



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.



Energiförluster för grundkonstruktioner i småhus

Hans Bäckström

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-0557
Plac	Ser

R/10

R32:1980

ENERGIFÖRLUSTER FÖR GRUNDKONSTRUKTIONER I SMAHUS

Hans Bäckström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 771391-6 från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnson Ingenjörbyrå AB, Stockholm.

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

R32:1980

ISBN 91-540-3200-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 051011

INNEHALL	sid.
1. INLEDNING	5
2. STYRANDE VARIABLER	6
2.1 Grundläggning på mark	6
2.2 Materialdata	6
3. BERÄKNINGSMODELLER	7
3.1 Allmänt	7
3.2 Modell 1	8
3.3 Modell 2	8
3.4 Jämförelse mellan modell 1 och 2	9
3.5 Modellstorlek	9
3.6 Inverkan av jordens värmeledningsförmåga	9
3.7 Inverkan av utåtgående hörn	10
3.8 Källare	10
4. RESULTAT	20
4.1 Grundläggning på mark	20
4.1.1 Konstruktionsalternativ	20
4.1.2 Energiförluster och k-värden	20
4.1.3 Placering av isolering	22
4.1.4 Jämförelse med SBN 75	22
4.1.5 Jämförelse med cylindermodell	23
4.1.6 Diskussion	25
4.2 Grundläggning av källare	25
5. SAMMANFATTNING	37
6. REFERENSER	38
BILAGA 1 Plotterutskrifter med temperaturkurvor	39

1. INLEDNING

Denna rapport behandlar energiförluster genom värmeströmning vid grundläggning på mark eller med källare. Genom användning av datorprogram beräknas värmeströmningen för alternativa konstruktioner. De parametrar som varierar är värmeisoleringens tjocklek och placering samt olika undergrund.

I denna etapp görs en översyn och jämförelse av några av de vanligaste använda beräkningsmetoderna.

Beräkningsarbetet skall i en andra etapp leda fram till en beräkningsmodell för handberäkning som ger en optimering av isoleringens mängd och placering. Beräkningsmodellen bör kunna komplettera de anvisningar som finns i SBN 1975.

Projektledare vid Tekn. dr ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå ab har varit civilingenjör Örjan Falk.

Stockholm, september 1979

Hans Bäckström

2 STYRANDE VARIABLER

2.1 Grundläggning på mark

För en grundkonstruktion på mark sker den huvudsakliga energiförlusten genom värmetransport. Energiförlustens storlek blir beroende av grundkonstruktionens och den underliggande jordens värmeledningsförmåga, värmekapacitet, fukttinhåll, grundvattenströmning, in- och utvändigt temperatur samt tiden.

De i grundkonstruktionen ingående byggnadsmaterialens värmeledningsförmåga λ och värmekapacitet V_{cp} kan antas vara konstant med avseende på temperatur och fukttinhåll. Detta antagande stämmer för en väl-dränerad grund med ett kapillärbrytande skikt. För jordmaterialet blir fallet komplexare. Värmeledningsförmågan och värmekapaciteten är bland annat beroende av om materialet är ofrusat eller fruset, fukttinhåll och eventuell grundvattenströmning. Då jordmaterialets inverkan på energiförlusten antas bli lika för likartade grundkonstruktioner bortses ifrån värmeledningsförmågans variation med avseende på temperatur och fukt.

Resultaten i denna rapport bygger huvudsakligen på jämförelser mellan olika konstruktioner. En rimlig approximation är då att bestämma energiförlusterna vid ett stationärt tillstånd.

λ = värmeledningsförmåga	$W/m^{\circ}C$
c = värmekapacitivitet	$J/kg^{\circ}C$
ρ = densitet	kg/m^3
V = volym	m^3

2.2 Materialdata

I Tabell 2.1 redovisas de materialdata som används i gjorda beräkningar.

Material	Värmeledningsförmåga		Värmemotstånd m^2C/W
	λ	$W/m^{\circ}C$	
Jord	1,4 - 2,3	-	-
Dränering	1,4	-	-
Betong	1,7	-	-
Högvärdig isolering	0,041	-	-
Lättklinker	0,13	-	-
Luft ute	-	-	0,05
Luft inne	-	-	0,25

Tabell 2.1. Materialdata

3. BERÄKNINGSMODELLER

3.1 Allmänt

För beräkningarna har två datorprogram funnits till förfogande. Datorprogrammet HEAT [1] som är accepterat av Statens Planverk för beräkning av flerdimensionell strömning, användes som referens vid framtagandet av en beräkningsmodell på datorprogrammet FEMTEMP [2].

Valet av FEMTEMP för beräkningarna motiveras av enklare indata än för den version av HEAT som var till förfogande. FEMTEMP erbjuder även plottermöjligheter av aktuella temperaturfördelningar. Dessutom visade det sig att kostnaderna för varje beräkning var lägre för FEMTEMP än för HEAT.

Värmeströmningen har antagits vara tvådimensionell, då tvärsnittet är valt långt från ett hörn. Värmeströmningen har beräknats vid ett stationärt tillstånd. Alla beräkningar har utförts med en utetemperatur på 0°C och en innetemperatur på $+100^{\circ}\text{C}$. Då värmeströmningen antas vara stationär har valet av temperatur och temperaturdifferens ingen betydelse. Inverkan av väggars värmeledningsförmåga antas bli lika för de olika konstruktionerna.

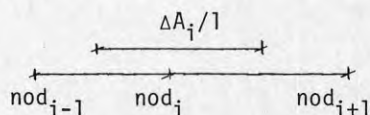
Som utdata erhålles i båda programmen temperaturer i alla noder. HEAT redovisar även den effekt som tillföres eller avges i varje nod. Genom att summera dessa antingen vid markytan ute, eller på golvytan inne erhålles den totala energiförlusten för konstruktionen vid temperaturdifferensen 100° . Därefter kan k-värden bestämmas för en del av eller hela konstruktionen. För att bestämma analoga k-värden vid beräkningar med FEMTEMP beräknas:

$$(1) \quad Q = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_i \cdot \Delta A_i}{m}$$

Där Q = energiförlust vid temperaturdifferensen 100°C
för en löpmeter grund med bredden 2,8 m W

Δt_i = temperaturdifferens för nod i ($100 - t_i$) $^{\circ}\text{C}$

ΔA_i = area enligt nedan m^2



m = 0,25, övergångsmotstånd inne $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$

n = antal noder vid golvytan inne

3.2 Modell 1

Tvårsnittet i figur 3.1 har valts som utgångspunkt för en jämförelse mellan HEAT och FEMTEMP.

I figur 3.2 visas den nodindelning som valts för beräkning med HEAT. I figur 3.3 visas den elementindelning som valts för beräkning med FEMTEMP. Den geometriska överensstämmelsen med figur 3.1 är acceptabel men inte exakt.

Två beräkningar har utförts, en med varje modell respektive program. Resultaten redovisas i figur 3.4 som visar yttemperaturen på golvet ovansida. I figur 3.4 anges även energiförlusten vid temperaturdifferensen 100°C .

3.3 Modell 2

För att åstadkomma enklare indata och möjliggöra lättare förändring av geometrin gjordes en förenkling av modell 1 till modell 2 som visas i figur 3.5. Dräneringsmaterialet med $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ges samma värmeledningsförmåga som jorden $\lambda = 2,3 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

Vid beräkningen med FEMTEMP användes den elementindelning som visas i figur 3.6. Geometrin och ingen korrigering av ytterluftens fiktiva λ medför att det totala övergångsmotståndet för ytterluften ökar från $1,0/20 = 0,05 \text{ m}^{\circ}\text{C/W}$ till $1,2/20 = 0,06 \text{ m}^{\circ}\text{C/W}$. Resultatet från HEAT korrigeras approximativt med hänsyn till detta.

Nodindelningen vid beräkning med HEAT framgår av figur 3.7. Beräkningsmodellens storlek är här något mindre än vid beräkningen med FEMTEMP. Efter en korrigering av ytterluftens övergångsmotstånd enligt nedan blev resultatet som visas i figur 3.4.

$$(2) \quad \Delta Q_i^1 = \Delta t_i \cdot \Delta A_i / m_i^1$$

$$(3) \quad \Delta Q_i^{1,2} = \Delta t_i \cdot \Delta A_i / m_i^{1,2}$$

$$(4) \quad m_i^{1,2} = m_i^1 + m_i^{0,2}$$

Där: ΔQ_i^1 = energiförlust för nod i vid 1 meter
luftskikt inne W

$\Delta Q_i^{1,2}$ = energiförlust för nod i vid 1,2 meter
luftskikt inne W

m_i^1 = totalt värmemotstånd för nod i vid
1 meter luftskikt inne $\text{m}^{\circ}\text{C/W}$

$m_i^{1,2}$ = totalt värmemotstånd för nod i vid 1,2 meter luftskikt inne $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

$m_i^{0,2}$ = värmemotstånd motsvarande 0,2 m luft inne $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

Δt_i = temperaturdifferens inne-ute $^\circ\text{C}$

ΔA_i = area enligt (1) m^2

(2), (3) och (4) \rightarrow

$$(5) \quad \Delta Q_i^1 - m_i^1 = \Delta Q_i^{1,2} (m_i^1 + m_i^{0,2})$$

$$(6) \quad Q^{1,2} = \sum_{i=1}^n \frac{100}{\frac{100}{\Delta Q_i^1} + \frac{m_i^{0,2}}{\Delta A_i}}$$

Där $Q^{1,2}$ = energiförlust vid 1,2 m luftskikt W

n = antal noder vid golvytan inne

Resultat $Q^1 = 82,44 \text{ W}$, $Q^{1,2} = 81,7 \text{ W}$

3.4 Jämförelse mellan modell 1 och 2

Skillnaden i geometri och ingående material medför ingen större skillnad i resultat. Då överensstämmelsen är god används beräkningsmodell 2 i de fortsatta beräkningarna.

3.5 Modellstorlek

Adamson [3] har tidigare visat med stora modeller att värmemotståndet inom en sektor nära ytterväggen är praktiskt taget helt oberoende av randtemperaturerna i jorden och utetemperaturerna. En beräkning med FEMTEMP och elementindelning enligt figur 3.8 ger som resultat energiförlusten 131 W för hela modellen och energiförlusten 79,7 W för den del som motsvaras av modell 2. Modell 2 kan med framgång väljas mindre men storleken i detta fall motiveras av de fortsatta beräkningar som utförs med markisolering.

3.6 Inverkan av jordens värmeledningsförmåga

I kommentarer till SBN nr 1977:3, 33:247 K anges värden på jordarters praktiska tillämpbara värmeledningsförmåga. För lera anges $1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ och för morän $2,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. En jämförelse mellan grundläggning på morän respektive lera har gjorts med FEMTEMP och den elementindelning som visas i figur 3.8. Resultatet visas i tabell 3.1.

W/m ⁰ C	Q W	
	Modell enligt figur 3.8	Modell enligt figur 3.6
1,4	104,3	65,8
2,3	131,1 (+ 26 %)	79,5 (+ 21 %)

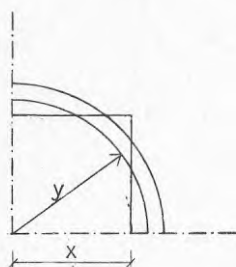
Tabell 3.1. Inverkan av jordens värmeledningsförmåga

Skillnaden i resultat är stor och det motiverar ytterligare undersökningar av jordmaterialets inverkan på värmeledningsförmågan för hela konstruktionen.

För att inte övervärdera jordens värmeledningsförmåga har i denna undersökning λ_{jord} valts till 2,3 W/m⁰C.

3.7 Inverkan av utåtgående hörn (vid grundläggning på mark)

Ett sätt att approximativt bestämma energiförlusten vid ett utåtgående hörn är att approximera hörnet med en kvarts-cirkel. I figur 3.9 visas ytterväggens utseende dels vid antagandet lika area innanför väggen eller lika lång längd på väggen.



$$A_{\square} = A_{\text{D}} \rightarrow x^2 = \frac{\pi}{4} \cdot y^2; y = 1,128$$

$$O_{\square} = O_{\text{D}} \rightarrow 2x = \frac{\pi}{2} \cdot y; y = 1,273$$

$$y_{\text{medel}} = 1,2$$

Figur 3.9. Approximation av hörn med kvarts-cirkel

En beräkning med FEMTEMP och elementindelning enligt figur 3.6 där alla längdmått multiplicerats med 1,2 och utnyttjande av rotations-symmetri gav energiförlusten för en kvarts-cirkel $Q = 445,9$ W. Hörnets vägglängd är 5,6 m, resultatet kan då jämföras med resultat från tidigare beräkning enligt figur 3.6.

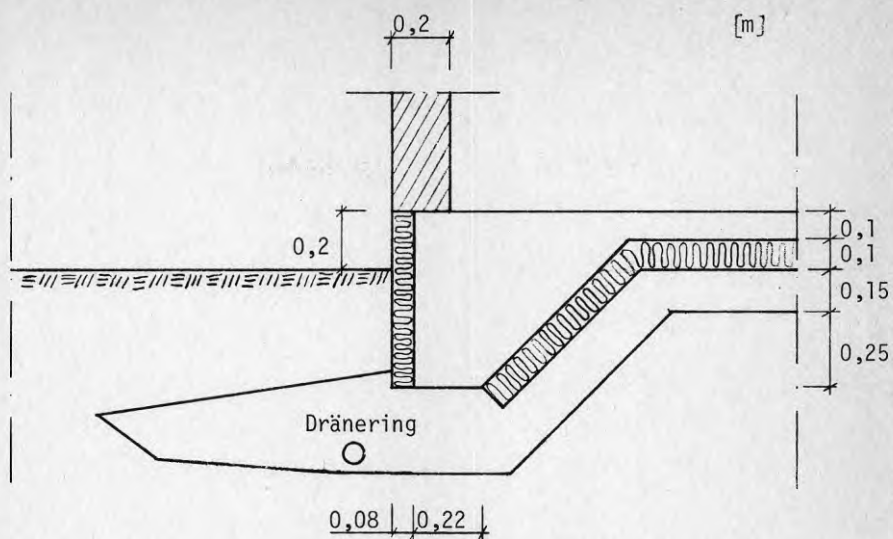
$$Q_{1 \text{ m hörn}} = \frac{445,9}{5,6} = 79,6 \text{ W}$$

$$Q_{1 \text{ m vägg}} = 99,8 \text{ W}$$

Adamson et al [4] visar att frostnedträngningen blir större vid utgående hörn vilket är det samma som att energiförlusten blir mindre där.

3.8 Källare

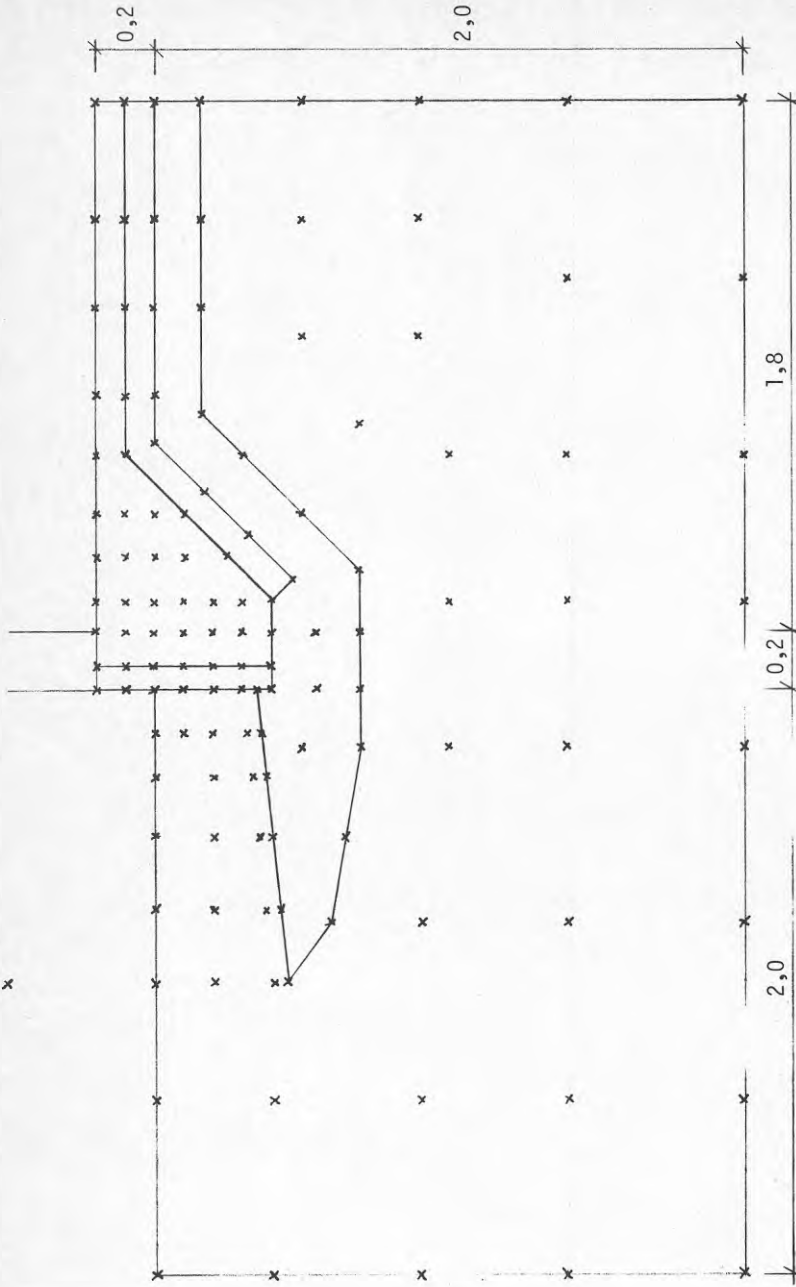
En beräkningsmodell för energiförluster från källare visas i figur 3.10. Den valda elementindelningen är för beräkning med FEMTEMP. Källarväggens k-värde är 0,35.



