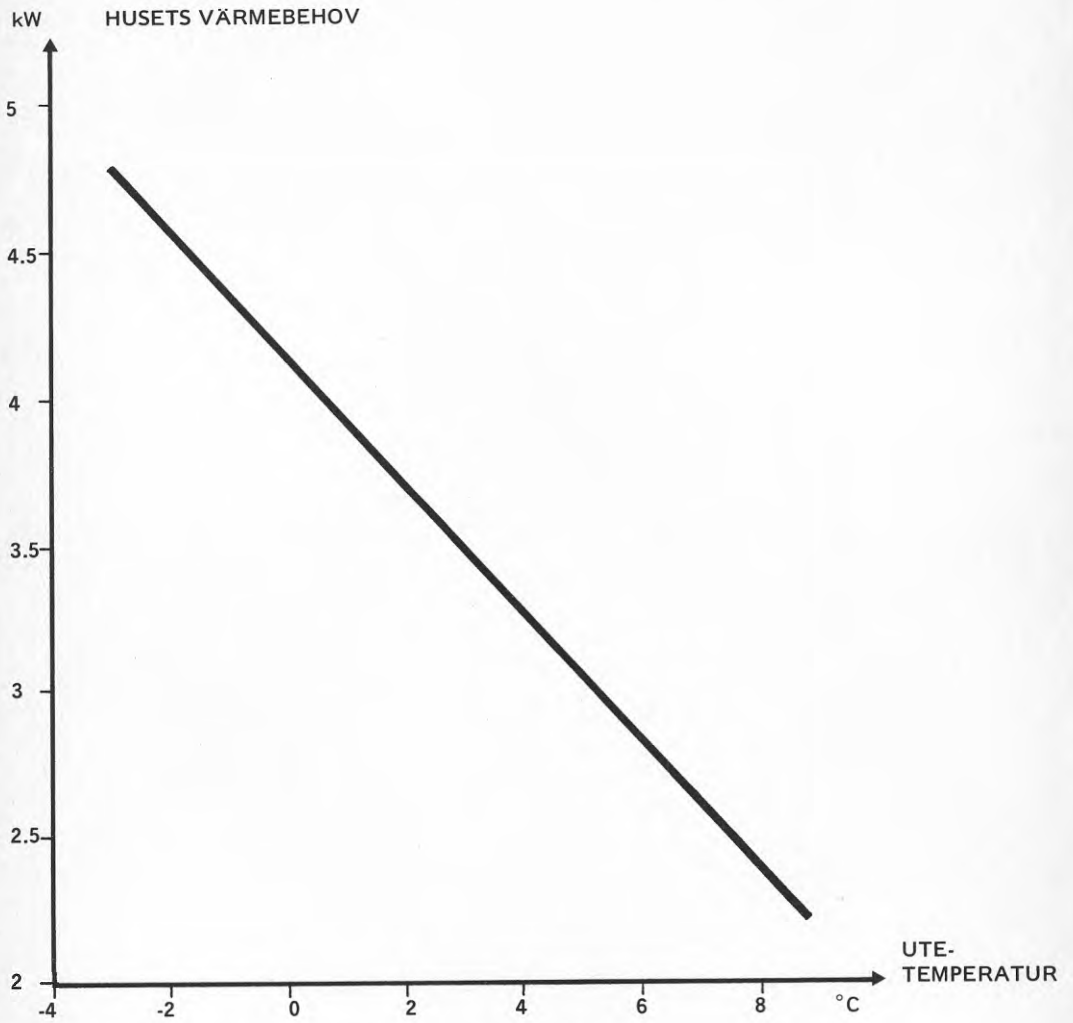
I detta sammanhang bör nämnas två möjligheter som står till buds utifall den markyta som finns är något för liten för en jordvärmepump. Den ena möjligheten är att koppla solfångare till jordslangsystemet och därmed på så att säga konstgjord väg hjälpa marken att ackumulera solvärme. Den andra möjligheten är att installera en värmepump med sk dubbelförångare, dvs en värmepump som utnyttjar både jorden och luften som värmekälla. I dessa fall tas den energimängd som är möjlig ur marken, medan resterande tas ur luften.





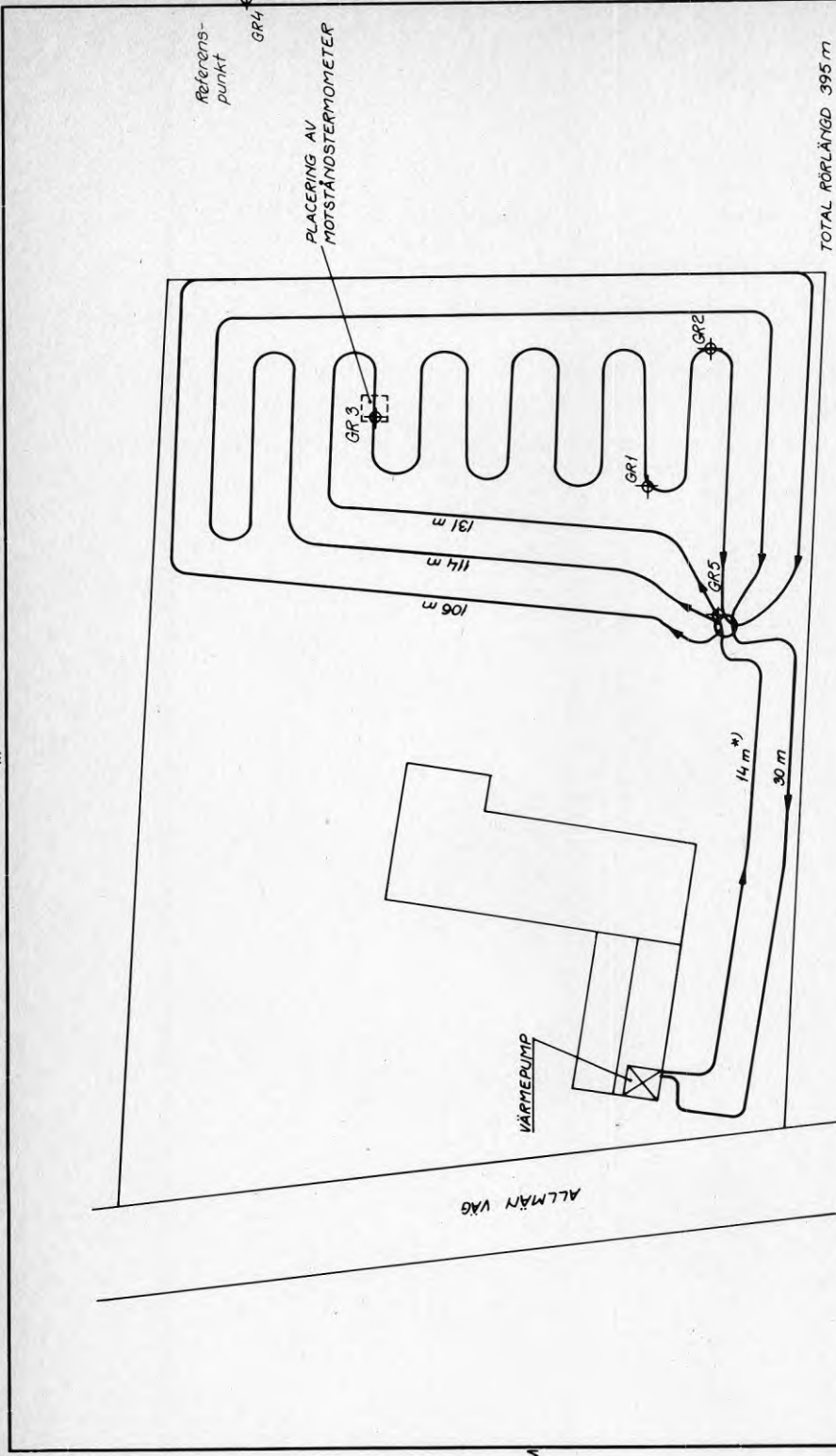
x) MÄTICKOR FÖR TEMP.MÄTNING

Gr. 4	Gr. 3	Gr. 2	Gr. 1	Def. Rubrik	Beräkning	Material typ el rin	Antm	Vikt
<b>STYDKRAFT</b> Antl 75 09 16				Bilaga 1 AS 3035				
AVE A Ritad Bor Godk				Ombyggnad PRINCIPSCHEMA JORDVÄRMEPUMPSANLÄGGNING				
No 1 Andring				75-11/19 Datum Bor				
No 2 Andring				75-11/19 Datum Bor				
No 3 Andring				75-11/19 Datum Bor				
No 4 Andring				75-11/19 Datum Bor				

ESLÖV

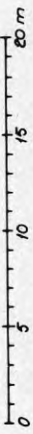
Husets värmebehov som funktion av utetemperaturen

M



\*) LEDNING DELVIS ISOLERAD

TOTAL RÖRLÄNGD 395 m



Gr 4	Gr 3	Gr 2	Gr 1	Del	Material	Ann	Vikt
Antal				Subtit	typ el ritn		
<b>SYDKRAFT</b>							
Avid A				Omfattning			
Datum 25.07.17				JORDVÄRMEPUMPANLÄGGNING			
Blad Bor				ESLÖV			
Blad Bor				Bilag 3			
Blad Bor				ÅS 3033			
Blad Bor				Folj bi			

Not	Ändring	Datum	Risad	Geok	Skets
0	Jupbr.	25.11.03	Bor		

Teckenförklaringar till bil 4 - 6

w = vatteninnehåll

c<sub>v</sub> = värmekapacitet

γ<sub>d</sub> = torrsvikt

e = porantal (porandel i förhållande till fasta ämnen)

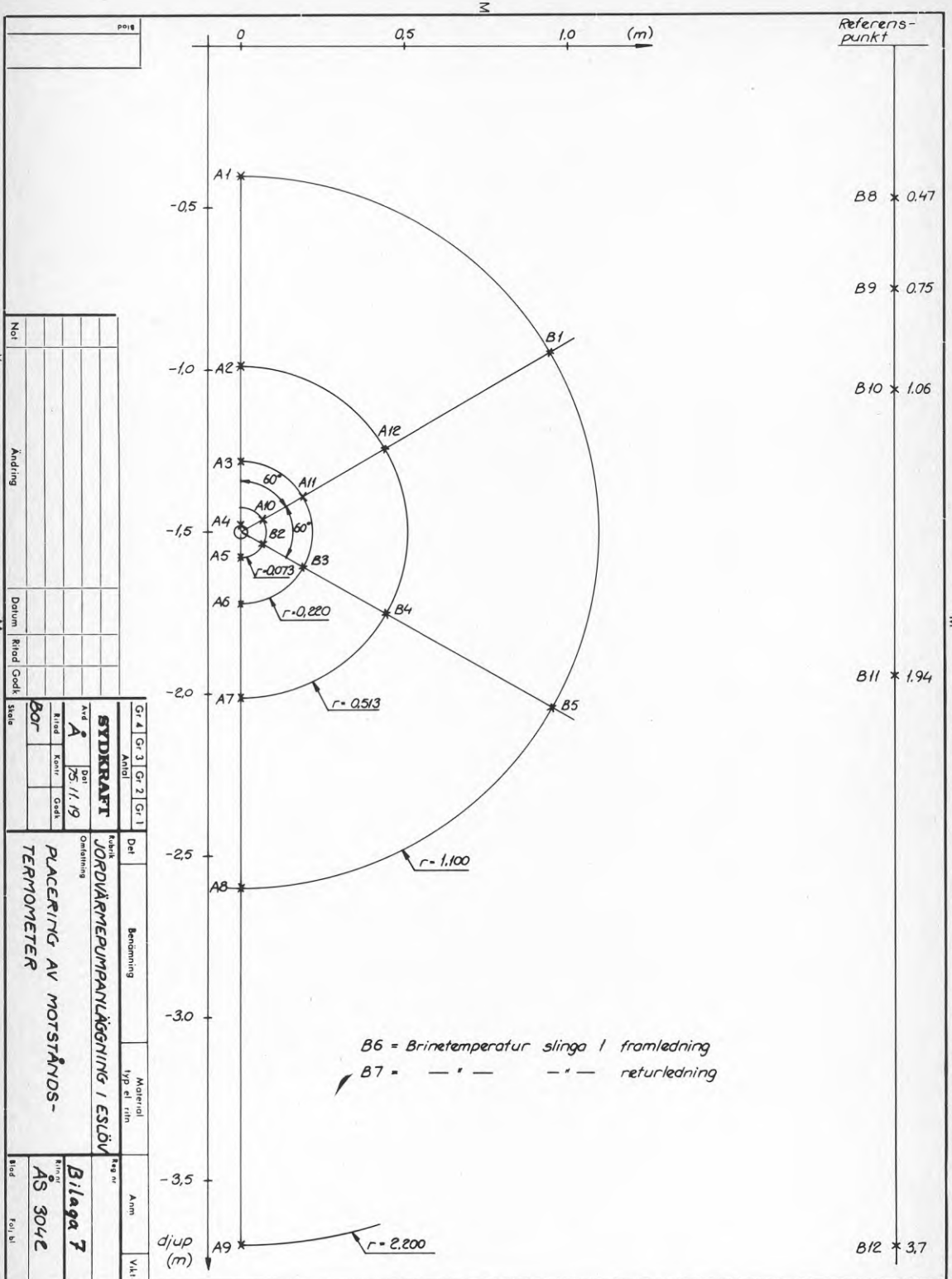
S<sub>r</sub> = mättnadsgrad (hur stor del av porvolymen som är vattenfylld)

Forsøgsresultater →			Teste Dybde	Lab. no.	Jordart	Karakterisering	Alder.		
Bilaga 4									
					Boring no. 1				
				78	FYLD:SAND, fint, silth., let muddet, inhomogent				
				79	SAND, ret fint, silth., let leret, let gruset	Smeltev. afl. / Gletscher afl.	Sengl. / Glac.		
				80	LER, sandet, silth., gruset	" / "	" / "		
				81	" " " "	" / "	" / "		
					Boring no. 2				
				83	SAND, siltholdigt		Overjord		
				84	SAND, ret fint, silth., gruset, stenet	Smeltev. afl. / Gletscher afl.	Sengl. / Glac.		
				85	LER, sandet, silth., gruset	" / "	" / "		
	86	" " " " med rodfibre	" / "	" / "					
<b>FORELØBIGT TRYK</b>									
10	20	30	% w	GEOTEKNISK INSTITUT		BOREPROFIL			
10	20	30	t/m <sup>2</sup> c <sub>v</sub> , c <sub>v</sub>						
			t/m <sup>3</sup> γ	Bor. udf. 19-8-1975		Sag: K74216 Eslov			
				af: DGI/TB					
10	20	30	40	50	60	70	Sond. modstand	Tegn.: u. v. Kontr.:	Boring no. 1 og 2
Signaturforklaring på bilag no.				Godk.:	d.	Bilag no.			