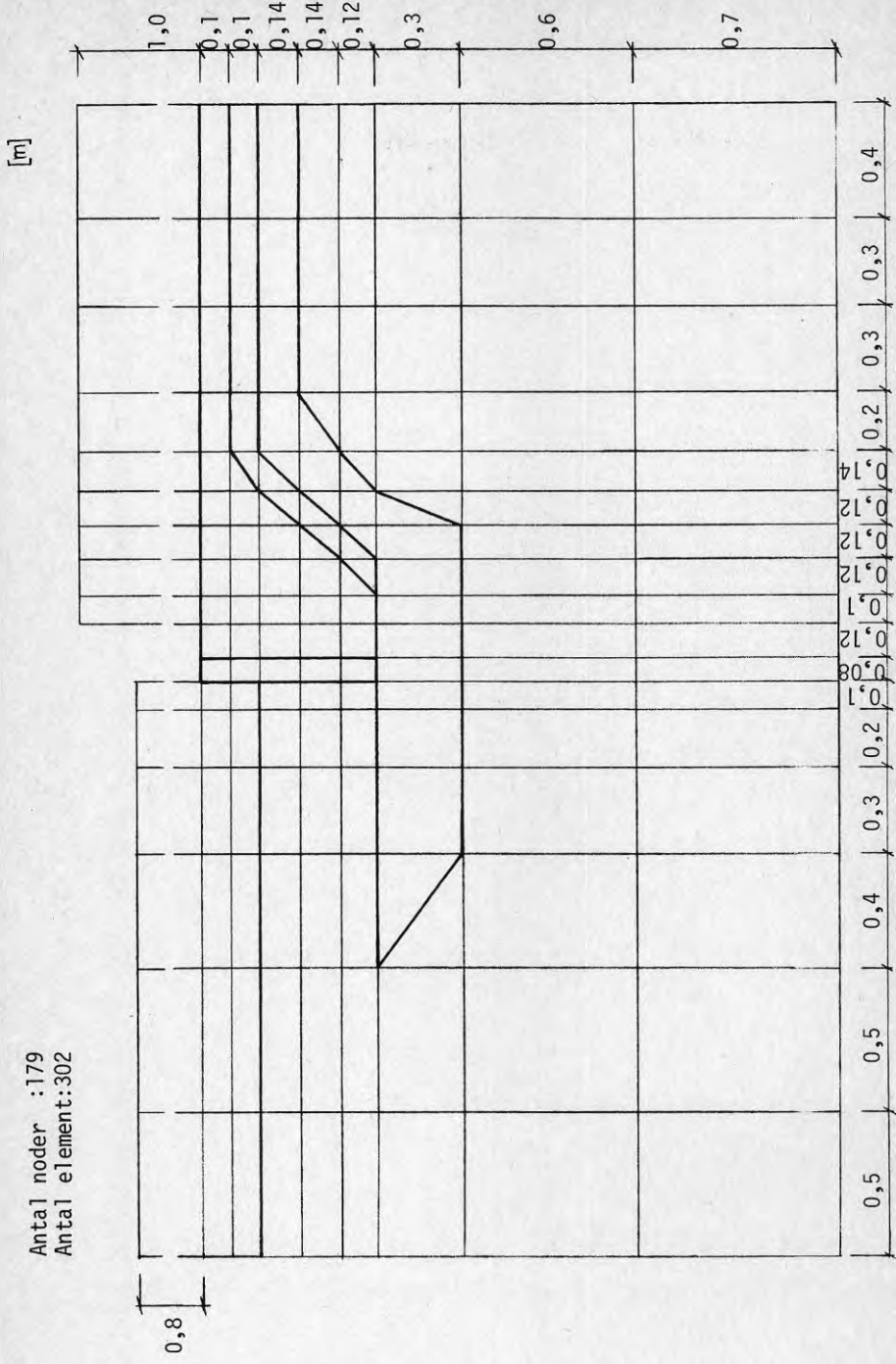
Figur 3.1 Grundkonstruktion för jämförelse mellan HEAT och FEMTEMP Modell 1

Antal noder :127
Antal länkar :252

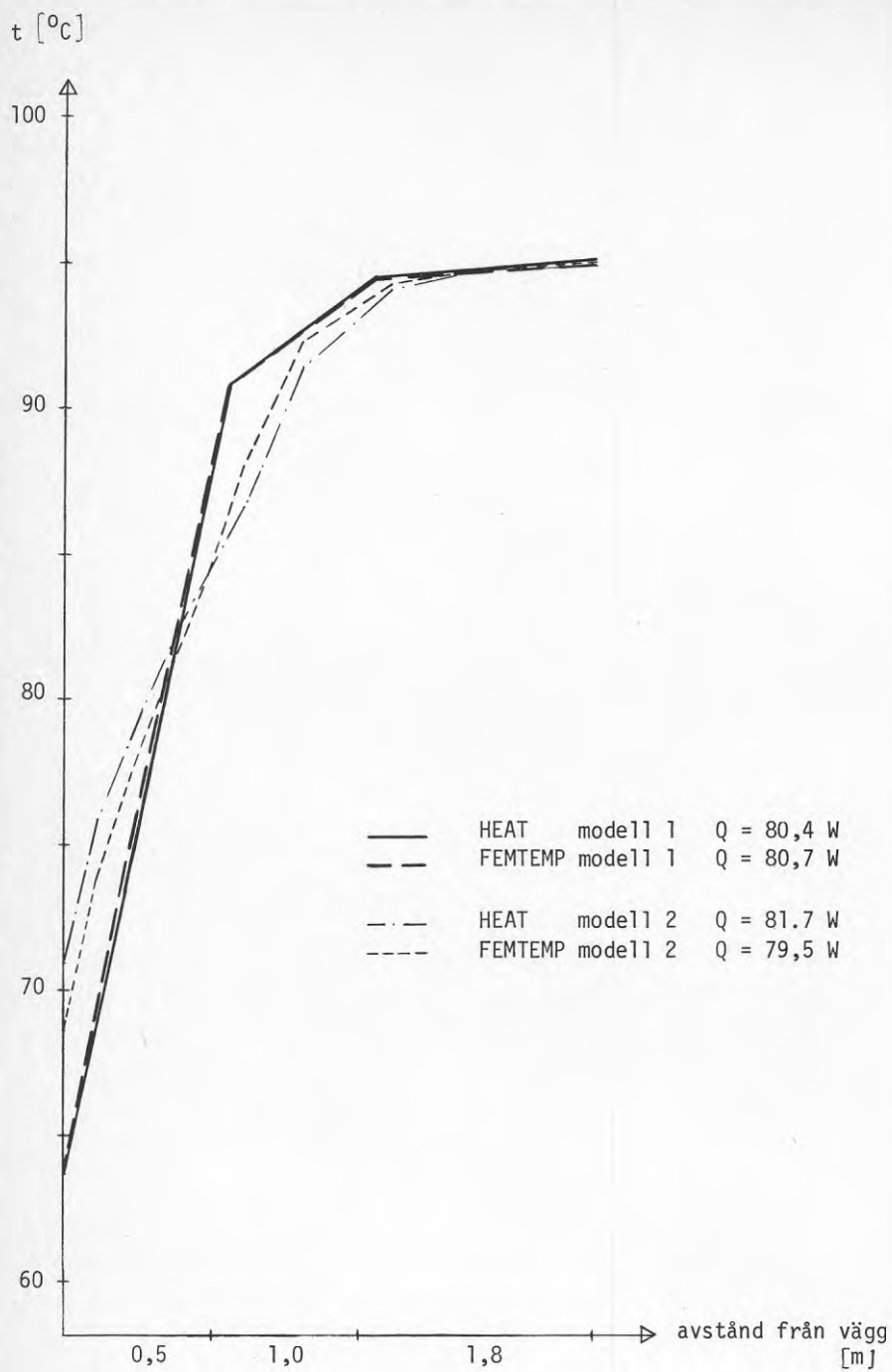
[m]



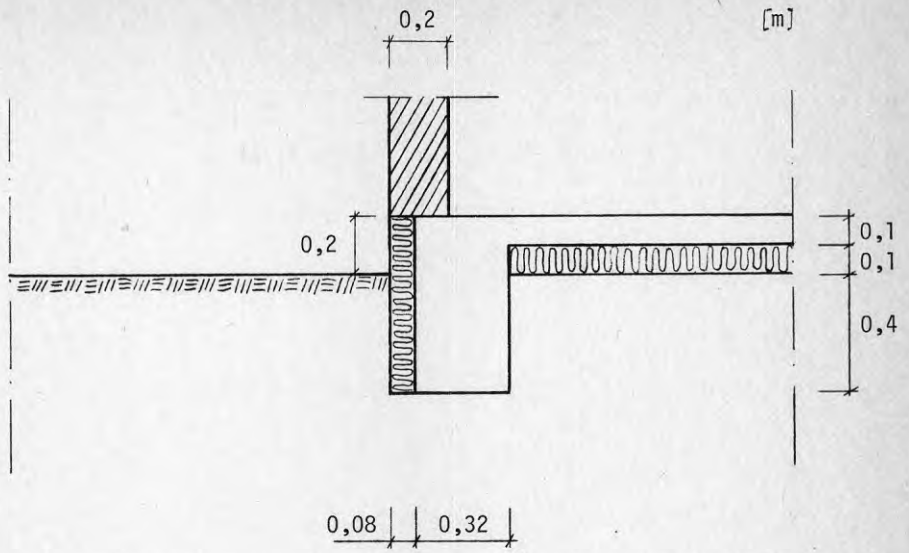
Figur 3.2 Nodindelning vid beräkning med HEAT



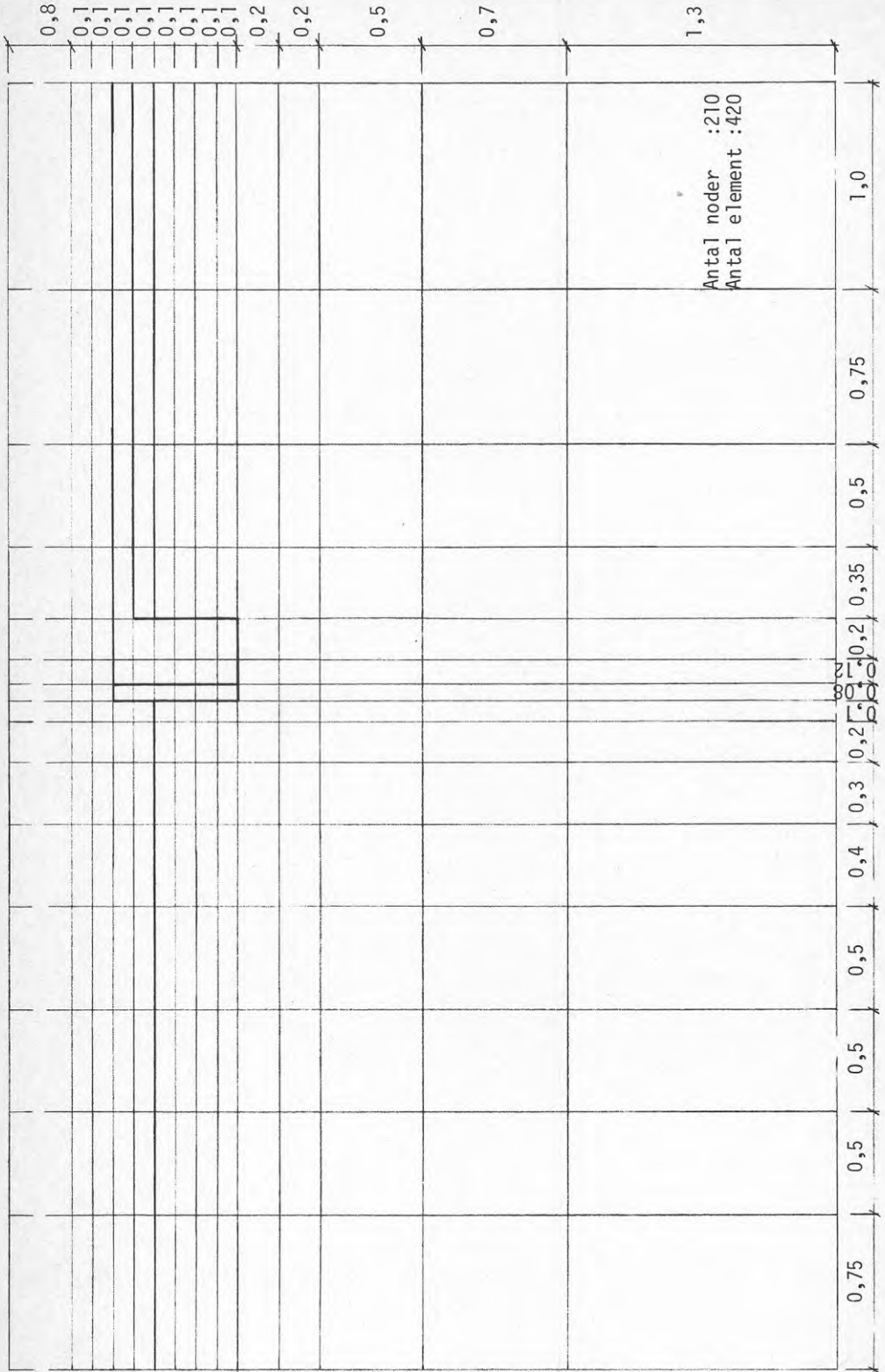
Figur 3.3 Elementindelning vid beräkning med FEMTEMP



Figur 3.4 Yttemperatur och energiförlust



Figur 3.5 Modell 2

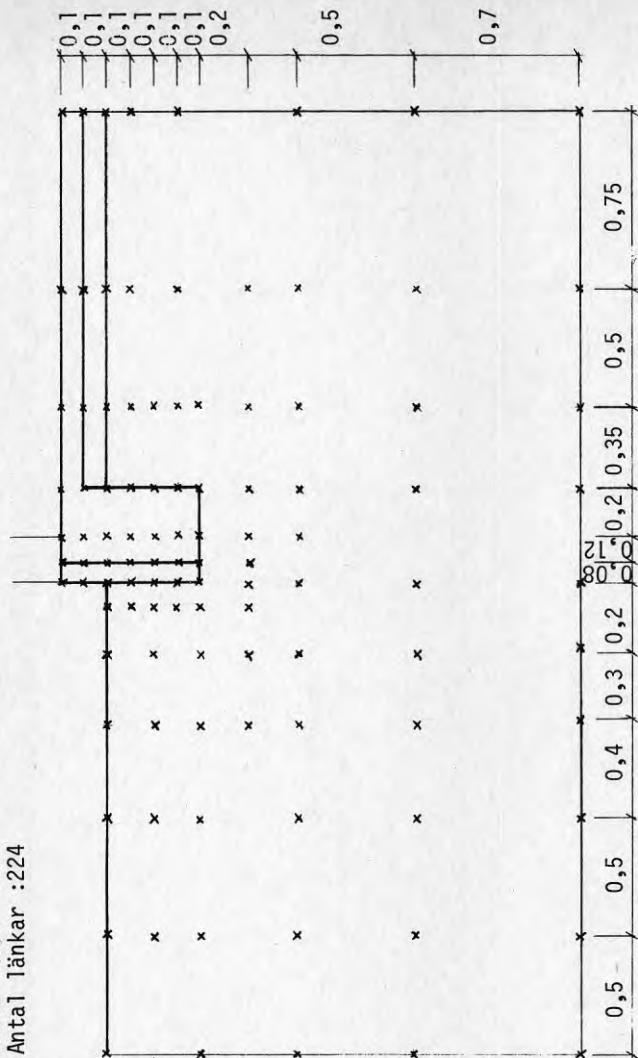


Figur 3.5 Elementindelning vid beräkning med FEMTEMP

[m]

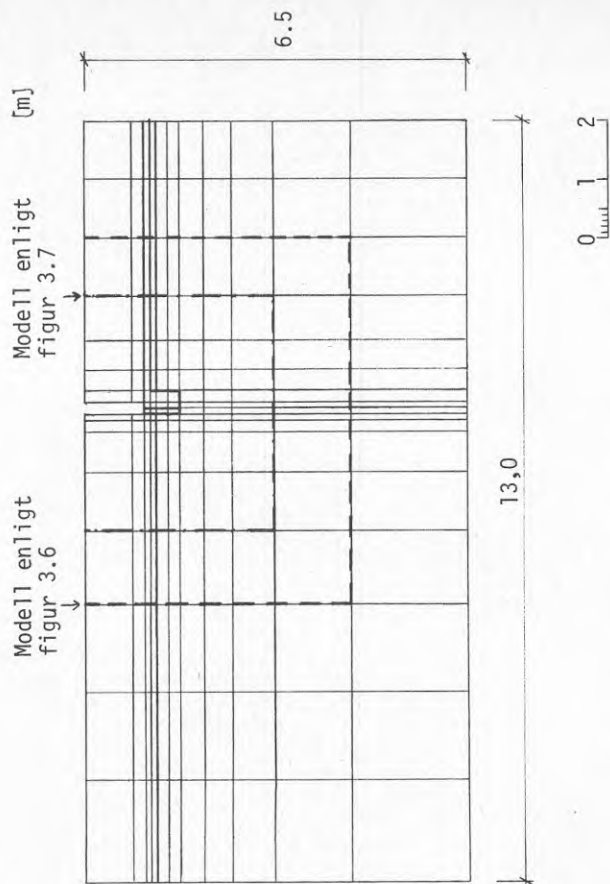
[m]

Antal noder : 107
Antal länkar : 224

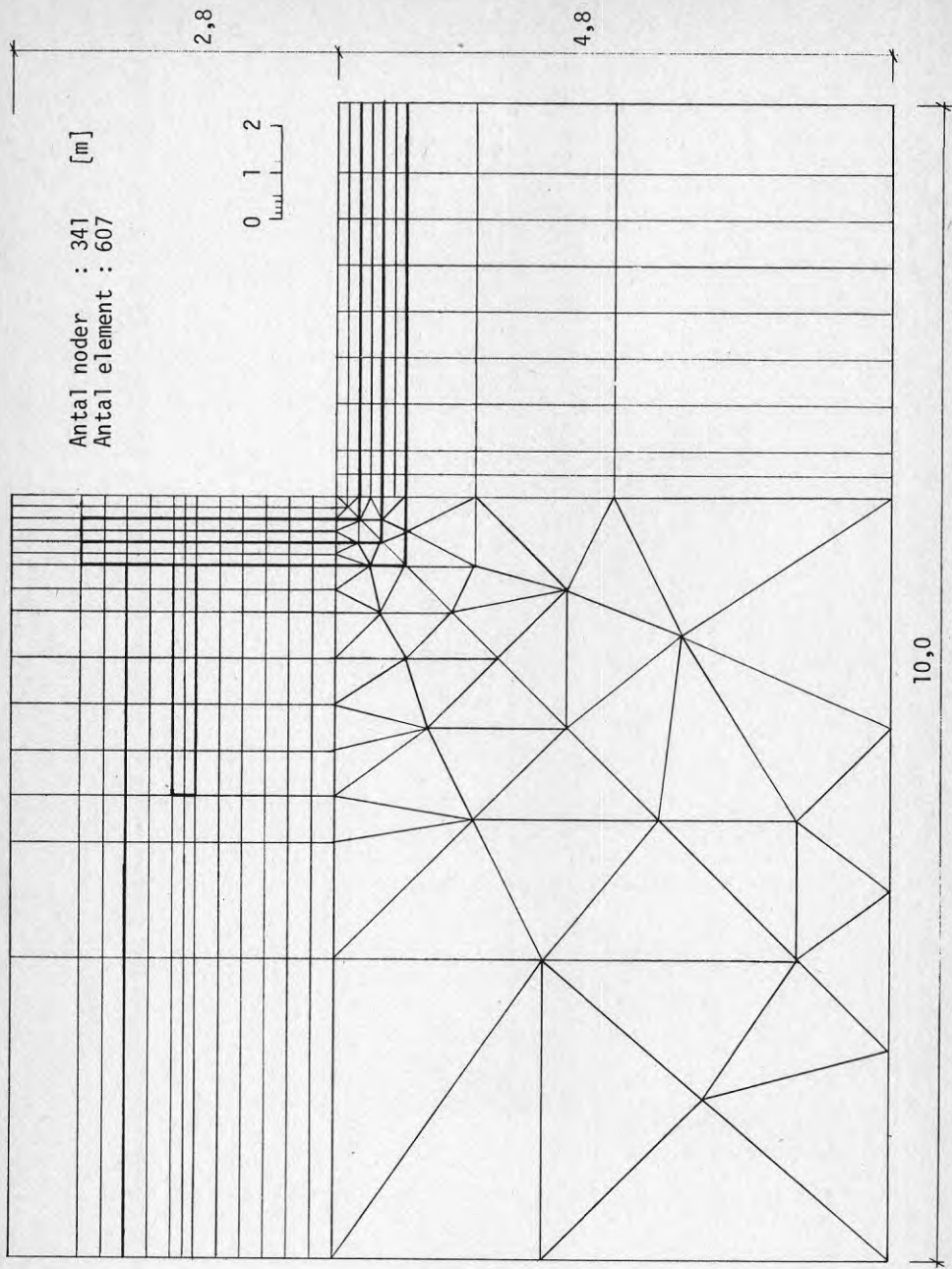


Figur 3.7 Nodindelning vid beräkning med HEAT

Antal noder : 214
Antal element : 183



Figur 3.8 Elementindelning vid beräkning med FEMTEMP och utökad modell 2



Figur 3.10 Beräkningsmodell för källare

4. RESULTAT

4.1 Grundläggning på mark

4.1.1 Konstruktionsalternativ

Utgående från beräkningsmodell 2 (enligt 3.2) har en modell enligt figur 4.1 utnyttjats. Skillnaden gentemot beräkningsmodell 2 är att grundläggningsdjupet är reducerat från 0,4 m till 0,35 m. De i grundkonstruktionen ingående materialen har fått namn efter placering i konstruktionen som i största möjliga mån överensstämmer med i SBN 75 använd terminologi.

I figur 4.2 redovisas de olika genomräknade konstruktionerna. Konstruktionerna är indelade i tre huvudgrupper för att visa hur energiförlusterna förändras när följande parametrar varieras:

- a. Isoleringens mängd och placering.
- b. Jordmaterialets värmeledningsförmåga.
- c. Förekomst av köldbryggor.

Om inget annat anges är jordmaterialets värmeledningsförmåga satt till $\lambda = 2,3 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

Beräkningarna har utförts med FEMTEMP.

4.1.2 Energiförluster och k-värden

I tabell 4.1 redovisas de beräknade konstruktionernas k-värden för hela konstruktionen (bredd 2,8 m) och för yttre randzonen (bredd 1,0 m). Stora förändringar av k-värdet fås om köldbryggor undviks samt om jordmaterialets värmeledningsförmåga varieras.

k-värdets beroende av yttemperaturen på golvet visas i figur 4.3 för en del av konstruktionerna som innehåller en köldbrygga. Effekten av ökad kantisolering bidrar primärt till höjande av golvtemperaturen närmast vägg. Ökad markisolering ger däremot primärt ett lägre k-värde.

Yttemperaturens minskning vid golvet för några typiska konstruktionsalternativ visas i figur 4.4. Den konstruktion som ger lägsta temperaturminskningen saknar köldbrygga. Övriga konstruktionsalternativ uppvisar likartad temperaturfördelning.

I BILAGA 1 redovisas plotterutskrifter med temperaturkurvor för de olika konstruktionsalternativen.