Forsøgsresultater →			Kote Dybde	Lab. no.	Jordart	Karakterisering	Alder.	
Bilaga 5								
Boring no. 3								
				87	SANDMULD	Overjord		
				88	LER, silth., sandet, gruset	Smeltev.afl./ Gletscherafl. Sengl./Glac.		
				89	" meget sandet, silth., gruset	"/"	"/"	
Boring no. 4								
				91	SANDMULD, siltholdigt	Overjord		
				92	LER, sandet, silth., gruset	Smeltev.afl./ Gletscherafl. Sengl./ Glaciale		
				93	MORÆNELER, stenet, sandet, siltholdigt	Gletscherafl. Glaciale		
94	" " "	" " "						
FORELØBIGT TRYK								
40	20	30	% w	GEOTEKNISK INSTITUT		BOREPROFIL		
40	20	30	t/m <sup>2</sup> c <sub>v</sub> , c <sub>v</sub>					
			t/m <sup>3</sup> γ	Bor. udf. 19-8-1975		Sag:		
				af: DGI/TB		K74216 Eslev		
10	20	30	40	50	60	70	Sond. modstand	
Signaturforklaring på bilag no.				Tegn.: u. v.	Kontr.:	Boring no. 3 og 4		
				Godk.:	d.	Bilag no.		



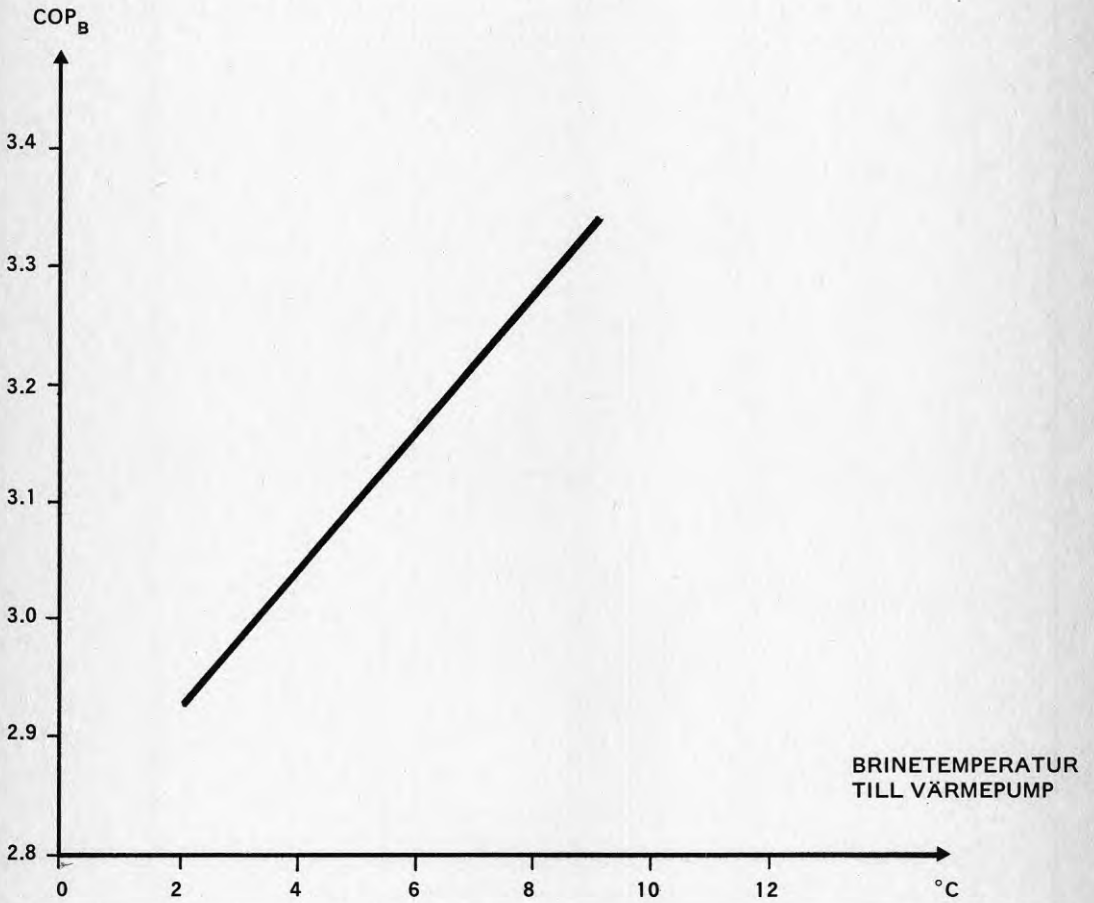
Forsøgsresultater →			Kote- Dybde	Lab. no.	Jordart	Karakterisering	Alder.			
Bilaga 6										
Boring no. 5										
				1	95	SANDMULD, siltholdigt	Overjord			
					96	LER, sandet, silth., gruset	Smeltev. afl. / Gletscherafl.	Sengl. / Glac.		
					97	" " " " " med rodgang				
					98	" " " " "				
					99	" " " ret fedt, gruset				
					100	" " " silth., gruset				
					101	" " " " "				
					102	" " " " "				
				2	103	MORÆNELER, stenet, sandet	Gletscherafl. Glaciält			
				FORELØBIGT TRYK						
40	20	30	% w	GEOTEKNISK INSTITUT		BOREPROFIL				
10	20	30	t/m <sup>2</sup> c <sub>v</sub> , c <sub>v</sub>							
1,4	1,8	2,2	t/m <sup>3</sup> γ, γ <sub>d</sub>	Bor. udf. 19-8-1975		Sag: K74216 Eslov				
0,4	0,6	0,8	e	af: DGI/TB						
40	60	80	% S <sub>r</sub>	Tegn.: u.d.	Kontr.:	Boring no. 5				
Signaturforklaring på bilag no.				Godk.:	d.	Bilag no.				



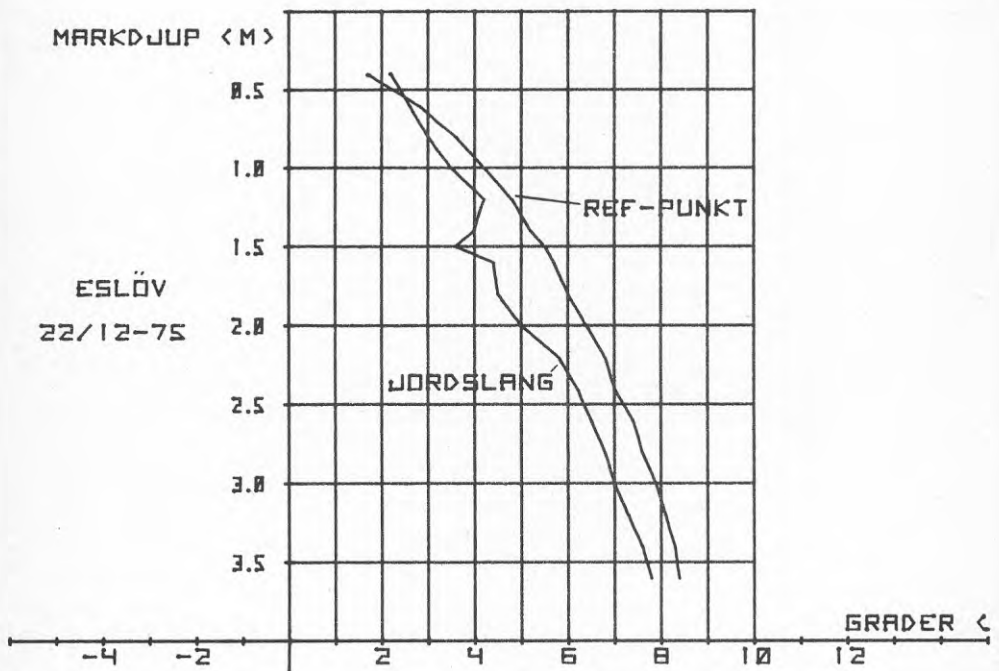
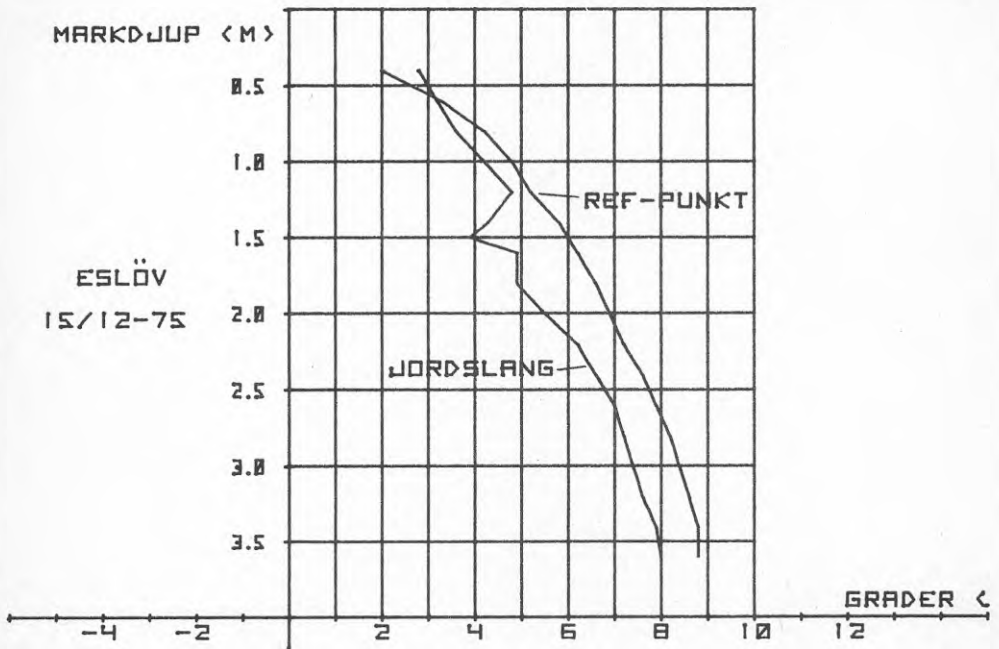