Konstruktion	Yttre mark	Inre mark	Kant	Yttre rand	Inre rand	Jord λ	Lättklinker I	Lättklinker II	Golv	k-värde (2,8 m)	k-värde (1,0 m)
1	-	-	5	7	5	2,3	-	-	-	1,189	0,677
2	-	-	7	7	5	2,3	-	-	-	1,170	0,662
3	-	-	12	7	5	2,3	-	-	-	1,148	0,644
4	-	-	5	10	10	2,3	-	-	-	1,030	0,663
5	-	10	5	7	5	2,3	-	-	-	1,056	0,601
6	-	10	7	7	5	2,3	-	-	-	1,030	0,580
7	-	10	12	7	5	2,3	-	-	-	0,999	0,556
8	5	10	5	7	5	2,3	-	-	-	0,970	0,555
9	5	10	7	7	5	2,3	-	-	-	0,941	0,532
10	5	10	12	7	5	2,3	-	-	-	0,906	0,506
11	-	0,6x10	7	7	5	2,3	-	-	-	1,081	0,609
12	-	5	7	7	5	2,3	-	-	-	1,048	0,591
13	5	5	7	7	5	2,3	-	-	-	0,974	0,551
14	-	-	5	7	5	1,4	-	-	-	0,955	0,573
15	-	10	5	7	5	1,4	-	-	-	0,841	0,504
16	-	-	5	7	5	2,3	x	-	-	1,049	0,566
17	-	10	5	7	5	2,3	x	-	-	0,978	0,528
18	-	-	5	7	5	2,3	x	x	-	1,026	0,527
19	-	-	7	-	-	2,3	-	-	10	0,686	0,278
20	-	10	7	-	-	2,3	-	-	10	0,635	0,257

Tabell 4.1. Beräknade k-värden

4.1.3 Placering av isolering

Ett sätt att bedöma effekten av isoleringens mängd och placering är att utgående från en konstruktion (referens) bilda kvoten:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta V} \quad W/m^3$$

Där: $\Delta Q = Q_{\text{aktuell}} - Q_{\text{referens}} \quad W$
 $\Delta V = \text{differens av volym högvärdig isolering per löp-} \\ \text{meter av konstruktionen} \quad m^3$

På så vis får man en jämförelse som även tar hänsyn till ekonomiska aspekter.

I figur 4.5 visas en jämförelse mellan konstruktionerna 1 - 13 som alla utgår från en konstruktion med en köldbrygga. Som referens har valts konstruktion 1.

Konstruktionerna 19 och 20 som har golvisolering får vid en direkt jämförelse $\frac{\Delta Q}{\Delta V}$ lika med 367 respektive 234.

4.1.4 Jämförelse med SBN 75

I SBN 75 anges 3 huvudkrav som skall uppfyllas vid grundläggning på mark. De är:

1. Hänsyn till tjäle (23:4)
2. Hygieniska krav (33:4)
3. Högsta tillåtet k-värde (33:2)

För att uppfylla kravet på hänsyn till tjäle erfordras bland annat en horisontell isolering i det yttre randfältet med högst värmemotståndet $3,0 \text{ m}^2\text{C/W}$. Om man från detta drar motståndet för en grundläggning på lera ($1,0 \text{ m}^2\text{C/W}$) och ett dräneringslager ($0,2 \text{ m}^2\text{C/W}$) samt en betongplatta som är 10 cm tjock ($0,06 \text{ m}^2\text{C/W}$) återstår ett motstånd på $1,74 \text{ m}^2\text{C/W}$ som exempelvis motsvaras av 7 cm isolering med λ -värdet $0,041 \text{ W/m}^0\text{C}$. Det hygieniska kravet innebär ett minsta värmemotstånd hos kantisoleringen som i strängaste fall motsvaras av 7 cm isolering ($\lambda = 0,041$). Kravet på högsta tillåtet k-värde = 0,3 avser det genomsnittliga k-värdet för golvet. Om en omfördelningsberäkning utnyttjas får k-värdet för yttre randfältet uppgå till högst 0,4.

De i denna rapport redovisade konstruktionsalternativen uppfyller i de flesta fall kraven på hänsyn till tjäle och hygien. Undantag är konstruktionerna 4, 19 och 20 som karakteriseras av 10 cm rand- respektive golvisolering.

En beräkning enligt SBN 75 av k-värdet för yttre randfält ger för konstruktioner med 7 cm högvärdig isolering och jordart med $m = 0,7$:

$$k = \frac{1}{0,3 + 0,7 + \frac{0,07}{0,041} + \frac{0,1}{1,7}} = 0,362 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

Detta värde är väsentligt lägre än de med FEMTEMP beräknade. Om motsvarande beräkning utförs för konstruktionsalternativ 19, som ej innehåller någon köldbrygga erhålles:

$$k = \frac{1}{0,3 + 0,7 + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,1}{1,7}} = 0,286 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

som bättre överensstämmer med det som beräknats med FEMTEMP (0,278). En förklaring till skillnaderna är att vid ett beräkningsförfarande enligt SBN 75 så tas ingen hänsyn till eventuella köldbryggor.

4.1.5 Jämförelse med cylindermodell

En enkel beräkningsmetod som bygger på antagandet att värmetransport under markytan sker i cirkulära banor har redovisats av Boileau, Latta [5]. Två konstruktionsalternativ har studerats, alternativ 2 med 7 cm kantisolering, 7 + 5 randisolering och innehållande en köldbrygga samt alternativ 19 med 7 cm kantisolering och 10 cm golvisolering utan köldbrygga. Konstruktionerna med antagna "värmeflödesbanor" visas i figur 4.6-7. I stället för att integrera fram energiförlusterna har flödet längs varje kvartscirkel beräknats och resultatet redovisas i tabell 4.2. Energiförlusternas fördelning skiljer sig avsevärt från resultatet erhållet med FEMTEMP. Detta gäller speciellt värdena vid sockeln som är för låga. Den totala energiförlusten beräknas enligt:

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta A_i}{m_i}$$

Där Q = energiförlusten vid temperaturdifferensen 100°C för en löpmeter grund med bredden 1,05 m

Δt = temperaturdifferens inne-ute

n = antal värmeflödesbanor

ΔA_i = 1 x värmeflödesbanans bredd

m_i = totalt värmemotstånd längs värmeflödesbanan

W

$^{\circ}\text{C}$

m^2

$\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$

Erhållna k-värden enligt tabell 4 visar att beräkningsmodellen med cirkulära banor ger acceptabel överensstämmelse med FEMTEMP för alternativ 19 utan köldbrygga.

Värmeflödesbana	Energiförlust	
	ΔQ	W
	alt. 2	alt. 19
1	2,37	0,81
2	2,32	0,62
3	2,27	1,09
4	2,23	1,08
5	2,17	1,07
6	1,24	1,05
7	1,22	1,03
8	1,20	2,03
9	1,18	1,97
10	1,16	3,14
11	1,14	3,01
12	4,08	2,90
13	3,87	2,79
14	3,67	2,68
15	3,50	
16	3,34	
Σ	36,96	25,27

Tabell 4.2. Energiförluster i antagna värmeflödesbanor

Alternativ	k-värde enl.	
	FEMTEMP	cyl. modell
2	0,676	0,370
19	0,290	0,253

Tabell 4.3. Jämförelse av k-värden

4.1.6 Diskussion

Krav på ökad isolering och ur energisynpunkt bättre konstruktioner ökar även kravet på noggrannare beräkningsmetoder. Tidigare har visats jämförelser med resultat erhållna enligt SBN 75 och cylindermodell enligt Boileau och Latta [5]. Båda metoderna ger helt oacceptabla resultat för konstruktioner som innehåller köldbryggor.

Det räcker dock inte med att bara försöka undvika köldbryggor. En hel del konstruktioner måste av olika skäl utformas med köldbryggor som då får olika inverkan på värmeledningsförmågan. Beräkning med dator försvåras i de flesta fall på grund av att programmen kan vara svårtillgängliga.

De hittills redovisade metoderna tar heller ingen hänsyn till optimering av isoleringens mängd och placering. Det tycks alltså finnas ett behov av en för handberäkning anpassad metod som tar hänsyn till köldbryggor, optimering och placering av isolering.

4.2 Grundläggning med källare

Två olika källarkonstruktioner har beräknats. Den enda skillnaden mellan konstruktionerna är att den ena innehåller markisolering. Konstruktionerna som utgår ifrån den beräkningsmodell som visas i figur 3.10, redovisas i figur 4.8. Vid beräkning utan markisolering blev energiförlusten 136,6 W och $k = 1,37$ för en löpmeter av hela konstruktionen. När sedan 10 cm markisolering läggs in minskar energiförlusten och k -värdet till 128,1 respektive 1,28.

Om man följer anvisningarna i SBN 75 får man för källarkonstruktionen utan markisolering ett genomsnittligt k -värde enligt nedan:

$$k = \frac{k_1 \cdot 0,4 + k_2 \cdot 1 + k_3 \cdot 1 + k_4 \cdot 3,6}{6} = 0,247 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Där

$$k_1 = \left(\frac{0,1}{0,041} + \frac{0,2}{1,7} + 0,3 \right)^{-1} = 0,35 \quad (\text{socketl})$$

$$k_2 = (2,557 + 0,35)^{-1} = 0,312 \quad (\text{källarvägg 0-1 m under markytan})$$

$$k_3 = (2,557 + 1,10)^{-1} = 0,273 \quad (\text{källarvägg 1-2 m under markytan})$$

$$k_4 = (2,557 + 2,20)^{-1} = 0,210 \quad (\text{källargolv, antaget 3,6 m yttre randfält})$$

som är förhöjt på grund av ett antaget 3,6 m yttre randfält. Ett motsvarande genomsnittligt k -värde för konstruktionen beräknad med FEMTEMP blir

$$k = \frac{1,366}{0,4 + 2 + 3,6} = 0,228 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Den av Boileau, Latta [5] föreslagna metoden med cirkulära värmeströmningsbanor ger enligt nedan för konstruktionen utan markisolering:

$$k_{\text{golv}} \cdot B = \frac{\lambda_j}{\pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{\pi \cdot B}{\lambda_j (m_{iu} + m_g + \frac{\pi \cdot H}{2\lambda_j})} \right) = 0,565$$

$$k_{\text{vägg}} \cdot H = \frac{2\lambda_j}{\pi \cdot H} \cdot \ln \left(1 + \frac{\pi \cdot H}{2\lambda_j (m_{iu} + m_v)} \right) = 0,286$$

$$k_{\text{sockel}} \cdot h = \frac{h}{m_{iu} + m_s} = 0,140$$

$$k_{\text{medel}} = \frac{k_g \cdot B + k_v \cdot H + k_s \cdot h}{B + H + h} = 0,165 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Där	λ_j	= 2,3	jordmaterialets värmeledningsförmåga	W/m ⁰ C
	m_{iu}	= 0,3	värmeövergångsmotstånd	m ² C/W
	$m_g = m_v = m_s$	= 2,56	källarkonstruktionens värmemotstånd	m ² C/W
	B	= 3,6	källargolvets bredd	m
	H	= 2,0	källarväggens höjd under markytan	m
	h	= 0,4	sockelhöjd	m

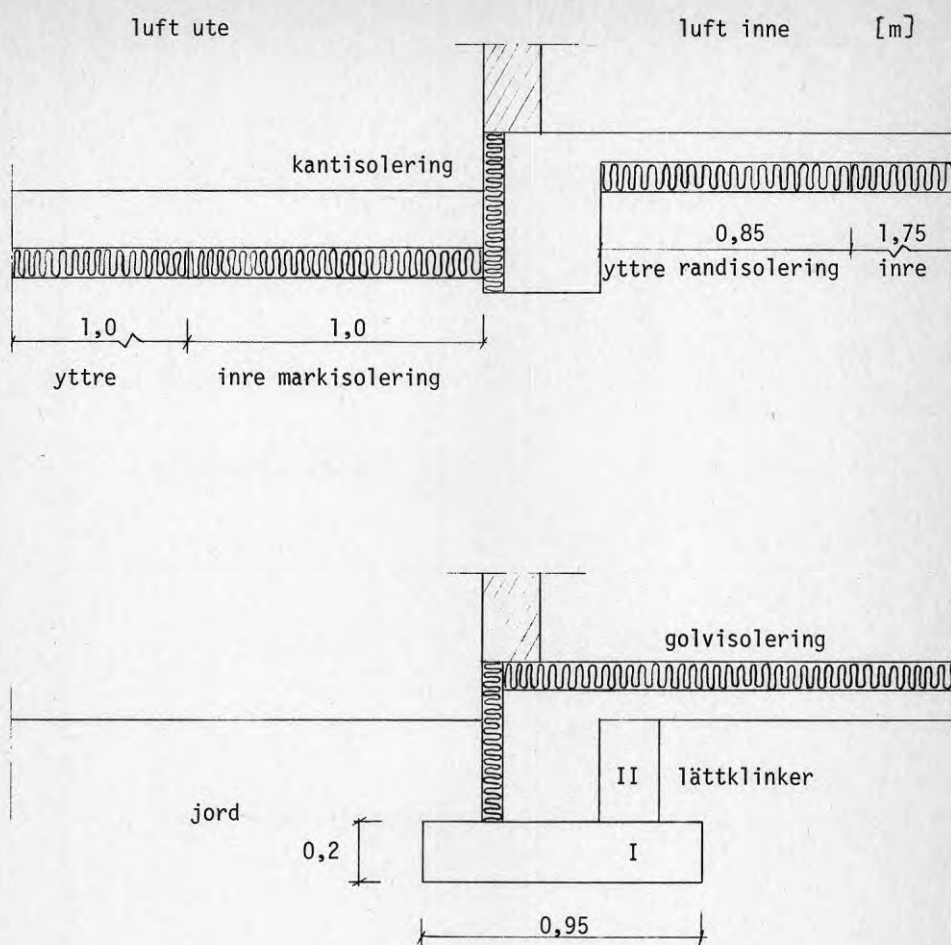
En motsvarande beräkning utan integrering med antagna värme-flödesbanor för källarkonstruktionen enligt figur 4.8 gav resultaten

$$k_{\text{ingen markisolering}} = 1,28 \text{ W/m}^2\text{C} \text{ (löpmeter, 3,6 m bred källare).}$$

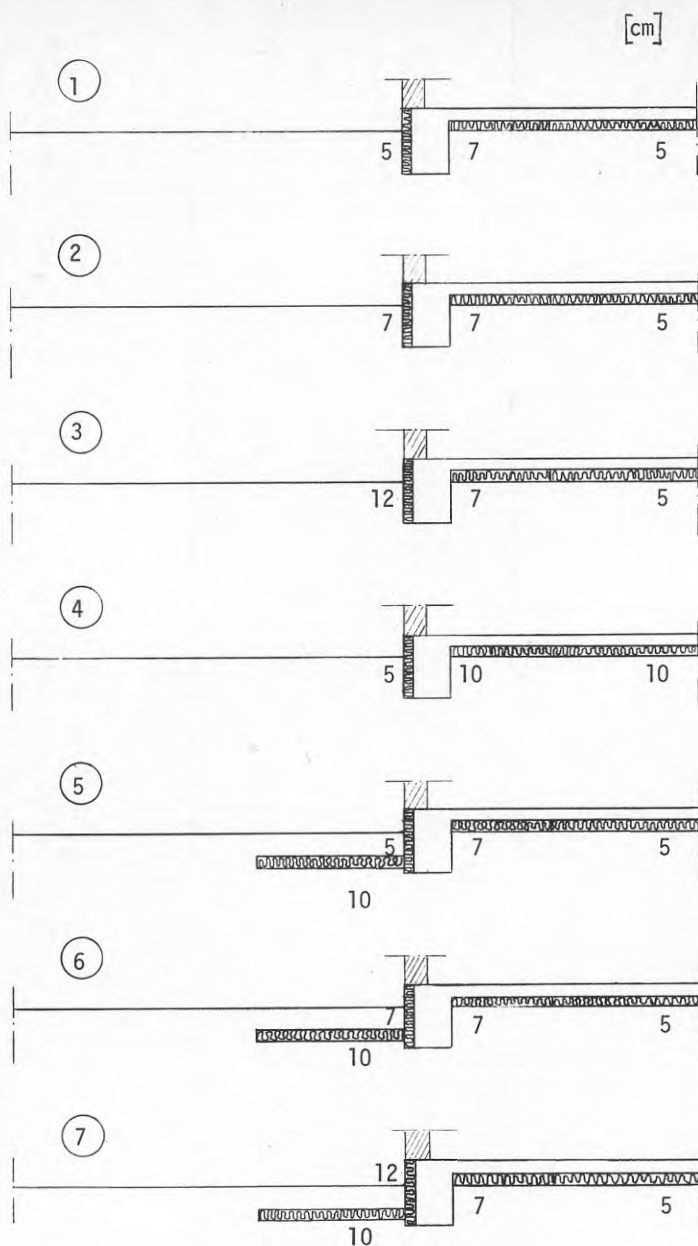
$$k_{\text{markisolering}} = 1,12 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Dessa värden ligger 7 respektive 12,3 % under de med FEMTEMP beräknade.

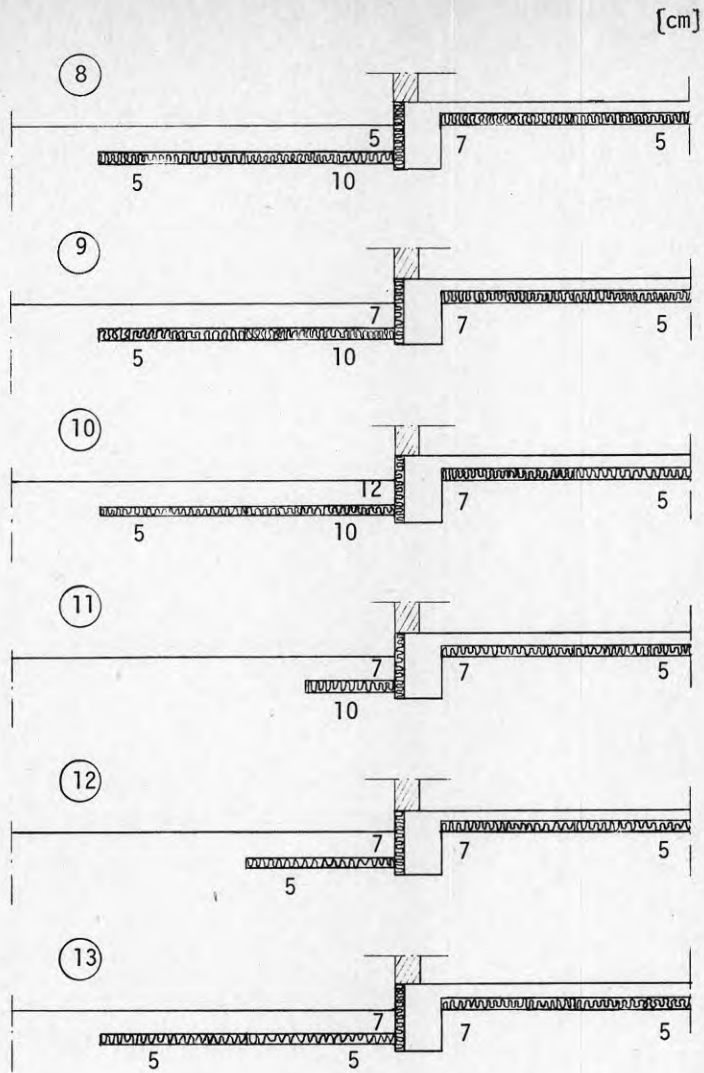
I BILAGA 1 redovisas plotterutskriften med temperaturkurvor för de olika konstruktionsalternativen.



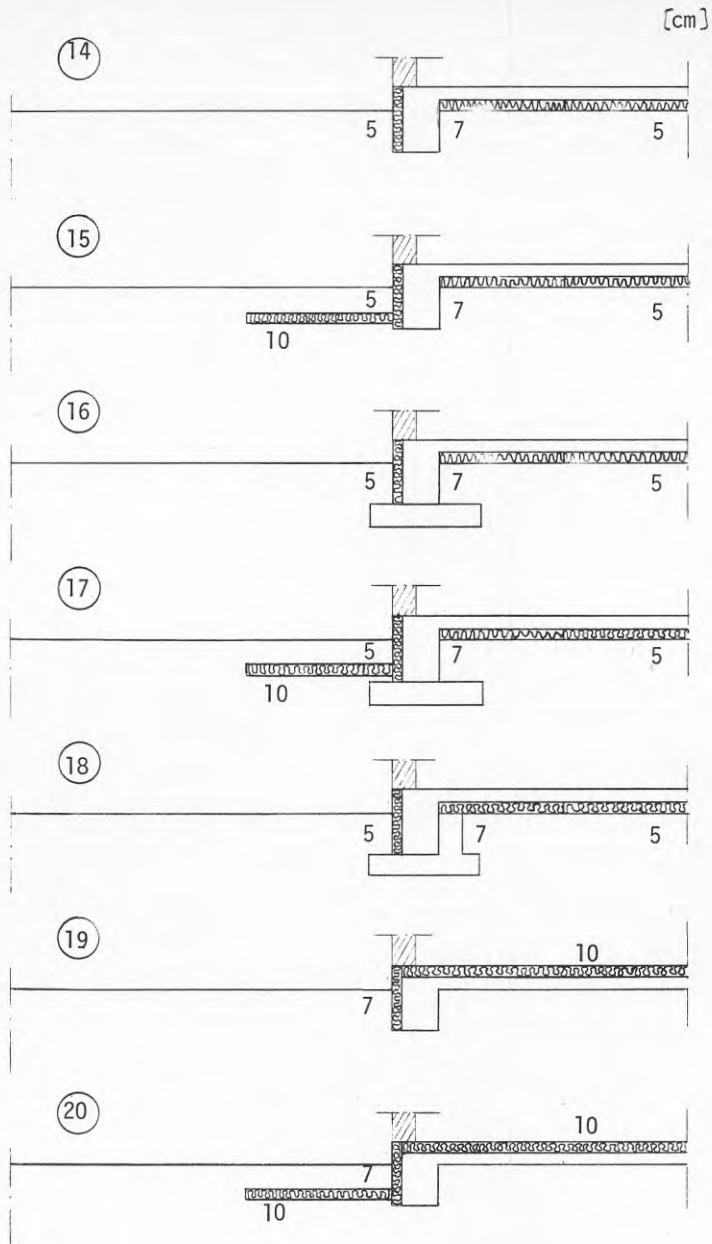
Figur 4.1 a, b Försökskonstruktion, beteckningar



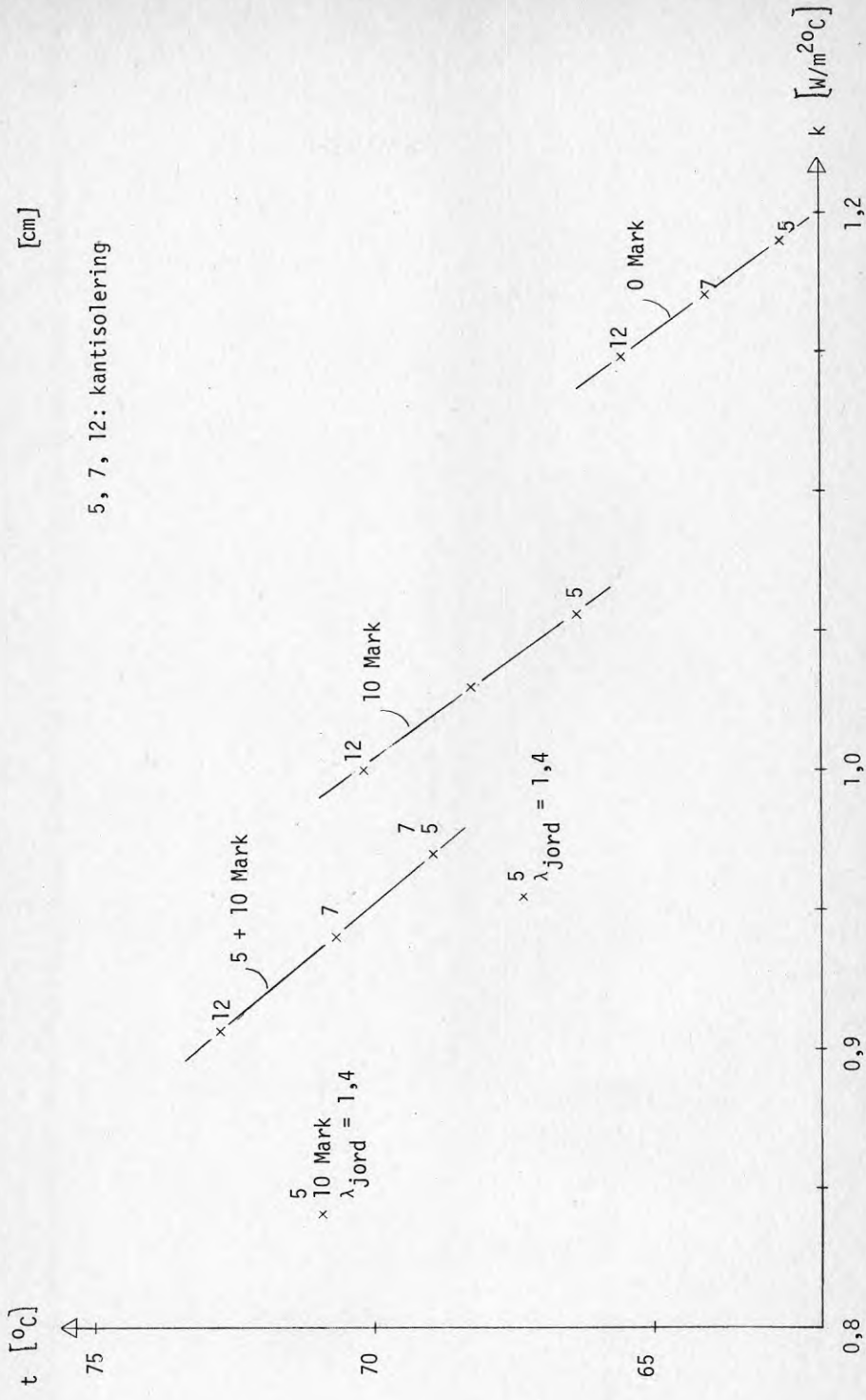
Figur 4.2a Konstruktion 1 - 7



Figur 4.2b Konstruktion 8 - 13



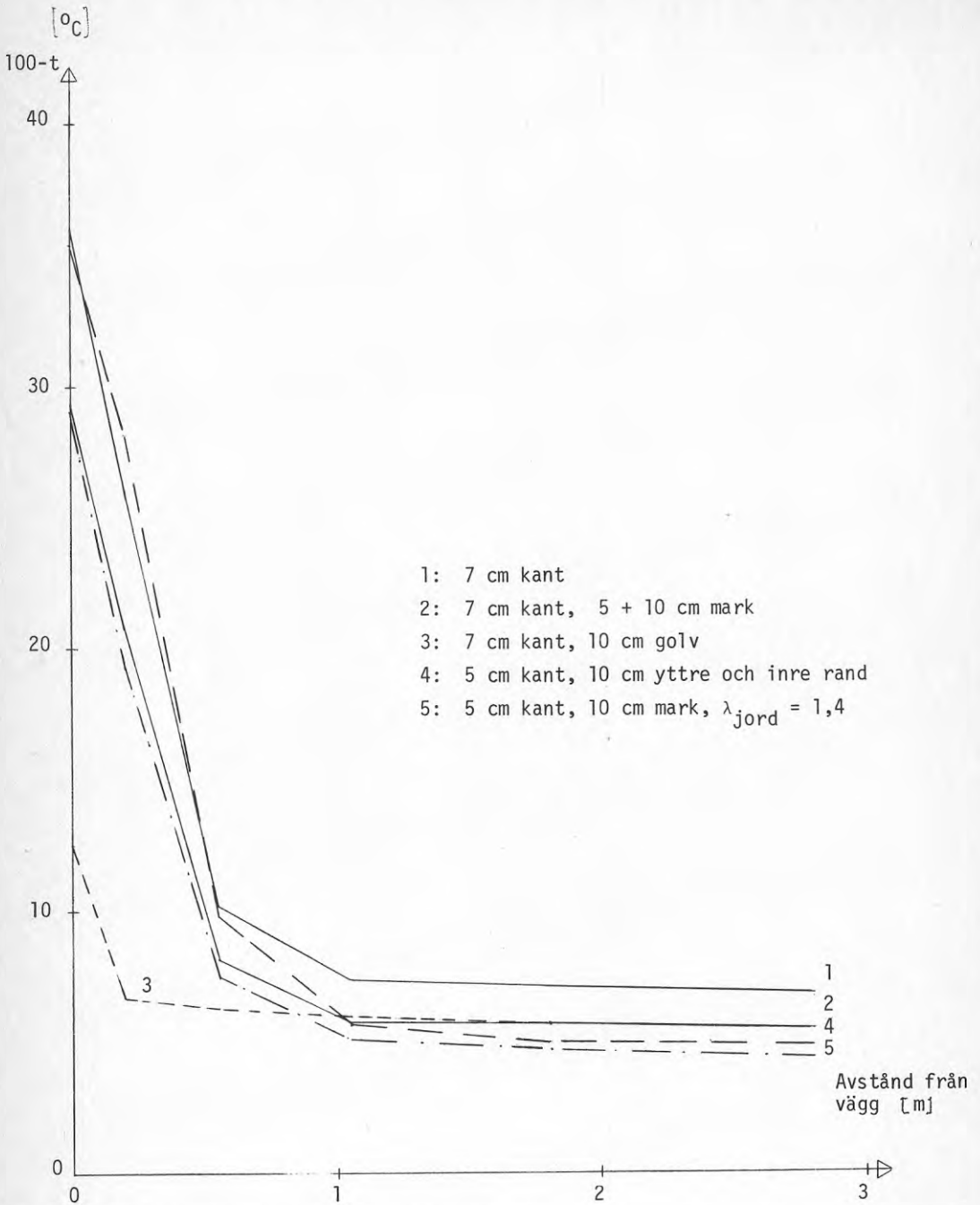
Figur 4.2c Konstruktion 14 - 20



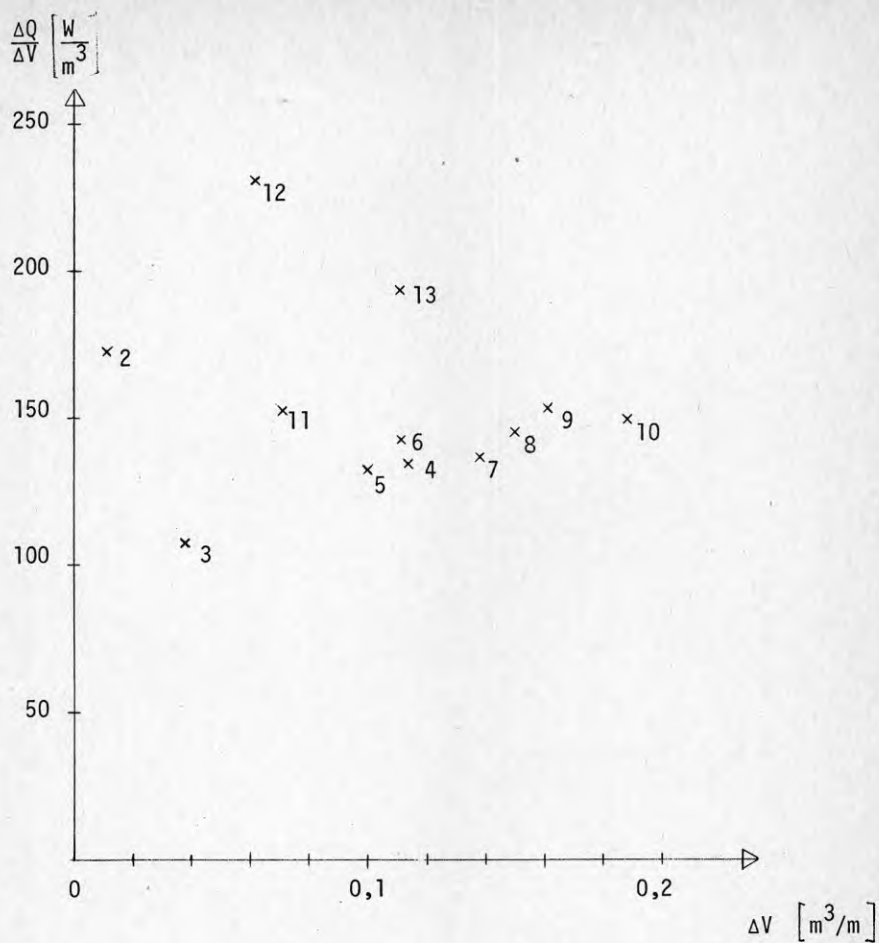
[cm]

5, 7, 12: kantisolering

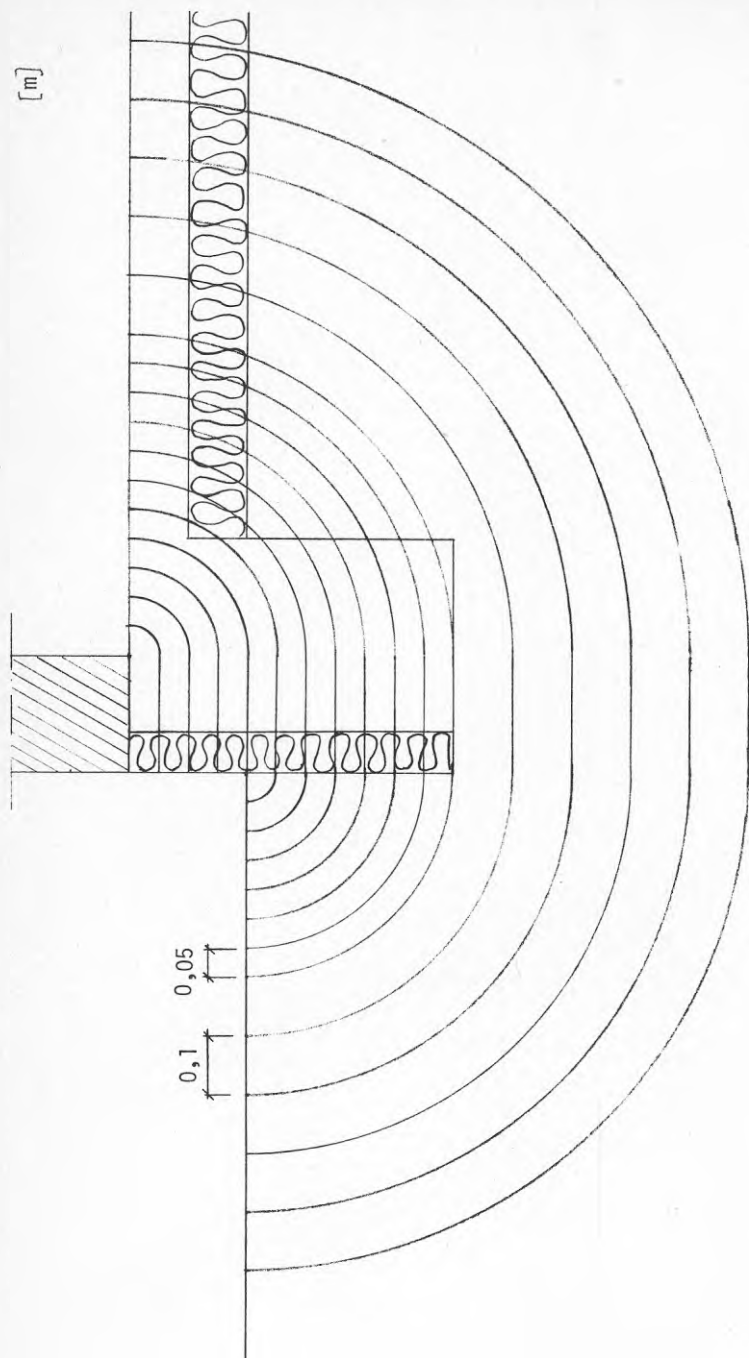
Figur 4.3 Jämförelse k-värde - golvtemperatur vid vägg



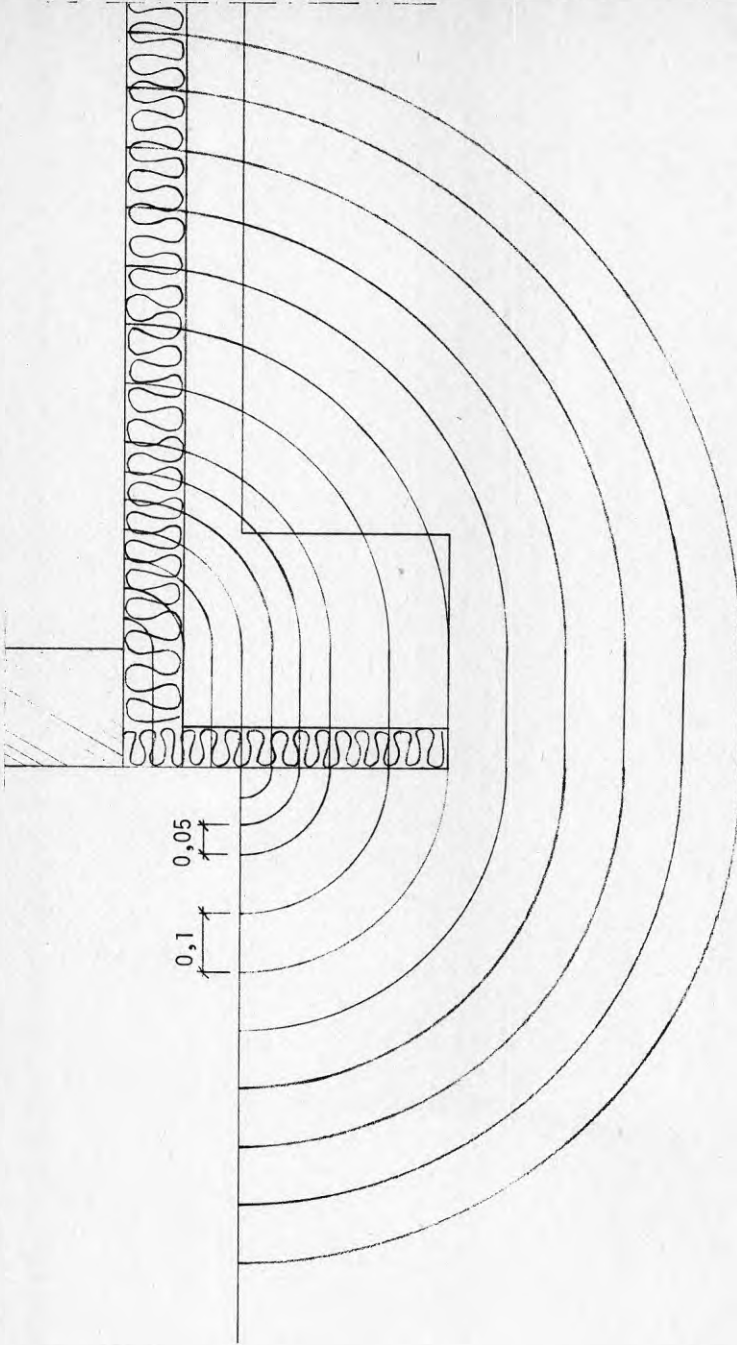
Figur 4.4 Temperaturminskning vid golvytan



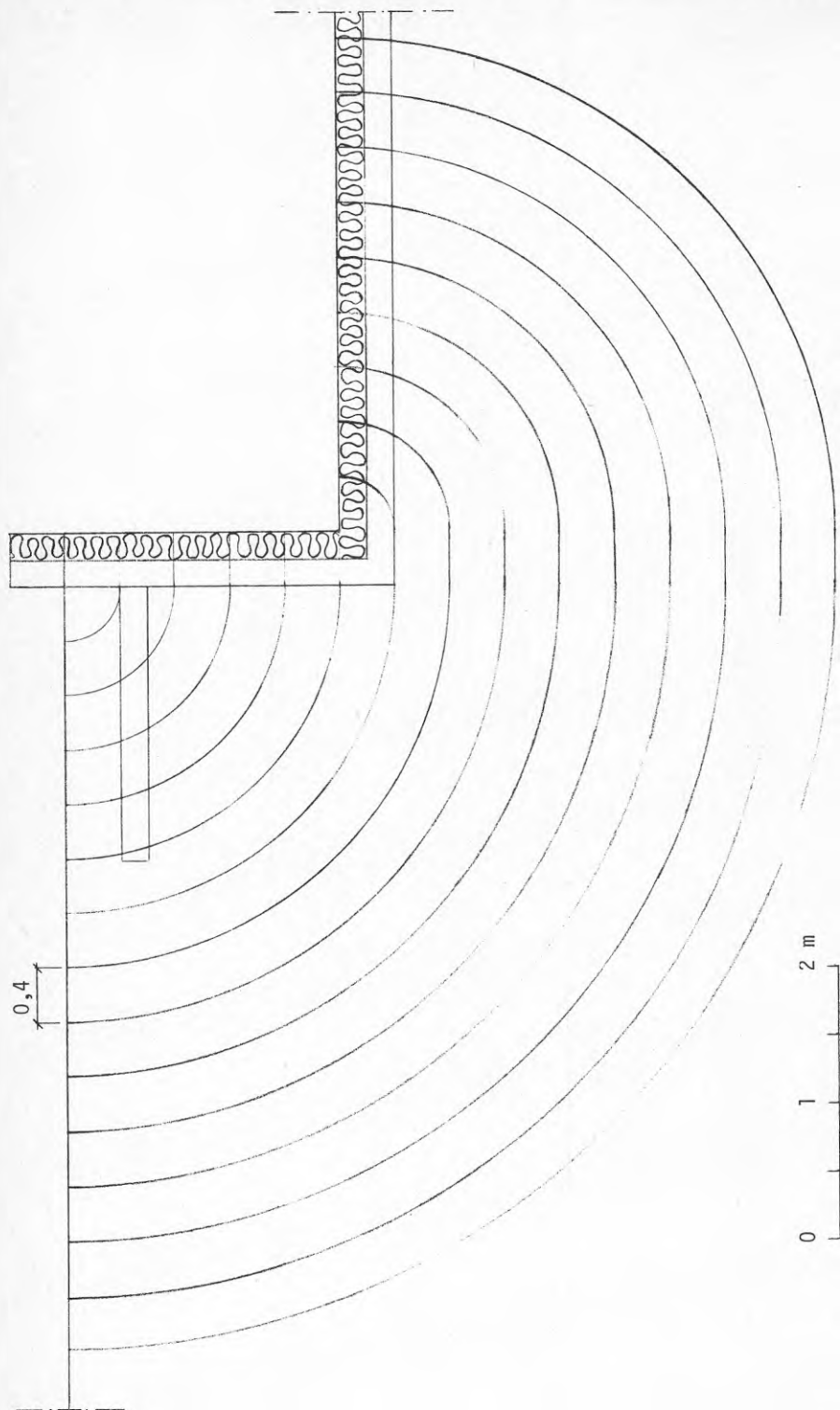
Figur 4.5 Effekt av isoleringens mängd och placering



Figur 4.6 Antagna värmeinflödesbanor för konstruktionsalternativ 2



Figur 4.7 Antagna värmeflödesbanor för konstruktionsalternativ 19



Figur 4.8 Antagna värmeledesbanor för källarkonstruktion med eller utan markisolering

5. SAMMANFATTNING

Vid grundläggning på mark har konstruktören i huvudsak tre möjligheter för att bestämma energiförlusten genom värmeströmning:

1. Anvisningar i SBN 75
2. Antag att värmetransport under markytan sker i cirkulära banor.
3. Datorprogram

Syftet med denna rapport är en översyn och jämförelse mellan dessa beräkningsmetoder för att se om behov finns för att utveckla en beräkningsmodell som ger en bättre optimering av isoleringens mängd och placering. Beräkningsmodellen bör i så fall kunna användas för handberäkning.