ESLÖV

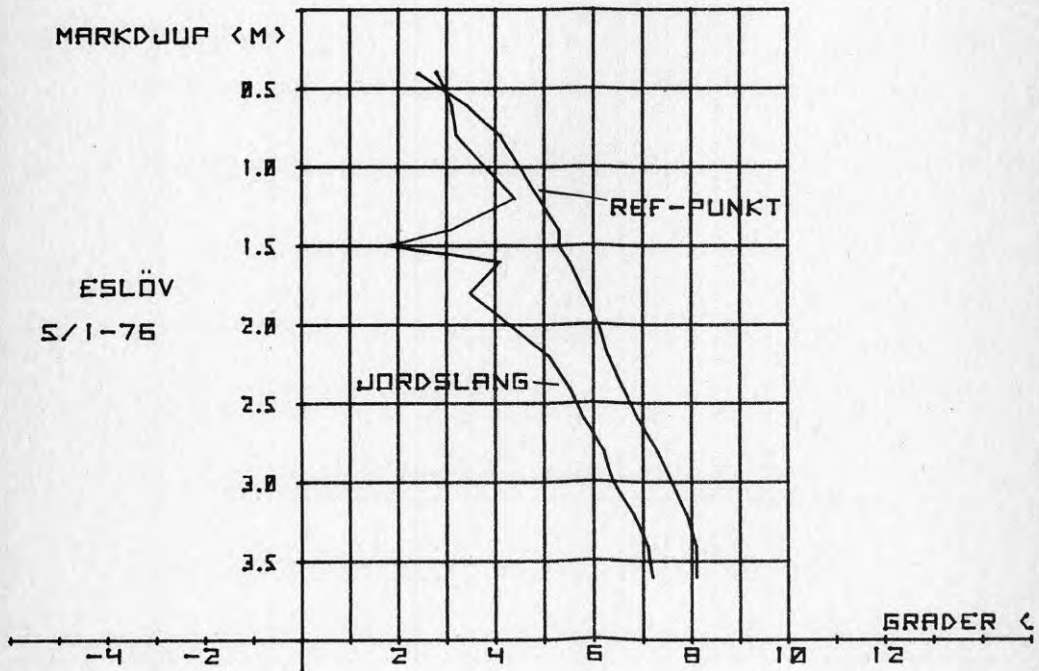
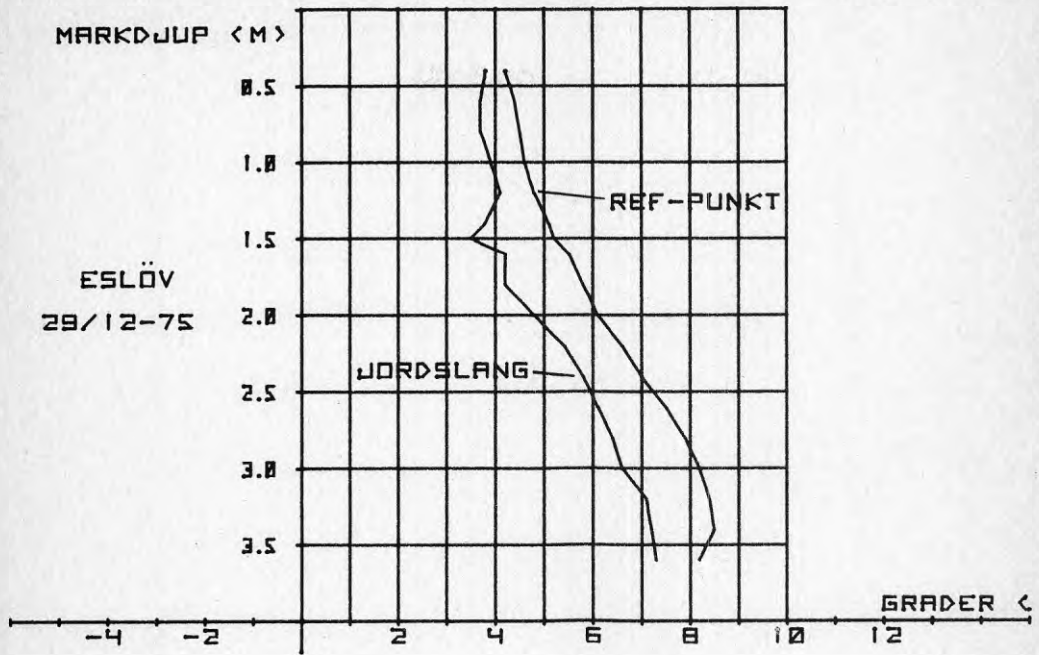
VÄRMEFAKTORN SOM FUNKTION AV BRINETEMPERATUREN



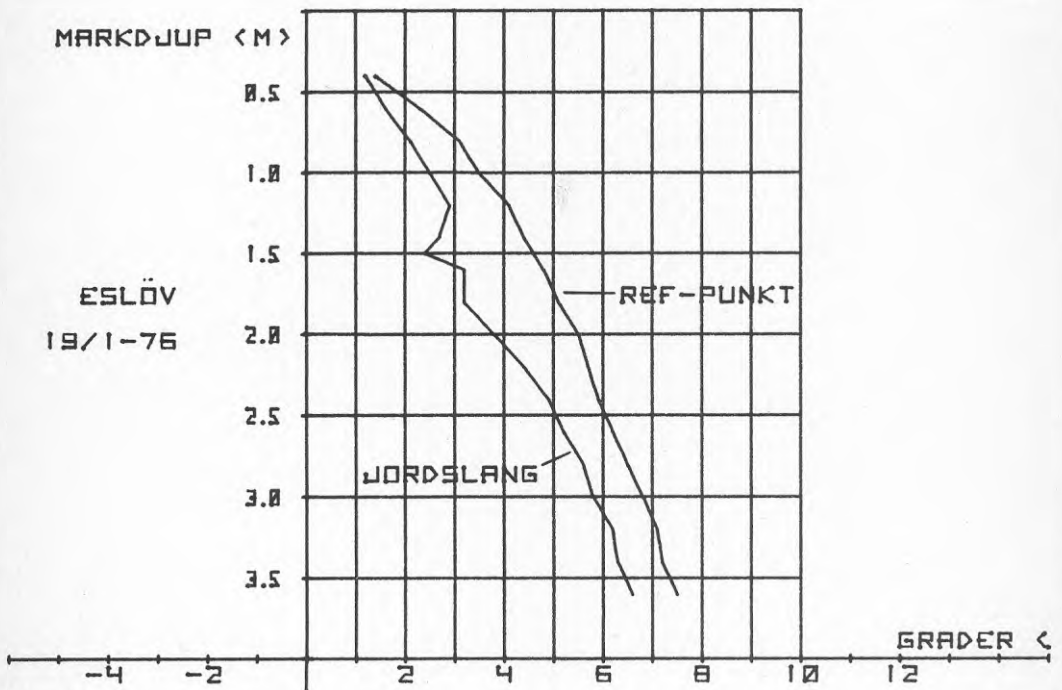
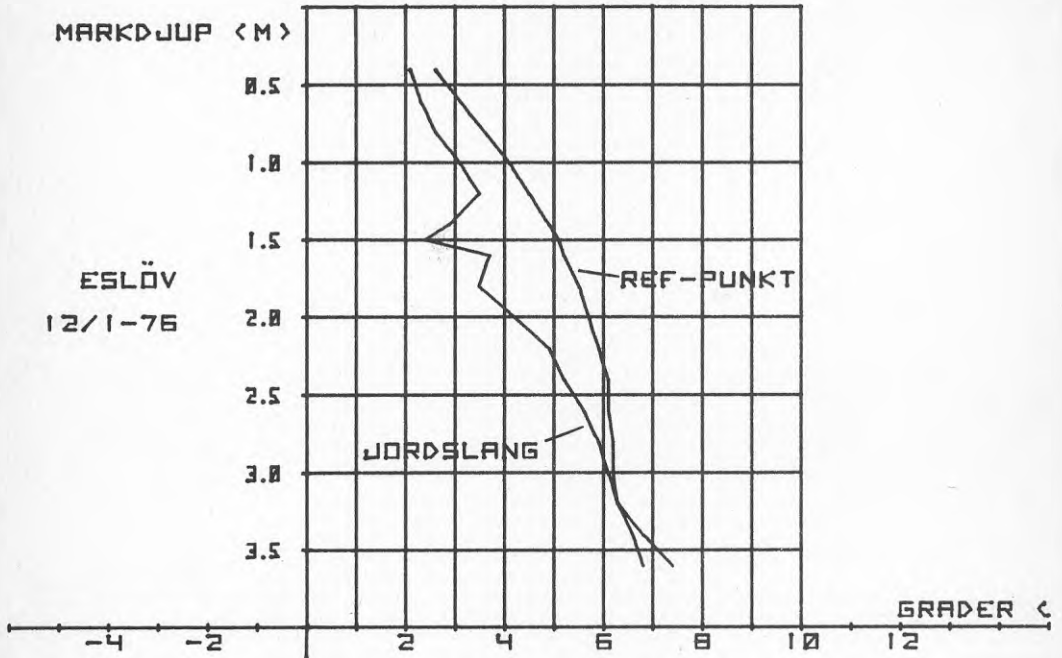
VÄRMEFAKTORN SOM FUNKTION AV BRINETEMPERATUREN

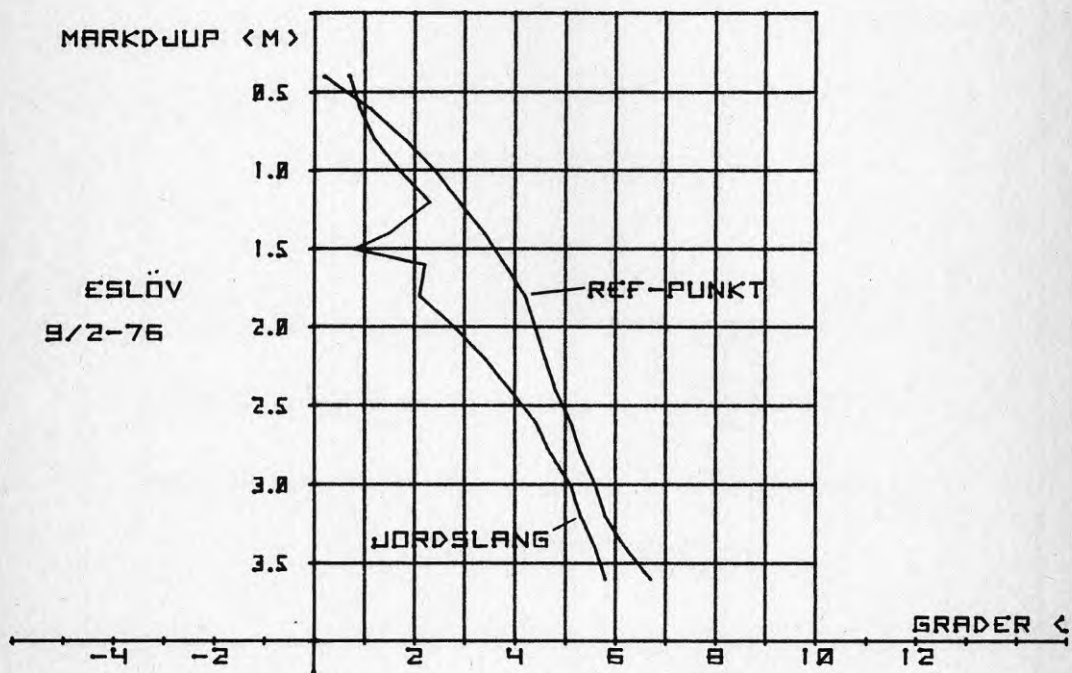
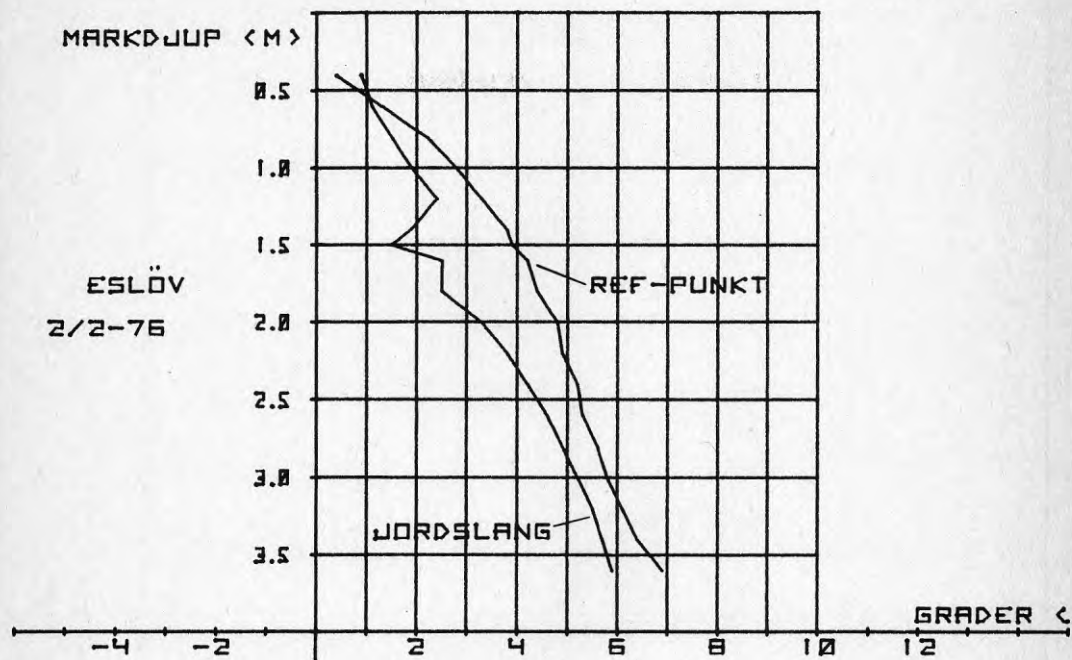
TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