Resultaten i denna rapport bygger huvudsakligen på jämförelser mellan olika konstruktioner. För beräkningarna har två datorprogram funnits till förfogande. En lämplig beräkningsmodell tas fram på programmet FEMTEMP. Inverkan av modellens storlek studeras och resultatet visar att värmemotståndet inom en sektor nära ytterväggen är praktiskt taget helt oberoende av randtemperaturen i jord och utetemperaturen. Konstruktionens totala värmeledningsförmåga varierar avsevärt beroende på jordmaterialets värmeledningsförmåga. Utåtgående hörn ger relativt vägglängden lägre energiförlust.

Utgående från den valda beräkningsmodellen genomräknas ett 20-tal olika konstruktioner. Dessa är av två typer, med eller utan köldbrygga. En kraftig förbättring av k-värdet erhålls om köldbryggor undviks.

Resultat jämförs med SBN 75 och med antagandet av värmetransport under markytan i cirkulära banor. I båda fallen överensstämmer resultaten när konstruktionerna inte innehåller köldbryggor. Konstruktioner som innehåller köldbryggor ger istället för låga k-värden än de med FEMTEMP beräknade.

Krav på ökad isolering och ur energisynpunkt bättre konstruktioner ökar även kravet på noggrannare beräkningsmetoder. De resultat som föreligger i denna rapport visar att de handberäkningsmodeller som finns inte ger tillräcklig noggrannhet i de fall då grundkonstruktionen är så utformad att den innehåller en köldbrygga. Ingen hänsyn tas heller till optimering av isoleringens mängd och placering.

6. REFERENSER

- [1] Persson, M: Computerprogram HEAT. Chalmers Tekniska Högskola, institutionen för byggnadskonstruktioner, publikation 75:13, Göteborg 1976.
- [2] Axelsson, K, Fröier, M och Loyd, D: FEMTEMP II, Chalmers Tekniska Högskola, institutionen för byggnadsstatik, publikation 75:2, Göteborg 1975.
- [3] Adamson, B: Bjälklag på jord - värmeisolering och golvtemperaturer. Byggforskningen, Rapport 41:1973, Stockholm 1973.
- [4] Adamson, B, Claesson, J, och Eftring, B: Bjälklag på jord grundläggningsdjup. Byggforskningen, Rapport 40:1973, Stockholm 1973.
- [5] Boileau, G G, Latta, J K: Calculation of Basement Heat Losses. Technical Paper No. 292, National Research Council of Canada, Division of building Research, Ottawa 1968.

BILAGA 1Plotterutskrifter med temperaturkurvor

Resultatet av datorberäkningarna redovisas med temperaturkurvor med en utomhustemperatur av 0°C och en inomhustemperatur av + 100°C.

Temperaturen vid andra förhållanden fås enligt följande:

$$T_a = T_{ute} + \frac{T_{100}}{100} (T_{inne} - T_{ute})$$

där T_a = temperatur vid aktuellt förhållande
 T_{ute} = utetemperatur vid aktuellt förhållande
 T_{inne} = innetemperatur vid aktuellt förhållande
 T_{100} = temperatur enligt datorberäkning

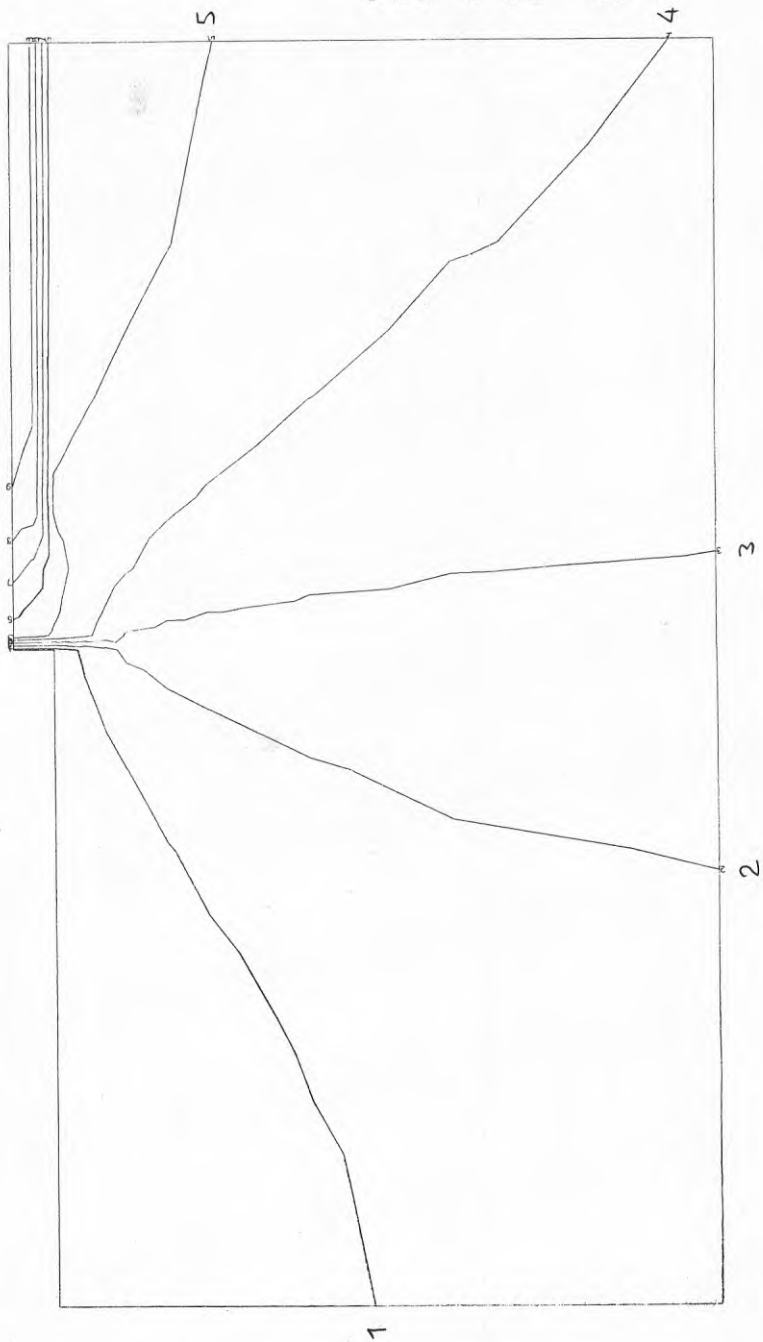
Exempel:

$$T_{ute} = - 10^{\circ}\text{C}$$

$$T_{inne} = + 20^{\circ}\text{C}$$

$$T_{100} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$T_a = - 10 + \frac{30}{100} (20 - (- 10)) = - 1^{\circ}\text{C}$$



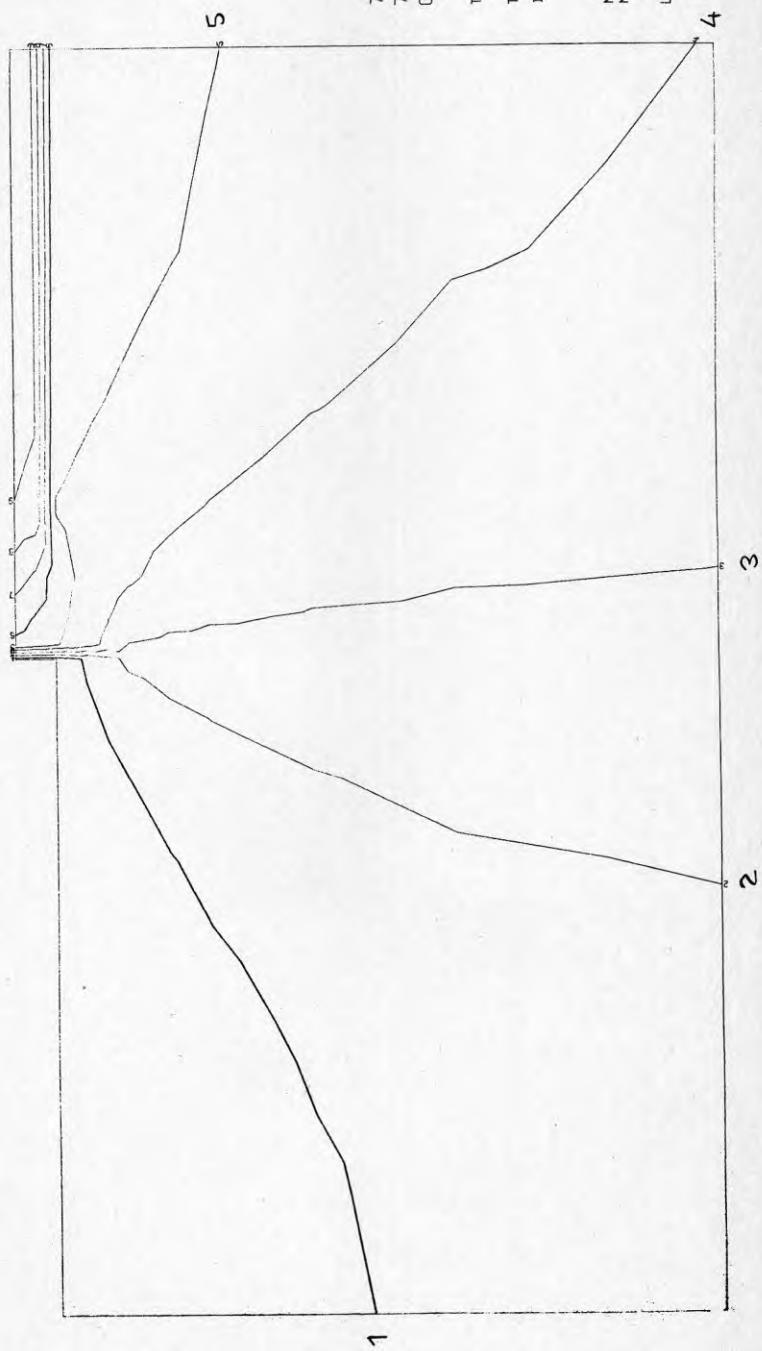
5 CM KANT 0 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



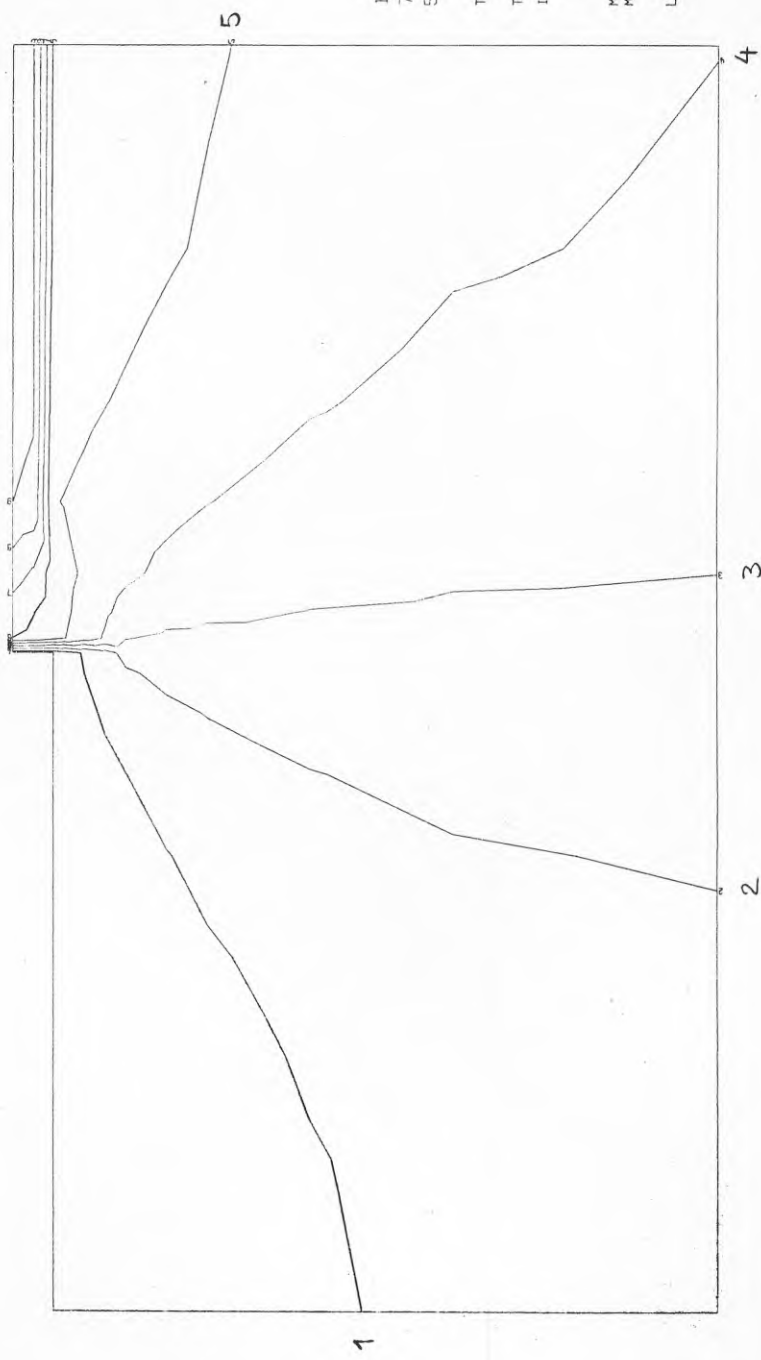
7 CM KANT 0 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND 5
 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	
	100.0000	
	MAX VALUE	
	MIN VALUE	
		0.0

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



12 CM KANT 0 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

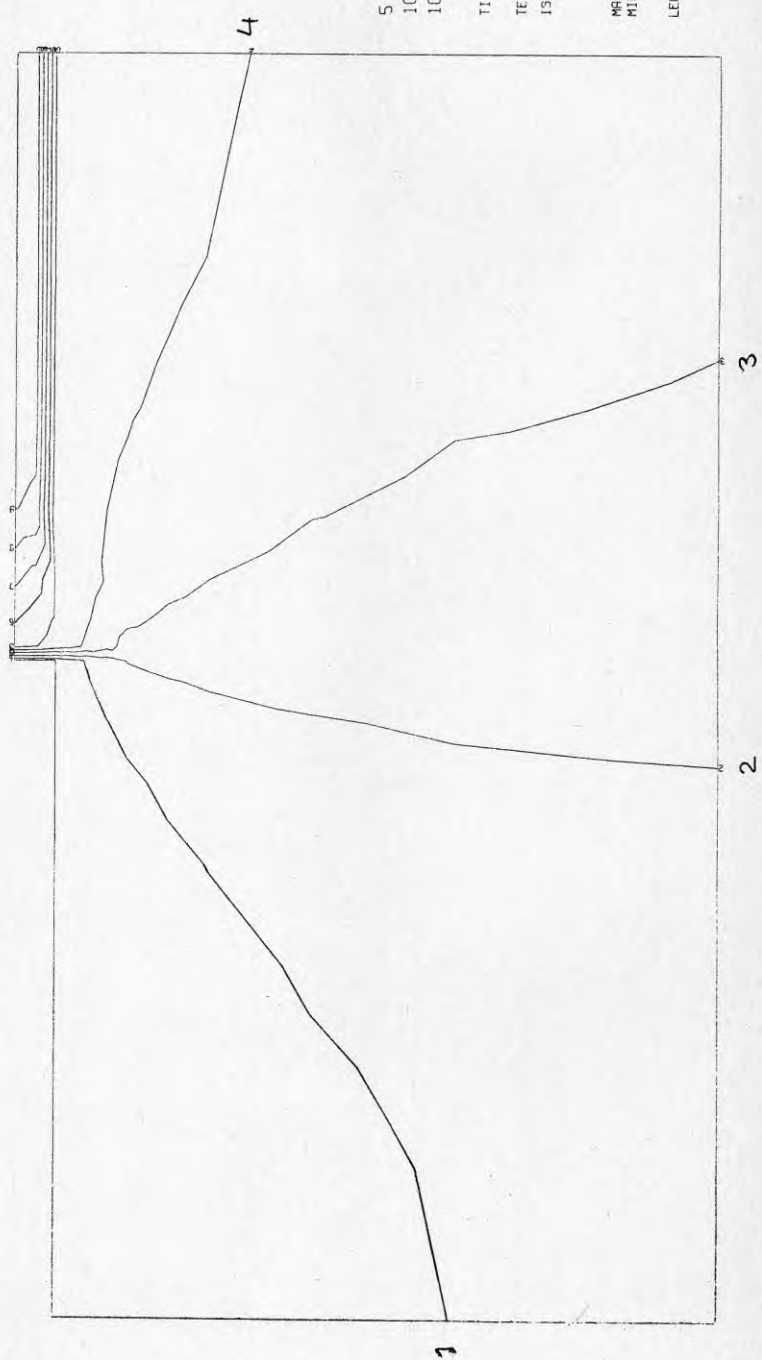
TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	ISO-LINE DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
	100.0000	0.0