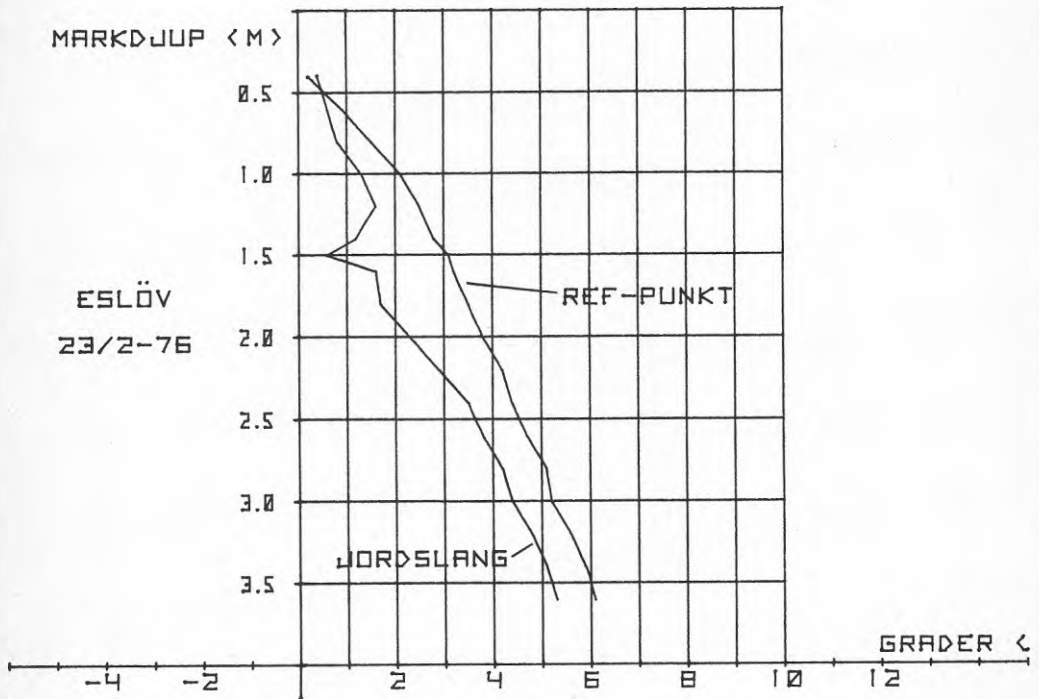
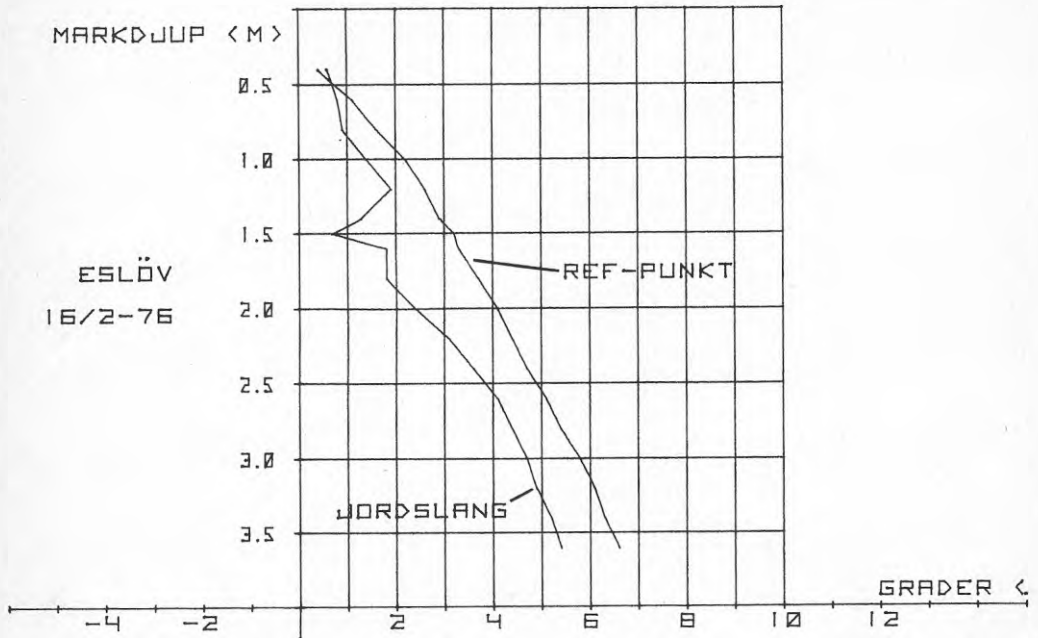


TEMPERATUREN SOM FÅR AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT



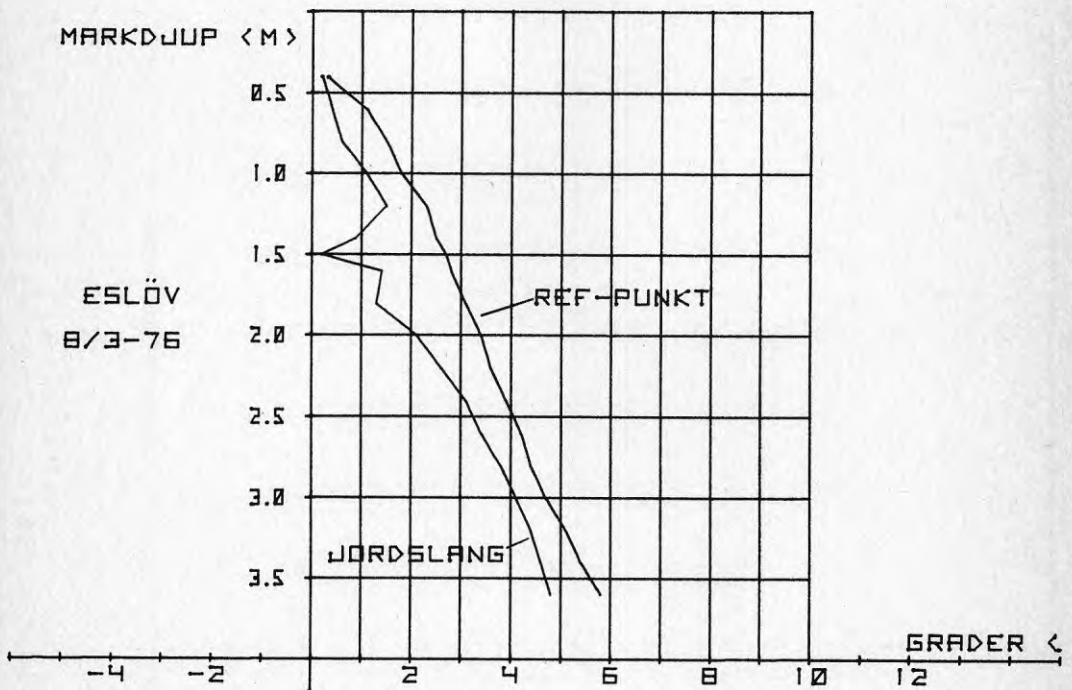
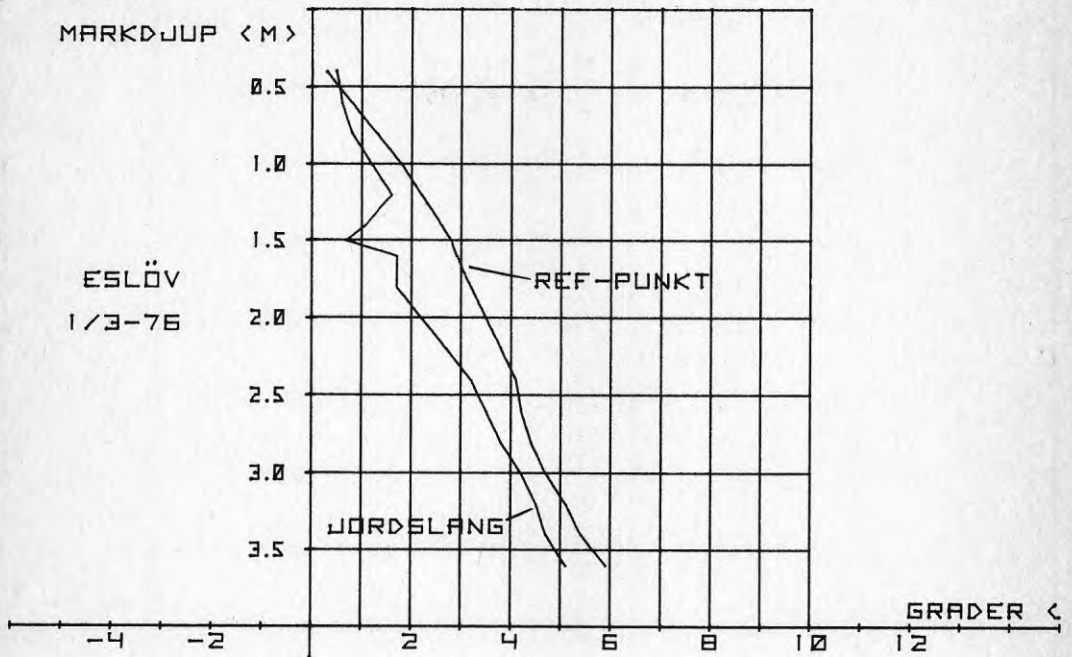
TEMPERATUREN SOM FÅS AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

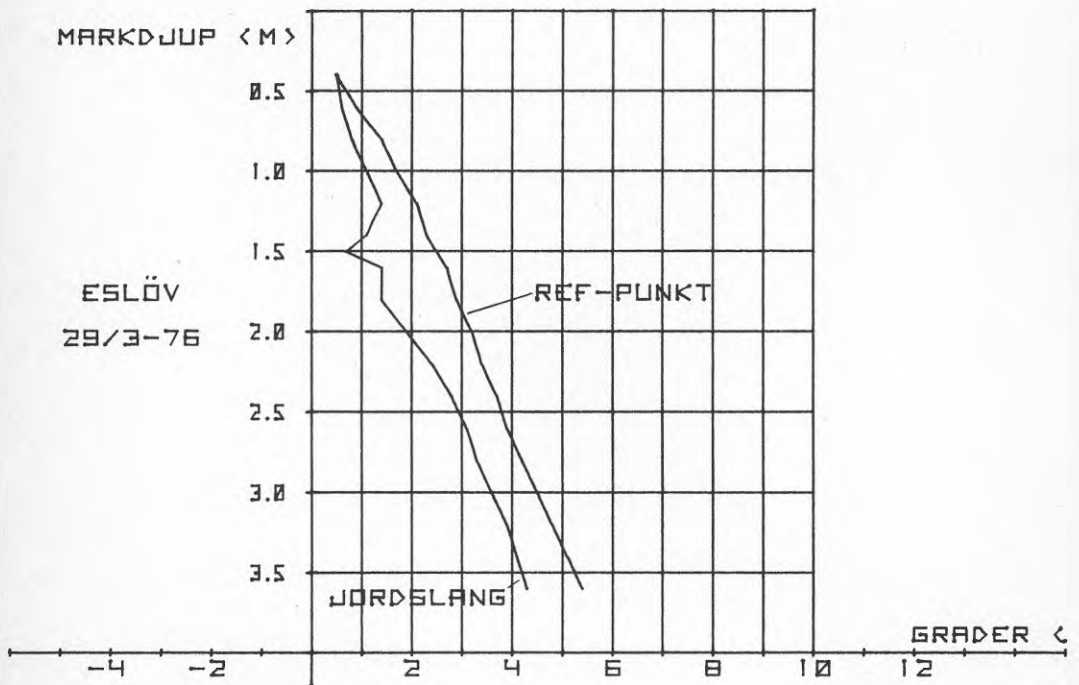
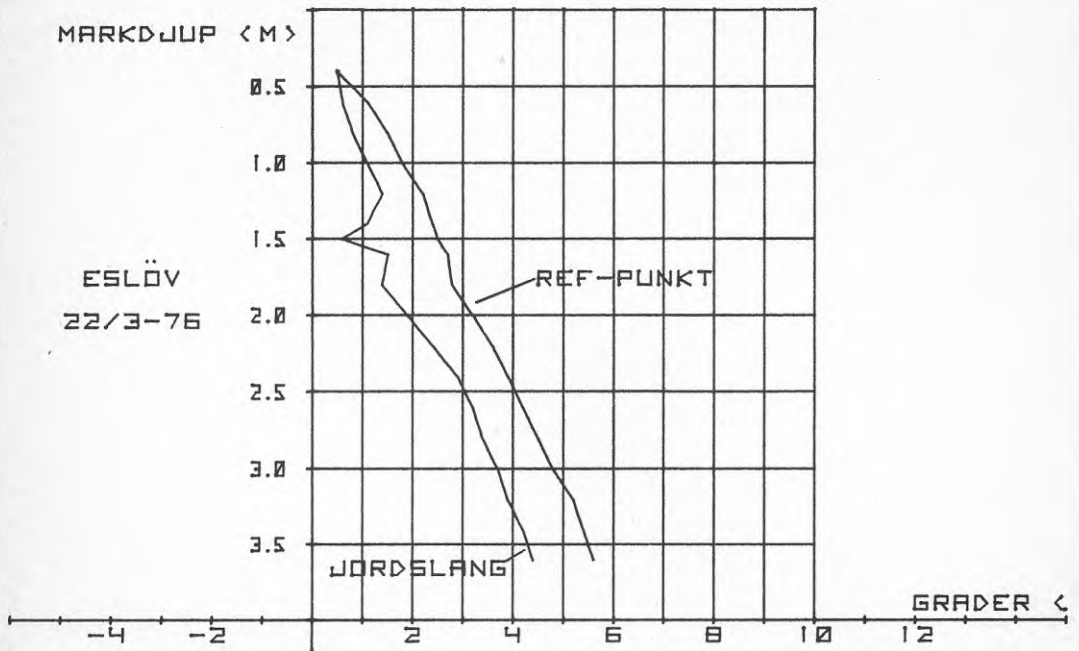
TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID ROR OCH REFERENSPUNKT





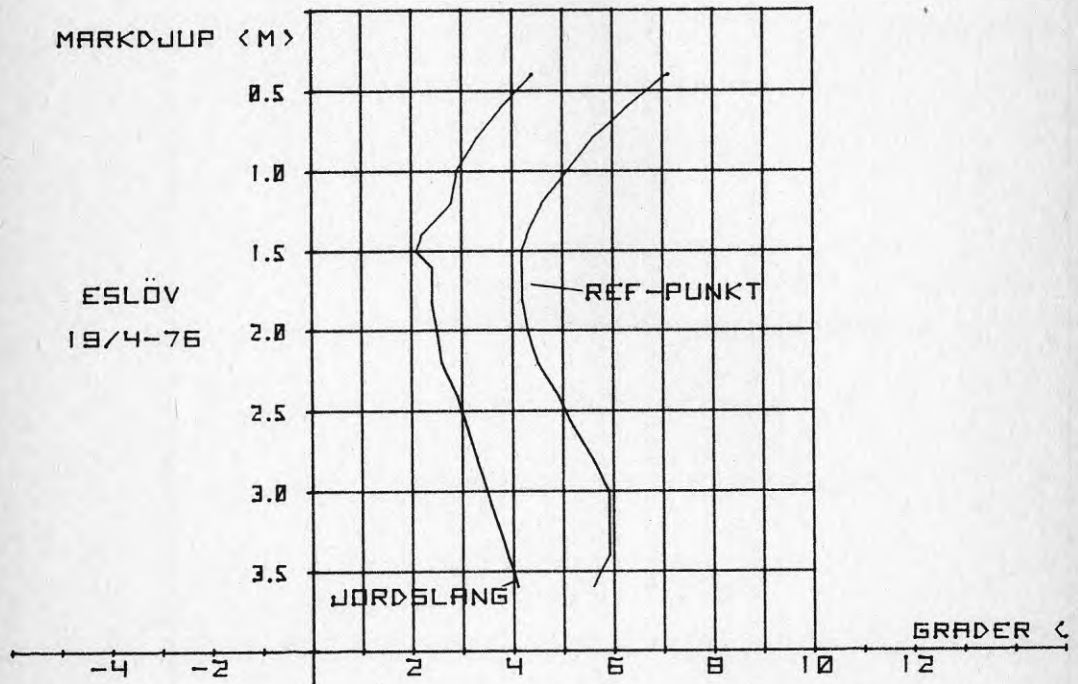
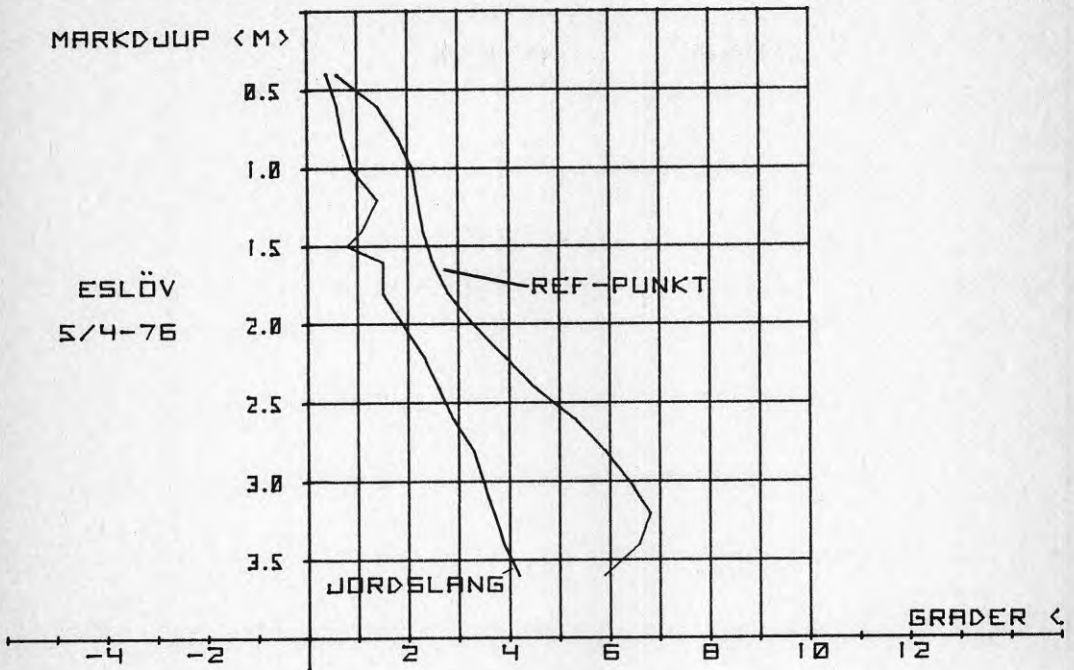
TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT



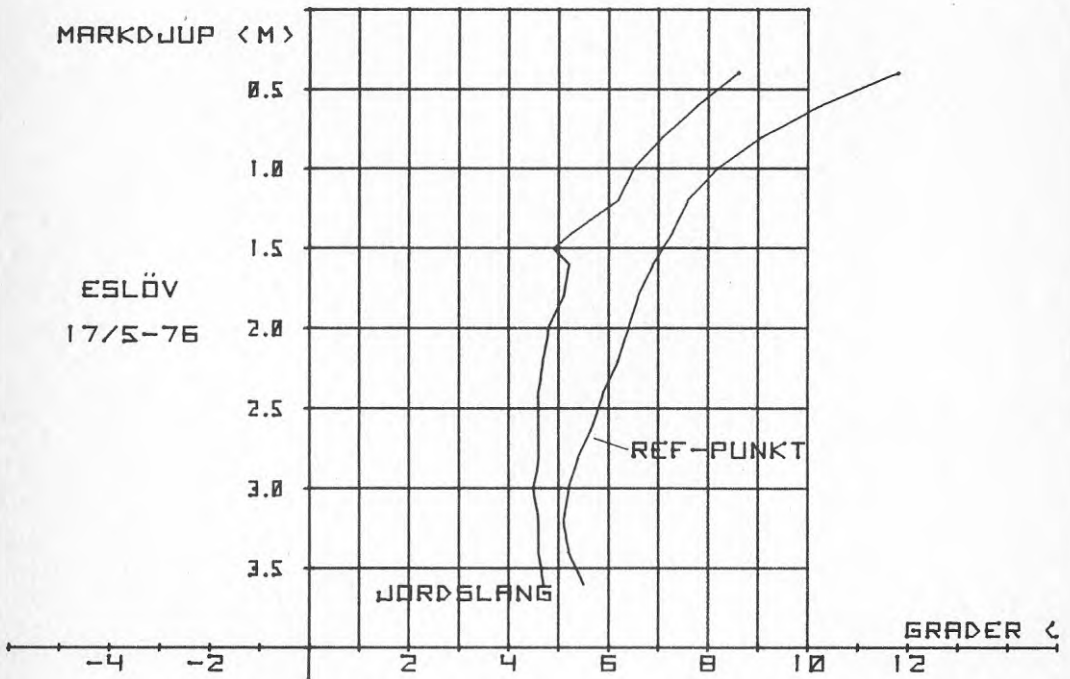
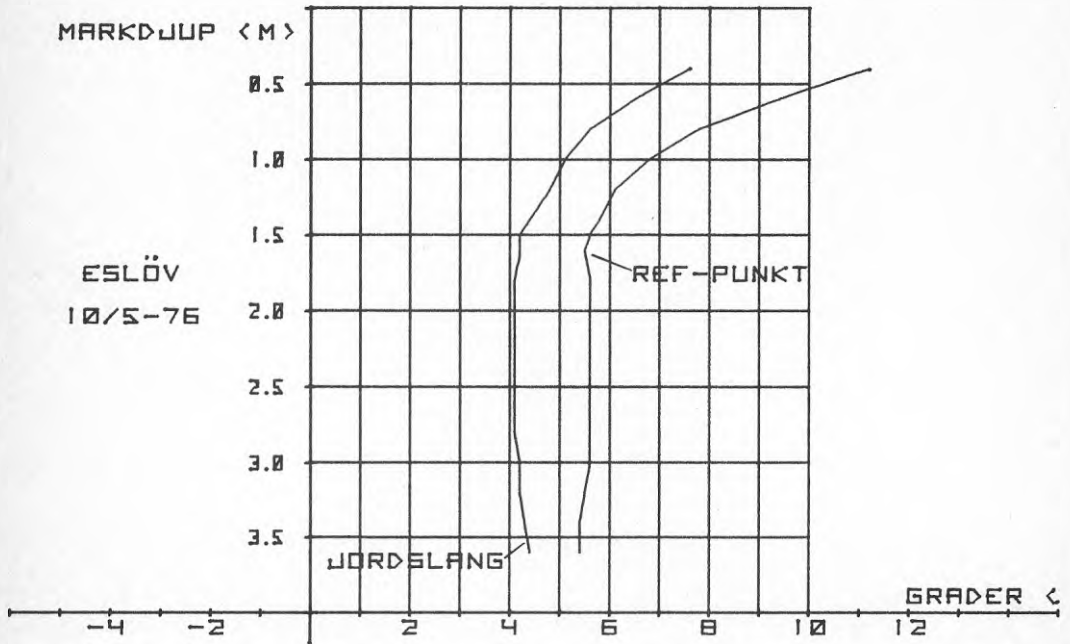
TEMPERATUREN SOM FÖR AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

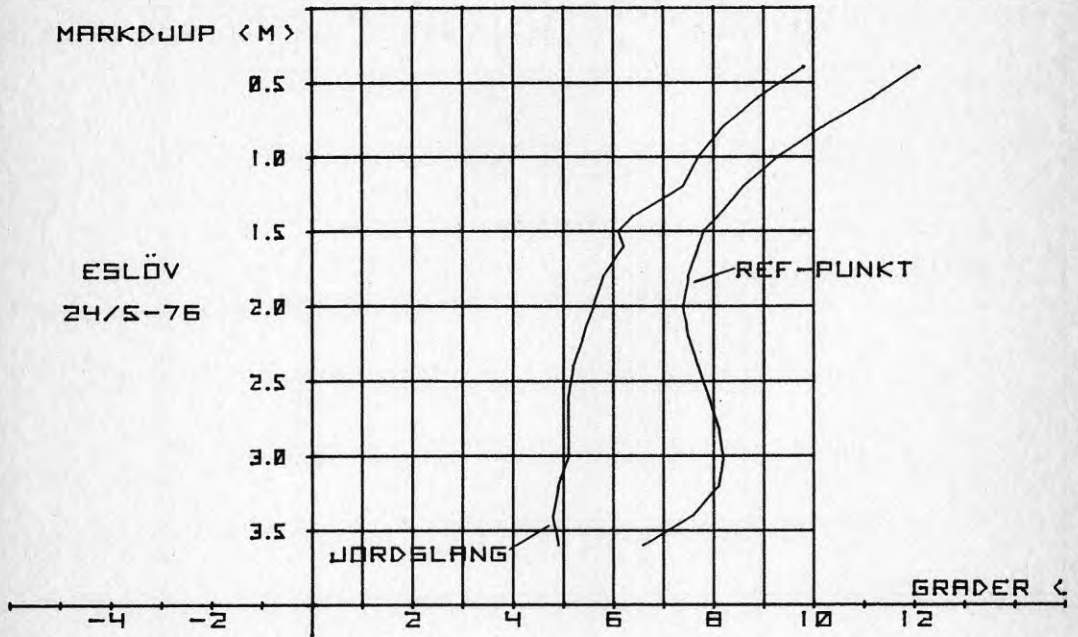


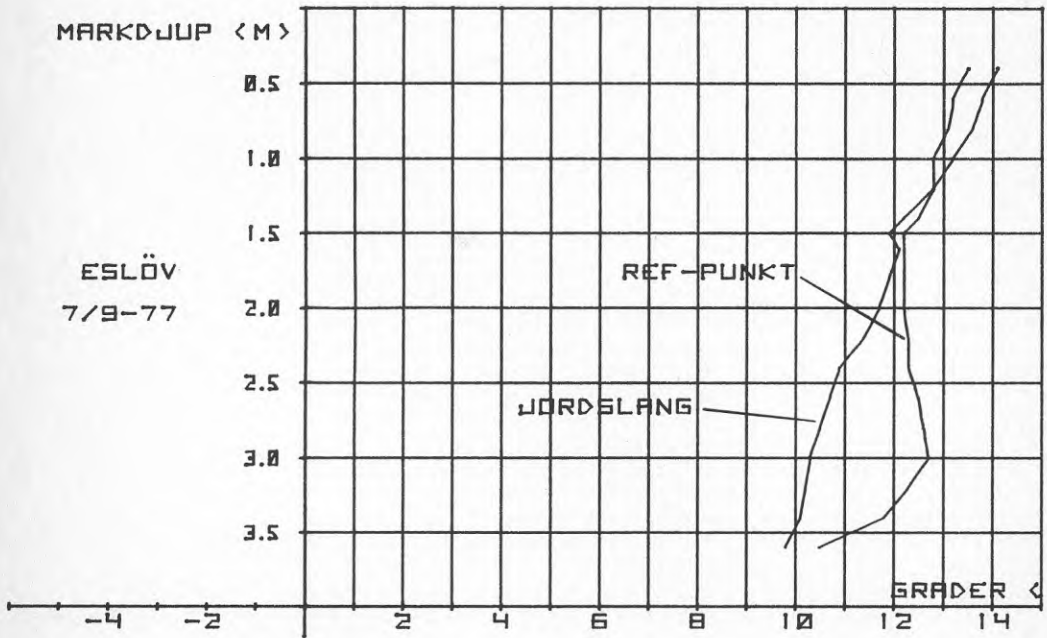
TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT



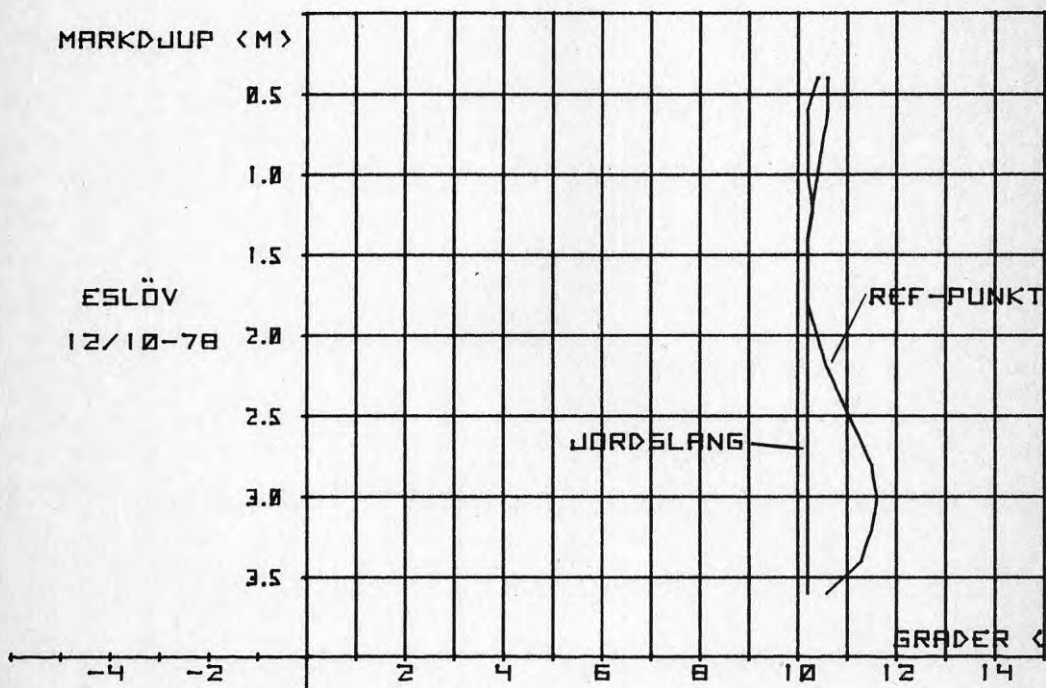
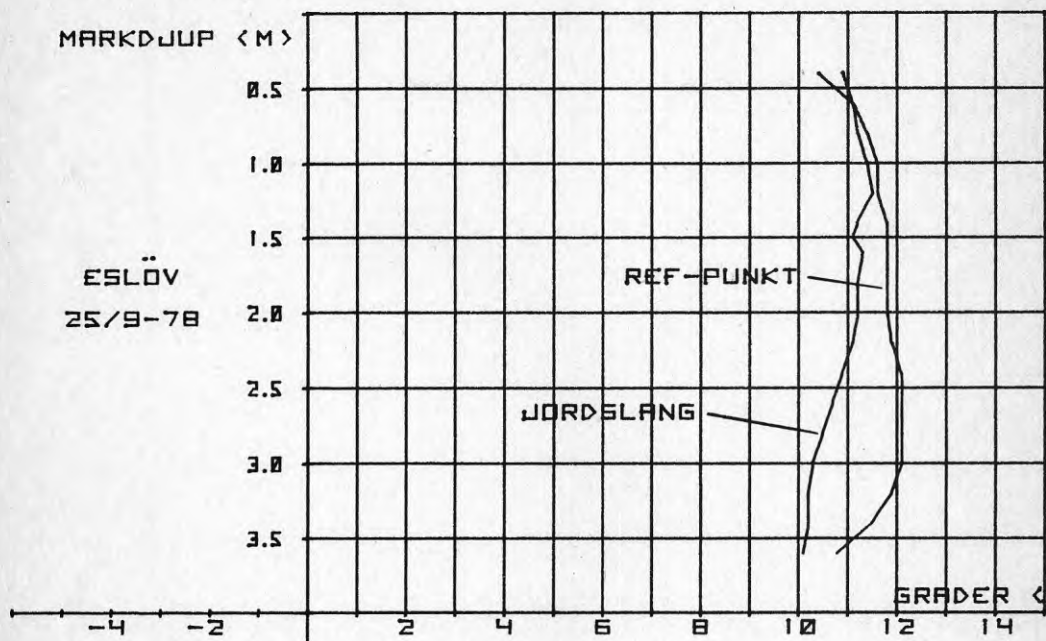
TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID ROR OCH REFERENSPUNKT

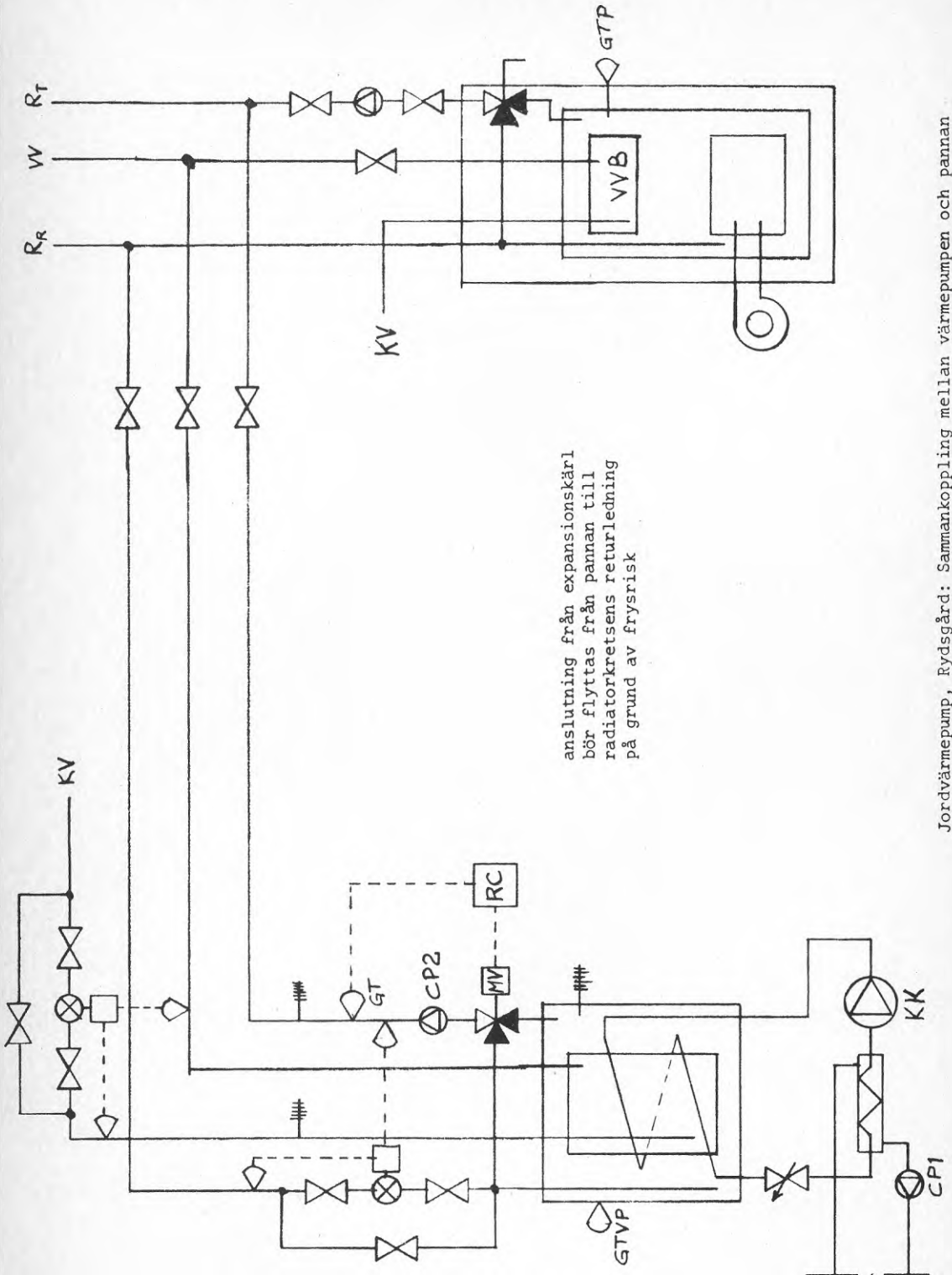


TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

TEMPERATUREN SOM FÅN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

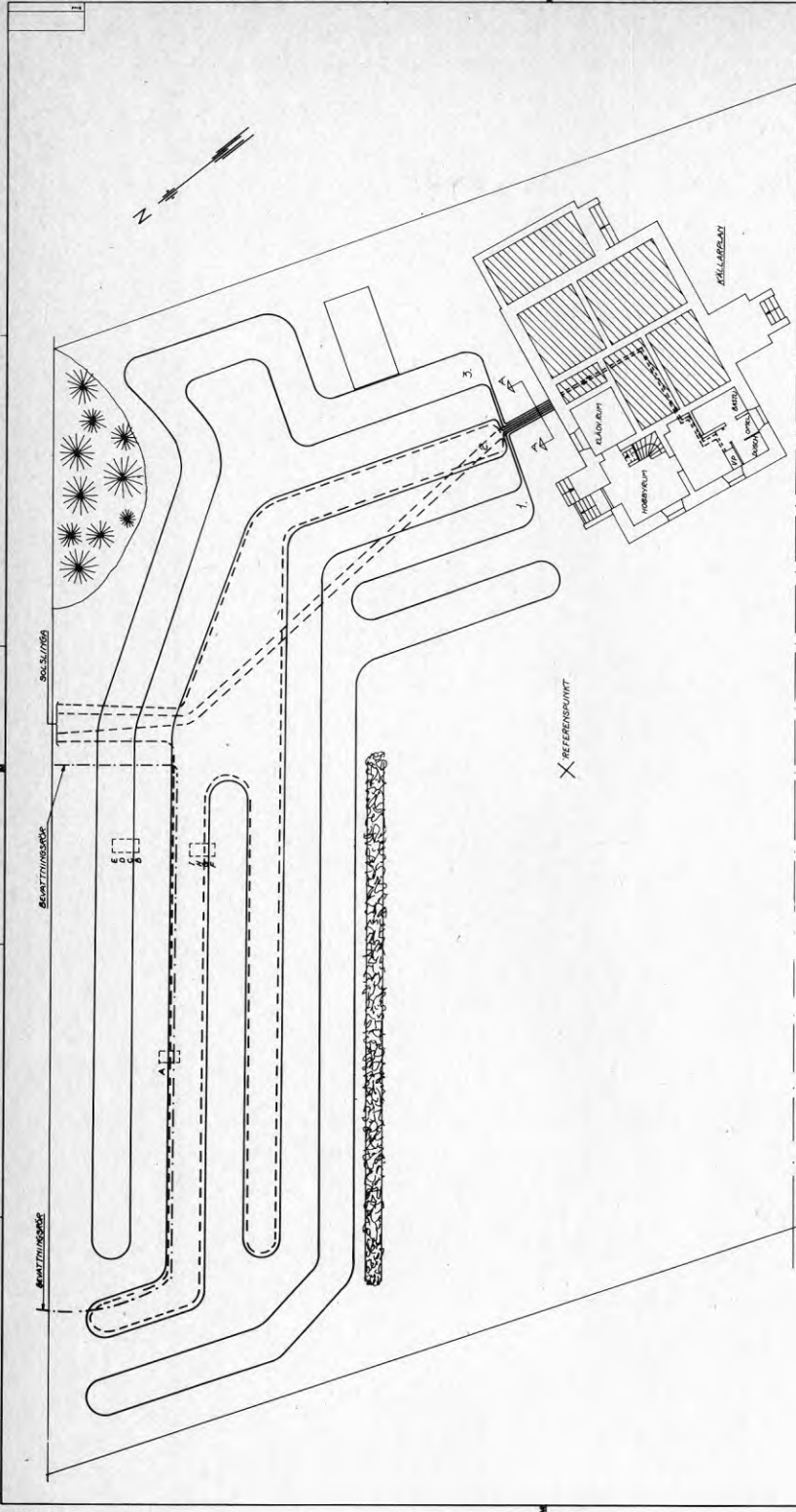




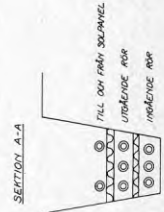
anslutning från expansionskärl  
bör flyttas från pannan till  
radiatorkretsens returledning  
på grund av frysrisk

Jordvärmepump, Rydsgård: Sammankoppling mellan värmepumpen och pannan med styr- och mätutrustning





ABMAÅREDE:  
 SUTIGA 1 161 - 171 = 102 m  
 SUTIGA 2 188 - 172 = 116 m  
 SUTIGA 3 169 - 171 = 100 m  
 TOTALT 408 m  
 1/1000



X REFERENSPUNKT

SÖS SUTINGEN

BESÄTTNINGSGÅRD

BESÄTTNINGSGÅRD

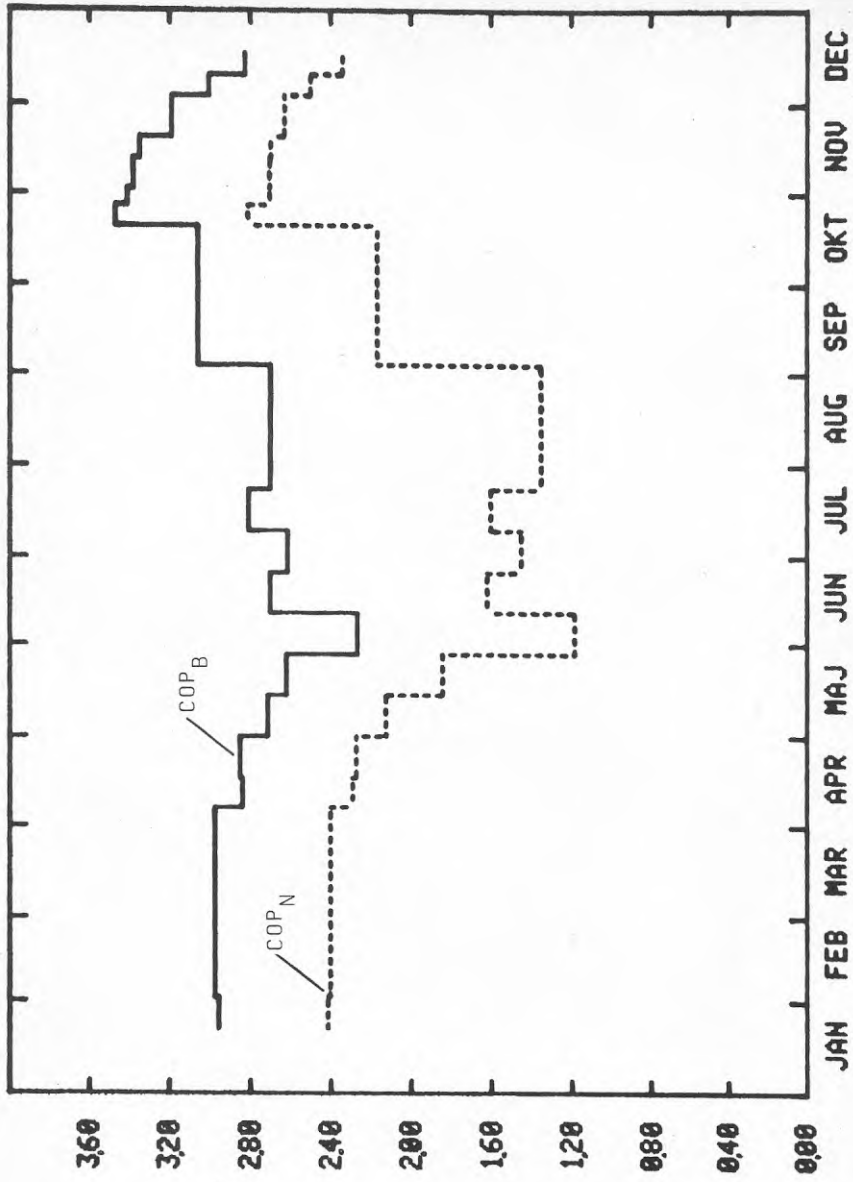
Proj. Nr.	1002	Byggnads	Komm. Nr.	1133
Byggnads	KOMMUNIKATIONSBYGGNING		Byggnads	1133
Proj. Nr.	1002	Byggnads	Komm. Nr.	1133
Byggnads	Kyrkostället 1-4		Byggnads	1133
Byggnads	Rydsgård		Byggnads	1133

Proj. Nr.	1002	Byggnads	Komm. Nr.	1133
Byggnads	KOMMUNIKATIONSBYGGNING		Byggnads	1133
Proj. Nr.	1002	Byggnads	Komm. Nr.	1133
Byggnads	Kyrkostället 1-4		Byggnads	1133
Byggnads	Rydsgård		Byggnads	1133

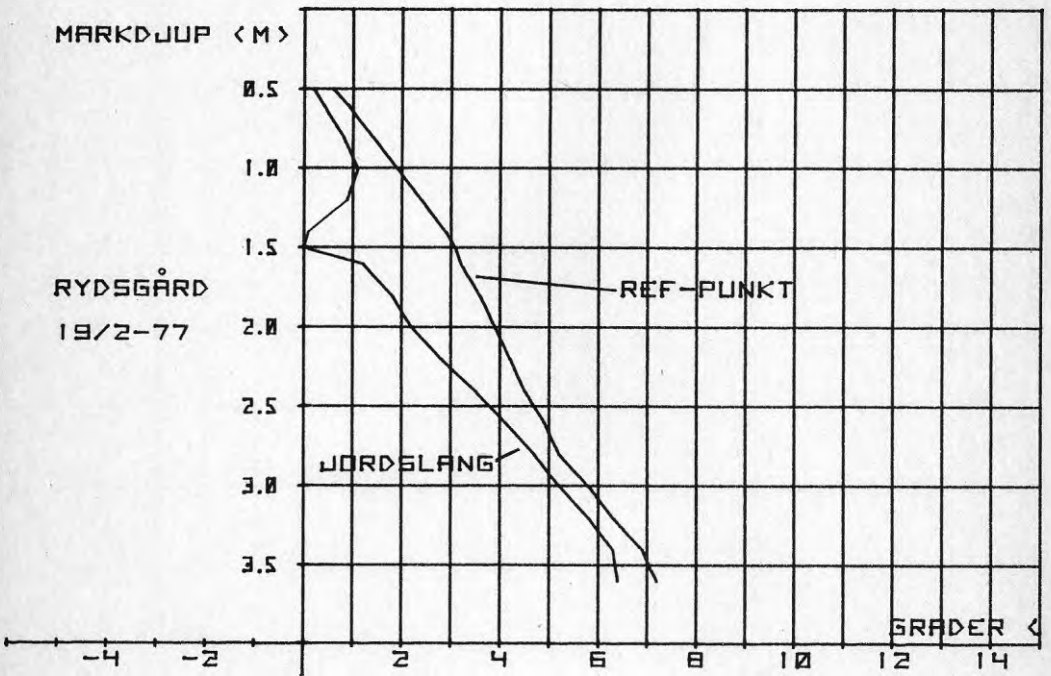
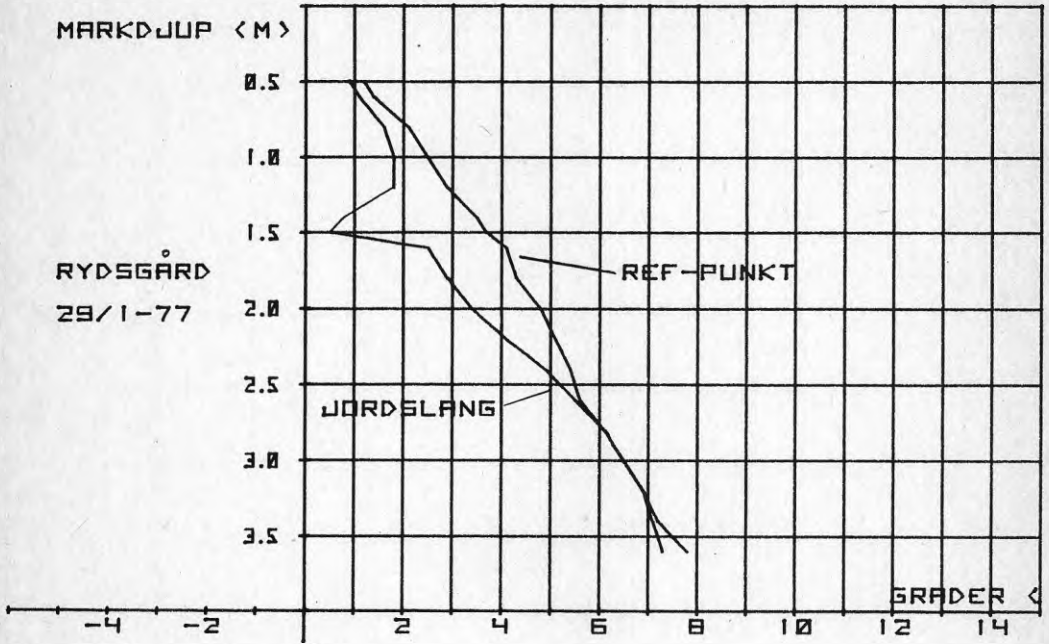
A M V

## VÄRMEFAKTOR BRUTTO NETTO

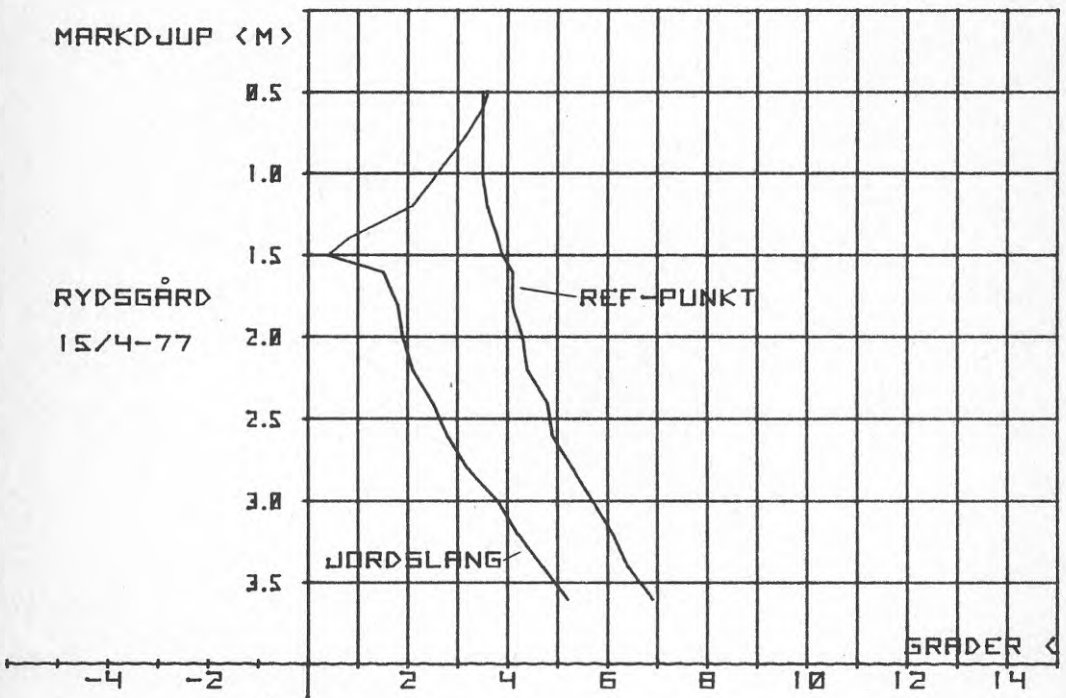
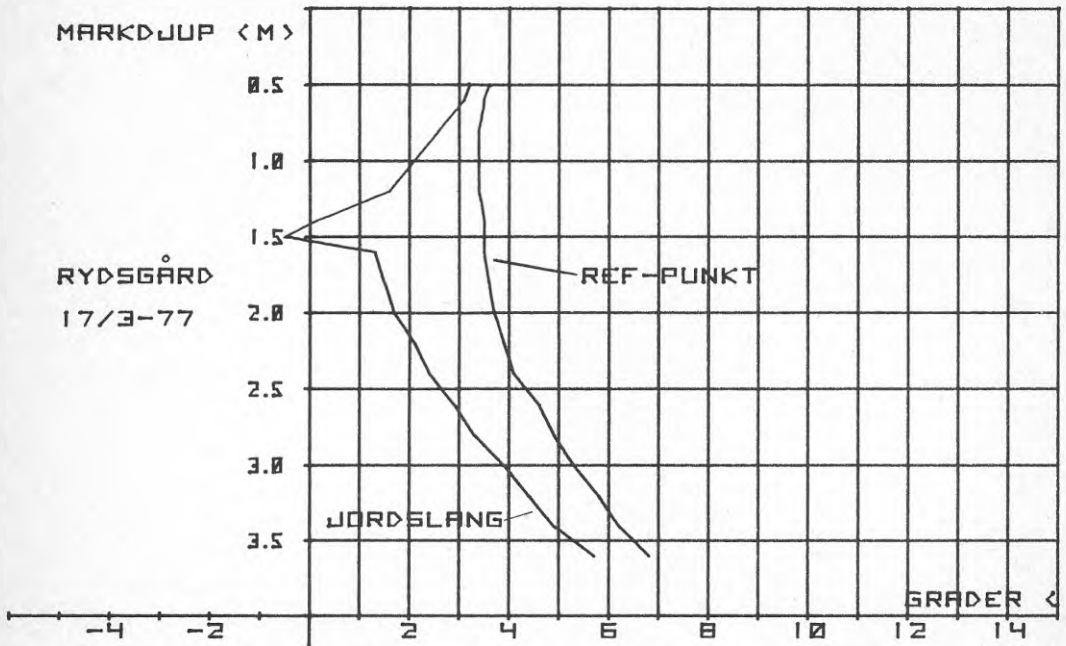
Rydsgård 1978



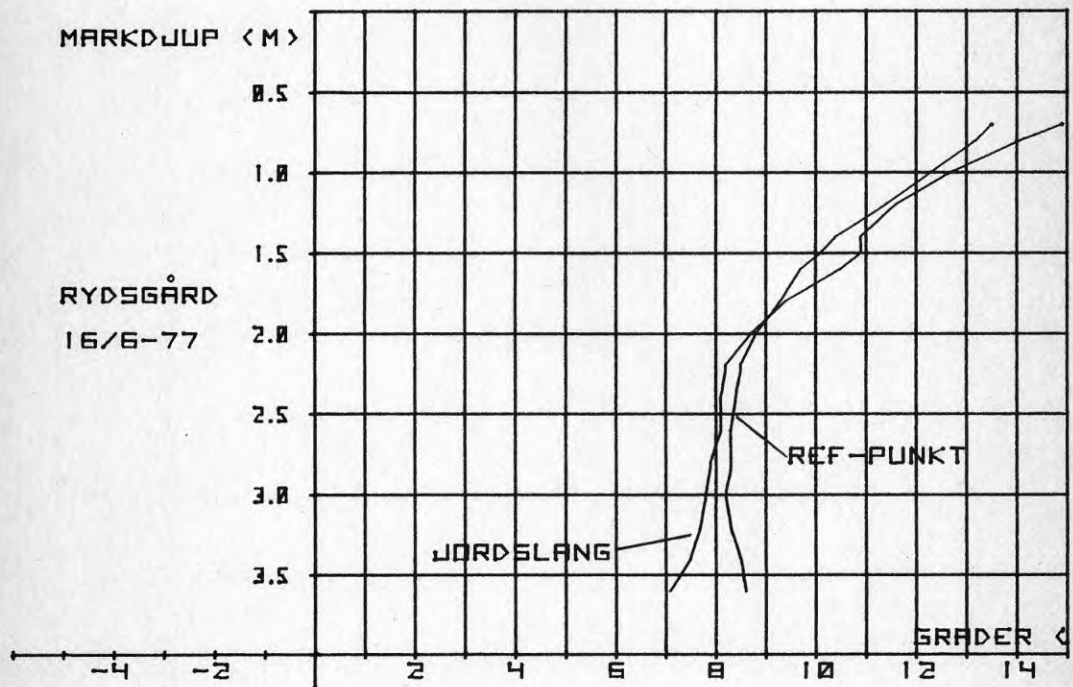
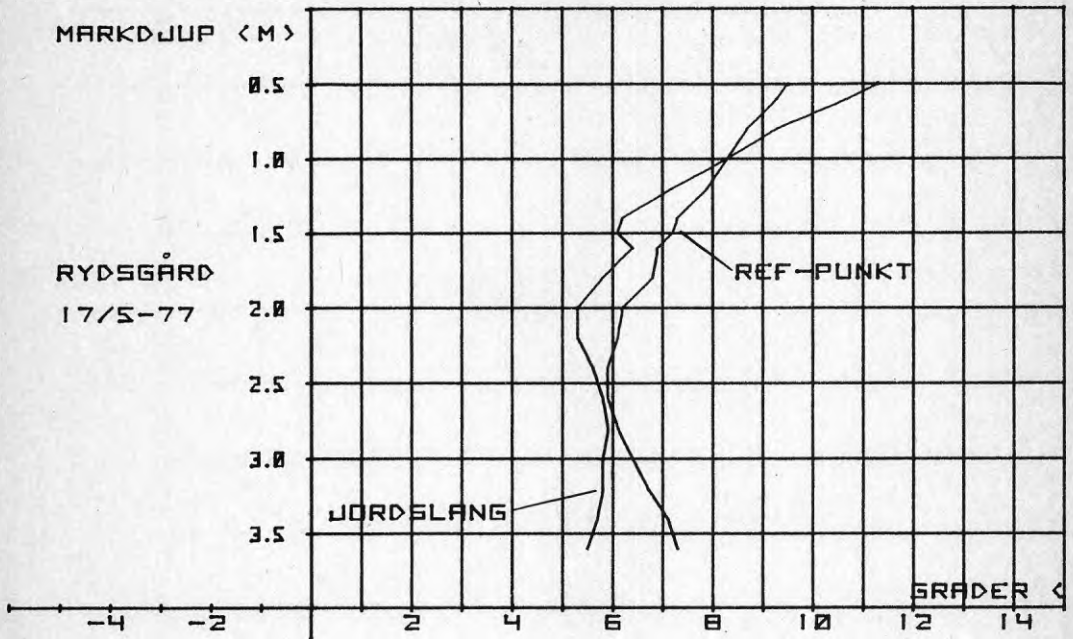
TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

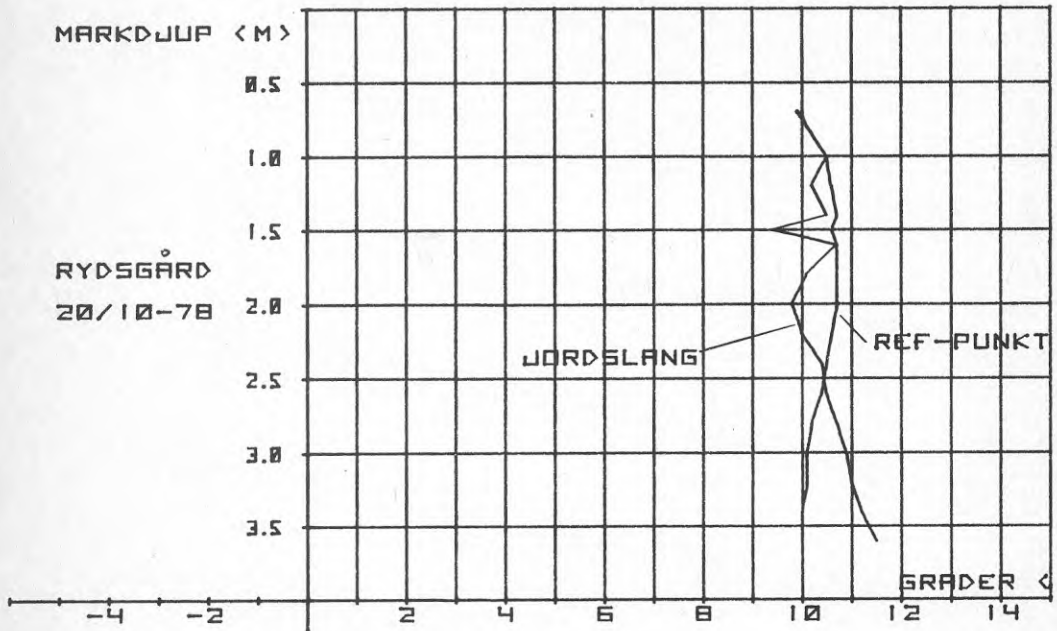


TEMPERATUREN SOM FÅS AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT

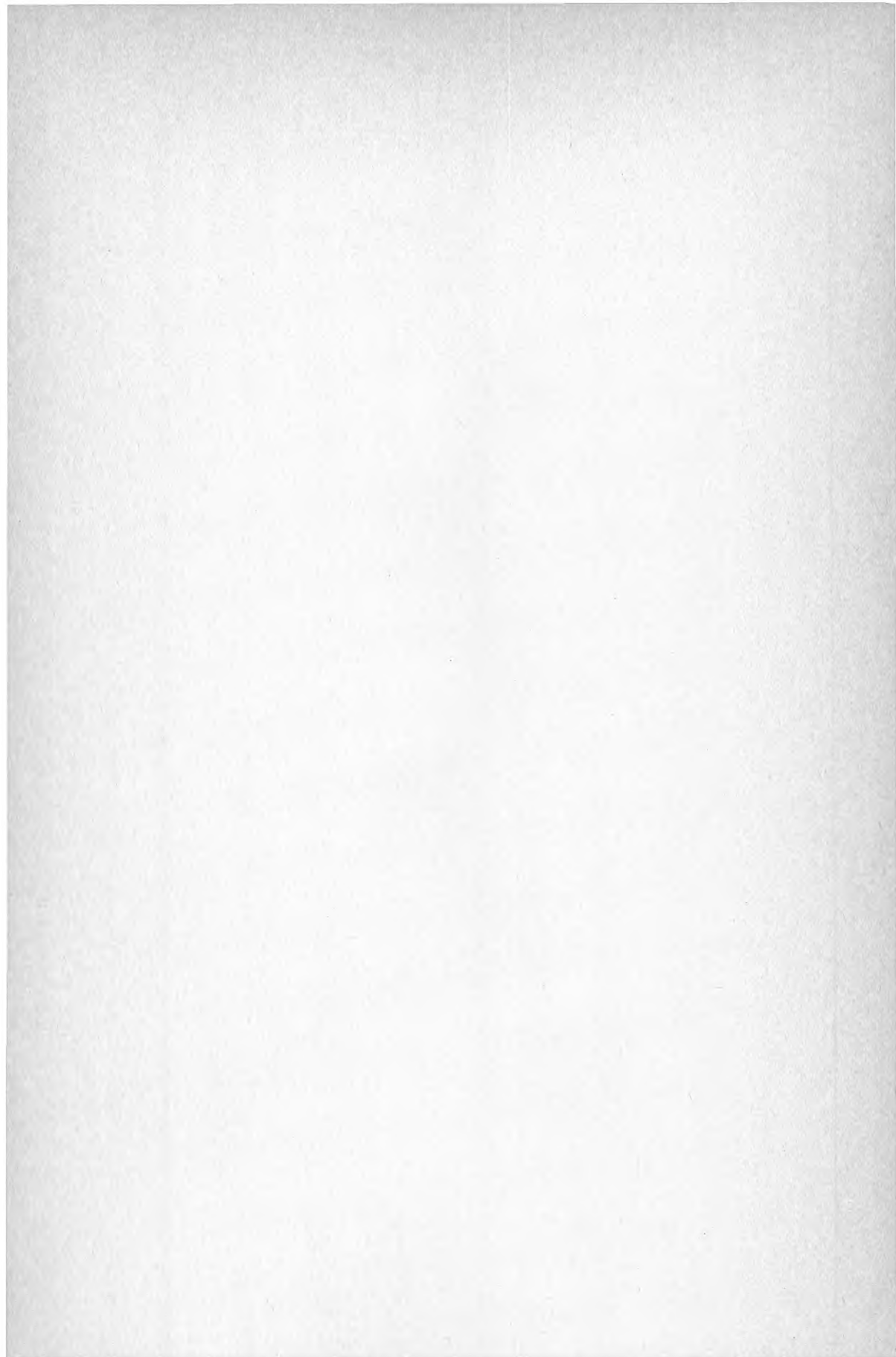


TEMPERATUREN SOM FÅS AV MARK-  
DJUP VID RÖR OCH REFERENSPUNKT



TEMPERATUREN SOM FKN AV MARK-  
DJUP VID ROR OCH REFERENSPUNKT







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
750489-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Sydkraft AB, Malmö.**

**R135: 1980**

**ISBN 91-540-3364-0**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700235**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 20 kr exkl moms**