MAX VALUE 100.0000
 MIN VALUE 0.0

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



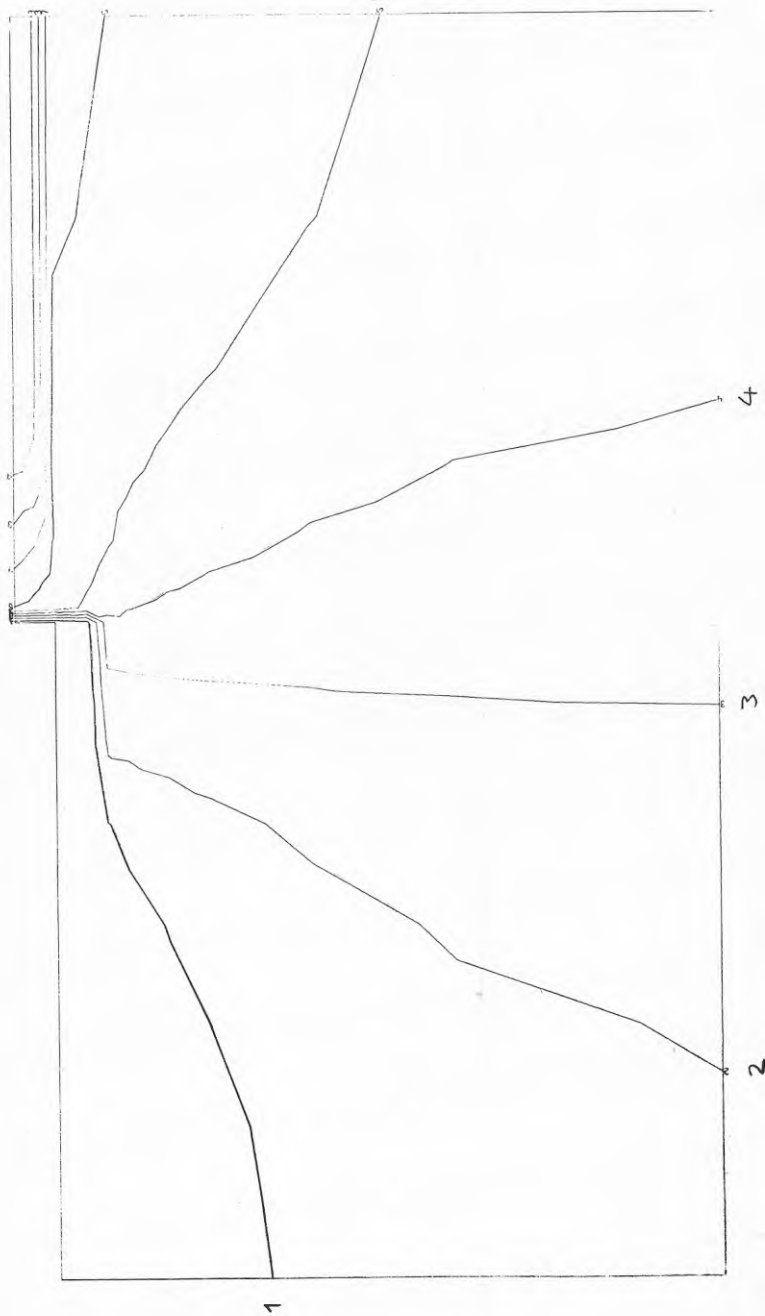
5 CM KANT 0 CM MARK
 10 CM YTTRE RAND
 10 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



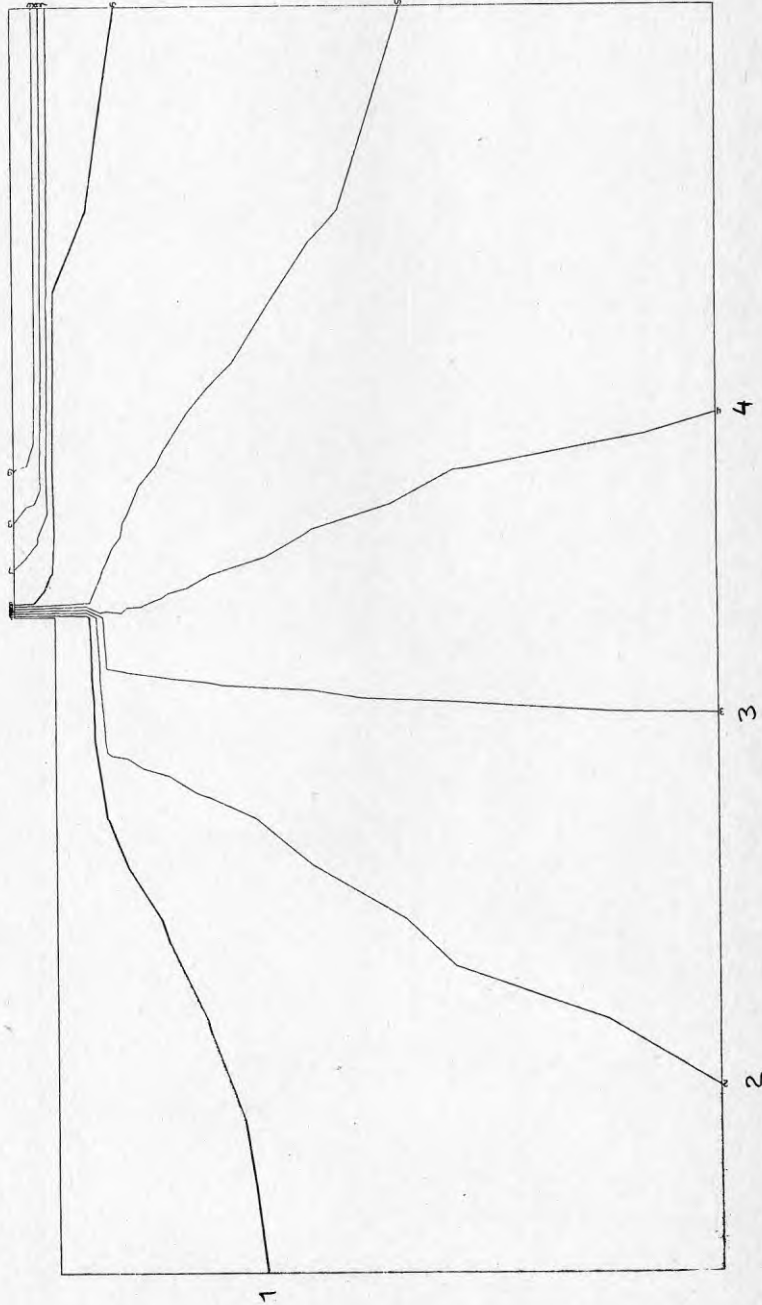
S
 5 CM KANT 10 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUIL-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
	MAX VALUE	100.0000
	MIN VALUE	0.0

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



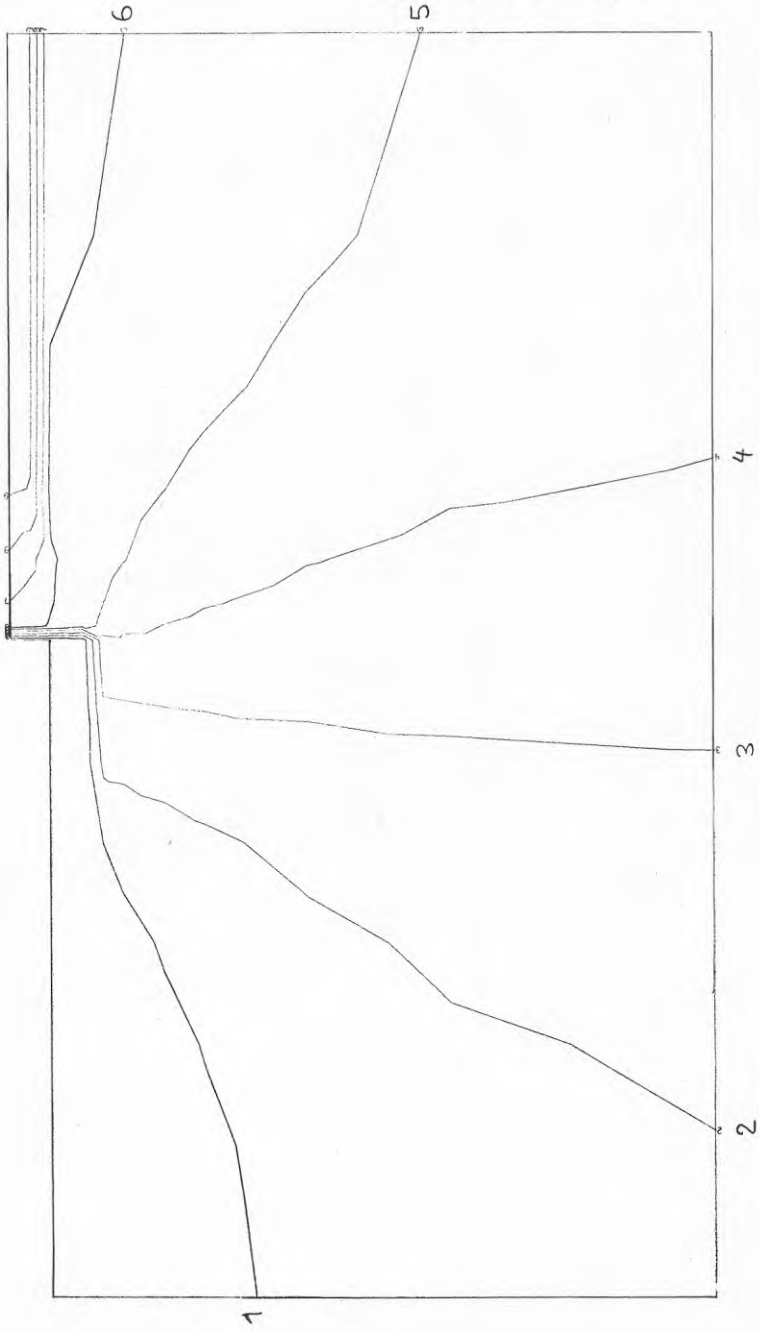
7 CM KANT 10 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SECI) 0.0

TEMPERATURE

ISC-LINE NO	ISC-LINE LEVEL	EDUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
	100.0000	0.0
	MIN VALUE	0.0
	MAX VALUE	100.0000

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



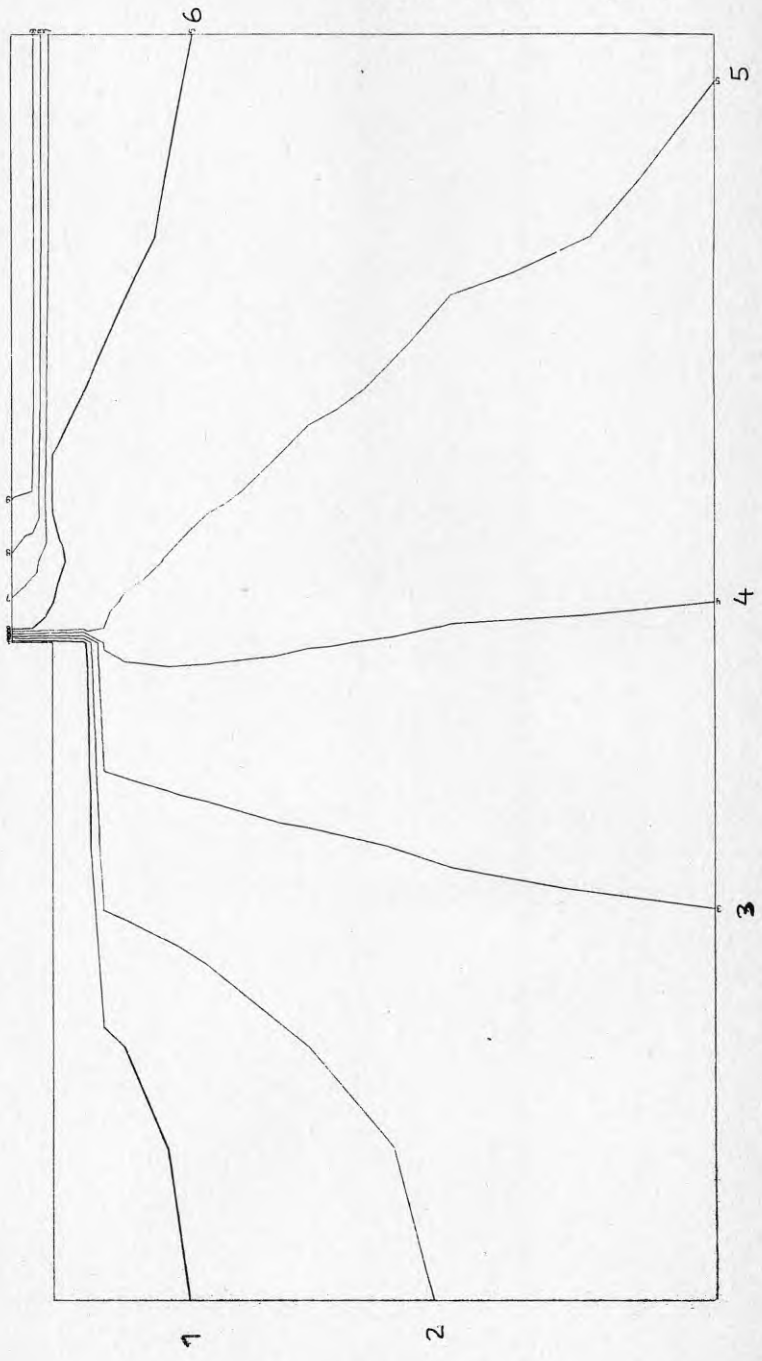
12 CM KANT 10 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
	MAX VALUE	100.0000
	MIN VALUE	0.0

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



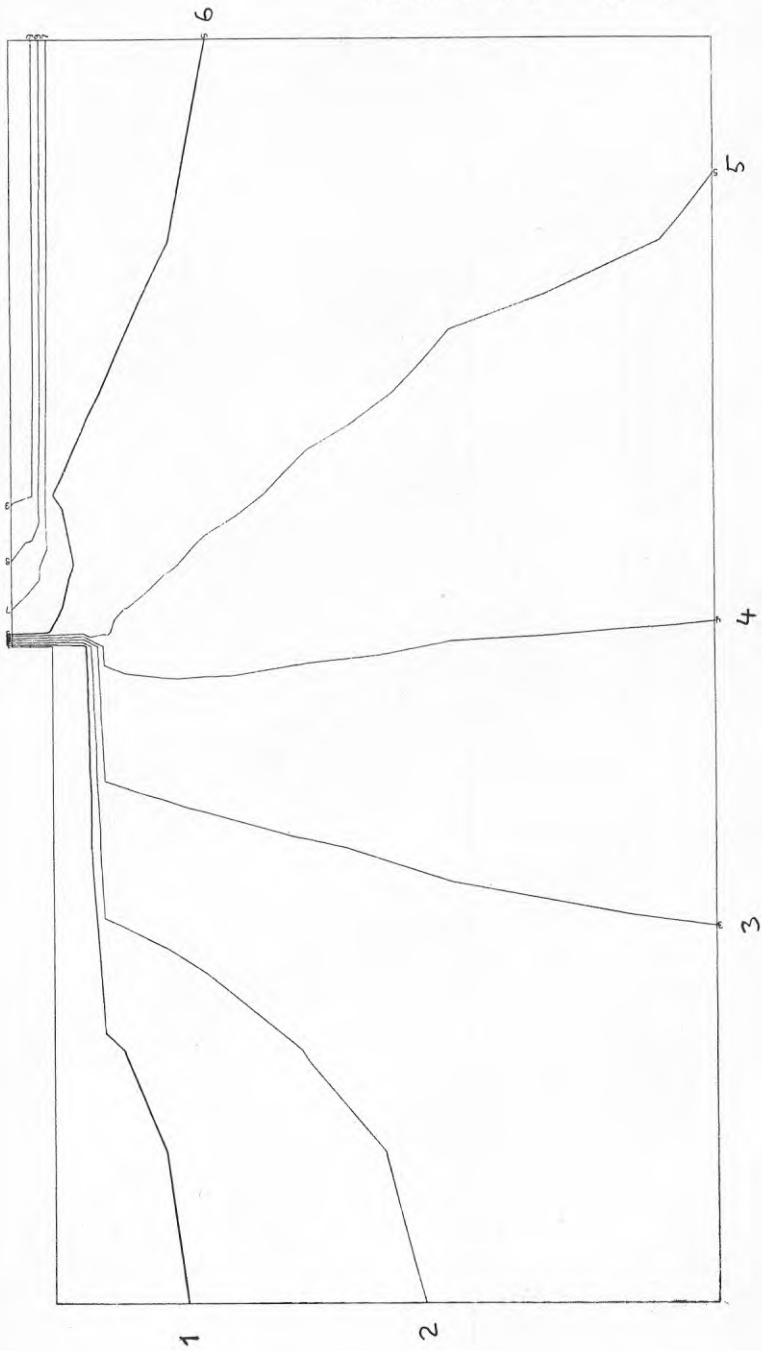
5 CM KRANT 5 10 CM
 MARK 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



7 CM KANT 5.10 CM
 MARK 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2007



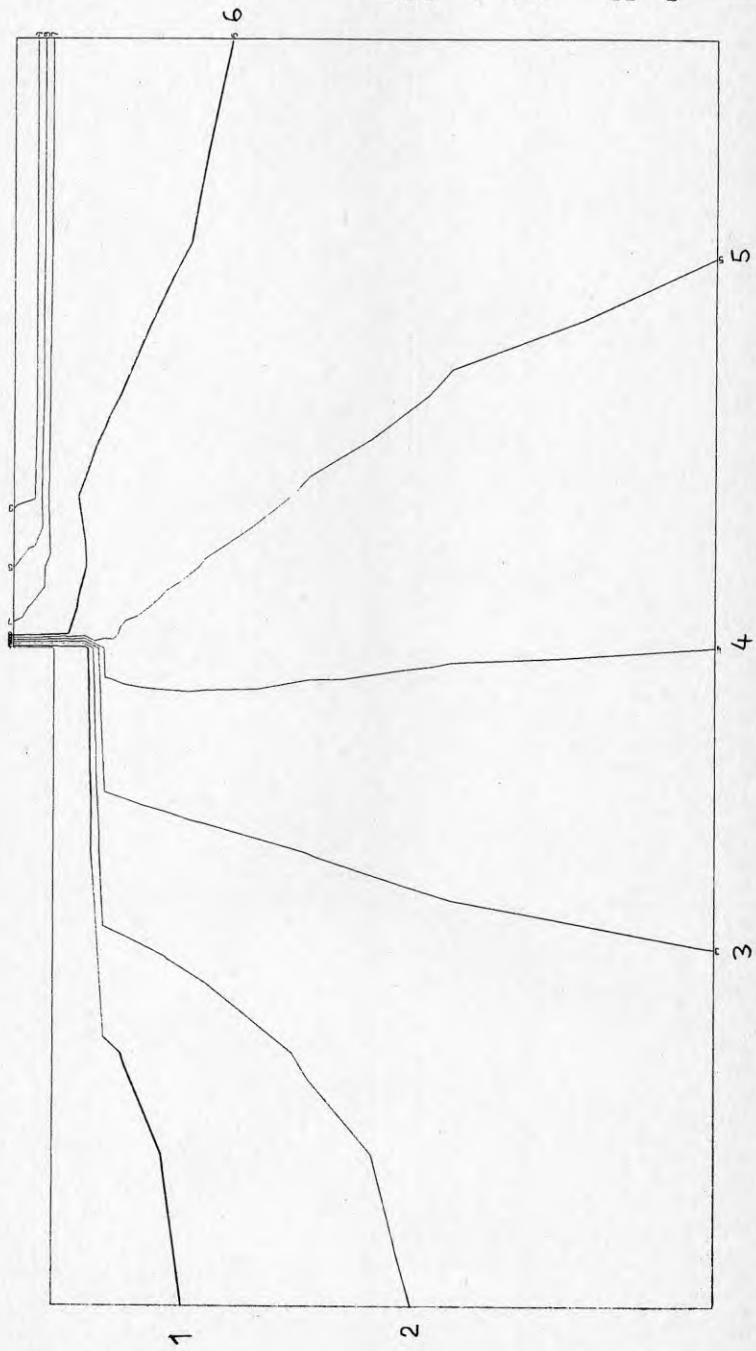
12 CM KANT 5 10 CM
 MARK 7 CM YTRE RAND
 5 CM INRE RAND

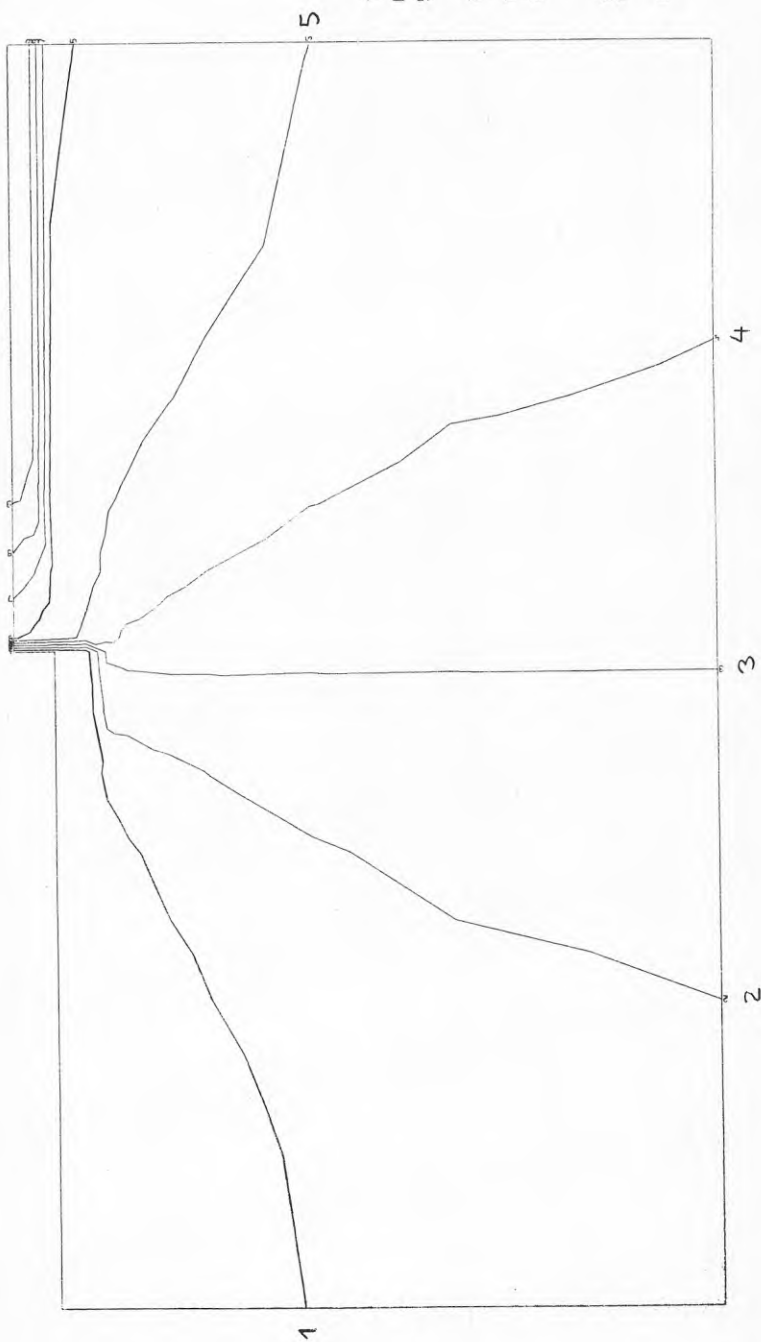
TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM





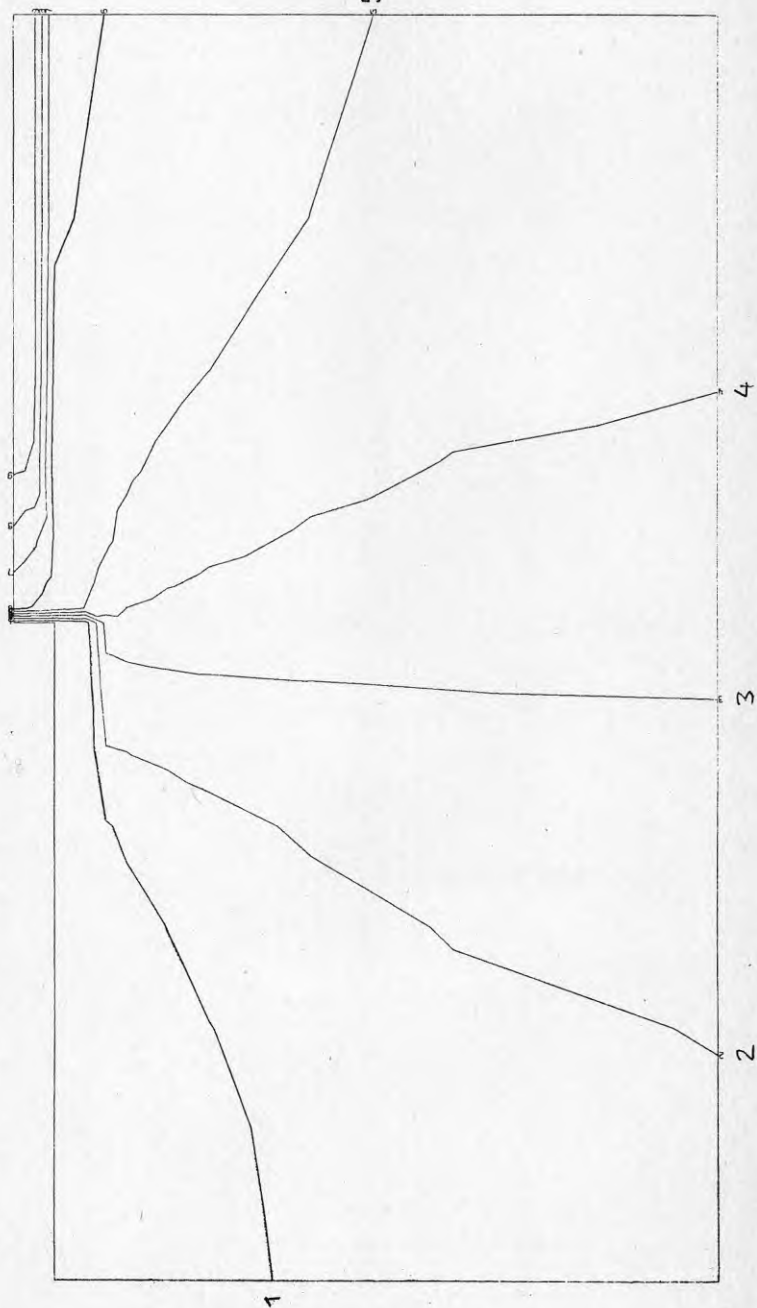
7 CM KANT 10 CM MARK I
 0.6) 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

TIME (SECS) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM = 0.2000
 0 1 2 CM



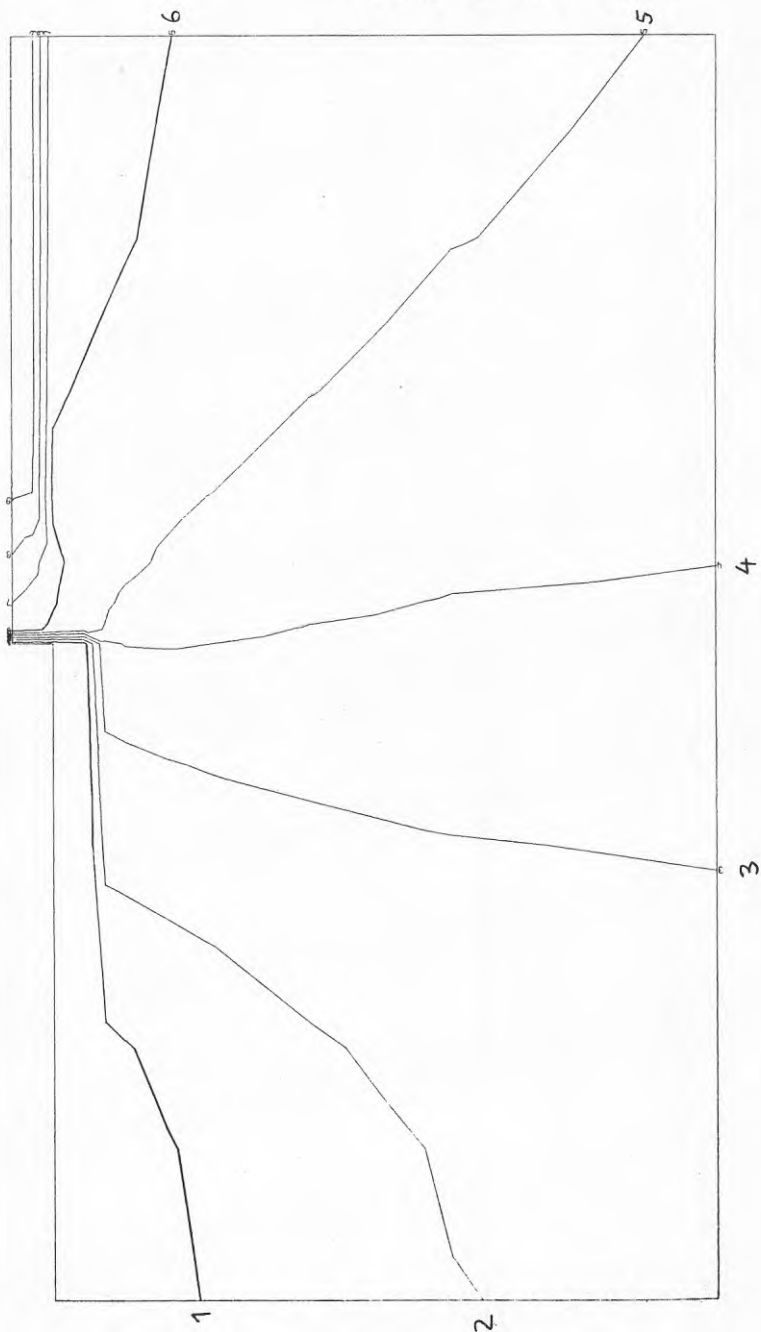
7 CM KANT 5 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INNE RAND

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	ISO-LINE DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM = 0.2000
 0 1 2 CM



7 CM KANT 5 5 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND

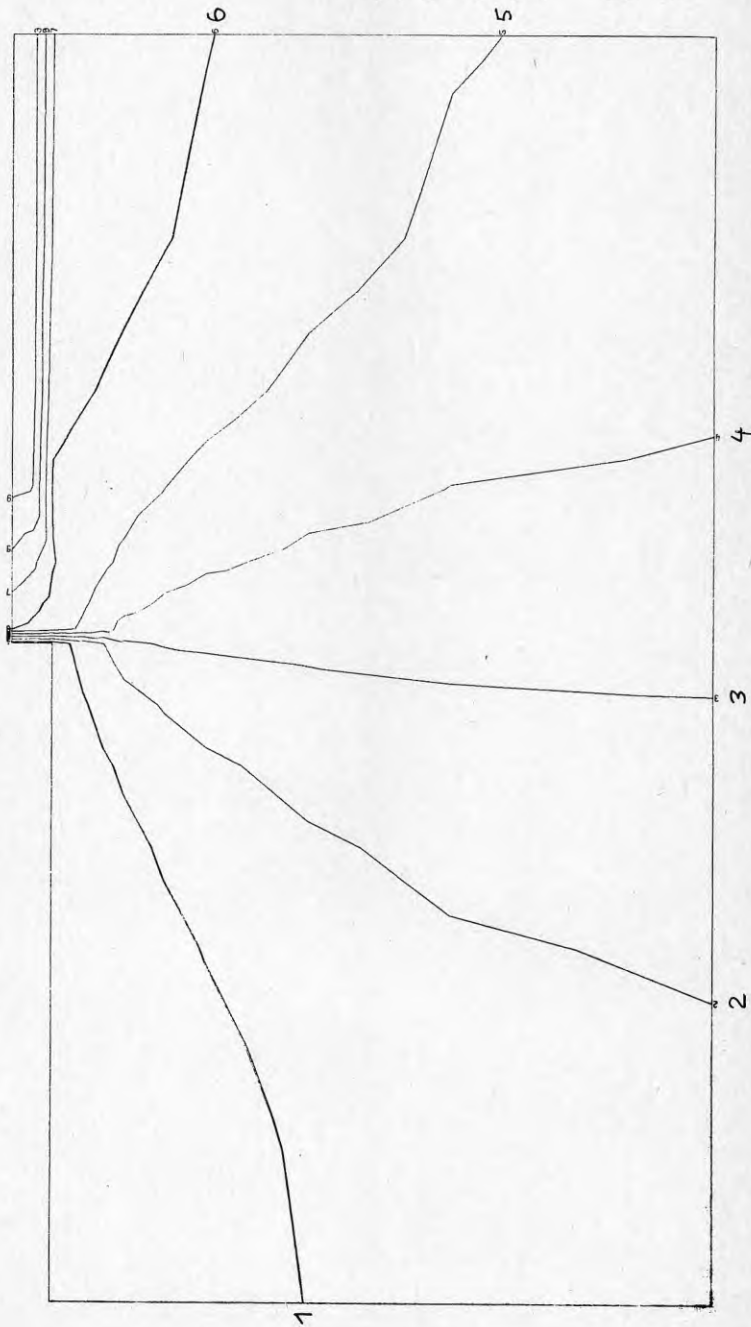
TIME (SEK) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000

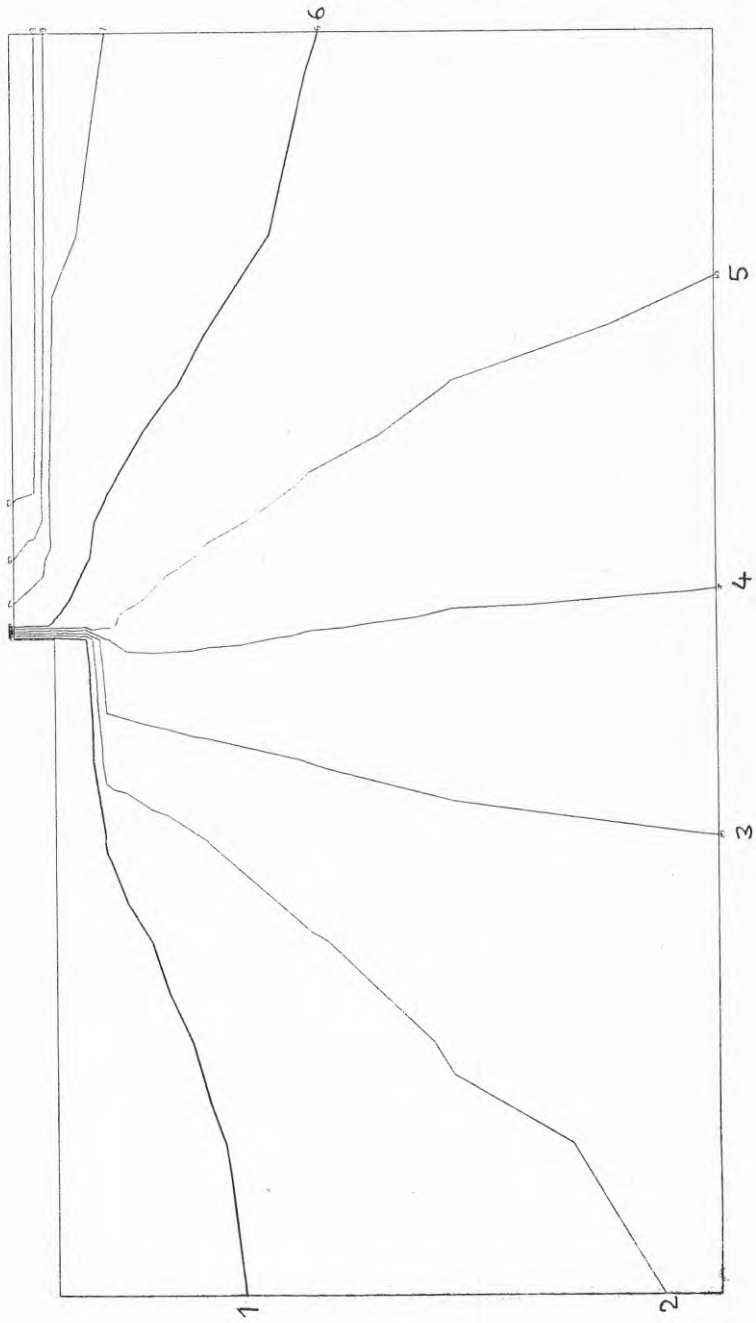




5 CM KANT 0 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND 1.4 JORD

TIME (SEC) 0.0
 TEMPERATURE
 EQUI-LEVEL 10.0000
 DISTANCE 90.0000
 10.0000
 9
 100.0000
 MAX VALUE
 MIN VALUE 0.0

LENGTH SCALE: 1 CM = 0.2000
 0 1 2 CM



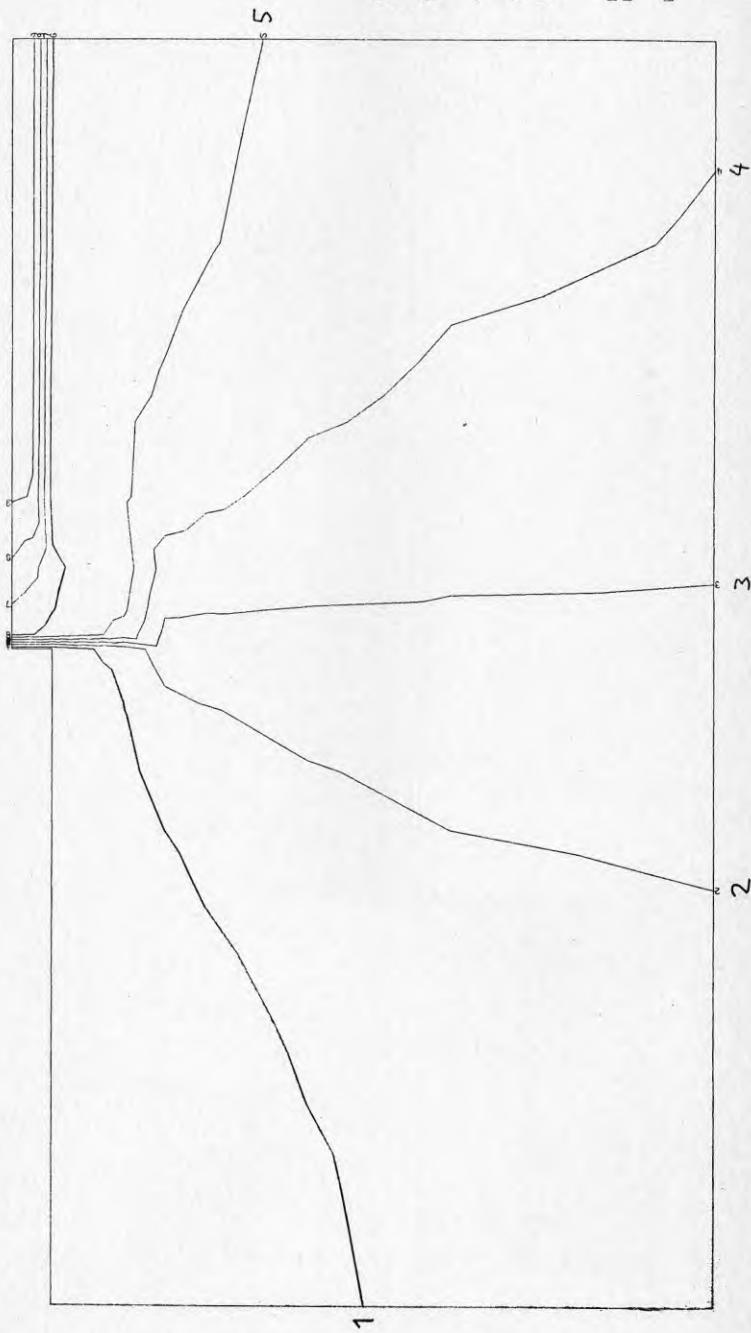
5 CM KANT 10 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND 1.4
 JORD

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



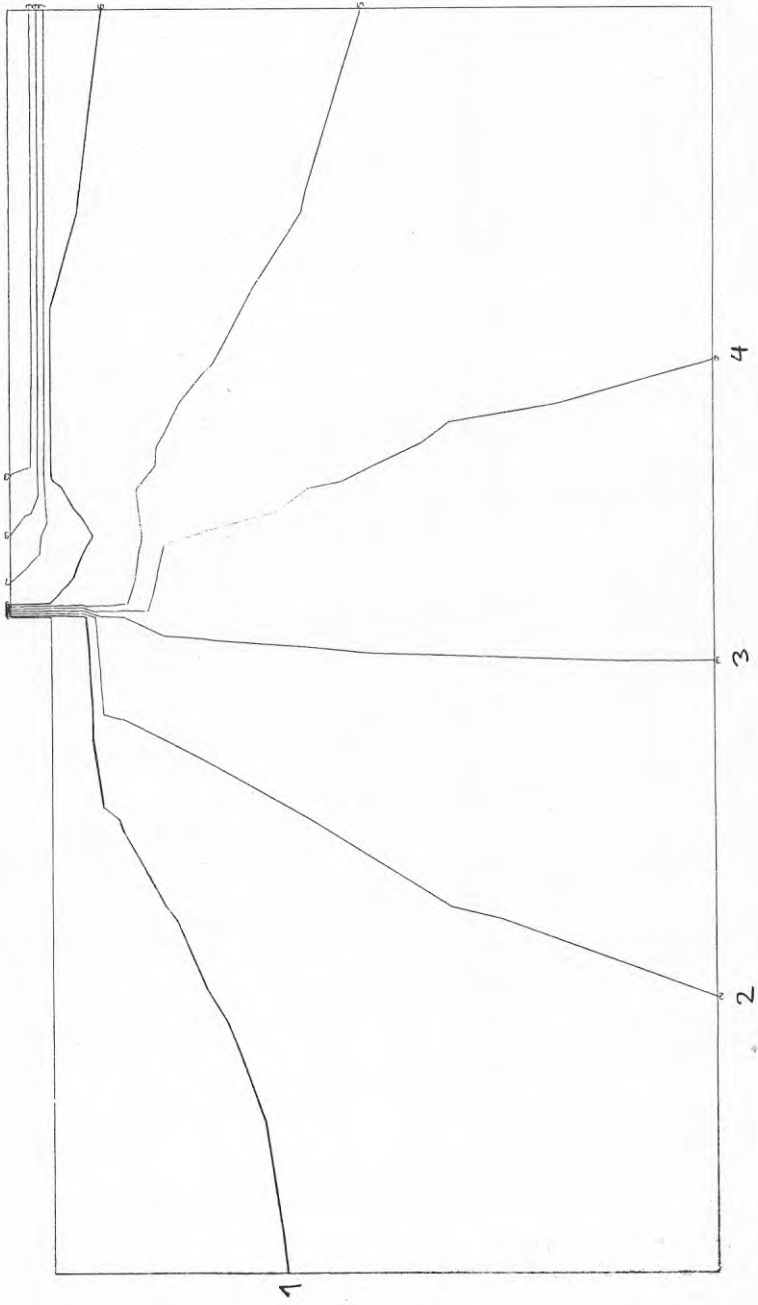
5 CM KANT 0 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND LECA

TIME (SEK) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM = 0.2000
 0 1 2 CM



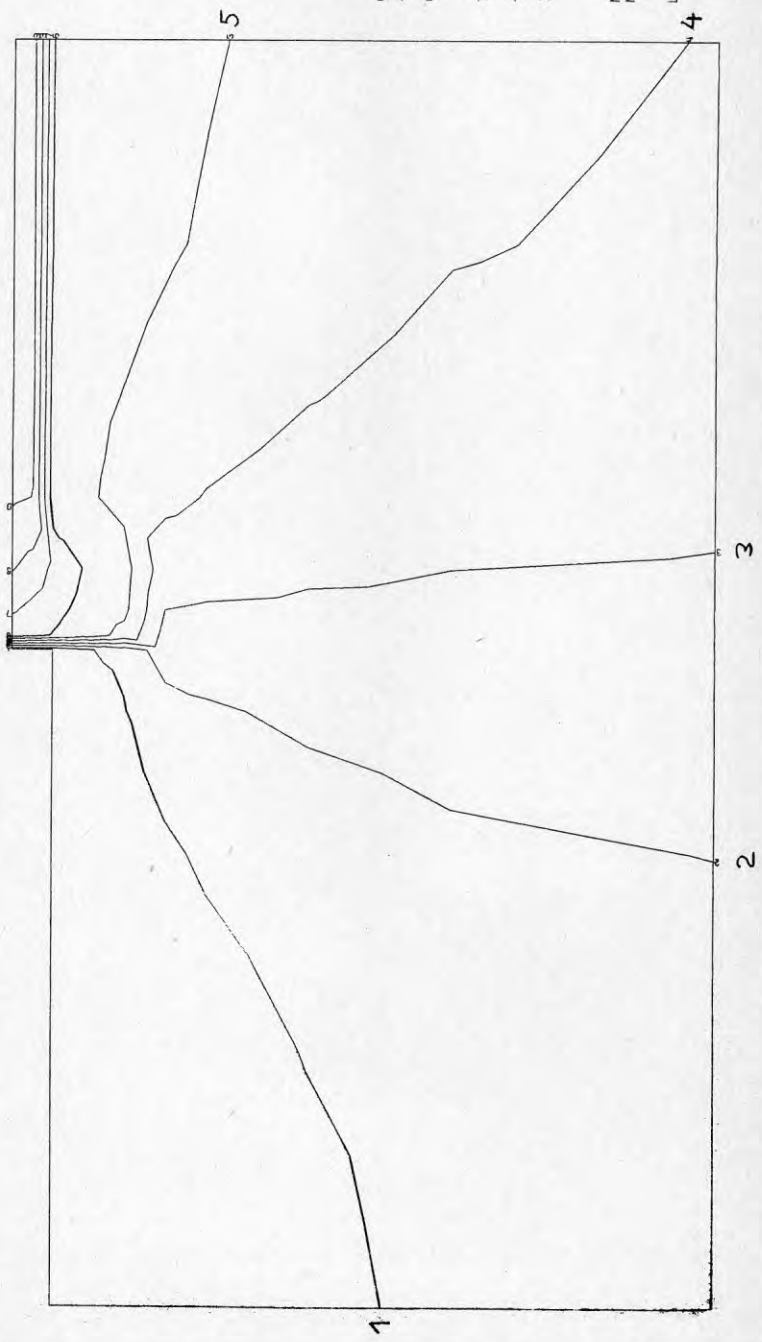
5 CM KANT 10 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND LECA

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EDUJ-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

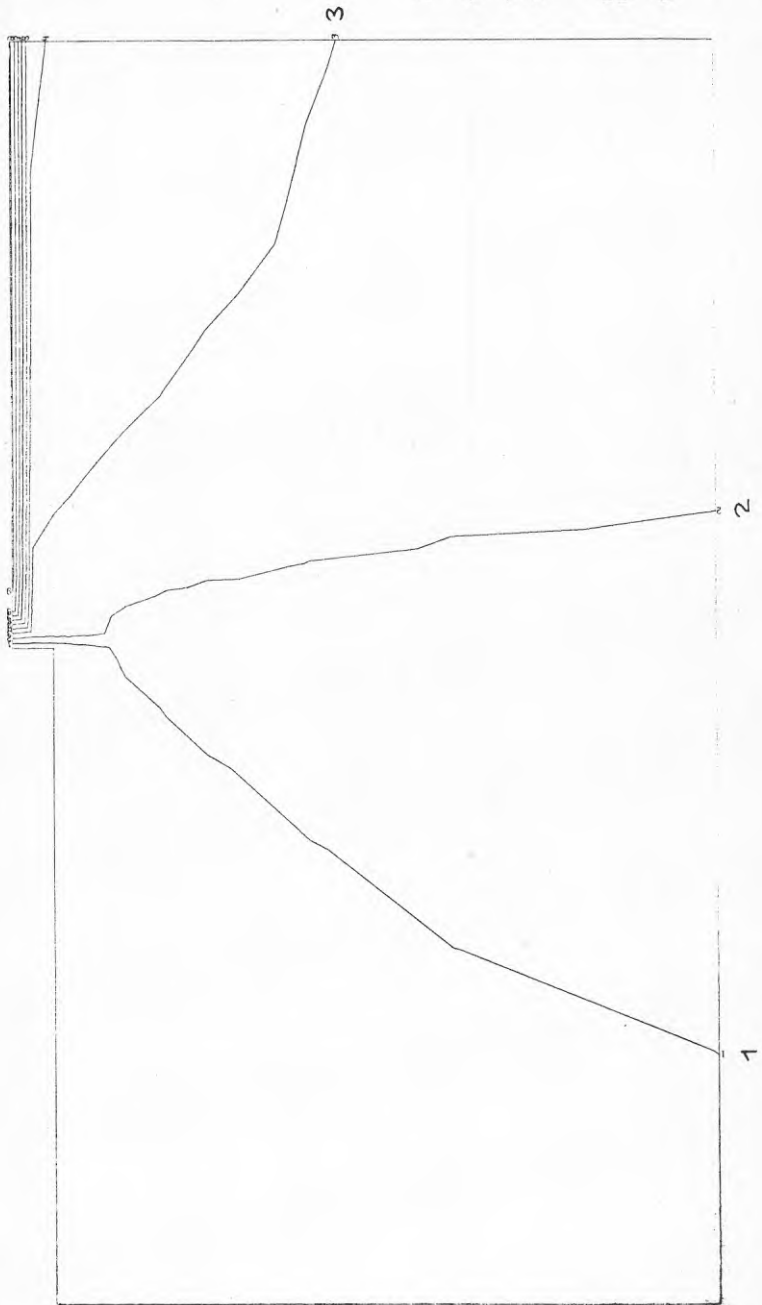
LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



5 CM KANT 0 CM MARK
 7 CM YTTRE RAND
 5 CM INRE RAND LECA-SPEC

TIME (SECS) 0.0
 TEMPERATURE
 ISO-LINE NO 1
 ISO-LINE LEVEL 10.0000
 ISO-LINE DISTANCE 10.0000
 MAX VALUE 100.0000
 MIN VALUE 0.0

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
 0 1 2 CM



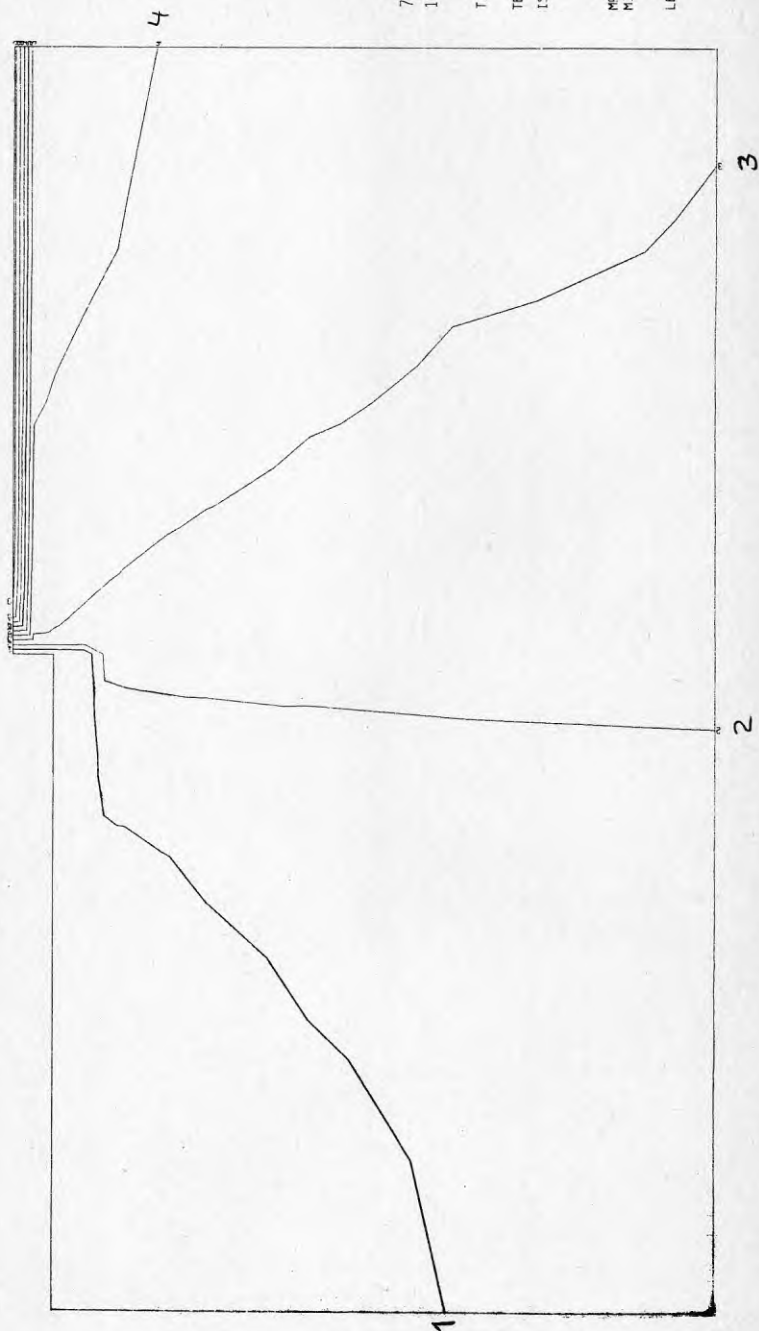
7 CM KANT 10 CM GOLV

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM= 0.2000
0 1 2 CM



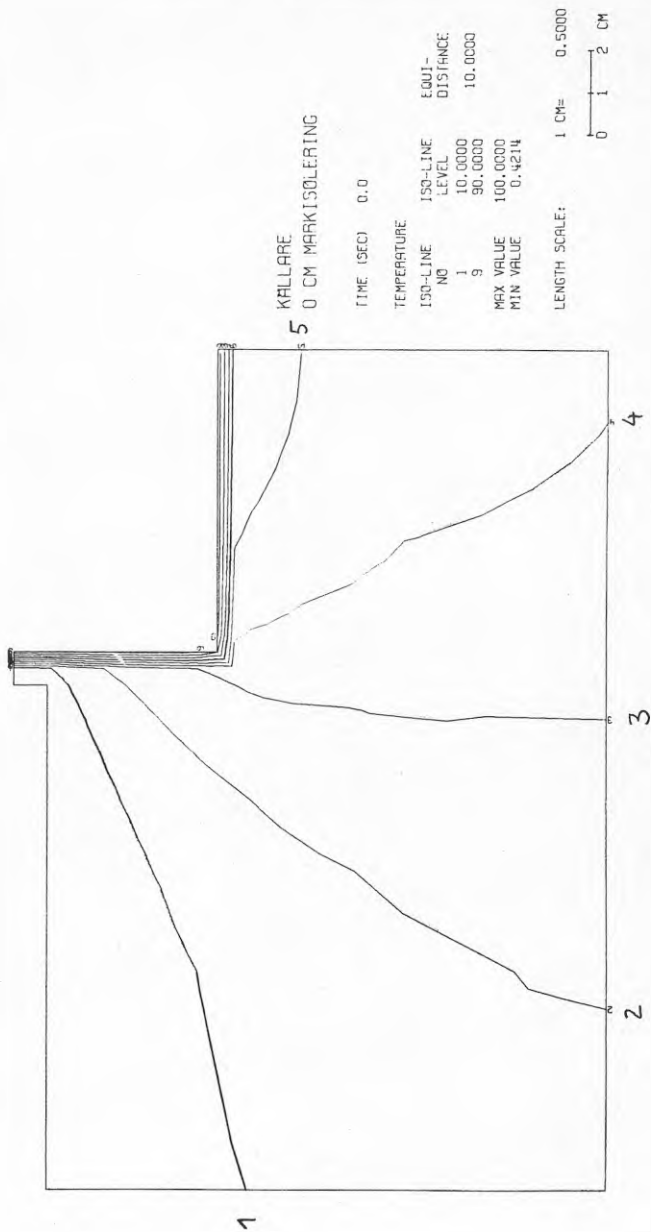
7 CM MARK 10 CM MARK
 10 CM GOLF

TIME (SEC) 0.0

TEMPERATURE

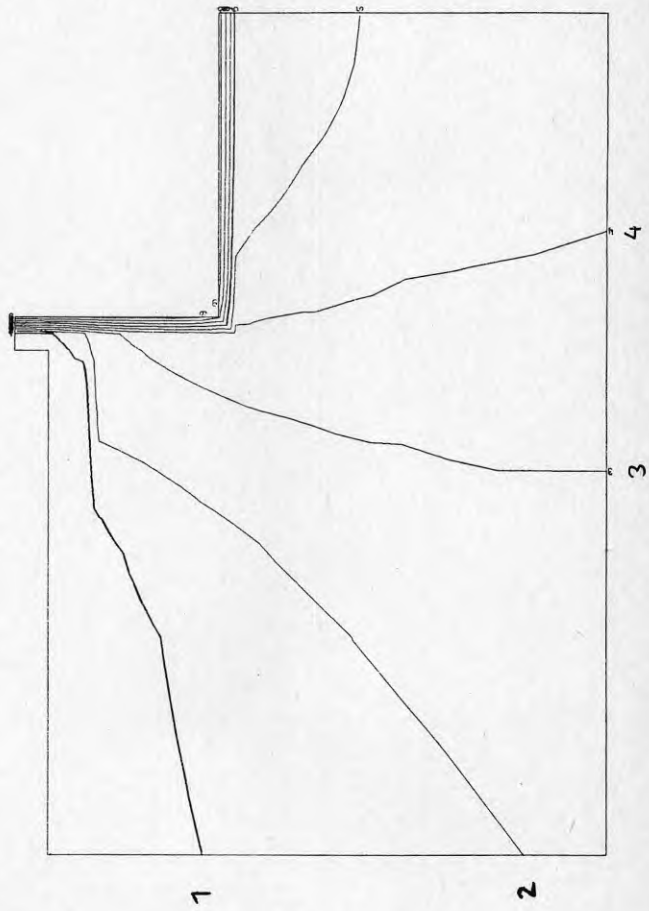
ISO-LINE NO	ISO-LINE LEVEL	EQUI-DISTANCE
1	10.0000	10.0000
9	90.0000	10.0000
MAX VALUE	100.0000	
MIN VALUE	0.0	

LENGTH SCALE: 1 CM = 0.2000
 0 1 2 CM



KALLARE
10 CM MARKISOLERING

5 TIME (SEC) 0.0

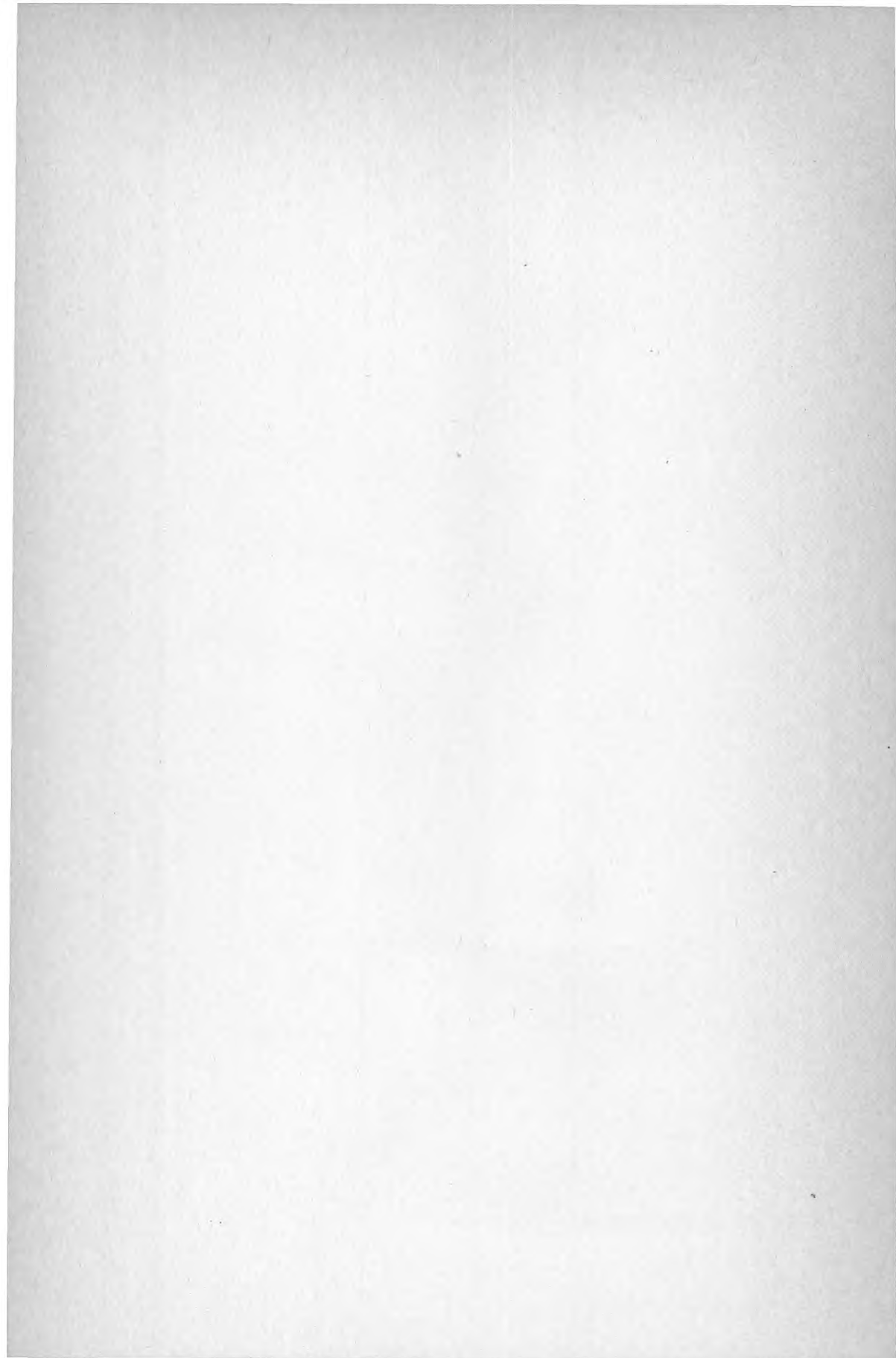


TEMPERATURE
ISO-LINE
NO 1 9
LEVEL 10.0000 90.0000
EQUI-DISTANCE 10.0000

MAX VALUE 100.0000
MIN VALUE 0.5195

LENGTH SCALE: 1 CM = 0.5000
0 1 2 CM





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 771391-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnson
Ingenjörbyrå AB, Stockholm.**

R32: 1980

ISBN 91-540-3200-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700132

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms