



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

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



Rapport

R40:1973

**Bjälklag på jord —
grundläggningsdjup**

**Bo Adamson, Johan Claesson &
Bengt Eftring**

Byggforskningen

Bjälklag på jord – grundläggningsdjup

Bo Adamson, Johan Claesson & Bengt Efring

Grundläggning med "platta på mark" eller riktigare "bjälklag på jord" kan ske med kantförstyvad platta eller med platta och grundmurar. Enligt Svensk Byggnorm 67 är grundläggningsdjupet enligt huvudregeln 0.25 m. Grundläggningsdjup måste emellertid knytas till ett stort antal förutsättningar. Genom tillgång till datorberäkningsmetoder och stora datorer har det blivit möjligt att noga teoretiskt studera temperaturer och frostnedträngning.

I rapporten granskas olika faktors inverkan på frostnedträngningen. Intill en byggnad ges möjlighet till en mera nyanserad bedömning av frostnedträngning och grundläggningsdjup. Ett förslag till ändring av Svensk Byggnorm ges också.

Genom ett stort antal diagram, baserade på datorberäkningar, ges läsaren möjlighet till bedömning av egna okonventionella konstruktioner. En uppföljning av rapporten sker i "Bjälklag på jord – värmeisolering och golvtemperaturer", R41:1973, Statens institut för byggnadsforskning.

I FIG. 1 visas exempel på utformning av bjälklag på jord med kantförstyvad hel platta eller med platta och grundmurar. Svensk Byggnorm 67 kallar motsvarande konstruktioner för randisolerad golvkonstruktion på jord.

Beräkningsmetod

Med datorprogram för två- och tredimensionell värmeströmning avseende långa resp. rektangulära byggnader har jordtemperaturens årstidsvariationer beräknats. Jorden indelas i rektanglar (tvådimensionell strömning) eller parallelepipeder (tredimensionell strömning) och cellens värmekapacitet antas koncentrerad i dess mittpunkt. Temperatur-

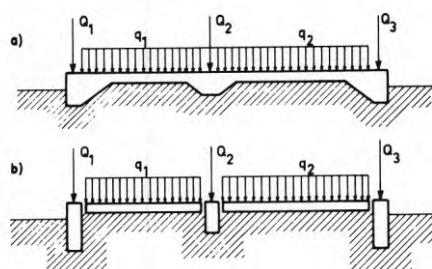


FIG. 1 Bjälklag på jord med
a) kantförstyvad hel platta
b) grundbalkar för vägglaster.

tillskottet i cellen under ett tidssteg beräknas med hänsyn till omgivande cellers temperatur vid tidsstegets början, värmemotståndet mellan cellerna och cellens värmekapacitet. Vid frysnings och upptining hålles cellens temperatur konstant så länge det latent värmemet ej utnyttjats helt. Värmeledningsförmåga och värmekapacitet ges olika värden över och under fryspunkten.

I rapporten visas en jämförelse mellan beräknad och uppmätt jordtemperatur. Jämförelsen gäller ett område i Norge, där temperaturmätningar skett bl.a. under vintern 1970/71. Beräkningarna har gjorts med aktuella utetemperaturer och snöfri mark. För 15 tidpunkter från den 4/12 till den 25/3 har avvikelser varit genomsnittligen +0.2°C mellan beräknade och uppmätta temperaturer. Maximal avvikelse har varit +0.7°C och -0.6°C.

Isotermdiagram

Vid tidpunkten för maximal frostnedträngning har för de olika beräkningsfallen, 58 med tvådimensionell och 24 med tredimensionell värmeströmning, isotermer uppritats på sätt som visas i FIG. 2. Utetemperaturer har representerats med en cosinuskurva.

$$\vartheta_u = 4.4 + 17.4 \cos \omega t$$

där $2\pi/\omega = 1$ år

avseende Härnösand. Golv- och sockelisoleringens värmemotstånd motsvarar 45 mm isolering med $\lambda = 0.041$ W/mK (=0.033 kcal/h, m, °C).

Olika faktors inverkan på frostnedträngningen

Tjällyftning i jord äger rum först när allt vatten i jorden är fruset. På grund

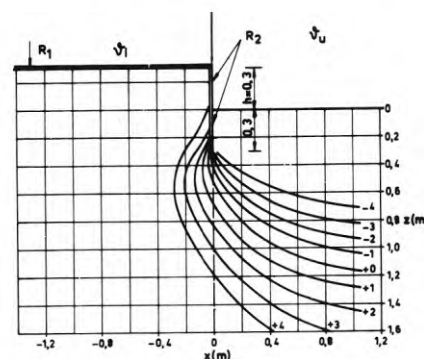


FIG. 2 Beräknat isotermdiagram vid lång byggnad (bredd 10 m) och utetemperaturer -12,7°C och innetemperaturen +20°C. Härnösand.

Bygghorsningen Sammanfattningar

R40:1973

Nyckelord:

grundläggning, platta på mark, grundläggningsdjup, frostnedträngning

Denna rapport avser anslag C 351 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola, Lund.

En uppföljning av rapporten sker i *Bjälklag på jord – värmeisolering och golvtemperaturer*, rapport R41:1973. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm.

UDK 728.3
69.025.1
624.131.436
SfB (16)
ISBN 91-540-2131-6

Sammanfattning av:

Adamson, B, Claesson, J & Efring, B, 1973, *Bjälklag på jord – grundläggningsdjup*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R40:1973, 112 s., ill. 22 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: konstruktion

av fryspunktsnedsättning kan, framför allt i lera, vatten vara ofruset även när temperaturen är mindre än -1°C . När frostnedträngning diskuteras avses djupet z för -1°C -isotermen vid $x = 0$, dvs. rakt nedanför sockelns utsida, se FIG. 2.

Snö

Det visas att ett naturligt snötäcke minskar frostnedträngningen från 0,5 m vid snöfri mark till 0 m vid en lång byggnad i Örebro. Om man lämnar 0,6 m intill sockeln snöfri blir emellertid frostnedträngningen samma som vid helt snöfri mark.

Utåtgående hörn

Vid utåtgående hörn blir frostnedträngningen större än långt bort från hörnet, en fördubbling är inte ovanligt. Hörneffekten är helt borta i södra Sverige på ca 1–1,5 m från hörnet och i Norrland på ca 2 m från hörnet.

Byggnadens mått

Det visas att en byggnad med planmåttan 4×4 m får vid hörn ungefär samma frostnedträngning som en byggnad 10×10 m. Mitt på fasad blir frostnedträngningen obetydligt större vid den mindre byggnaden.

Bjälklagsisolering

Om man värmeisolerar bjälklaget med värmemotståndet R_1 och sockeln med motståndet R_2 så visar FIG. 3 frostnedträngningen. Man ser att en ökning från $R_1 = 1,08$ till $2,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ ger en obetydligt ökad frostnedträngning vid lång byggnad. Ökning utöver $R_1 = 2,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ ger ingen nämnvärd ökning av frostnedträngningen.

Sockelisolering

Om sockeln värmeisoleras ovan mark så minskar frostnedträngningen. Värmemotstånd för sockelisolering som är större än $R_2 = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$ minskar inte frostnedträngningen nämnvärt.

Sockelhöjd

Ökad sockelhöjd ger ökad frostnedträngning. Vid isolerad sockel ökar dock frostnedträngningen mindre vid ökad sockelhöjd än vid oisolerad sockel.

Andra faktorer

Inverkan av markisolering, värmekabel, rumstemperatur, grundläggnings-tidpunkt osv. har också studerats.

Erforderligt grundläggningsdjup

På grund av tjälkrafternas riktning kan man vid bjälklag på jord i regel grundlägga byggnaden på mindre djup än ovan beskriven frostnedträngning.

Man kan anta att tjälkrafterna är riktade vinkelrätt mot frysningsisotermen (-1°C). Som FIG. 4 (hörn) visar kommer man sannolikt att få jordrörelser utåt, vilket kan ta bort en del av upplaget för plattan. Redan på 0,8 m från hörnet (FIG. 5) är -1°C -isotermen i det närmaste utanför grunden. Man kan således behöva armera kantbalken vid utåtgående hörn på ca 1 m.

Grundläggningsdjupet fastställs ned till tjälfarligt material. Ett dränerat kapillärbrytande lager inräknas således i grundkonstruktionen och kan ligga över grundläggningsnivån.

Förslag till revidering av svensk byggnorm

Den gällande byggnormen SBN 67 granskas och förslag till revidering lämnas och motiveras mot bakgrunden av de utförda studierna av olika faktorer inverkan på frostnedträngningen.

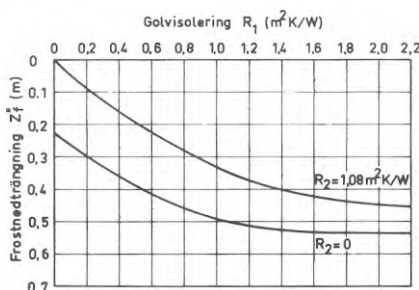


FIG. 3 Inverkan av golvisolering R_1 på frostnedträngningen z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan -1°C -isotermen och $x=0$) i Örebro. Sockelisolering R_2 gäller de delar av sockeln som är ovan mark. Sockelhöjd $h=0,3$ m.

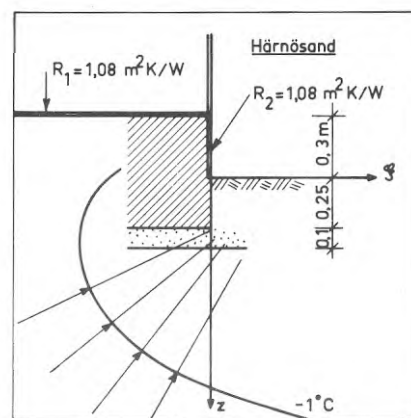


FIG. 4 Isotermen -1°C (hörn) vid grundläggningsdjup $=0,35$ m. R_1 och R_2 är värmemotstånd hos golv respektive sockelisolering.

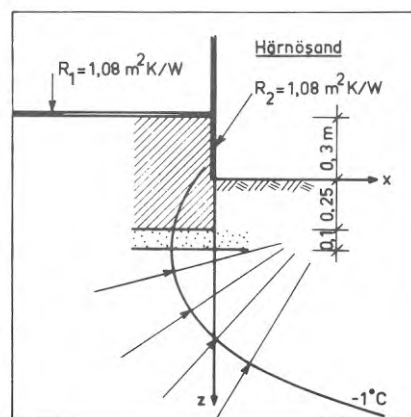


FIG. 5 Isotermen -1°C (0,8 m från hörn) vid grundläggningsdjup $=0,35$ m. R_1 och R_2 är värmemotstånd hos golv respektive sockelisolering.

Floor slabs on ground – foundation depth

Bo Adamson, Johan Claesson & Bengt Efring

When foundation is in the form of a floor slab laid on the ground, the slab used may be stiffened along the edges or combined with strip foundations. The basic rule in Swedish Building Code (SBN 67) states that the foundation depth must be 0.25 m. The actual foundation depth must however be based on a large number of assumptions. The availability of computer programs and large computers has made possible accurate theoretical studies of temperatures and frost penetration depths.

The report examines the influence of various factors on frost penetration. It is possible near a building to assess frost penetration and foundation depth in a more sophisticated manner. The report also proposes a change of SBN 67.

A large number of diagrams based on computer calculations enables the reader to assess his own unconventional structures. A follow-up of this report, report R41:1973 of the National Swedish Institute for Building Research, "Floor slabs on ground – thermal insulation and floor temperatures", examines further aspects of this problem.

FIG. 1 shows examples of the design of floor slabs laid on the ground, using an integral slab stiffened along the edges or a slab in combination with strip foundations. The Swedish Building Code calls such structures edge-insulated floor structures laid on the ground.

Calculation method

The annual variations in soil temperature have been calculated by means of computer programs relating to two and three-dimensional heat flow near long and rectangular buildings. The soil is divided into rectangles (two-dimensional flow) or parallelepipeds (three-dimensional flow) and it is assumed that the heat capacity of the cell is concentrated at its centre. The temperature increment in a

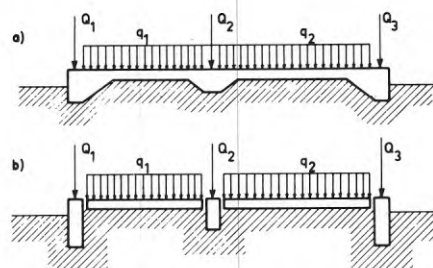


FIG. 1 Floor slab laid on the ground in the form of
a) integral slab stiffened at the edges
b) slab on strip foundation underneath walls to take wall loads

cell over a time stage is calculated with regard to the temperatures of surrounding cells at the beginning of the time stage, the thermal resistance between the cells and the heat capacity of the cell. During freezing and thawing the temperature of the cell is maintained constant as long as the latent heat is not completely utilised. The thermal conductivity and heat capacity are given different values above and below the freezing point.

The report shows a comparison between calculated and measured soil temperatures. The comparison relates to an area in Norway where temperature measurements were carried out in the winter 1970/71. Calculations have been carried out using the actual outdoor temperatures and assuming that the ground is not covered by snow. Over the period Dec. 4–March 25 the mean deviation between calculated and measured temperatures, at 15 measuring points, was +0.2°C. The maximum deviations were +0.7°C and –0.6°C.

Isotherm diagrams

Isotherms were drawn in the way shown in FIG. 2 for the time when the frost penetration was a maximum for the different calculation cases, 58 with two-dimensional and 24 with three-dimensional heat flow. The outdoor temperature used in FIG. 2 was represented by a cosine curve

$$\vartheta_u = 4.4 + 17.4 \cos \omega t$$

$$\text{where } 2\pi/\omega = 1 \text{ year}$$

with regard to Härnösand. The thermal resistance of the floor insulation and the bottom wall section insulation is equivalent to 45 mm insulation with $\lambda = 0.041 \text{ W/mK}$ ($= 0.033 \text{ kcal/h, m, } ^\circ\text{C}$).

The influence of various factors on frost penetration

No frost heave occurs in the soil until

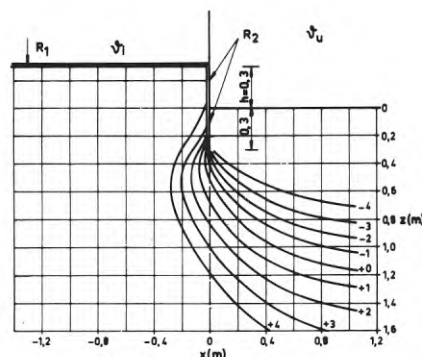


FIG. 2 Calculated isotherm diagram for a long building (width 10 m), outdoor temperature of -12.7°C and indoor temperature of $+20^\circ\text{C}$, Härnösand.

National Swedish Building Research Summaries

R40:1973

Key words:

foundation, floor slab on ground, foundation depth, frost penetration

This report has been supported by Grant C 351 from the Swedish Council for Building Research to the Department of Building Science, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.

A follow-up of this report is published in *Floor slabs on ground – thermal insulation and floor temperatures*, report R41:1973. (National Swedish Institute for Building Research) Stockholm.

UDC 728.3
69.025.1
624.131.436
SfB (16)
ISBN 91-540-2131-6

Summary of:

Adamson, B, Claesson, J & Efring, B, 1973, *Bjälklag på jord – grundläggningsdjup*. Floor slabs on ground – foundation depth. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R40:1973, 112 p., ill. Sw. Kr. 22.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

all water in the soil has frozen. Owing to depression of the freezing point, primarily in clay, water may be in the unfrozen state even at temperatures below -1°C . In discussing frost penetration, the depth z for the -1°C isotherm at $x=0$, i.e. right underneath the outside of the bottom wall section, is being considered, see FIG. 2.

Snow

It is shown that natural snow cover reduces frost penetration from 0.5 m for snow-free ground to 0 m for a long building at Örebro. If a strip 0.6 m wide next to the bottom wall section is cleared of snow, the frost penetration will however be the same as in the case of completely snow-free ground.

Corners

Frost penetration near corners is larger than at a long distance from the corner. Doubling of the penetration is not uncommon. The corner effect disappears completely in southern Sweden at about 1–1.5 m from the corner and in Norrland at about 2 m from the corner.

Building dimensions

It is shown that frost penetration for a building with overall dimensions of 4×4 m is approximately the same at a corner as for a building measuring 10×10 m. In the middle of the facade the frost penetration is insignificantly larger in the case of the smaller building.

Floor insulation

If thermal insulation is provided so that the thermal resistance of the floor is R_1 and that of the bottom wall unit R_2 , then the frost penetration is as shown in FIG. 3. It is seen that an increase from $R_1 = 1.08$ to $2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ causes an insignificant increase in frost penetration in the case of a long building. An increase beyond $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ causes no significant increase in frost penetration.

Bottom wall unit

If this unit is provided with thermal insulation above ground level, frost penetration is reduced. Frost penetration is not appreciably reduced, however, when the thermal resistance of this insulation is made larger than $R_2 = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Height of bottom wall unit above ground level

If the bottom wall unit is increased in height, frost penetration increases. When the unit is insulated, however, increasing its height increases frost penetration to a lesser extent than increasing the height of an uninsulated bottom wall unit.

Other factors

The influence of ground insulation, heating cables, room temperatures, time of foundation etc has also been studied.

Foundation depth required

Owing to the direction of the frost heave forces, it is generally possible in the case of floor slabs laid on the ground to put the foundations of the building at a depth smaller than the frost penetration depth described above. It may be assumed that the frost heave forces are directed at right angles to the freezing isotherm (-1°C). As shown in FIG. 4 (corner), it is likely that soil movements will occur outwards and will remove some of the support of the slab. At a distance from the corner as small as 0.8 m (FIG. 5), the -1°C isotherm is practically outside the foundation. It may therefore be necessary to reinforce the edge beam for about 1 m on either side of the corner.

The foundation depth is specified down to material susceptible to frost movement. A well-drained layer of material which stops capillary movement may thus be taken as part of the foundation structure and be situated above the foundation level.

Proposed revision of Swedish Building Code

The current Swedish Building Code (SBN 67) is examined and proposals are given for its revision. This revision is justified on the basis of studies conducted on the influence of various factors on frost penetration.

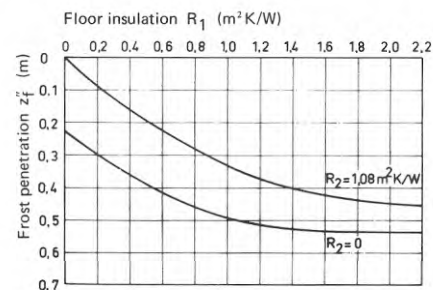


FIG. 3. Influence of floor insulation R_1 on frost penetration z' (depth of point of intersection between -1°C isotherm and $x=0$) at Örebro. The bottom wall unit insulation R_2 applies to those parts of the wall unit which are situated above ground level. Height of bottom wall unit above ground level $h = 0.3$ m.

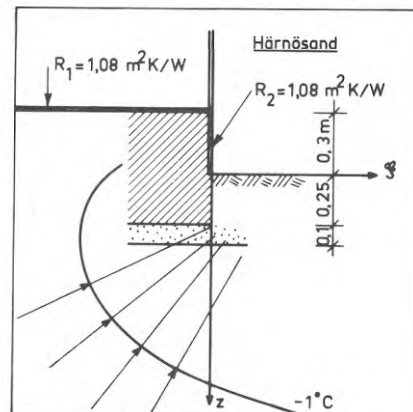


FIG. 4 The isotherm -1°C (corner) at a foundation depth of 0.35 m. R_1 and R_2 are the thermal resistances of the floor and bottom wall unit insulation respectively.

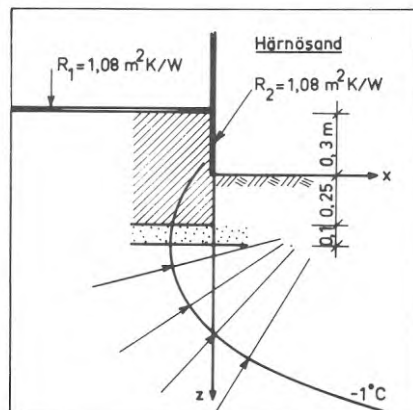


FIG. 5 The isotherm -1°C (0.8 m from the corner) at a foundation depth of 0.35 m. R_1 and R_2 are the thermal resistances of the floor and bottom wall unit insulation respectively.

Rapport R40:1973

BJÄLKLAG PÅ JORD —
GRUNDLÄGGNINGSDJUP

FLOOR SLABS ON GROUND
FOUNDATION DEPTH

av Bo Adamson
Johan Claesson
Bengt Eftring

Denna rapport avser anslag C 351 från Statens råd för byggnadsforskning till institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH, Lund.

Rotobeckman AB, Stockholm 1973

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

ISBN 91-540-2131-6

INNEHÅLL

FÖRORD	5
BETECKNINGAR	6
SYMBOLS	8
CAPTIONS	10
1 PROBLEMET	15
2 BERÄKNINGS- OCH REDOVISNINGSTEKNIK	17
2.1 Tvådimensionell värmeströmning avseende lång byggnad	17
2.2 Tredimensionell värmeströmning avseende kvadratisk byggnad	22
2.3 Jämförelse med mätningar	26
3 OLIKA FAKTORERS INVERKAN PÅ FROSTNEDTRÄNGNINGEN	31
3.1 Val av utetemperatur	31
3.2 Jordart	34
3.3 Snö	34
3.4 Utåtgående hörn	35
3.5 Byggnadens mått	38
3.6 Material i grundmur eller grundbalk	38
3.7 Sockel- och bjälklagsisolering	40
3.8 Sockelhöjd	44
3.9 Utvändig markisolering	44
3.10 Värmekabel	47
3.11 Rumstemperatur	47
3.12 Grundläggningstidpunkt	48
4 GRUNDLÄGGNINGSDJUP	49
4.1 Tjälbildning och tjällyftning	49
4.2 Erforderligt grundläggningsdjup	50
4.2.1 Bestämning med hänsyn till tjälkrafter	50
4.2.2 Erfarenheter av byggnorm	51
4.3 Grundläggningsdjup vid kantförstyvad betongplatta ...	53
4.3.1 Platta utan sockelisolering	53
4.3.2 Platta med sockelisolering	56

4.3.3	Rumstemperatur = 10 ⁰ C	61
4.4	Tillägg i grundläggningsdjup vid utskjutande betong- sula	61
5	EVENTUELL REVIDERING AV SVENSK BYGGNORM	64
6	LITTERATUR	67
7	BILAGA 1: ISOTERMDIAGRAM VID MAXIMAL FROSTNEDTRÄNG- NING INTILL BYGGNAD	68

FÖRORD

Vid institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH, pågår sedan några år forskning rörande småhusgrundläggning med anslag från Statens råd för byggnadsforskning (C 351). Som ett led i denna forskning har temperaturförhållandena vid grundläggning med bjälklag på jord ("platta på mark") studerats teoretiskt i syfte att fastställa grundläggningsdjup med hänsyn till tjäle. Den matematiska delen av problemet har utförts i samarbete med ämnet Matematisk fysik vid LTH under ledning av professor Sven Gösta Nilsson.

För datorprogram och beräkningar svarar Johan Claesson (tredimensionell värmeströmning) och Bengt Eftring (tvådimensionell värmeströmning) medan Bo Adamson svarar för problemställningar, bearbetning av datorberäkningar, byggnadstekniska synpunkter och slutsatser samt författandet av denna rapport.

Det är förf. förhoppning att denna rapport skall ge idéer till nya och kostnadsbesparande grundkonstruktioner. Först då anser vi att målsättningen för arbetet uppfyllts.

Tack riktas till sivilingenjör Gunnulv Eiesland, Apeland & Mjøset A/S, Oslo och Norges byggforskningsinstitut, Oslo för värdefulla mätningar på Skjettenprojektet, till fru Ulla Dahlbeck för renritning och till frk Marianne Hagberg för renskrivning av manuskript.

Lund i oktober 1972

Bo Adamson

BETECKNINGAR

c	specifikt värme	Wh/kgK
$(c\rho)_1$	specifikt värme i ofruset tillstånd	Wh/m ³ K
$(c\rho)_2$	specifikt värme i fruset tillstånd	Wh/m ³ K
d	avstånd, som grundkonstruktion skjuter utanför yttervägg enligt SBN 67, 23:43231	m
h	sockelhöjd enligt FIG.4	m
l_2	sockelisoleringens R_2 höjd enligt FIG.4	m
l_3	markisoleringens R_3 bredd enligt FIG.4	m
q	effekt tillförd i cellmitt	W/m
t	tid	h
x,y,z	koordinater enligt FIG.6	m
y'	avstånd från hörn	m
z_3	markisoleringens R_3 djup under markytan (FIG.4)	m
z_f	frostnedträngning = djupet för skärningspunkten mellan -1 °C isotermer och $x=0$ resp. $\xi=0$	m
z_f''	frostnedträngning vid tvådimensionell värme-strömning dvs lång byggnad	m
z_f'''	frostnedträngning vid tredimensionell värme-strömning dvs kvadratisk byggnad	m
z_g	grundläggningsdjup, varvid grundkonstruktion innefattar lager av dränerande, ej tjälskjutande material	m
C	specifikt värme	Wh/m ³ K
C1-C5	celler enligt FIG.4	
D	smältvärme	Wh/m ³
G	värmekonduktans mellan celler enligt ekv.(2)	W/mK
J1-J6	celldata enligt BIL.1	
R	värmemotstånd	m ² K/W
R_1', R_1''	golvisoleringens värmemotstånd (FIG.4)	m ² K/W
R_2	sockelisoleringens värmemotstånd (FIG.4)	m ² K/W
R_3	markisoleringens värmemotstånd (FIG.4)	m ² K/W
S_1	värmekapacitet	Wh/mK

ϑ	temperatur	$^{\circ}\text{C}$
ϑ_i	inomhustemperatur	$^{\circ}\text{C}$
ϑ_m	temperatur ovanför cell C1 enligt FIG.4	$^{\circ}\text{C}$
ϑ_{om}	årsmedeltemperatur enligt ekv.(5)	$^{\circ}\text{C}$
ϑ_u	utetemperatur	$^{\circ}\text{C}$
λ	värmeledning	W/mK
λ_1	värmeledning i ofruset tillstånd	W/mK
λ_2	värmeledning i fruset tillstånd	W/mK
ξ	koordinat enligt FIG.6	m
ρ	densitet	kg/m^3
ω	frekvens enligt ekv.(5)	h^{-1}
$\Delta x, \Delta y$	sidlängd hos cell	m
θ_e	amplitud enligt ekv.(5)	$^{\circ}\text{C}$

SYMBOLS

c	specific heat	Wh/kgK
$(c_p)_1$	specific heat in the unfrozen state	Wh/m ³ K
$(c_p)_2$	specific heat in the frozen state	Wh/m ³ K
d	distance by which foundation structure projects beyond external wall, according to SBN 67, 23:43231	m
h	height of foundation wall above ground according to FIG.4	m
l_2	height of foundation wall insulation R_2 according to FIG.4	m
l_3	width of ground insulation R_3 according to FIG.4	m
q	power supplied at middle of cell	W/m
t	time	h
x, y, z	co-ordinates according to FIG.6	m
y'	distance from corner	m
z_2	penetration of foundation wall insulation R_2 into the ground (FIG.4)	m
z_f	frost penetration = depth of point of intersection between the -1°C isotherm and $x=0$ or $\xi=0$	m
z_f''	frost penetration in the case of two-dimensional heat flow, i.e. long building	m
z_f'''	frost penetration in the case of three-dimensional heat flow, i.e. square building	m
z_g	depth of foundation, the foundation structure includes layers of free-draining material not susceptible to frost heave	m
C	specific heat	Wh/m ³ K
$C1-C5$	cells according to FIG.4	
D	latent heat of fusion for ice	Wh/m ³
G	thermal conductance between cells according to Equation (2)	W/mK

J1-J6	cell data according to APP.1	
R	thermal resistance	m^2K/W
R_1^i, R_1^u	thermal resistance of floor insulation (FIG.4)	m^2K/W
R_2	thermal resistance of foundation wall insulation (FIG.4)	m^2K/W
R_3	thermal resistance of ground insulation (FIG.4)	m^2K/W
S_1	heat capacity	Wh/mK
ϑ	temperature	$^{\circ}C$
ϑ_i	indoor temperature	$^{\circ}C$
ϑ_m	temperature above cell C1 according to FIG.4	$^{\circ}C$
ϑ_{om}	annual mean temperature according to Equation (5)	$^{\circ}C$
ϑ_u	outside temperature	$^{\circ}C$
λ	thermal conductivity	W/mK
λ_1	thermal conductivity in the unfrozen state	W/mK
λ_2	thermal conductivity in the frozen state	W/mK
z	co-ordinate according to FIG.6	m
ρ	density	kg/m^3
ω	frequency according to Equation (5)	h^{-1}
$\Delta x, \Delta y$	side length of cell	m
θ_e	amplitude according to Equation (5)	$^{\circ}C$

CAPTIONS

- FIG.1 Floor slab laid on the ground in the form of
 a) slab stiffened at the edges
 b) slab on strip foundations underneath walls
- FIG.2 Division of field of calculation into rectangles
- FIG.3 Midsection through the soil underneath and at the side of a long building, showing division into rectangles in the case of two-dimensional heat flow. (Note that the rectangles have different dimensions although they have been drawn equal)
- FIG.4 Variable quantities in the case of two-dimensional and three-dimensional heat flow
 h = height of foundation wall above ground (m)
 l_2 = height of vertical insulation (m)
 l_3 = width of horizontal insulation (m)
 z_3 = depth below ground surface of horizontal insulation (m)
 C1-C5= cells whose heat and moisture data can be selected
 R_1 = thermal resistance (m^2K/W) of floor insulation
 (R_1'' over outermost 1 m)
 R_2 = thermal resistance (m^2K/W) of vertical insulation
 R_3 = thermal resistance (m^2K/W) of horizontal insulation
 ϑ_i = inside temperature ($^{\circ}C$)
 ϑ_m = temperature above cell C1 ($^{\circ}C$)
 ϑ_u = outside temperature ($^{\circ}C$)
- FIG.5 Section $y = 0$ (or $x = 0$) through the soil underneath and next to a square building, showing division into parallelepipeds in the case of three-dimensional heat flow. (Note that the parallelepipeds have different dimensions although they have been drawn equal)
- FIG.6 System of co-ordinates

- FIG.7 Position of the -1°C isotherm at different times
- 1: two weeks after the lowest outside temperature
($\vartheta_u = -12.5^{\circ}\text{C}$)
 - 2: four weeks after the lowest outside temperature
($\vartheta_u = -11.0^{\circ}\text{C}$)
 - 3: six weeks after the lowest outside temperature
($\vartheta_u = -8.6^{\circ}\text{C}$)
 - 4: nine weeks after the lowest outside temperature
($\vartheta_u = -3.7^{\circ}\text{C}$)
- Other data according to DIAGRAM 115 a in APP.1
- FIG.8 Foundation structure of building at the Skjetten project.
a) according to drawing, b) schematised for calculation.
Measuring point 97 is shown in both figures
- FIG.9 Division into cells for purposes of calculation relating to the Skjetten project. (Note that the cells have different dimensions although they have been drawn equal)
- FIG.10 Frost penetration z_f'' (determined as the depth of the point of intersection between the -1°C isotherm and x or $\xi = 0$) as a function of the distance y' from the corner
Stockholm: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$
- a) = data according to DIAGRAM 108 a
 - b) = data according to DIAGRAM 110 a
 - c) = data according to DIAGRAM 111 a
- FIG.11 Frost penetration z_f''' (determined as the depth of the point of intersection between the -1°C isotherm and x or $\xi = 0$) as a function of the distance y' from the corner
Härnösand: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$
- a) = data according to DIAGRAM 115 a
 - b) = data according to DIAGRAM 116 a
 - c) = data according to DIAGRAM 117 a
- FIG.12 Schematised foundation designs with isotherms according to
- a) DIAGRAM 4 ($z_f'' = 0.35 \text{ m}$)
 - b) DIAGRAM 5 ($z_f'' = 0.40 \text{ m}$)
 - c) DIAGRAM 6 ($z_f'' = 0.37 \text{ m}$)

- FIG.13 Schematised foundation designs with isotherms accorings to
 a) DIAGRAM 9 ($z_f'' = 0.52$ m) b) DIAGRAM 8 ($z_f'' = 0.53$ m)
 c) DIAGRAM 11 ($z_f'' = 0.45$ m) d) DIAGRAM 12 ($z_f'' = 0.60$ m)
 e) DIAGRAM 13 ($z_f'' = 0.37$ m)
- FIG.14 Influence of floor insulation R_1 ($\text{m}^2\text{K/W}$) on frost penetra-
 tion z_f'' (depth of point of intersection between -1 °C
 isotherm and $x=0$) at Örebro. Foundation wall insulation R_2
 ($\text{m}^2\text{K/W}$) applies to those parts of the wall h , which is
 situated above ground level, $h = 0.3$ m.
- FIG.15 Influence of foundation wall insulation R_2 ($\text{m}^2\text{K/W}$) on frost
 penetration z_f'' (depth of point of intersection between the
 -1 °C isotherm and $x=0$) at Örebro. This insulation applies
 to parts of the foundation wall which are above ground level
 Height $h = 0.3$ m and floor insulation $R_1 = 1.08$ $\text{m}^2\text{K/W}$
- FIG.16 Influence of height h (m) on the frost penetration (depth
 of point of intersection between the -1 °C isotherm and
 $x=0$) at Örebro. The floor insulation $R_1 = 1.08$ $\text{m}^2\text{K/W}$ and
 the wall insulation R_2 ($\text{m}^2\text{K/W}$) applies to those parts of
 the wall which are above ground = h .
- FIG.17 Influence of the frost zone on the foundation structure.
 Isotherm from DIAGRAM 7
 a) foundation wall or foundation beam
 b) free-draining material not susceptible to frost heave
 c) floor
- FIG.18 The isotherm -1 °C according to DIAGRAM 103 a (corner) at
 a foundation depth of 0.35 m
- FIG.19 The isotherm -1 °C according to DIAGRAM 105 a (corner) at
 a foundation depth of 0.35 m
- FIG.20 The isotherm -1 °C according to DIAGRAM 108 a (corner) at
 a foundation depth of 0.35 m
- FIG.21 The isotherm -1 °C according to DIAGRAM 108 c (0.8 m from
 the corner) at a foundation depth of 0.35 m

- FIG.22 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 115 a (corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.23 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 115 c (corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.24 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 116 a (corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.25 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 116 c (0.8 m from the corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.26 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 122 a (corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.27 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 122 b (0.8 m from the corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.28 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 123 a (corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.29 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 124 a (corner) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.30 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 7 (long building) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.31 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 25 (long building) at a foundation depth of 0.35 m
- FIG.32 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 108 a (corner).
Projecting construction with foundation depth of $(0.35+d)$ m
- FIG.33 The isotherm -1°C according to DIAGRAM 115 a (corner)
Projecting construction with foundation depth of $(0.35+d)$ m

TAB.1	Comparison of calculated soil temperatures (ϑ_b) with recorded soil temperatures (ϑ_m) for the Skjetten project
TAB.2	Comparison of maximum frost penetration values z_f'' (depth of the point of intersection between the $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotherm and $x=0$) determined for different selected outside temperatures (no snow)
TAB.3	Data relating to soil species discussed in the Report
TAB.4	Frost penetration z_f'' (depth of the point of intersection between the $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotherm and $x=0$ or $\xi=0$) for cases with a height $h = 0.3\text{ m}$ and variable floor insulation R_1 and foundation wall insulation R_2
TAB.5	Frost penetration z_f'' (depth of the point of intersection between the $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotherm and $x=0$) for a square building with a height $h = 0.3\text{ m}$ and different heights l_2 of insulation on the foundation wall
TAB.6	Frost penetration z_f''' (depth of the point of intersection between the $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotherm and $x=0$) for a square building with a height $h = 0.3\text{ m}$ and variable external ground insulation ($R_3\text{ m}^2\text{K/W}$ of width l_3 at the depth z_3 according to FIG.4)
TAB.7	Frost penetration z_f''' (depth of the point of intersection between the $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotherm and $x=0$) for a square building with a height $h = 0.3\text{ m}$ and a heating cable
TAB.1.1	Details of applied calculation cases relating to a long building i.e. two-dimensional heat flow (Column headings according to pp. 60-61). DIAGRAMS 1-58
TAB.1.2	Details of applied calculation cases relating to a square building i.e. three-dimensional heat flow (Column headings according to pp. 60-61). DIAGRAMS 101-124

1 PROBLEMET

Grundläggning utan källare fick en renässans efter andra världskriget. Den hade använts sedan urminnes tider och då i form av fribärande bjälklag på plintar eller grundmurar. Under 1900-talet fick de källarförsedda husen en allt större del av småhusbyggandet och de var vid det andra världskrigets början helt dominerande. Studieresor till USA efter krigsslutet resulterade i ett flertal redovisningar av s.k källarlös grundläggning och man framhöll de produktionstekniska och ekonomiska fördelarna av att planera och bygga stora grupper av källarlösa småhus. Erfarenheter och synpunkter på grundläggningsmetoder för hus utan källare samlades av Eriksson (1958). Under senare år torde källarlös grundläggning tillämpas på ca 40% av småhusbebyggelsen.

Reserapporterna talade ofta om grundläggning med platta på mark eller golv på mark. En mera adekvat benämning torde vara källarlös grundläggning med bjälklag på jord. Man kan utföra grundläggningen i form av en kantförstyvad betongplatta som för över laster från både väggar och golv till jorden eller i form av grundmurar som för ned vägglaster och betongplatta som för ned golvlaster till jorden - FIG.1. Denna grundläggningstyp skulle ge den väsentliga fördelen att kantbalk eller grundmur inte skulle behöva grundläggas på frostfritt djup enligt byggnormen. Detta frostfria djup avsåg konstruktioner utan värmeförvarmen i detta fall hade man onekligen värmeförvarmen till jorden genom bjälklaget. Hur mycket man skulle reducera grundläggningsdjupet i förhållande till byggnormens frostfria djup var dock föremål för olika värderingar. De amerikanska erfarenheterna var inte helt tillämpbara på grund av klimatiska skillnader. Man hade på 1950-talet och början av 1960-talet bedömningar som angav allt från grundläggningsdjup = 250 mm till fullt frostfritt djup.

Svensk byggnorm 1967 tog ställning till grundläggningsdjup med hänsyn till tjäle vid "randisolerad golvkonstruktion på jord." Benämningen randisolerad hänförde sig till att värmeisoleringskraven krävde viss värmeisolering vilken medförde större - och ibland enbart - randisolering av grundkonstruktionen. Huvudregeln beträffande grundläggningsdjupet var 0.25 m. Naturligtvis måste detta grundläggningsdjup knytas till

ett stort antal förutsättningar, men i princip fick man använda grundläggingsdjupet 0.25 m i hela landet. Bakgrunden till byggnormens ställningstagande var dels erfarenheter av en hel del utförda konstruktioner samt vissa temperaturmätningar och teoretiska beräkningar t.ex. Adamson et al.(1964). Underlaget var åtminstone på den teoretiska sidan otillfredsställande, bl.a. på grund av svårigheter att matematiskt behandla så komplicerade problem - kapitlet skrevs 1965.

Genom tillgång till datorberäkningsmetoder och stora datorer har det blivit möjligt att noga teoretiskt studera temperaturer och frostnedträngning vid bjälklag på jord. Det har också givit möjligheter till studier av olika faktorer inverkan på frostnedträngningen intill byggnader och en mera nyanserad bedömning av grundläggingsdjup. Tillsammans med erfarenheter från utförda konstruktioner bör den kunna ge ett bättre underlag för byggnormer och en möjlighet att lättare värdera byggnormens ställningstaganden.

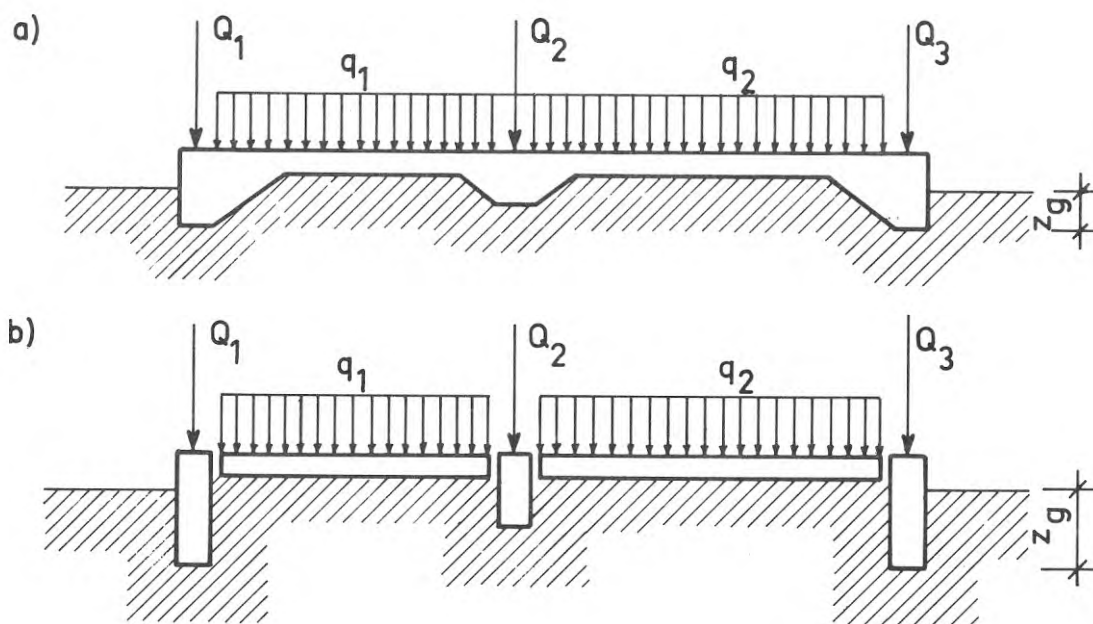


FIG.1 Bjälklag på jord med

- a) kantförstyvad hel platta
- b) grundbalkar för vägglaster

2 BERÄKNINGS- OCH REDOVISNINGSMETODIK

Det beräkningsarbete, som utförts beträffande frostnedträngning vid bjälklag på jord, har varit en del av ett större beräkningskomplex. Sålunda har redan redovisats frostnedträngning vid kryprumsgrundläggning, Adamson et al. (1971) och golvtemperaturer vid bjälklag på jord, Adamson (1972). Vidare har beräkningsmetoden visats beträffande tredimensionell värmeströmning av Claesson (1968) och beträffande tvådimensionell värmeströmning av Eftring (1971). Här skall därför endast ges en resumé av beräkningsmetoderna. De skall emellertid kompletteras med en jämförelse mellan beräknade och uppmätta temperaturer vilken blivit möjlig efter de nämnda rapporter skrivits.

2.1 Tvådimensionell värmeströmning gällande långa byggnader

Vid en lång byggnad i kontakt med jord sker värmeströmningen i jorden - om man undantar gavelzonerna - tvådimensionellt. Värmeströmmens passage genom jorden ut till uteluften kan bli flera meter. Om man skall bestämma temperaturer under eller i närheten av byggnader måste man därför räkna med icke stationär värmeströmning orsakad av utetemperaturens variationer. Problemet kompliceras av att man måste ta hänsyn till latent värme vid frysning och upptining liksom även av temperaturberoende materialdata.

Eftring (1971) delar upp det tvådimensionella fältet i rektanglar, i vars mittpunkt värmekapaciteten är koncentrerad, se FIG.2. Mellan rektanglarnas mittpunkter har man värmekonduktanser som kan variera med avstånd och materialegenskaper.

Om man väljer ut en rektangel med intilliggande fyra rektanglar, som FIG.2 visar så kan en värmebalansekvation uppställas

$$\begin{aligned} & \left[G_2(\vartheta_2 - \vartheta_1) + G_3(\vartheta_3 - \vartheta_1) + G_4(\vartheta_4 - \vartheta_1) + G_5(\vartheta_5 - \vartheta_1) \right] \cdot \Delta t = \\ & = S_1 \cdot \Delta \vartheta_1 \end{aligned} \quad (1)$$

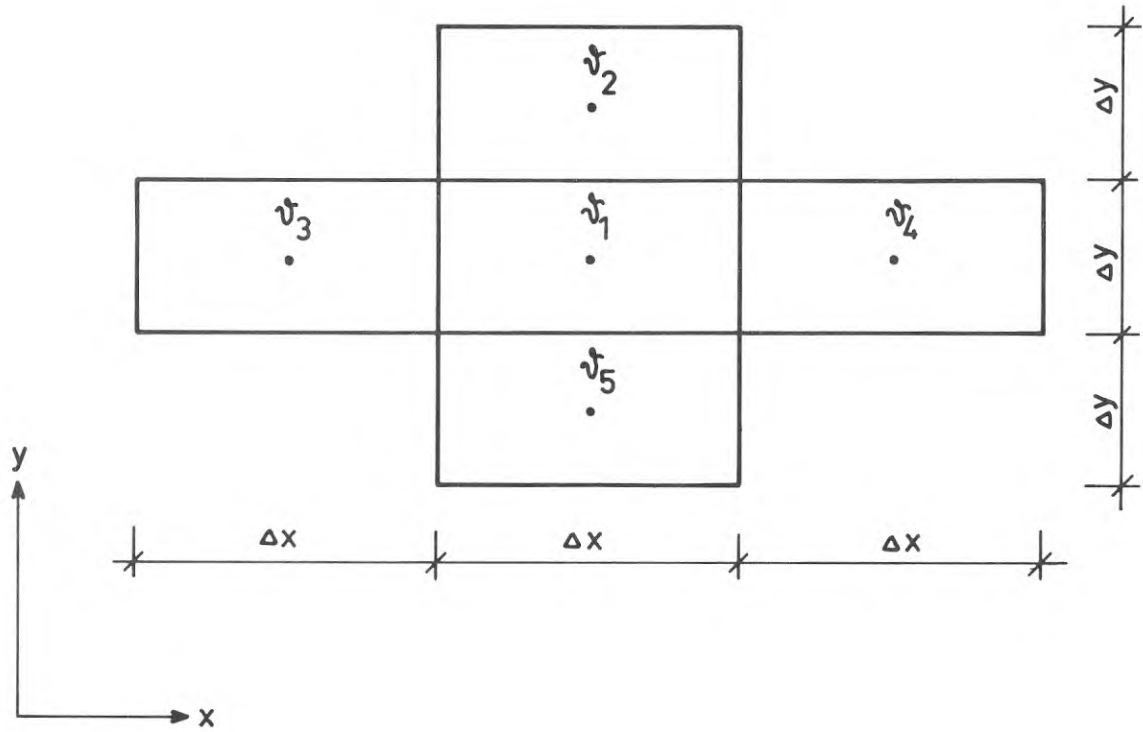


FIG.2 Indelning av beräkningsfält i rektanglar

där $G_2 - G_5$ = värmekonduktanser mellan rektanglarnas mittpunkter (W/mK)
 Δt = tidsstegets längd (h)
 S_1 = värmekapacitet (Wh/mK)
 $\Delta \vartheta_1$ = temperaturhöjningen i rektangel 1 under tidssteget Δt

Värmekonduktanserna är t.ex.

$$G_2 = \frac{\lambda_2}{\Delta y} \cdot \Delta x \quad (2)$$

och värmekapaciteten

$$S_1 = C \Delta x \Delta y \quad (3)$$

där C = spec. värme (Wh/m³K)

Man kan visa att tidssteglängden av stabilitetsskäl måste begränsas till

$$\Delta t \leq \frac{C}{2\lambda} \frac{1}{\left(\frac{1}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{1}{\Delta y}\right)^2} \quad (4)$$

Denna beräkningsmetod benämnes framåtdifferensmetod.

Fältet delas som nämnts upp i rektanglar på lämpligt sätt - Δx och Δy kan variera över hela fältet. Inom varje rektangel anses materialet vara homogent. Varje rektangel tilldelas värden på värmekonduktivitet i såväl ofruset som fruset tillstånd, på värmekapacitet i ofruset och fruset tillstånd samt på latent värme, dvs smältvärme. Rektangelns värmetilstånd beskrivs dels med en temperatur och dels ett frysindex, som anger till hur stor del rektangeln är frusen. Därvid anger 0 ofrusen och 1 frusen rektangel.

Värmeisoleringar kan inläggas mellan rektanglar varvid deras tjocklek och värmekapacitet försummas.

Eftersom man har värmekonduktivitet för både ofruset och fruset material kan två värmekonduktanser G beräknas för varje rektangelpar. Med hjälp av rektangelparens frysindex interpoleras fram ett aktuellt värde på värmekonduktansen dem emellan.

När en rektangels nya temperatur skall framräknas bestäms alltså till rektangeln inströmmat värme under tidssteget Δt . Med hjälp av värmekapaciteten inkluderande latent värme kan temperaturförändringen under tidssteget beräknas och ny temperatur samt frysindex fastställas.

Vid de aktuella beräkningarna har det fält använts, som visas i FIG.3. Vid ränderna gäller följande villkor:

Rand 1: Värmemotstånd R_1 variabelt utefter x . Temperatur ϑ_i ovanför R_1 , dock ϑ_m ovanför den högra rektangeln

Rand 2: Värmemotstånd R_2 . Temperatur ϑ_u till höger om R_2

Rand 3: Temperatur ϑ_u ovanför randen 3

Rand 4: Temperaturer och frysindex variabla i tiden, beräknade för fri jord utan byggnad

Rand 5: Ingen värmeströmning nedåt

Rand 6: Ingen värmeströmning åt vänster

Utetemperaturen kan sättas till givna värden vid varje tidssteg eller till

$$\vartheta_u = \vartheta_{om} + \theta_e \cos \omega t \quad \text{där } 2\pi/\omega = 1 \text{ år} \quad (5)$$

Noggrannheten i uträkningarna har i regel drivits så långt att beräkningar för ytterligare ett år skulle i sämsta punkten ge en förbättring i temperaturen med mindre än 0.2°C . I fältets övre del $z < 2$ m är noggrannheten betydligt större. Antalet tidssteg per år har varit 1768 och

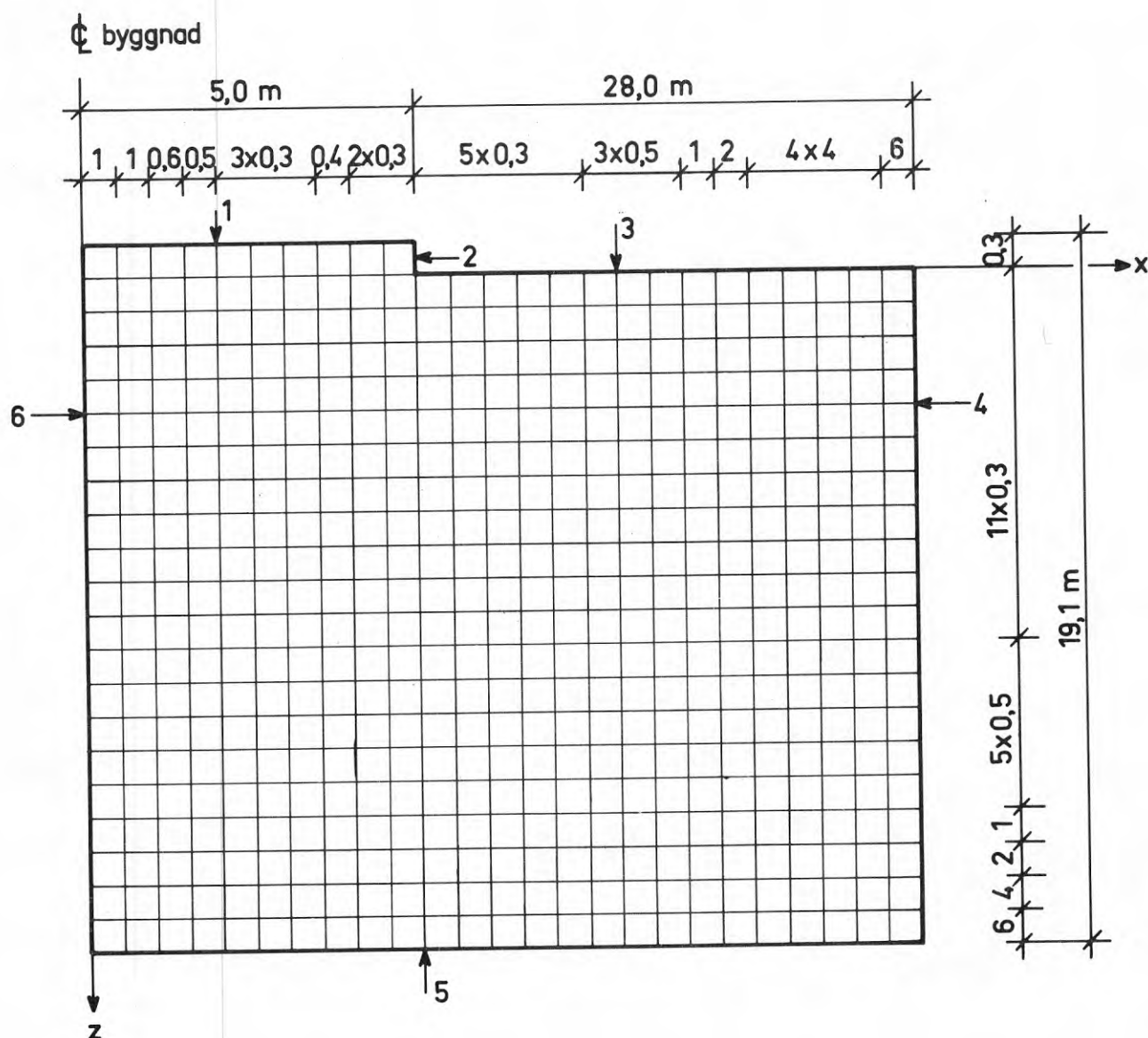


FIG.3 Mittsektion genom jorden under och vid sidan om en lång byggnad, visande indelning i rektanglar vid tvådimensionell värmeströmning. (Observera att rektanglarna har olika mått trots att de ritats lika).

antalet celler ca 510. Beräkningstiden på UNIVAC 1108 har varit ca 7 minuter per fall inklusive insvängningen till periodicitet för årssvängningarna. Vid insvängningsförloppet har räknats med större rektanglar och därför mindre antal celler.

Temperaturerna för de olika cellerna (rektanglarna) har utskrivits för ett stort antal tidpunkter under året. Från tidpunkten för lägsta utetemperatur eller kallaste perioden under vintern har utskrift skett vid tidpunkter med en veckas mellanrum. På basis av temperaturerna har för tidpunkten för maximal frostnedträngning uppritats isotermdiagram för det tvådimensionella fältet. Detta har tillgått så att kurvor $\vartheta(z)$ vid givet x och $\vartheta(x)$ vid givet z ritats upp och därur har x och z bestämts för givna ϑ . Isotermerna har intill fryspunkten varit 3°C , 2°C , 1°C , $+0^{\circ}\text{C}$, -1°C , -2°C osv. I BIL.1 visas ett stort antal isotermdiagram.

De storheter som varierats vid beräkningarna visas i FIG.4.

2.2 Tredimensionell värmeströmning vid byggnader med kvadratisk planyta

Vid byggnader med rektangulär planyta blir värmeströmningen genom jorden tredimensionell. Claesson (1968) har utarbetat ett program för sådan icke stationär värmeströmning med temperaturberoende materialdata. Det har samma uppbyggnad som programmet för tvådimensionell värmeströmning, som beskrivits i föregående avsnitt. Det skall för ordningens skull påpekas att Claessons program är äldst.

Planytan har vid flertalet beräkningsfall varit 10×10 m - i ett fall 4×4 m. Jorden har indelats i parallelepipeder enligt FIG.5. Randvillkoren längs ränderna 1 - 6 är samma som vid det tvådimensionella fallet med tillägget att ingen värmeströmning sker genom planet ξ - z - se FIG. 6. Man behöver således endast räkna med en volym som omfattar $1/8$ av byggnadens planyta. Antalet celler blir ändå så stort som ca 2700. Antalet tidssteg per år har varit 3536. Beräkningarna har i regel drivits

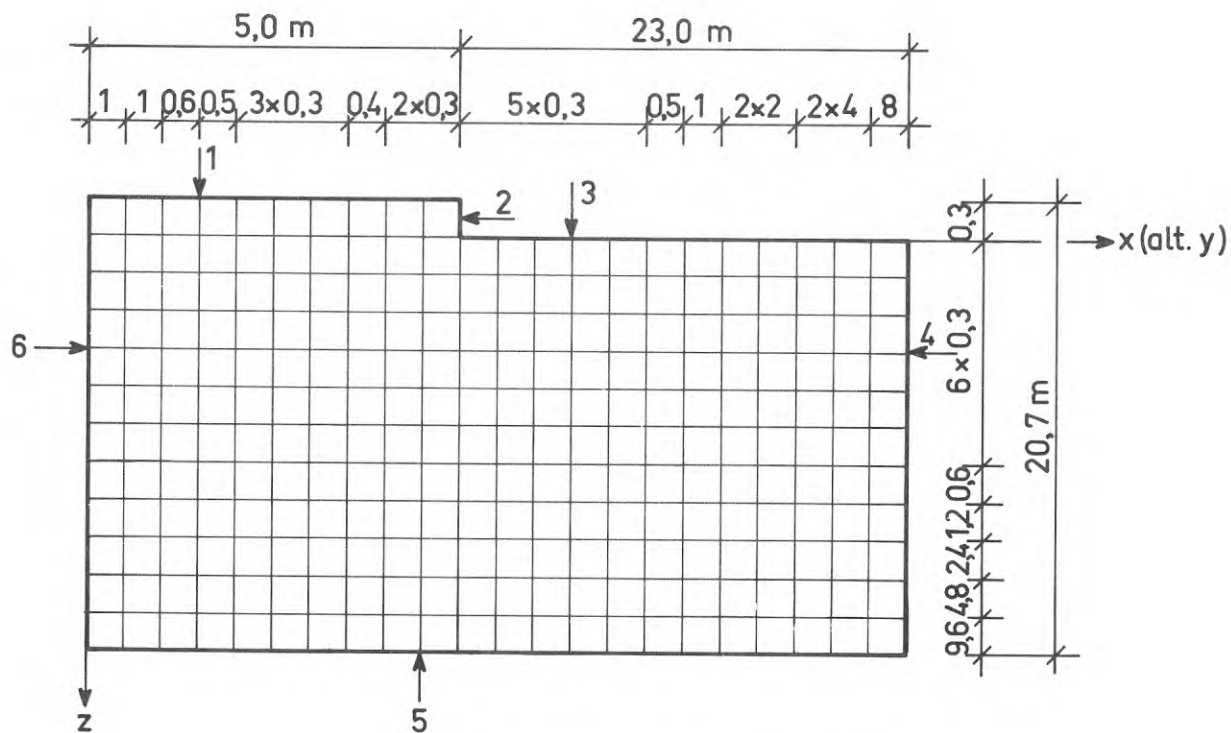


FIG.5 Sektion $y = 0$ (alt. $x = 0$) genom jorden under och intill en kvadratisk byggnad, visande indelning i parallelepipeder vid tredimensionell värmeströmning. (Observera att parallelepipederna har olika mått trots att de ritats lika).

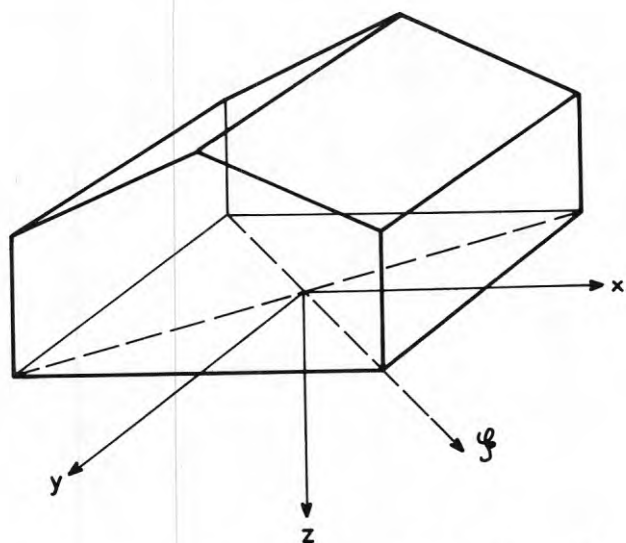


FIG.6 Koordinatsystem vid tredimensionell värmeledning vid kvadratisk byggnad

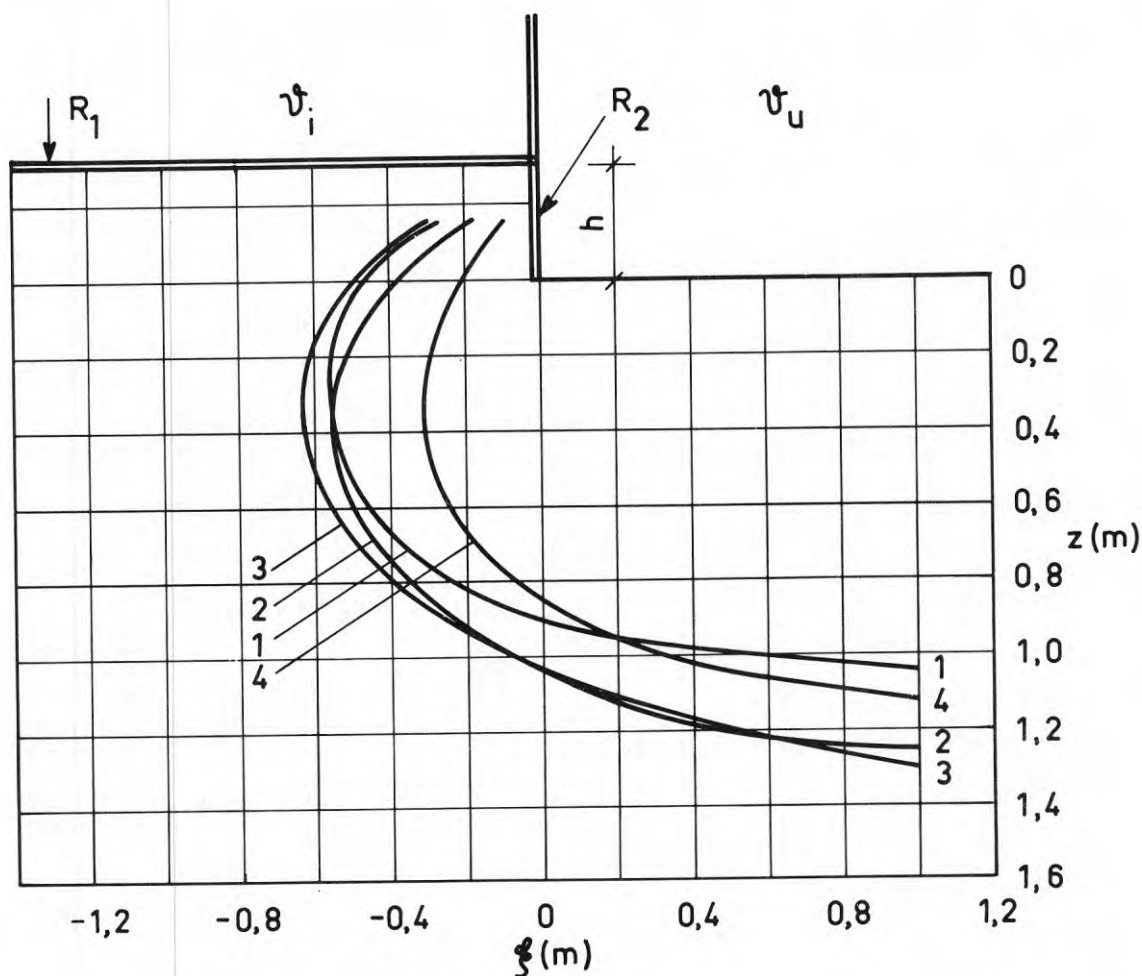


FIG.7 Isotermens -1°C läge vid olika tidpunkter

- 1: 2 veckor efter lägsta utetemperatur ($\vartheta_u = -12.5^{\circ}\text{C}$)
- 2: 4 veckor efter lägsta utetemperatur ($\vartheta_u = -11.0^{\circ}\text{C}$)
- 3: 6 veckor efter lägsta utetemperatur ($\vartheta_u = -8.6^{\circ}\text{C}$)
- 4: 9 veckor efter lägsta utetemperatur ($\vartheta_u = -3.7^{\circ}\text{C}$)

Övriga data enligt DIAGRAM 115 a i BIL.1

så långt att beräkningar för ytterligare ett år i sämsta fall skulle ge en förbättring i temperaturbestämningen för parallelepipedens mittpunkt med 0.2°C . I jordens övre del, $z < 2$ m är noggrannheten betydligt större.

Isotermdiagram har uppritats även för beräkningsfallen med tredimensionell värmeströmning. Därvid har valts plan x - z dvs med givet y eller ξ - z plan dvs vertikalplan genom byggnadens diagonal. Dessa visas i BIL.1. För ett fall har isotermdiagram för ξ - z planet uppritats för olika tidpunkter under vintern med början 2 veckor efter lägsta utetemperatur (DIAGRAM 115 a - g). Om man väljer ut -1°C isotermer ur dessa isotermdiagram och sammanställer några av dem i ett diagram så visar FIG.7 att största frostnedträngningen för $x = 0$ inträffar 4 veckor efter lägsta utetemperatur. För samtliga beräkningsfall i BIL.1 har valts att redovisa isotermer för den tidpunkt då man får största frostnedträngningen vid $x = 0$ eller $\xi = 0$.

De storheter som varierats vid beräkningarna visas i FIG.4.

2.3 Jämförelse mellan uppmätta och beräknade temperaturer

Utanför Oslo byggs för närvarande (1972) ett stort radhusområde : "Skjetten". Genom medverkan i projekteringen har det givits oss möjlighet att få del av temperaturmätning som utförs i och i närheten av den första radhuslängan som byggdes. Dessa mätningar utförs av konstruktören Ape-land & Mjøset och Norges byggforskningsinstitut, Oslo. Här är inte platsen att redovisa alla dessa mätningar men en jämförelse mellan mätningar och beräkningar skall göras för ett hörn, som hållits snöfritt under hela vintern. Grundkonstruktionen visas i FIG.8 a där även en av mätpunkterna anges. Konstruktionen har vid beräkningarna schematiserats i form av parallelepipeder som FIG.8 b och FIG.9 anger.

Marken har hållits snöfri på ett avstånd av minst 3 m från väggen och 2 m åt vardera sidan från hörnet. Mätning av marktemperaturer och lufttemperatur inne och ute skedde under vintern 1970/71 med ca 1-2 veckors

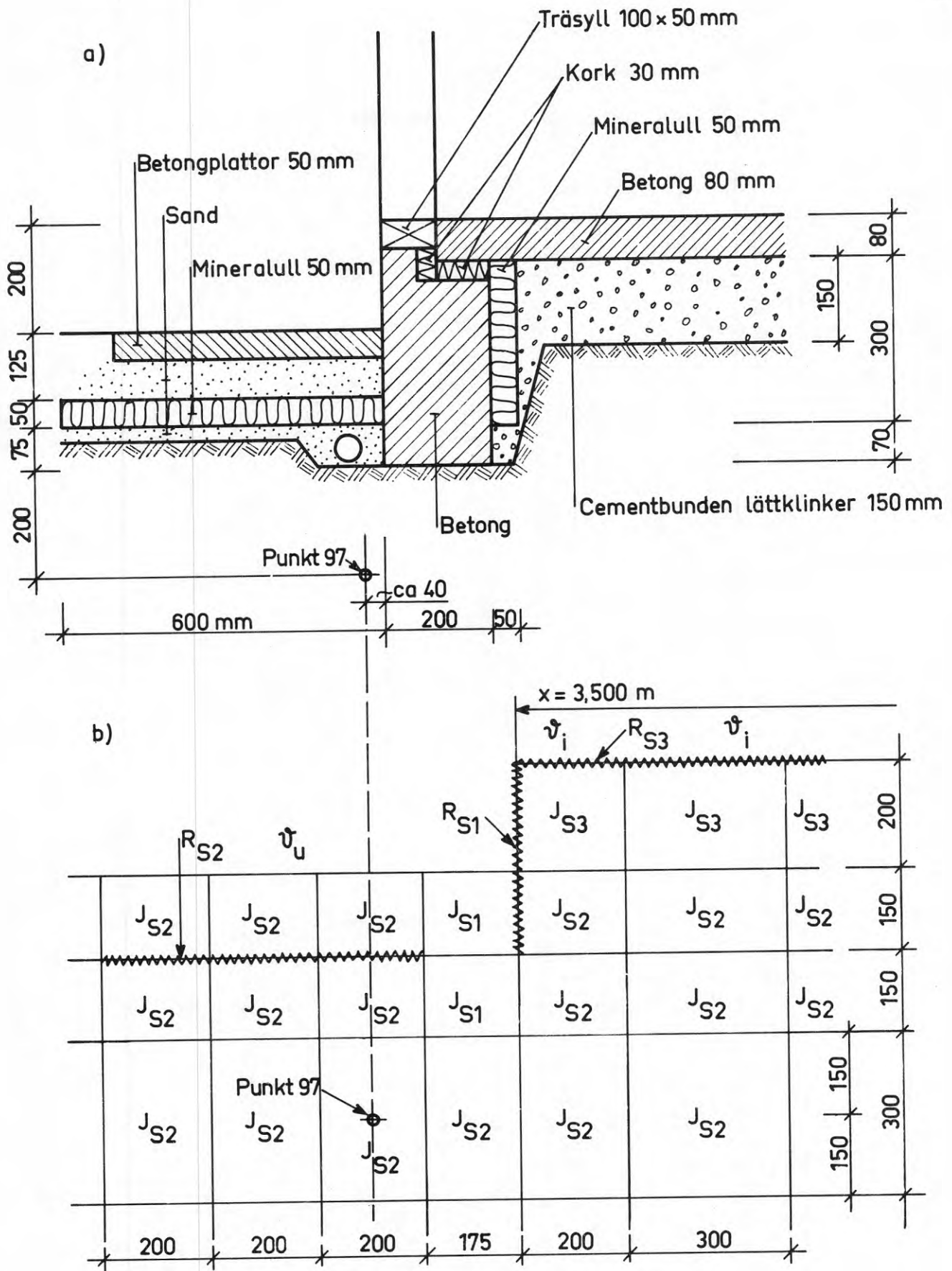


FIG.8 Grundkonstruktion vid mätobjekt på Skjettenprojektet
a) enligt ritning b) schematiserat för beräkning.
Mätpunkten 97 är angiven i båda figurerna

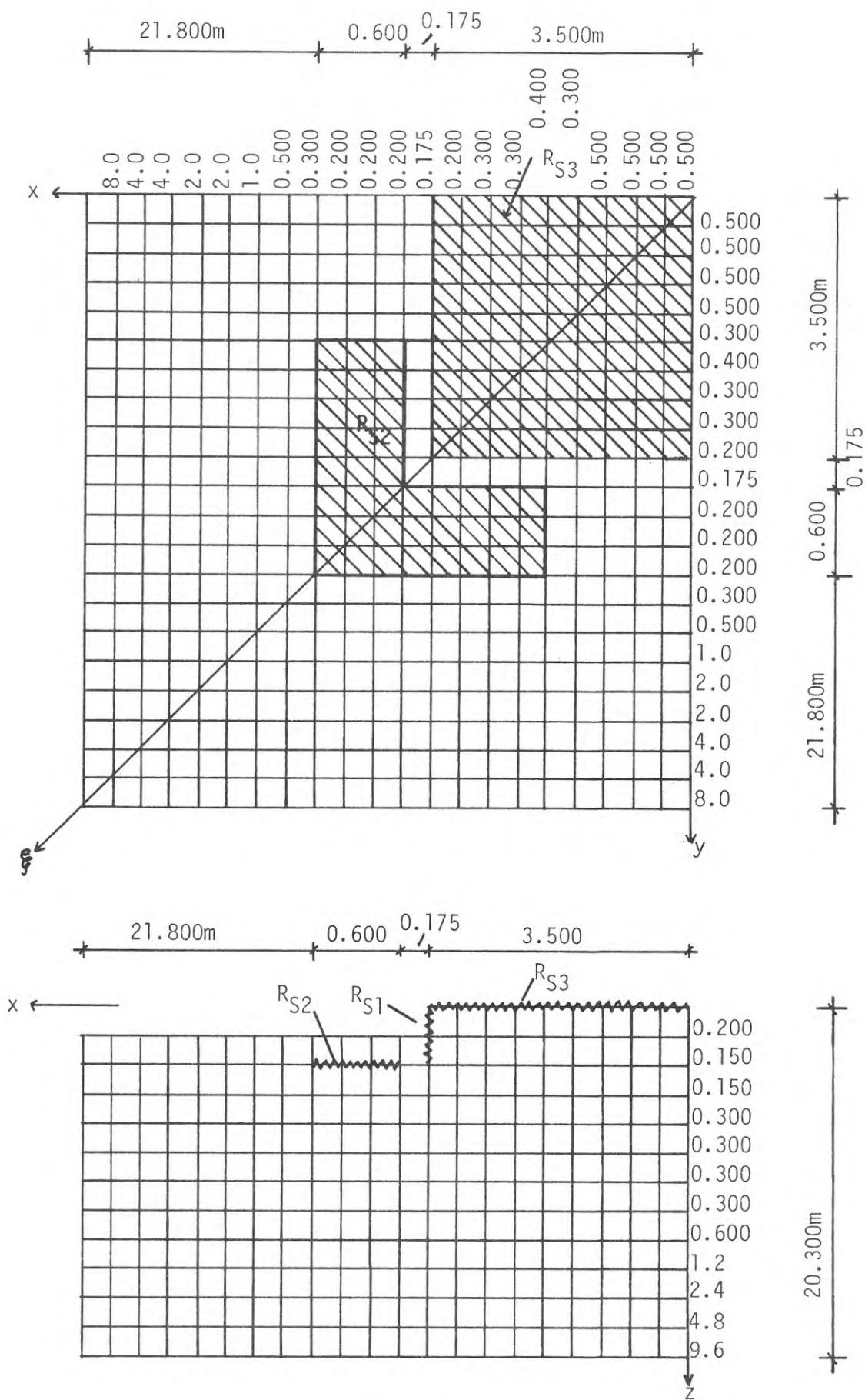


FIG.9 Cellindelning vid beräkning gällande Skjettenprojektet.
 (Observera att cellerna har olika mått trots att de ritats lika)

intervall. För att få kontinuerliga uppgifter om utetemperaturen har uppgifter erhållits från en närbelägen meteorologisk station, Hellerud. Av de tre tidpunkter på dygnet då avläsning skett har valts kl.1900 som representativ för dygnsmedeltemperaturen. Av TAB.1 framgår att Hellerud är representativ för Skjetten, de avvikelser som framgår beror huvudsakligen på att Skjettentemperaturerna gäller någon tidpunkt på dagen medan Hellerudtemperaturerna gäller kl.19.

Rumstemperaturen ϑ_i har inte hållits på $+20\text{ }^\circ\text{C}$. När det varit kallt ute så har också rumstemperaturen hållits låg. Det kan vara värt att observera att lägsta uppmätta golvtemperaturen 0.8 m från ytterväggs insida vid hörn varit $+5\text{ }^\circ\text{C}$ och lägsta rumstemperaturen $+12\text{ }^\circ\text{C}$. Det är ett hårdigt folk som bor i Norge.

Jordtemperaturerna har beräknats för rumstemperaturen $+20\text{ }^\circ\text{C}$ och $+16\text{ }^\circ\text{C}$. Jordens densitet och fuktkvot har uppmätts på olika djup. Genomsnittligen har densiteten satts till 1740 kg/m^3 och fuktkvoten till 0.246 kg/kg . Detta ger följande uppskattade värmedata:

ofrusen jord:	värmekonduktivitet $\lambda_1 = 1.60\text{ W/mK}$
	spec.värme $(c\rho)_1 = 902\text{ Wh/m}^3\text{K}$
frusen jord:	värmekonduktivitet $\lambda_2 = 2.00\text{ W/mK}$
	spec.värme $(c\rho)_2 = 654\text{ Wh/m}^3\text{K}$
	smältvärme $D = 39820\text{ Wh/m}^3$

Markisoleringens motstånd har satts till $R_{S2} = 0.86\text{ m}^2\text{K/W}$ ($= 1.0\text{ }^\circ\text{Cm}^2\text{h/kcal}$), vilket motsvarar att skivan med tjockleken 50 mm har $\lambda = 0.058\text{ W/mK}$ ($= 0.05\text{ kcal/h,m}^\circ\text{C}$).

I TAB.1 jämföres uppmätt jordtemperatur ϑ_{m97} i punkt 97 (se FIG.8) med beräknad jordtemperatur ϑ_{b1} vid inomhustemperaturen $+20\text{ }^\circ\text{C}$ och beräknad jordtemperatur ϑ_{b2} vid $+16\text{ }^\circ\text{C}$ inne. Man ser att skillnaden mellan ϑ_{b2} och ϑ_{m97} under mätperioden blir genomsnittligen $+0.2\text{ }^\circ\text{C}$. Med hänsyn till den varierande inomhustemperaturen, osäkerhet i antagna värmedata för jord och markisolering osv, så får man vara mycket tillfredsställd med överensstämmelsen.

TAB.1 Jämförelse mellan beräknade jordtemperaturer (ϑ_b) och uppmätta jordtemperaturer (ϑ_m) för Skjettenprojektet

Datum	Utetemperatur		Rumsluftens temp. Skjetten ϑ_{iS}	Golvttemp 0.8m från vägg	Uppmätt jordtemp i punkt 97 ϑ_{m97}	Beräknad jordtemp.		Diff. ($\vartheta_{b2} - \vartheta_{m97}$)
	Hellerud ϑ_{uH}	Skjetten ϑ_{uS}				vid $\vartheta_i = +20^\circ\text{C}$ $R_{S2} = 0.86$ ϑ_{b1}	vid $\vartheta_i = +16^\circ\text{C}$ $R_{S2} = 0.86$ ϑ_{b2}	
1970 30/10	+0.9	-	-	-	-	+5.2	+5.2	-
6/11	-10.5	-	-	-	-	+2.9	+2.8	-
13/11	-4.2	-	-	-	-	+1.2	+1.2	-
20/11	+4.8	-	-	-	-	+1.7	+1.6	-
27/11	-1.5	-	-	-	-	+2.5	+2.5	-
4/12	-8.6	-9.5	-	10.0	+1.5	+1.1	+1.1	-0.4
11/12	-3.3	-	-	11.0	+2.0	+1.9	+1.8	-0.2
17/12	4.3	4.0	-	7.8	+1.2	+1.3	+1.3	+0.1
24/12	-9.2	-	-	-	-	+1.3	+1.2	-
1971 5/1	-14.9	-12.0	13.5	5.0	0	+0.4	+0.3	+0.3
12/1	-2.3	-4.0	12.0	11.0	-0.4	+0.4	+0.3	+0.7
21/1	+0.3	0	16.5	15.8	-0.2	+0.5	+0.5	+0.7
28/1	-4.0	-3.5	17.5	18.6	0	+0.6	+0.5	+0.5
4/2	+2.8	+7.5	18.0	17.8	-0.2	+0.3	+0.3	+0.5
12/2	+2.7	+3.0	16.0	16.6	+0.2	+0.5	+0.4	+0.2
18/2	+0.1	+1.3	17.0	15.8	+0.4	+0.6	+0.5	+0.1
25/2	-5.8	-5.0	23.5	19.9	+0.5	+0.6	+0.5	0
4/3	-17.5	-9.0	23.5	19.6	-0.4	+0.3	+0.2	+0.6
11/3	-6.6	+1.5	20.0	19.0	-0.2	0	0	+0.2
18/3	+1.3	+1.0	22.0	19.0	0	0	0	0
25/3	+3.0	+4.0	24.0	21.8	+0.6	+0.3	0	-0.6
1/4	+0.7	-	-	-	-	+0.3	+0.2	-
8/4	+4.1	-	-	-	-	+0.4	+0.4	-

3 OLIKA FAKTORERS INVERKAN PÅ FROSTNEDTRÄNGNINGEN

3.1 Val av utetemperatur

I Adamson et al. (1971) har valet av utetemperatur diskuterats. Man kan tänka sig välja

utetemperatur för 1/7 1941 - 30/6 1942, periodiskt upprepad

utetemperatur för 1/7 1946 - 30/6 1947, periodiskt upprepad

utetemperatur enligt cosinusfunktion

Vintern 1941-42 är den kallaste på många år. I årsböcker från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut finns uppgifter på femdygnsmedelvärden på lufttemperaturen 30/6 1941 - 29/6 1942 för ett stort antal orter. Dessa värden, periodiskt upprepade år efter år, kan naturligtvis användas för beräkning av maximal frostnedträngning. Om man samtidigt antar att marken är snöfri så får man en beräknad frostnedträngning som med säkerhet blir större än någon observerad frostnedträngning under senare decennier.

Vintern 1946-47 gav stor observerad frostnedträngning på fri mark, se Adamson (1961). Denna vinter var kall och snötäcket utbildades sent på vintern. Om man antar att marken denna vinter var helt snöfri och använder femdygnsmedeltemperaturen på uteluften 30/6 1946 - 29/6 1947, periodiskt upprepad år efter år, för beräkning av frostnedträngningen bör man få en beräknad frostnedträngning som ligger i närheten av maximalt observerad frostnedträngning.

Janson (1968) har föreslagit att utetemperaturen representeras med en cosinusfunktion

$$\vartheta_u = \vartheta_{om} + \theta_e \cos \omega t \qquad 2\pi/\omega = 1 \text{ år}$$

där ϑ_{om} är årsmedeltemperaturen för uteluften under ett normalår (= medelvärde för en 30-årsperiod). Amplituden θ_e bestäms så att ytan av den del av temperatur-tidkurvan som är under 0 °C blir lika med den största

köldmängd i gradtimmar som uppmätts under en 50-årsperiod, se Fellenius & Rengmark (1959). Janson anger värden på \hat{t}_{om} och θ_e för ett 60-tal orter i Sverige.

För att få en uppfattning om hur stor frostnedträngning, som erhålles vid olika val av utetemperatur har några fall genomräknats och diagram uppritats. Frostnedträngningen har därvid definierats som skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer och $x = 0$, koordinater enligt FIG.6. Motivet till att $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer valts är att skadlig tjällyftning antas äga rum vid helt frusen jord och vid viss fryspunktsnedsättning - detta behandlas närmare i avsnitt 4.1 och 4.2.

För Örebro göres jämförelsen för en lång byggnad med hela golvytan värmeisolerad med $R_1' = R_1'' = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$, med sockelisoleringen $R_2 = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$ med höjden $l_2 = 0.3\text{ m}$ och med sockelhöjden $h = 0.3\text{ m}$ - beteckningar enligt FIG.4. Jorden utgöres av lera = "Lera I" enligt TAB.3. Om man använder aktuella femdygnsmedeltemperaturer för tiden 30/6 1944 - 29/6 1947 och antar att marken är helt snöfri får man största frostnedträngningen den 3/3 1947. Den blir då $z_f'' = 0.36\text{ m}$ - se TAB.2. Om utetemperaturen antas variera enligt Jansons cosinusfunktion blir största frostnedträngningen $z_f'' = 0.34\text{ m}$. Användes aktuella femdygnsmedeltemperaturer för perioden 30/6 1946 - 29/6 1947 och antar vi att denna period upprepas år efter år så blir frostnedträngningen maximalt $z_f'' = 0.44\text{ m}$. Om man använder femdygnsmedeltemperaturerna för perioden 30/6 1941 - 29/6 1942 blir $z_f'' = 0.50\text{ m}$.

För Härnösand och Haparanda erhålles enligt TAB.2 liknande resultat. Man kan mera generellt säga att med utetemperaturen enligt Janson får man utan snö samma beräknad frostnedträngning som vintern 1946-47 periodiskt upprepad. Vintern 1941-42, periodiskt upprepad, ger 0.1 - 0.2 m större beräknad frostnedträngning, men som redan nämnts är den beräknade frostnedträngningen för denna vinter, periodiskt upprepad, med säkerhet större än någon observerad frostnedträngning under senare decennier.

Om man väljer utetemperaturer enligt Janson får man således beräknad

TAB.2 Jämförelse mellan maximal frostnedträngning z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermin och $x=0$) bestämd vid olika vald utetemperatur (ingen snö)

Ort	DIAGRAM	Maximal frostnedträngning z_f'' (m)			
		30/6 1944- 29/6 1947 3/3 1947	30/6 1946- 29/6 1947 periodiskt upprepad	30/6 1941- 29/6 1942 periodiskt upprepad	utetempera- tur enligt cosinus- funktion
Örebro	1,2,3,4	0.36	0.44	0.50	0.34
Härnösand	40,39,45	-	0.52	0.69	0.49
Haparanda	50,53	-	-	0.90	0.80

TAB.3 Data för i rapporten diskuterade jordarter

Egenskap		"Mo"	"Lera I"	"Lera II"
densitet för torr jord	kg/m ³	1600	1400	1300
fuktkvot	kg/kg	0.14	0.20	0.35
λ_1 för ofrusen jord	W/mK	1.86	1.05	1.16
λ_2 för frusen jord	W/mK	2.79	1.40	1.98
$(c \cdot \rho)_1$ för ofrusen jord	Wh/m ³ K	635	650	785
$(c \cdot \rho)_2$ för frusen jord	Wh/m ³ K	500	490	545
smältvärme D	Wh/m ³	20800	25900	42200

frostnedträngning som ligger i närheten av observerad största frostnedträngning - jämför Adamson et al.(1971).

3.2 Jordart

Janson (1968) har vid sina beräkningar av största frostnedträngning definierat några olika jordarter. För mo och lera har valts låga fuktkvoter för att ge stor frostnedträngning. Data för dessa visas i TAB.3 som "Mo" och "Lera I". Dessutom har medtagits en lera som är praktiskt taget helt vattenmättad - "Lera II". I tabellen anges också antagna värmetekniska data för jordarterna - för Mo och Lera I enligt Janson.

Största frostnedträngningen för lång byggnad i Örebro med $R_1' = R_1'' = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och $h = 0.3 \text{ m}$ (FIG.4) blir vid

mo	$z_f'' = 0.80 \text{ m}$	(DIAGRAM 10)
lera I	$z_f'' = 0.53 \text{ m}$	(DIAGRAM 7)
lera II	$z_f'' = 0.52 \text{ m}$	(DIAGRAM 9)

Som närmare diskuteras under avsnitt 4.1 längre fram torde mo inte ge skadlig tjällyftning, vilket däremot de båda lerorna kan ge. Man kan anta att lera I ger maximal eller nära maximal frostnedträngning för jordarter som kan ge skadlig tjällyftning vid byggnader.

3.3 Snö

I Svensk byggnorm 1967 anges att man skall bortse från snötäckes värmeisolerande förmåga vid fastställandet av grundläggningsdjup. Skälet är sannolikt att man intill hus kan avlägsna snön, t.ex. vid garageinfart. För lång byggnad i Härnösand med golvisolering $R_1' = R_1'' = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$, sockelisolering $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ på $l_2 = 0.3 \text{ m}$, sockelhöjden $h = 0.3 \text{ m}$ och jorden = Lera I har frostnedträngningen beräknats för perioden 30/6 1946 - 29/6 1947 periodiskt upprepad.

I DIAGRAM 40 visas frostnedträngningen vid helt snöfri mark. Djupet för skärningspunkten mellan -1°C isotermer och $x=0$ är $z_f'' = 0.53$ m. Om markytan antas ha det snödjup som visas i årsböckerna från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut och snöns värme konduktivitet är 0.16 W/mK får man en frostnedträngning som framgår av DIAGRAM 41. Frostnedträngningen för $x=0$ blir $z_f'' = 0$ m. Om man gör en zon på 0.6 m intill huset snöfri men lämnar resten av markytan med aktuell snö för 1946-47 så får man enligt DIAGRAM 42 frostnedträngningen $z_f'' = 0.49$ m.

Om man skottar bort snön på en zon = ca 1 m intill byggnaden får man således samma frostnedträngning vid $x=0$ som vid helt snöfri mark.

3.4 Utåtgående hörn

Vid utåtgående hörn har man köldangrepp från två sidor. Frostnedträngningen bör då bli större än t.ex. mitt på en fasad eller vid en lång byggnad. Detta kan illustreras genom jämförelse av diagram avseende lång byggnad och diagram avseende hörn vid kvadratisk byggnad. Många sådana jämförelser kan göras med hjälp av diagrammen i BIL.1. Som exempel kan visas största frostnedträngningen z_f (=djupet av skärningspunkten mellan -1°C isotermer och $x=0$ resp. $y=0$) för

$$\text{Stockholm: } R_1' = R_1'' = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}, R_2 = 0, h = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{lång byggnad (DIAGRAM 33) } z_f'' = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{hörn (DIAGRAM 108 a) } z_f''' = 0.91 \text{ m}$$

$$\text{Härnösand: } R_1' = R_1'' = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}, R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}, l_2 = 0.3 \text{ m}, h = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{lång byggnad (DIAGRAM 45) } z_f'' = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{hörn (DIAGRAM 115 a) } z_f''' = 1.04 \text{ m}$$

Frostnedträngningen vid hörn blir således betydligt större än vid lång byggnad. I FIG.10 visas frostnedträngningen som funktion av avståndet y' från hörnet för några beräkningsfall gällande Stockholm och i FIG.11 för några beräkningsfall gällande Härnösand. Man ser av figurerna att

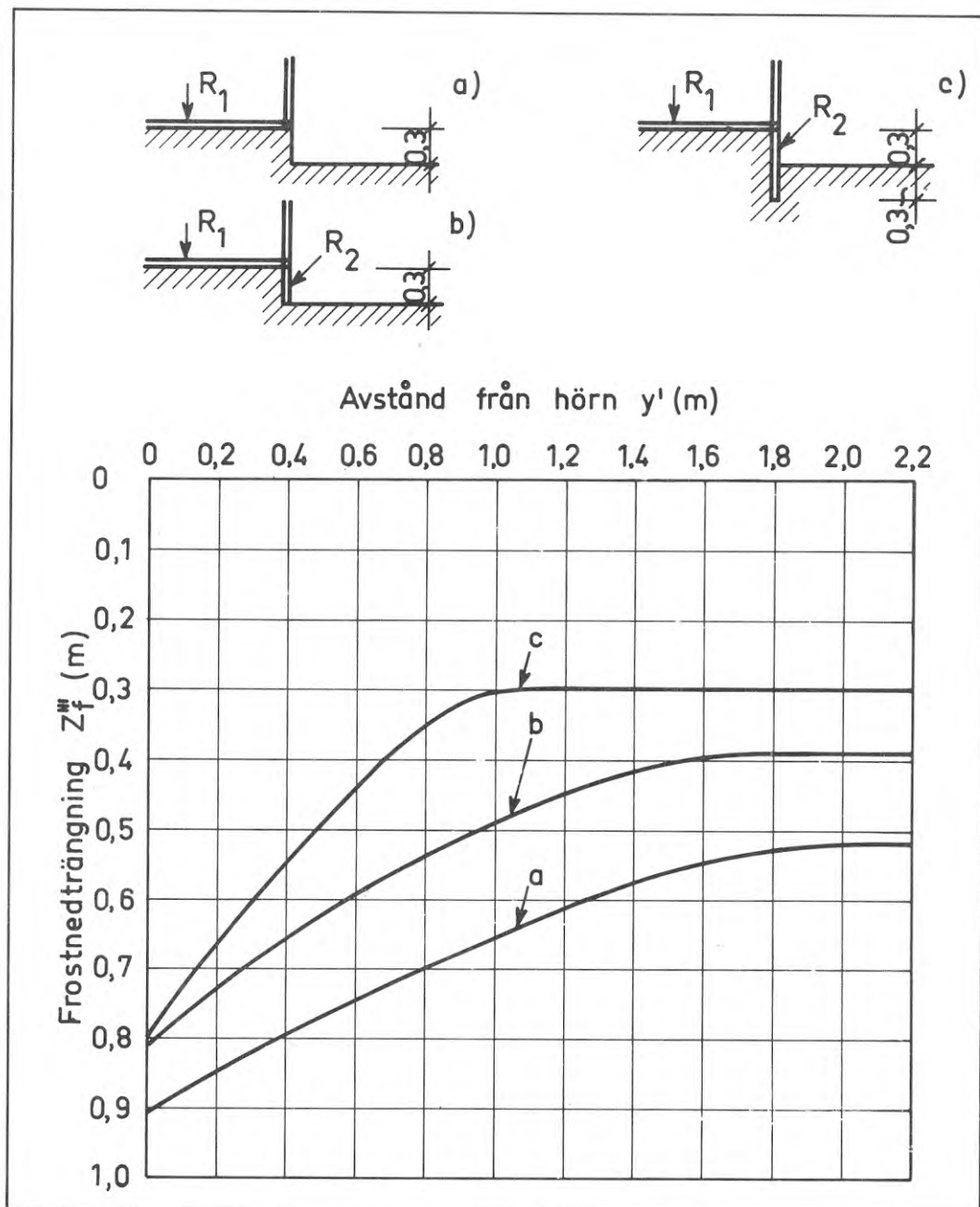


FIG.10 Frostnedträngning Z_f''' (bestämd som djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer och x resp. $\xi = 0$) som funktion av avståndet från hörn y'

Stockholm: $R_1 = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$, $R_2 = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$

a) = data enligt DIAGRAM 108 a

b) = data enligt DIAGRAM 110 a

c) = data enligt DIAGRAM 111 a

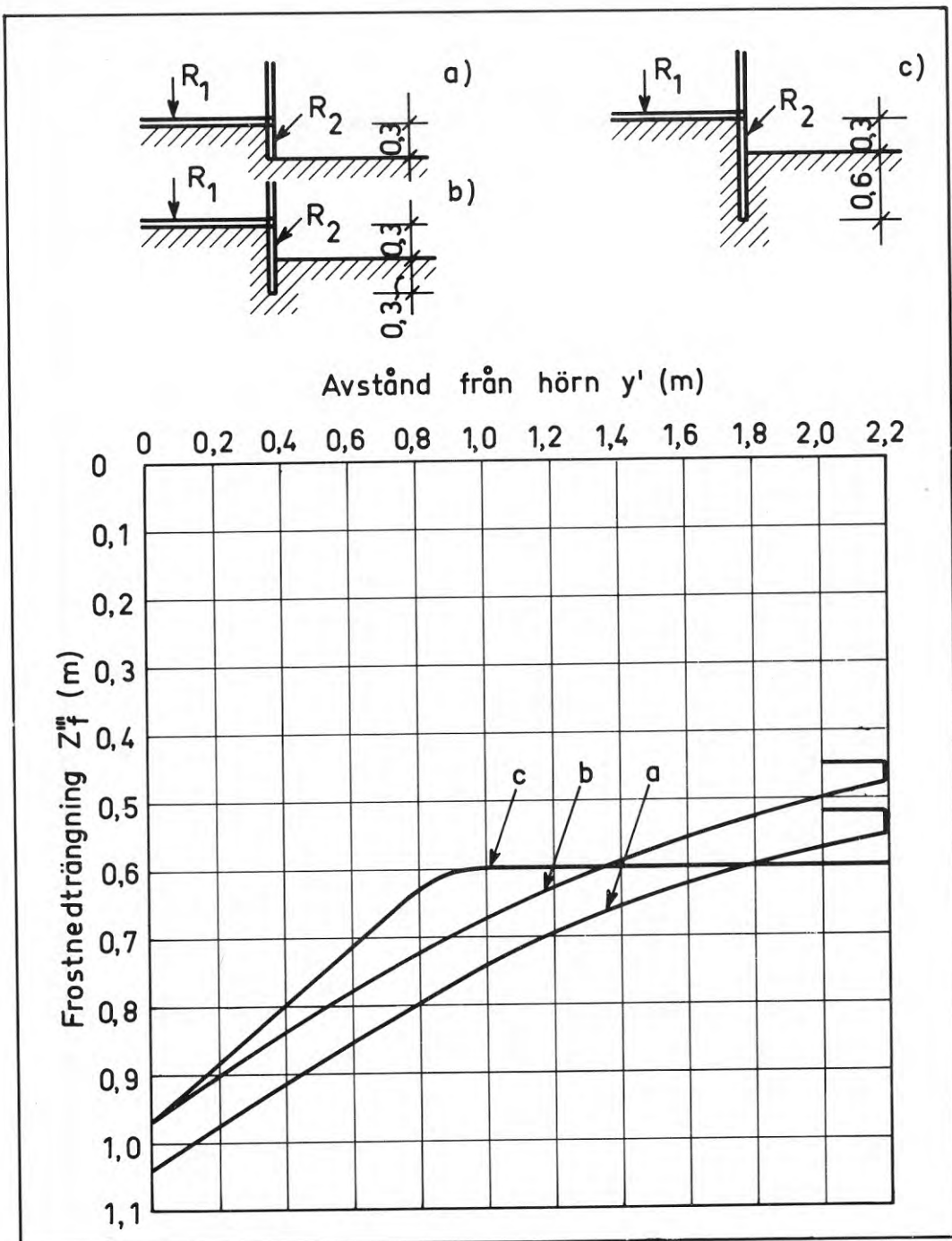


FIG.11 Frostnedträngning z_f''' (bestämd som djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer och x resp. $y = 0$) som funktion av avståndet från hörn y'

Härnösand: $R_1 = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$, $R_2 = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$

a) = data enligt DIAGRAM 115 a

b) = data enligt DIAGRAM 116 a

c) = data enligt DIAGRAM 117 a

inverkan av det utåtgående hörnet är begränsat till ca 1.5 m från hörnet i Stockholm och till ca 2 m från hörnet i Härnösand. Man kan förmoda att inverkan av hörn är i södra Sverige begränsat till 1 - 1.5 m och i övre Norrland till ca 2.5 m från hörnet.

3.5 Byggnadens mått

Inverkan av byggnadens planmått visas i DIAGRAM 101, som gäller en kvadratisk byggnad med planmått 4x4 m och DIAGRAM 102 som gäller en byggnad med planmått 10x10 m. Båda byggnaderna förutsättes belägna i Örebro samt har golvisoleringen $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och oisolerad sockel. Vid hörn blir vid båda byggnaderna frostnedträngningen $z_f''' = 0.89 \text{ m}$, bestämd som djupet för skärningspunkten mellan $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ isotermer och $\xi = 0$. På 1.8 m från hörnet blir vid byggnaden med planmått 4x4 m frostnedträngningen $z_f''' = 0.66 \text{ m}$ och på 1.75 m från hörn vid byggnaden med planytan 10x10 m blir $z_f''' = 0.58 \text{ m}$. Den mindre "värmekudden" under det lilla huset ger således en något större frostnedträngning vid fasad på det mindre huset, men skillnaden är liten.

3.6 Ytterväggstjocklek och material i grundmur (grundbalk)

Inverkan av ytterväggstjocklek och material i grundmur eller grundbalk har undersökts för långa byggnader. I FIG.12 visas några schematiseringar av yttervägg. Sockeln är isolerad med $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och bjälklagsisoleringen är $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$. FIG.12 a kan sägas gälla en byggnad med mycket tunn yttervägg medan FIG.12 b och 12 c gäller byggnad med homogen yttervägg med tjockleken 0.3 m. Vid FIG.12 b är bjälklagets isolering förd fram under ytterväggen medan bjälklagsisoleringen i FIG.12c slutar vid ytterväggen. Frostnedträngningen (djupet för skärningspunkten mellan $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ isotermer och $x=0$) blir respektive $z_f'' = 0.35$, 0.40 och 0.37 m, dvs praktiskt taget ingen som helst skillnad.

I FIG.13 visas några schematiseringar av grundmuren. Som utgångskonstruktion har valts FIG.13 a, gällande Örebro med tunn yttervägg, oiso-

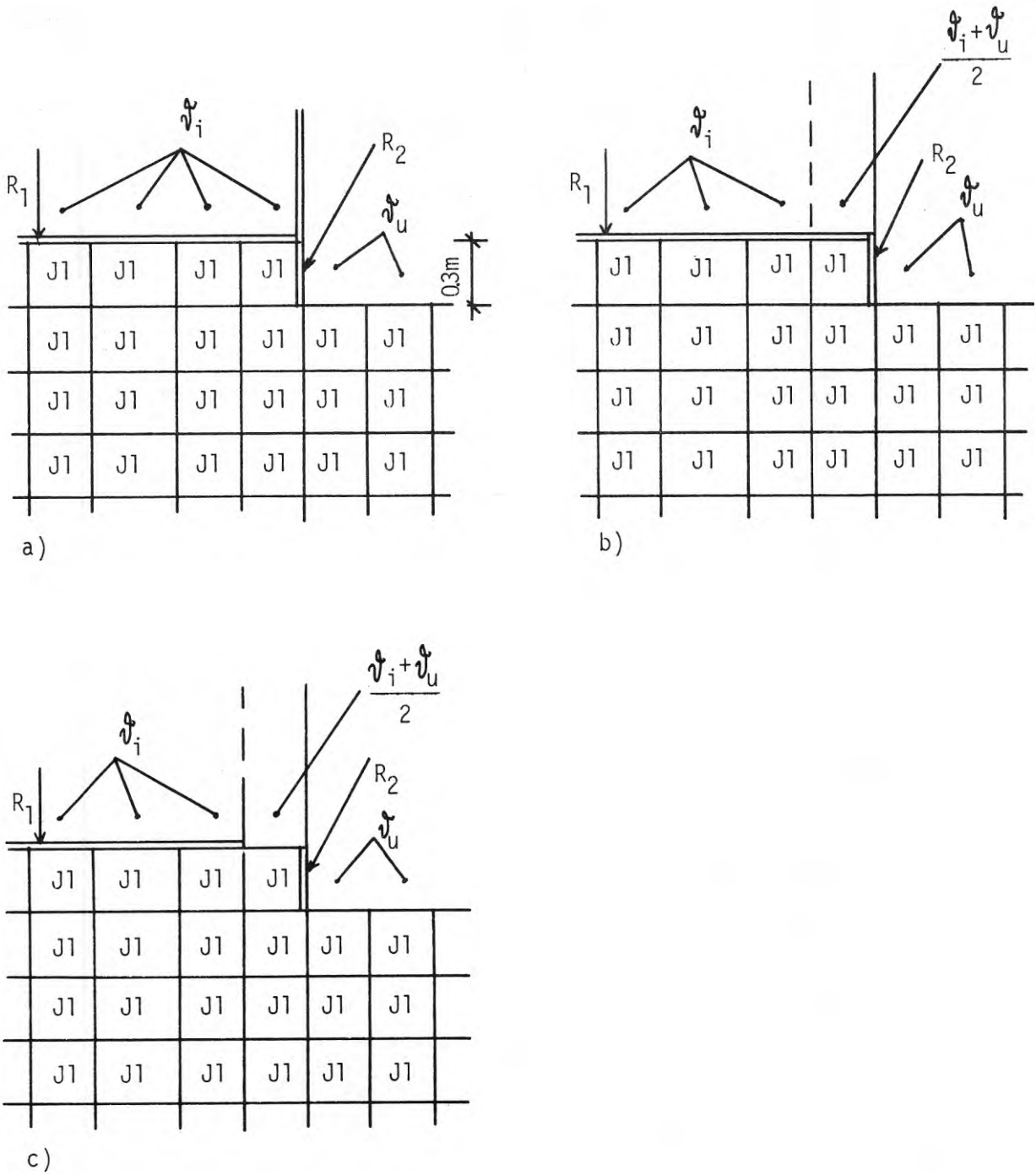


FIG.12 Schematiserade grundutformningar med isotermer enligt

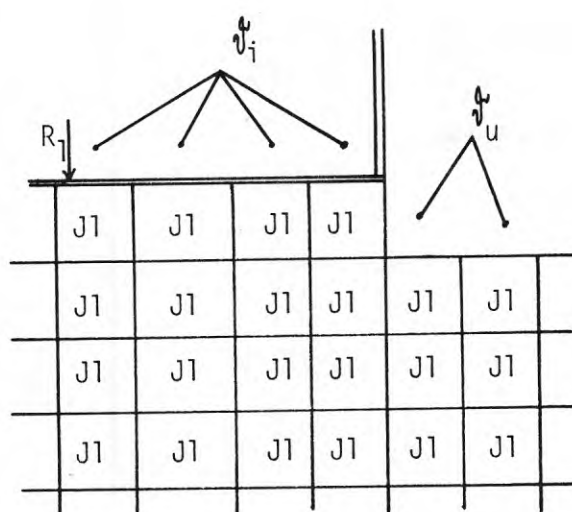
- a) DIAGRAM 4 ($z''_f = 0.35 \text{ m}$)
 b) DIAGRAM 5 ($z''_f = 0.40 \text{ m}$)
 c) DIAGRAM 6 ($z''_f = 0.37 \text{ m}$)

lerad sockel och bjälklagsisolering med $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$. Frostnedträngningen blir där $z_f'' = 0.52 \text{ m}$. Om ytterväggen göres 0.3 m tjock men i övrigt samma förhållanden (FIG.13 b) så blir $z_f'' = 0.53 \text{ m}$. Om cellerna C1 och C2 utgöres av betonghålstén dvs en mur som är 0.3 m bred och 0.6 m hög (FIG.13 c), så minskar frostnedträngningen något ($z_f'' = 0.45 \text{ m}$) i förhållande till FIG.13 a. Om grundmuren utgöres av betong, 0.3 m bred och 0.6 m hög (FIG.13 d), så blir frostnedträngningen $z_f'' = 0.60 \text{ m}$, dvs något större än vad som erhålles vid FIG.13 a. Utföres grundmuren i stället av värmeisolerande lättklinkerblock (FIG.13 e) så minskar frostnedträngningen till $z_f'' = 0.37 \text{ m}$. Man kan påstå att frostnedträngningen vid schematisering enligt FIG.13 a ger värden tillämpbara för grundmurar av betong eller betonghålstén, medan hänsyn måste tas till värmeisoleringen vid t.ex. lättklinkerblock. I det senare fallet är motståndet hos lättklinkerblocket $R_2 = 0.3/0.255 = 1.18 \text{ m}^2\text{K/W}$ och frostnedträngningen $z_f'' = 0.37 \text{ m}$ enligt FIG.13 e stämmer väl med $z_f'' = 0.40 \text{ m}$ enligt FIG.12 b, där $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$, men med $l_z = 0.3 \text{ m}$.

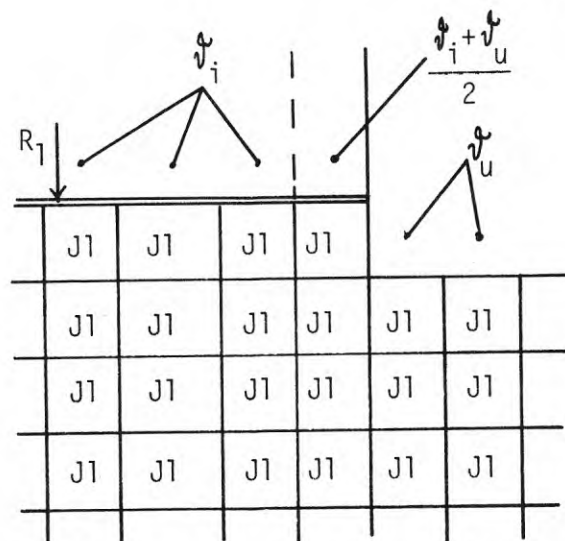
3.7 Bjälklags- och sockelisolering

I TAB.4 har sammanställts ett stort antal fall - gällande såväl långa som kvadratiska byggnader - med varierande bjälklags- och sockelisolering.

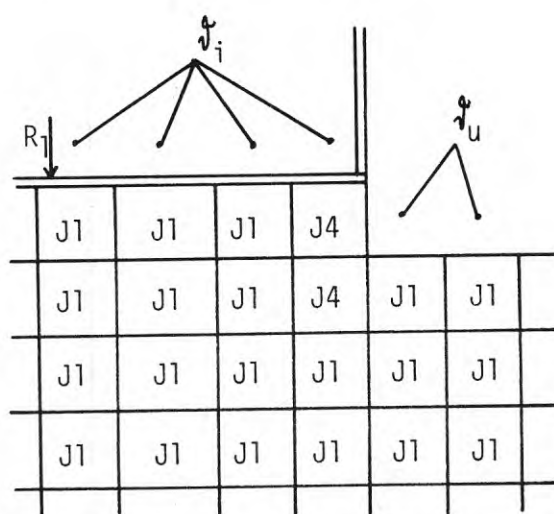
I FIG.14 visas för Örebro hur bjälklagsisoleringen R_1 inverkar på frostnedträngningen z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ isotermin och $x=0$). Man ser att en ökning från $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ till $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ har liten inverkan på z_f'' . Samma intryck får man om man gör andra jämförelser i TAB.4 både beträffande långa och kvadratiska byggnader. Intressant är också att i TAB.4 jämföra frostnedträngningen enligt DIAGRAM 20 och DIAGRAM 7. Det förra diagrammet gäller för bjälklagsisolering $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ endast på en 1 m bred zon intill yttervägg medan det senare gäller för isolering $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvytan. Vid randzonsisolerat bjälklag minskar frostnedträngningen från $z_f'' = 0.51$ (DIAGRAM 7) till $z_f'' = 0.47 \text{ m}$ (DIAGRAM 20).



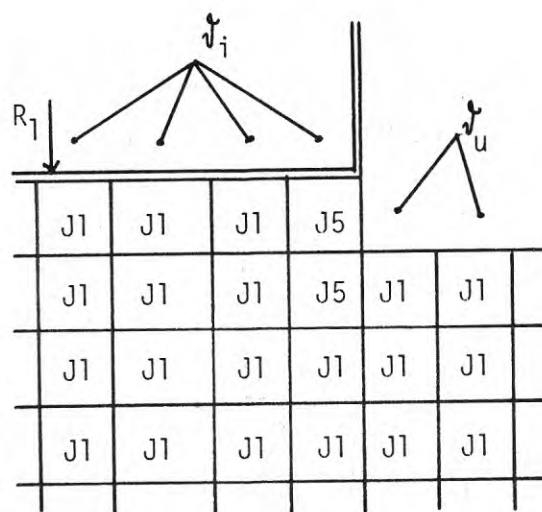
a)



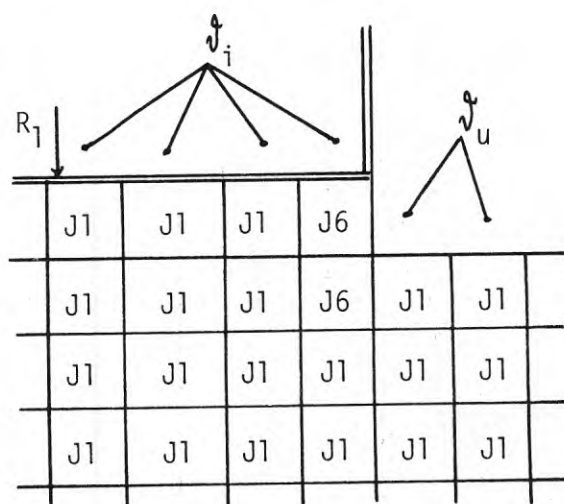
b)



c)



d)



e)

J1 = Lera I
 J4 = Betonghålstén
 J5 = Betong
 J6 = Lättklinkerblock

FIG.13 Schematiserade grundutförningar med isotermer enligt

- a) DIAGRAM 9 ($z_f^I=0.52$ m) b) DIAGRAM 8 ($z_f^I=0.53$ m)
 c) DIAGRAM 11 ($z_f^I=0.45$ m) d) DIAGRAM 12 ($z_f^I=0.60$ m)
 e) DIAGRAM 13 ($z_f^I=0.37$ m)

TAB.4 Frostnedträngning z_f (skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer och x resp. $\xi = 0$) för fall med sockelhöjd $h = 0.3\text{ m}$ samt varierande bjälklagsisolering R_1 och sockelisolering R_2

Ort	DIAGRAM	Konstruktionsdata			z_f (m) vid		Anm.
		R_1 $\text{m}^2\text{K/W}$	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	l_2 m	lång byggnad	hörn vid kvadratisk byggnad	
Lund	27,103	1.08	0	-	0.21	0.56	
	28	"	0.54	0.3	0.14	-	
	29,104	"	1.08	"	0.13	0.48	
	30,105	2.15	0	-	0.22	0.60	
	31	"	0.54	0.3	0.15	-	
	32,107	"	1.08	"	0.15	0.50	
Örebro	19	0	0	-	0.23	-	*Endast på $-1 \leq x \leq 0$
	22	0	1.08	0.3	0	-	
	20	1.08 ^x	0	-	0.47	-	
	7	1.08	"	-	0.51	-	
	14	"	0.54	0.3	0.40	-	
	4	"	1.08	"	0.35	-	
	15	"	2.15	"	0.34	-	
	21	2.15	0	"	0.53	-	
	23	"	1.08	"	0.45	-	
Stockholm	33,108	1.08	0	-	0.50	0.91	
	34	"	0.54	0.3	0.40	-	
	35,110	"	1.08	"	0.35	0.82	
	36,113	2.15	0	-	0.52	0.95	
	37	"	0.54	0.3	0.45	-	
	38,114	"	1.08	"	0.44	0.84	
Härnösand	43	1.08	0	-	0.62	-	
	44	"	0.54	0.3	0.52	-	
	45,115	"	1.08	"	0.50	1.03	
	47	2.15	0	-	0.70	-	
	48	"	0.54	0.3	0.59	-	
	49	"	1.08	"	0.55	-	
Haparanda	51	1.08	0	-	1.05	-	
	52	"	0.54	0.3	0.83	-	
	53	"	1.08	"	0.80	-	
	56	2.15	0	-	1.16	-	
	57	"	0.54	0.3	1.05	-	
	58	"	1.08	"	1.03	-	

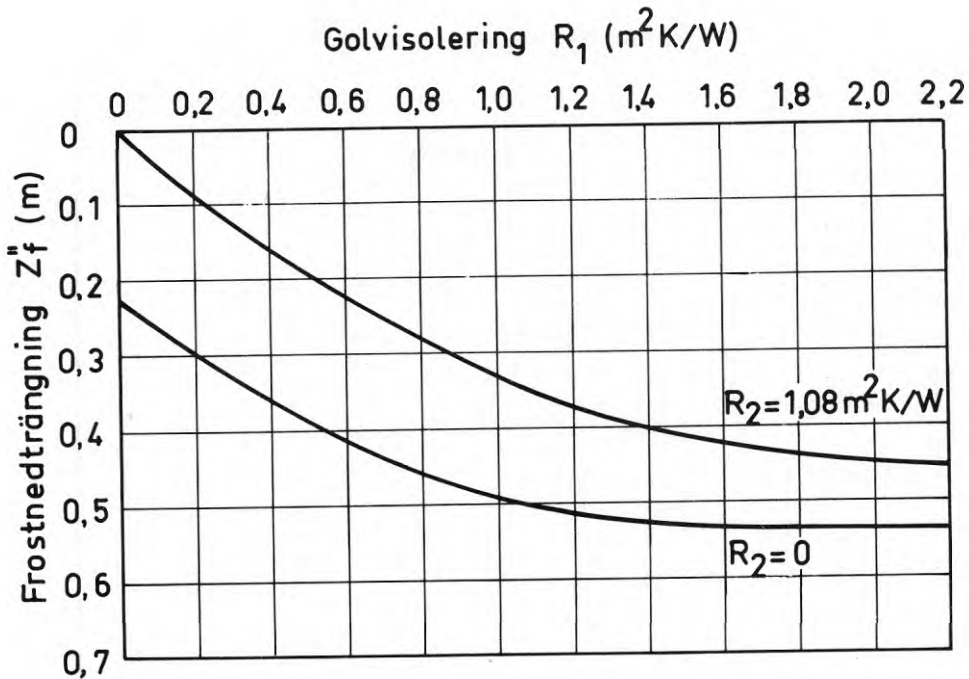


FIG.14 Inverkan av golvisolering R_1 (m^2K/W) på frostnedträngningen z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1^\circ C$ isotermer och $x=0$) i Örebro. Sockelisolering R_2 (m^2K/W) gäller de delar av sockeln som är ovan mark. Sockelhöjd $h = 0.3$ m

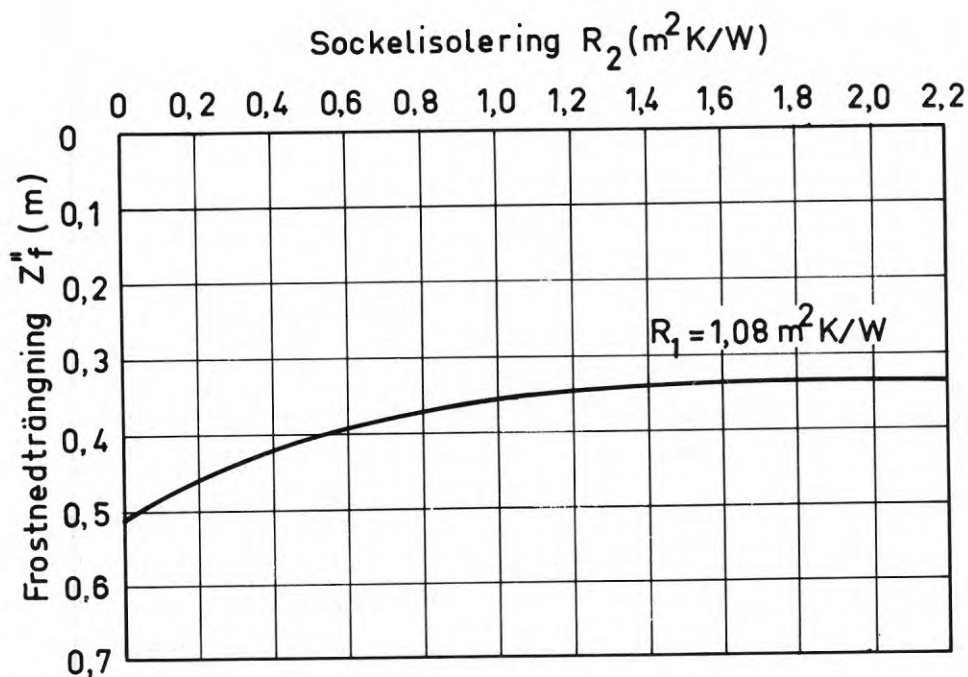


FIG.15 Inverkan av sockelisolering R_2 (m^2K/W) på frostnedträngningen z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1^\circ C$ isotermer och $x=0$) i Örebro. Sockelisoleringen avser delar ovan mark. Sockelhöjd $h = 0.3$ m och bjälklagsisolering $R_1 = 1.08 m^2K/W$

I FIG.15 visas inverkan av isoleringsgraden (R_2 , $\text{m}^2\text{K/W}$) för sockelisolering ovan mark. Man ser att endast liten minskning av frostnedträngningen erhålles vid ökning från $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ till $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$. Samma slutsats erhålles om övriga fall i TAB.4 granskas. En ökning utöver $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ är meningslös.

Sockeln kan naturligtvis isoleras ned i jorden. I TAB.5 visas för kvadratisk byggnad i Härnösand inverkan härav på frostnedträngningen. Sockelhöjden är $h = 0.3 \text{ m}$ och $l_2 = 0.3 \text{ m}$ betyder att sockeln endast är isolerad ovan mark. Vid $l_2 = 0.6 \text{ m}$ går isoleringen ned 0.3 m i jorden och vid $l_2 = 0.9 \text{ m}$ går den ned 0.6 m i jorden. En sockelisolering med $l_2 > 0.3 \text{ m}$ verkar inte särskilt effektiv.

3.8 Sockelhöjd

I FIG.16 har sammanställts en del beräkningsfall avseende lång byggnad vid vilka sockelhöjden h har varierats. Fallen gäller Örebro och bjälklagsisoleringen har för samtliga fall varit $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$. Man ser att ökad sockelhöjd ger ökad frostnedträngning. Det är därför anledning att inte onödigtvis göra sockeln för hög. Vid en isolerad sockel blir inverkan av sockelhöjden naturligtvis mindre än för oisolerad sockel.

3.9 Markisolering

Om köldnedträngningen i marken försvåras genom en horisontell markisolering R_3 (se FIG.4) så minskar naturligtvis frostnedträngningen. I TAB.6 visas några fall. I Härnösand får man vid kvadratisk byggnad med golvisolering $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och sockelisolering $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ på $l_2 = 0.3 \text{ m}$ en frostnedträngning vid hörn $z_f'' = 1.04 \text{ m}$. Om markytan värmeisolerats med $R_3 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ på 0.6 m från sockeln så minskar frostnedträngningen till $z_f''' = 0.56 \text{ m}$ vid hörn. Längre bort från hörnet minskar frostnedträngningen från 0.51 till 0 m .

TAB.5 Frostnedträngning z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotermer och $x=0$) för kvadratisk byggnad med sockelhöjd $h = 0.3\text{ m}$ och olika isoleringshöjd l_2 på sockeln.

Ort	DIAGRAM	Konstruktionsdata			z_f'' längs $x = 0$ för			
		R_1 $\text{m}^2\text{K/W}$	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	l_2 m	$y=0$ hörn	$y=-0.45$ m	$y=-0.80$ m	$y=-4.50$ m
Härnösand	115	1.08	1.08	0.3	1.04	0.90	0.79	0.51
"	116	"	"	0.6	0.97	0.82	0.72	0.45
"	117	"	"	0.9	0.97	0.76	0.65	$(0.60)^1$

1) sockelisoleringen går ned till $z = 0.6\text{ m}$

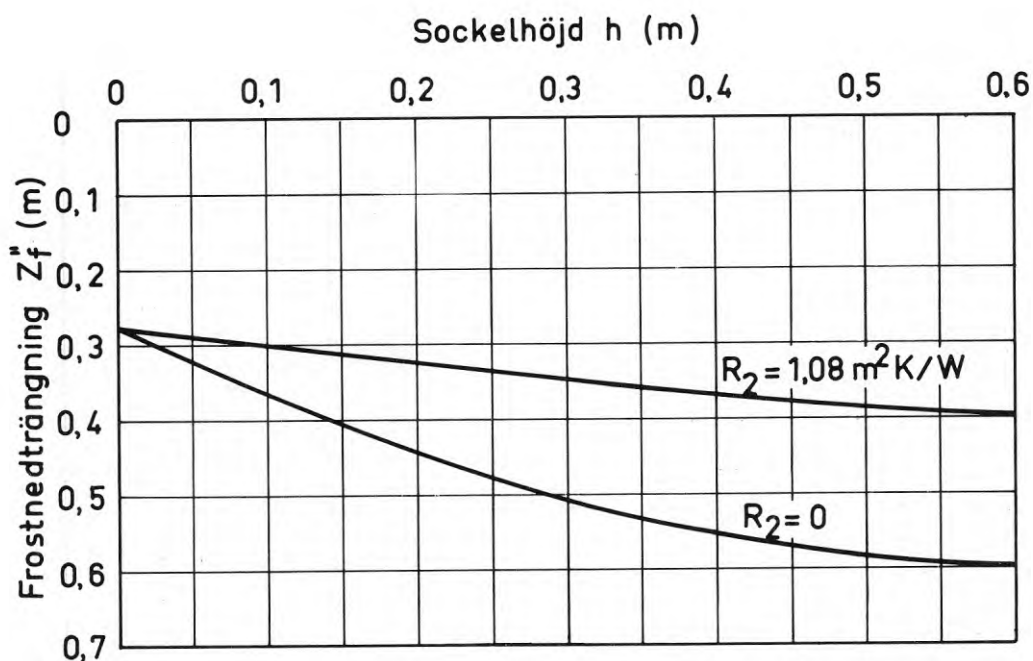


FIG.16 Inverkan av sockelhöjd h (m) på frostnedträngningen z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^\circ\text{C}$ isotermer och $x=0$) i Örebro. Bjälklagsisoleringen är $R_1 = 1.08\text{ m}^2\text{K/W}$ och sockelisoleringen R_2 ($\text{m}^2\text{K/W}$) avser de delar som är ovan mark

TAB.6 Frostnedträngning z_f'' (djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer och $x=0$) för kvadratisk byggnad med sockelhöjd $h = 0.3\text{ m}$ och olika utvändiga markisolering ($R_3\text{ m}^2\text{K/W}$ med bredd l_3 på djupet z_3 enligt FIG.4)

Ort	DIAGRAM	Konstruktionsdata						z_f'' vid $x=0$ och		
		R_1 $\text{m}^2\text{K/W}$	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	l_2 m	R_3 $\text{m}^2\text{K/W}$	l_3 m	z_3 m	$y=0$ hörn	$y=-0.45$	$y=-4.50$
Härnösand	115	1.08	1.08	0.3	-	-	-	1.04	0.90	0.51
	119	"	"	"	2.15	0.6	0	0.56	0.38	0
	116	1.08	1.08	0.6	-	-	-	0.97	0.72	0.45
	118	"	"	"	1.08	0.6	0.3	0.60	0.30	(0.30) ¹⁾
Haparanda	122	1.08	1.08	0.6	-	-	-	1.49	-	-
	124	"	"	"	1.08	0.6	0.3	1.20	0.94	-

1) Sockelisoleringen går ned till $z = 0.30\text{ m}$

TAB.7 Frostnedträngning z_f''' (djupet för skärningspunkten mellan $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ isotermer och $x=0$) för kvadratisk byggnad med sockelhöjd $h = 0.3\text{ m}$ och värmekabel

Ort	DIAGRAM	Konstruktionsdata				z_f''' vid $x=0$ och		
		R_1 $\text{m}^2\text{K/W}$	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	l_2 m	Värmekabel under vinter- halvåret	$y=0$ hörn	$y=-0.45$ m	$y=-4.50$ m
Stockholm	110	1.08	1.08	0.3	-	0.82	0.63	0.34
	112	"	"	"	20 W/m i C1	0.67	0	0
Härnösand	115	1.08	1.08	0.3	-	1.04	0.90	0.51
	120	"	"	"	10 W/m i C1	0.94	-	0.35
	116	1.08	1.08	0.6	-	0.97	0.82	0.45
	121	"	"	"	20 W/m i C1	0.80	-	-
Haparanda	122	1.08	1.08	0.6	-	1.49	-	-
	123	"	2.15	"	30 W/m i C2	1.12	0	0

Om sockeln i Härnösandsfallet varit isolerad med $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ 0.3 m ner i jorden, dvs $l_2 = 0.6 \text{ m}$, så får man vid hörnet frostnedträngningen $z_f^{\text{III}} = 0.97 \text{ m}$. Om man på djupet $z_3 = 0.3$ lägger en horisontell markisolering med $R_3 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och bredden $l_3 = 0.6 \text{ m}$, så minskar frostnedträngningen vid hörnet till 0.60 m. Man får då ungefär samma frostnedträngning som vid $R_2 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ på markytan.

I Haparanda får man med $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och $l_2 = 0.6 \text{ m}$ på djupet $z = 0.3 \text{ m}$ en minskning av frostnedträngningen vid hörn med ca 0.3 m dvs från 1.49 till 1.20 m. Om man här skall ha liten frostnedträngning torde såväl isoleringens motstånd R_3 som dess bredd l_3 behöva ökas. En viss ökning av sockelisoleringens värmemotstånd R_2 torde också vara nödvändigt.

3.10 Värmekabel

Ett annat sätt att minska frostnedträngningen är att tillföra värme i sockeln genom ett värmeledningsrör eller elektrisk värmekabel. I TAB.7 visas några fall. För Stockholm och Härnösand tillförs värme i centrum av cellen C1 (FIG.4), dvs 0.15 m under golvet och 0.15 m in från sockelns utsida. Man ser av tabellen att med 20 W/m i tillförd effekt har man frostnedträngning endast intill hörnet. Samma resultat erhålles i Haparanda med 30 W/m i cellen C2 (FIG.4). I det senare fallet har sockeln isolerats med $R_2 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ på höjden $l_2 = 0.6 \text{ m}$.

Värmeledningsrör och värmekablar minskar således frostnedträngningen avsevärt. Vid själva hörnet minskar frostnedträngningen dock endast 0.1 - 0.2 m.

3.11 Rumstemperatur

Frostnedträngningen beror av värmertilförseln från byggnaden och således även av rumstemperaturen. I Svensk byggnorm 1967 sägs i vissa fall att månadsmedeltemperaturen under kalla vintrar inte skall underskrida

+20 °C för att ett visst grundläggningsdjup skall få användas och i andra fall att månadsmedeltemperaturen inte får underskrida +10 °C.

För att visa inverkan av rumstemperaturen på frostnedträngningen har några fall avseende lång byggnad i Örebro genomräknats. Det gäller byggnad med golvisolering $R_1' = R_1'' = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och utan sockelisolering. Vid +20 °C inne blir frostnedträngningen ($x=0$) $z_f'' = 0.52 \text{ m}$ (DIAGRAM 7) och vid +10 °C blir $z_f'' = 0.69 \text{ m}$ (DIAGRAM 25). Ökningen i frostnedträngningen blir således ganska måttlig = 0.17 m. Man kan emellertid tänka sig ett annat realistiskt fall, nämligen att temperaturen sänks från +20 °C till +5 °C under de fyra kallaste veckorna på vintern. Orsaken kan vara sparsamhet i samband med semester. I DIAGRAM 24 visas frostnedträngningen i slutet av en sådan period, där rumstemperaturen sänkts från +20 °C till +5 °C två veckor före lägsta utetemperatur och varit +5 °C under fyra veckor. Frostnedträngningen ($x=0$) blir då $z_f'' = 0.54 \text{ m}$ och ökningen i förhållande till fallet med +20 °C under hela vintern då $z_f'' = 0.52 \text{ m}$, blir således obetydlig.

3.12 Grundläggningstidpunkt

Grundläggning av byggnader sker i regel inte när utetemperaturen är under 0 °C. Likaledes tillses i allmänhet att byggnaden är uppvärmd när utetemperaturen går under 0 °C, då man i annat fall kan få frysning under grundkonstruktionen. Man kan emellertid tänka sig fallet att grundkonstruktionen är färdig under hösten och värme i byggnaden släpps på när utetemperaturen går under 0 °C. DIAGRAM 26 visar största frostnedträngningen för ett hus i Örebro med golvisoleringen $R_1' = R_1'' = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ och utan sockelisolering. Frostnedträngningen ($x=0$) blir $z_f'' = 0.60 \text{ m}$, vilket innebär en obetydlig ökning i förhållande till +20 °C inomhus under hela året, då $z_f'' = 0.52 \text{ m}$ (DIAGRAM 7).

Även om den kallaste och tjälfarligaste vintern inträffar den första vintern när huset byggs så blir frostnedträngningen obetydligt större än om den kallaste vintern inträffar senare.

4 GRUNDLÄGGNINGSDJUP

4.1 Tjälbildning och tjällyftning

När en kapillärt vattenmättad jord avkyles får man vid ca 0°C en isbildning i porer och sprickor. Den första isbildningen inträffar i sprickor och stora porer eftersom vattnet där är minst bundet. Ju mindre porerna är dvs ju närmare fast material som vattenmolekylerna befinner sig desto mera bundet är vattnet och desto lägre temperatur erfordras således för isbildning. Vid lera kan därför mycket vatten vara ofruset vid t.ex. -1°C . När vattnet fryser bildas ett sug (porvattenundertryck) och vatten sugs till fryszone från ofrusen jord. Tillförseln av vatten beror på jordartens permeabilitet och det vertikala avståndet till fri vattenyta. När vatten tillföres isbildningen i sprickor och stora porer så kommer isskiktet där att växa och islinser att bildas. Belastningstrycket på fryszone påverkar islinsebilden och därmed tjällyftningen. Beskow (1935) har visat att en last på $300\text{--}500\text{ g/cm}^2$ dvs $3\text{--}5\text{ t/m}^2$ väsentligt minskar tjällyftningen. Man har vid grundläggning ofta tryck av minst denna storleksordning. För mo och viss mjäla torde ett sådant tryck praktiskt taget helt förhindra tjällyftning, Beskow (1935) och Williams (1967). För att man skall få tjocka islinser fordras att fryszone ligger kvar länge på samma ställe, vilket oftast är fallet vid maximalt frostdjup.

Om jorden ej är kapillärt vattenmättad så får man naturligtvis även då en isbildning men eftersom vattnet är mer eller mindre hårt bundet till det fasta materialet erhålles en fryspunktsnedsättning. Vid frysningen ökas suget och vatten tillföres fryszone men permeabiliteten hos ej vattenmättad jord är betydligt mindre än för vattenmättad jord och man får därför en ringa vattentillförsel och därmed liten tjällyftning.

Islinsernas riktning bestäms av sprickornas riktning men också isotermernas riktning. Det senare måste vara av fundamental betydelse eftersom fryszone bildar en yta. Beskow (1935) visar en bild av frysning av ett jordblock där isotermernas riktning är vinkelrätt mot sprick-

riktningen (varvigheten). Man ser då att islagren kompromissanpassar sig till varvigheten och isotermer. Tjällyftningen bestäms självfallet också av belastningstrycket så att lyftningen sker i den riktning där man har minsta motståndet.

Sammanfattningsvis kan sägas

att belastningstrycket från grundkonstruktioner i allmänhet är så stort att skadlig tjällyftning ej erhålles vid finmo och grövre jordarter

att jorden måste vara i det närmaste kapillärt vattenmättad om tjällyftningen skall bli betydande

att fryspunktsnedsättningen vid leror kan vara flera tiondels grader

att islinser är orienterade längs isotermer med dragning åt den i jorden förhärskande sprickbildningen och

att tjällyftningen helst sker åt det håll där förskjutningen möter minsta motståndet

4.2 Erforderligt grundläggningsdjup

4.2.1 Bestämning med hänsyn till tjälkrafter

Som framgått av föregående avsnitt så är det svårt att entydigt ge kriterier efter vilka erforderligt grundläggningsdjup kan bestämmas. Isothermdiagrammen i BIL.1 är uppritade med bl.a. $+0^{\circ}\text{C}$ och -1°C isotermer. Vid $+0^{\circ}\text{C}$ är allt vatten ofruset och man kan således inte få några tjälkrafter. Vattnet i tjälfarliga jordarter har i regel fryspunktsnedsättning med några tiondels grader och det är inte ovanligt att man har en del ofruset vatten vid -1°C . Isothermen för -1°C torde därför representera den zon där tjällyftning sker, dvs där islinser bildas i den vattenmättade jorden. Islinserna följer i regel isotermer och tjälkrafterna är därför huvudsakligen riktade vinkelrätt mot isotermer. Förskjutningen av jorden sker också huvudsakligen vinkelrätt mot isotermer men med dragning åt det håll där förskjutningen möter

minsta motståndet.

Som exempel på hur man kan resonera för att fastställa erforderligt grundläggningsdjup visas i FIG.17 isotermen för -1°C från DIAGRAM 7 (Örebro). Om man antar att tjälens lyftkraft är helt vertikal så skulle grundkonstruktionen, vari inräknas även dränerande ej tjälskjutande lager (b), behöva föras ned till z_f , vilket vi tidigare kallat "frostnedträngningen" vid $x=0$. Om tjälkrafterna i stället antas verka vinkelrätt mot isotermen som FIG.17 visar, så skulle det räcka att man grundlade konstruktionen på djupet z_g . Tjälkrafterna berör då ej konstruktionens bärande del. Man kan emellertid få en jordförflyttning utåt vilket skulle kunna ta bort en del av upplaget för grundkonstruktionen. Den frusna streckade triangeln i FIG.17 är dock så liten att man i detta fall helt kan bortse från jordförflyttningen. I andra fall kan den emellertid föranleda speciell armering i grundmur eller grundbalk. Bedömningen måste göras från fall till fall och i avsnitt 4.3 skall grundläggningsdjupet för ett stort antal fall diskuteras liksom även behovet av extra hållfasthetstekniska åtgärder.

4.2.2. Erfarenheter av Svensk byggnorm 1967

Byggnader som upplever stränga vintrar är naturligtvis ett utmärkt försöksmaterial om man bara kan dra slutsatser av materialet. Vi har här i landet ingen organiserad erfarenhetsinsamling, vilket inte är sagt som en anmärkning eftersom sådan organiserad erfarenhetsinsamling är svår att genomföra och sannolikt blir mycket dyrbar. Den vanligaste formen av erfarenhetsinsamling är att "hälsan tiger still" och att skador oftast uppenbarar sig i form av observerbara tvister. Byggnadsnämnden kan också ha erfarenheter men enkäter ger enligt förf. erfarenhet litet utbyte. Det är emellertid påfallande lite skador, som uppmärksammas beträffande bjälklag på jord och som kan hänföras till tjällyftning, trots att vintrarna 1966 och 1970 hade stor tjälnedträngning. De konstruktioner som mera allmänt använts har vid kantförstyvad betongplatta grundlagts på 0.3 - 0.4 m djup under markytan. Härvid inräknas dräneran-

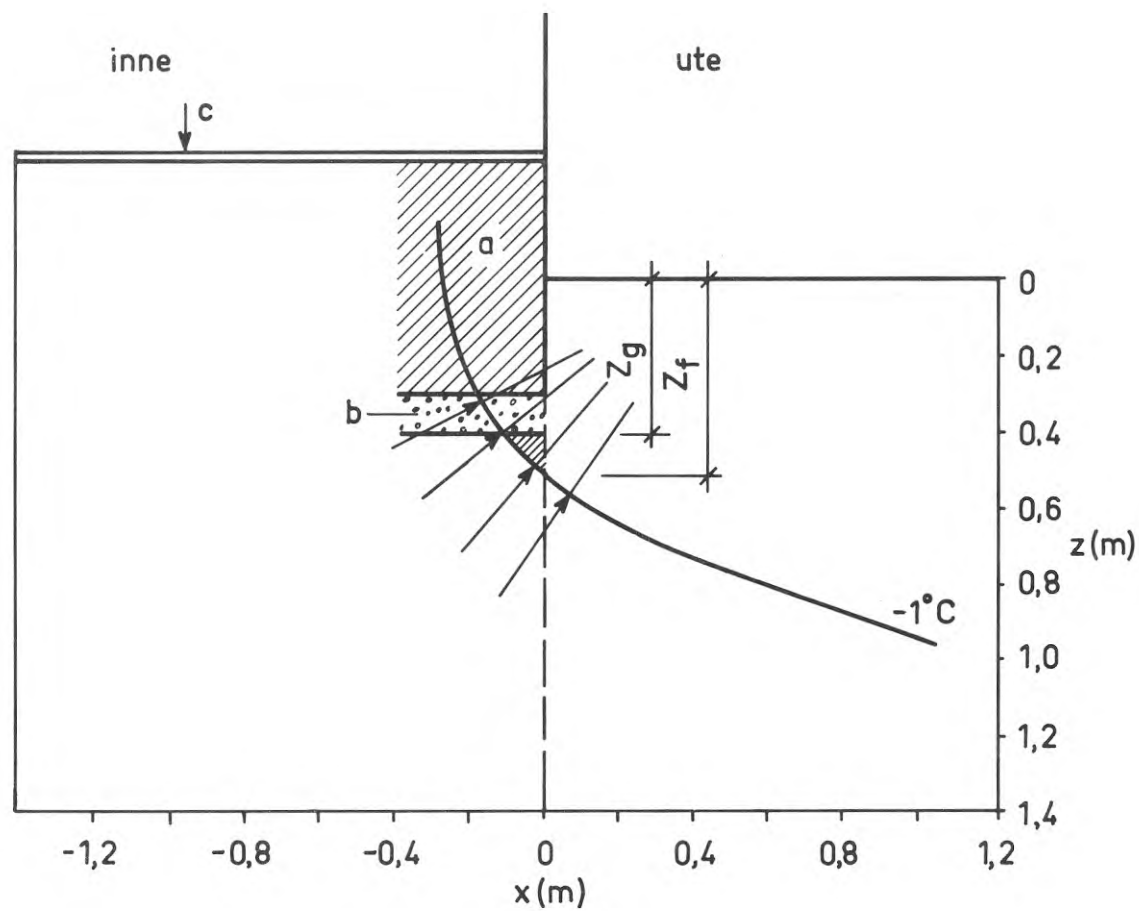


FIG.17 Fryszoneans inverkan på grundkonstruktionen. Isoterm från DIAGRAM 7

- a) grundmur eller grundbalk
- b) dränerande, ej tjälskjutande material
- c) golv

de, ej tjälskjutande lager, i grundkonstruktionen. Det bör observeras att kantförstyvningen normalt armeras för att kunna brygga över bl.a. ojämna sättningar i jorden och att en ev. tjälning under ett hörn kan ha skett utan att skada byggnaden. Erfarenheterna ger således ingen anledning att tro att 0.3 - 0.4 m grundläggningsdjup skulle vara otillräckligt. Man bör då hålla i minnet att flertalet småhus från 1960-talet var försedda med varmvattenradiatoruppvärmning vilket gav ett extra värmetillskott vid sockeln och att man i temperaturzon I och II i regel värmeisolerade sockeln.

4.3 Grundläggningsdjup vid kantförstyvad betongplatta

4.3.1 Platta utan sockelisolering

I BIL.1 återfinnes ett stort antal diagram avseende kvadratisk byggnad och med sockelisoleringen $R_2 = 0$. Det skall här undersökas hur långt upp i landet denna konstruktion kan användas och om man måste göra begränsningar vid användningen.

I FIG.18 visas -1°C isotermer för ett ξ -z plan genom hörnet enligt DIAGRAM 103 a, gällande byggnad i Lund med golvisoleringen $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$. Om kantförstyvningen föres ned 0.25 m under markytan och lägges på ett 0.1 m dränerat ej tjälskjutande lager så berörs endast en mycket liten del av hörnet av tjälkrafterna, även om man har en så hög sockel som 0.3 m. Om golvet värmeisoleras med $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ blir tjälförhållandena, som FIG.19 visar densamma som vid $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$.

För kvadratisk byggnad med golvisoleringen $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ i Stockholm får man som FIG.20 visar större inverkan av tjälkrafterna vid själva hörnet. Isotermer för -1°C är hämtad från DIAGRAM 108 a. På avståndet 0.8 m från hörnet (FIG.21) berör emellertid tjälkrafterna knappast grundkonstruktionen. Om man armerar kantförstyvningen med 2 $\phi 12$ kamstål upp-till och 2 $\phi 12$ nedtill i kantförstyvningen och antar att kantbalken är ca 0.45 m hög så kan jorden avlägsnas under kantbalken på a meter vid lasten p ton per meter på kantbalkens ovansida

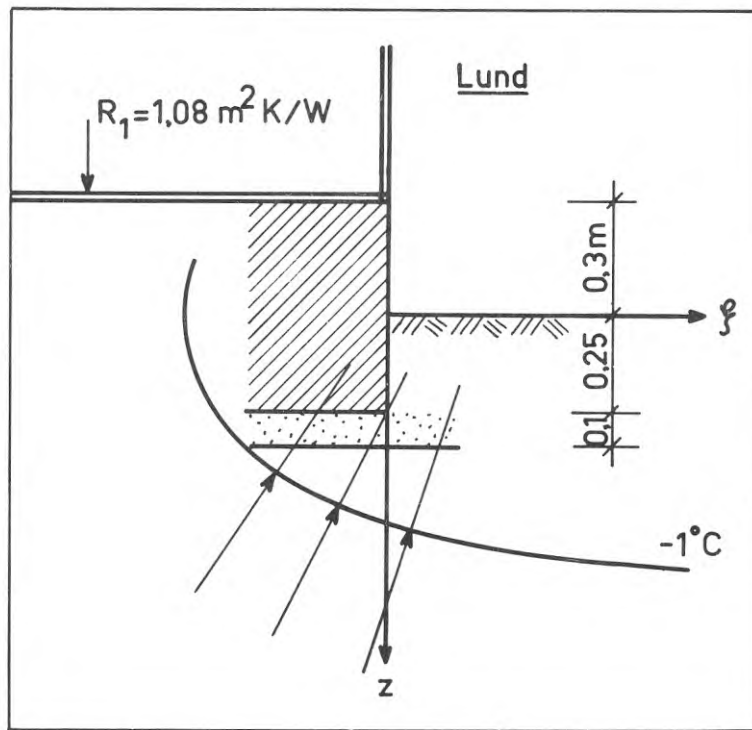


FIG.18 Isotermen -1°C enligt DIAGRAM 103 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

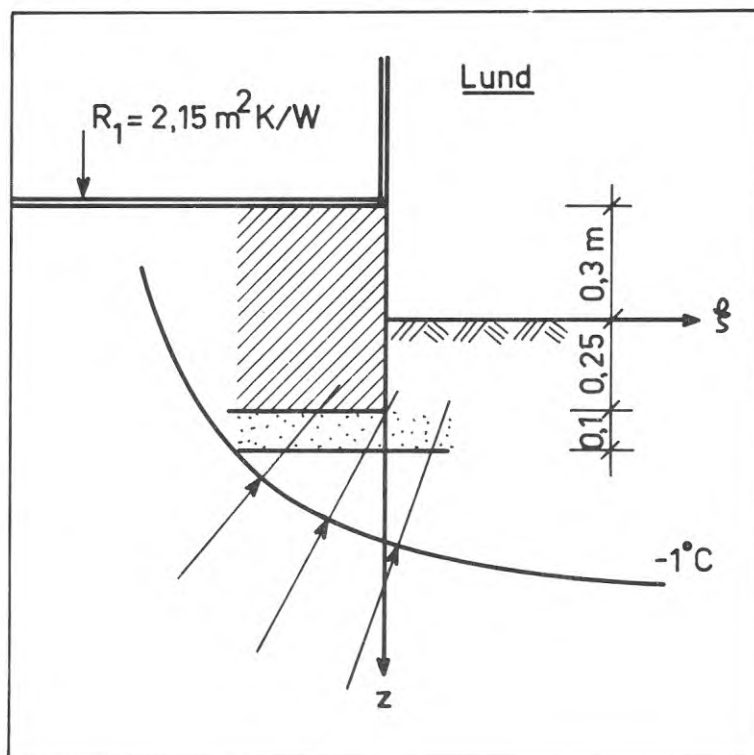


FIG.19 Isotermen -1°C enligt DIAGRAM 105 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

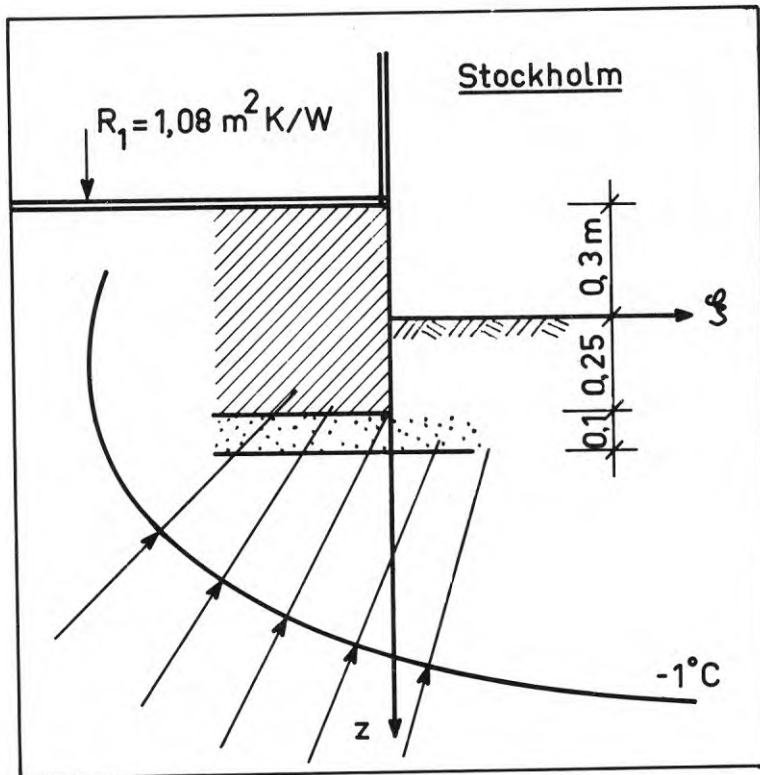


FIG.20 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 108 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

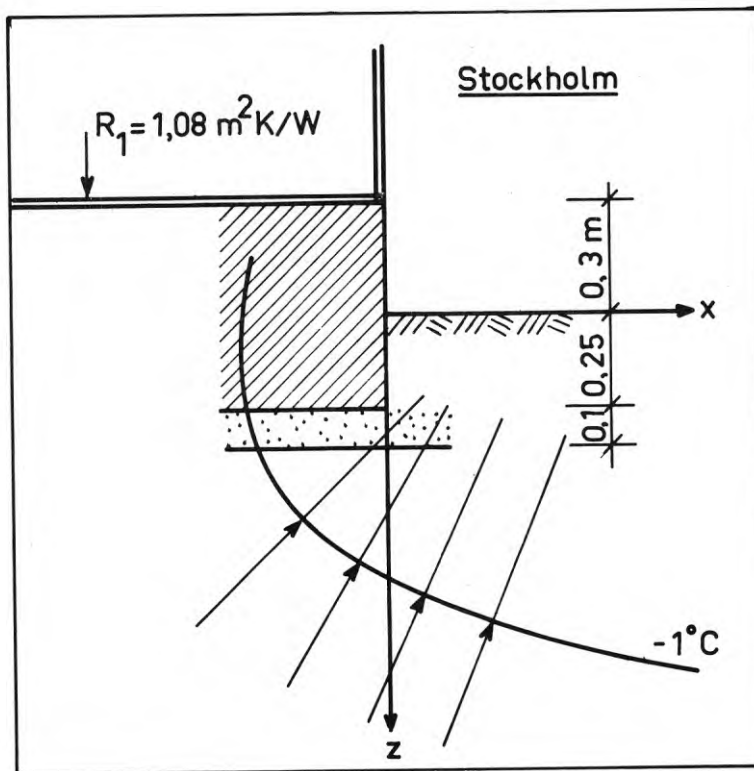


FIG.21 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 108 c (0.8 m från hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

$p = 1$	t/m	$a = 1.8$ m
$p = 1.5$	"	$a = 1.5$ "
$p = 2$	"	$a = 1.2$ "

Man ser att vid normala vägglaster kan jorden under ett hörn avlägsnas på minst en meter från hörnet. Tjälkrafterna enligt FIG.20 behöver därför inte inge farhågor om kantförstyvningen är armerad med 4 $\phi 12$ kamstål. Kantförstyvning utan sockelisolering grundlagd på djupet 0.35 m bör därför kunna användas i SBN 67:s temperaturzoner III och IV (sid. 202 i SBN 67). I temperaturzonerna I och II måste speciella åtgärder vidtagas om grundläggningsdjupet ej skall ökas väsentligt.

4.3.2 Platta med sockelisolering

I FIG.22 visas -1 °C isotermin vid hörnet på en kvadratisk byggnad med golvisoleringen $R_1 = 1.08$ m²K/W och med sockeln ovan mark värmeisolerad med $R_2 = 1.08$ m²K/W. Man har betydande del av jorden frusen under grundkonstruktionen men tjälkrafterna berör ej densamma. På avståndet 0.8 m från hörn (FIG.23) går -1 °C isotermin knappast in under grunden. Om sockelisoleringen $R_2 = 1.08$ m²K/W förs ned 0.3 m i jorden får man obetydligt förändrade förhållanden - se FIG.24 och 25.

För byggnad i Haparanda får man som FIG.26 visar tjälkrafter som verkar snett uppåt på betongplattans undersida. Även på 0.8 m från hörnet (FIG.27) har man ett visst uppträck. Uppträcket kan elimineras om man tillför värme (FIG.28) eller markisolerar kring hörnet (FIG.29).

Inom temperaturzon I och II bör sockeln värmeisolerad med värmemotståndet $R_2 = \text{ca } 1$ m²K/W ovanför mark. Vid utåtgående hörn kan i zon I behövas extra värmertilförsel eller markisolering, varvid sockeln bör värmeisolerad på hela sin höjd.

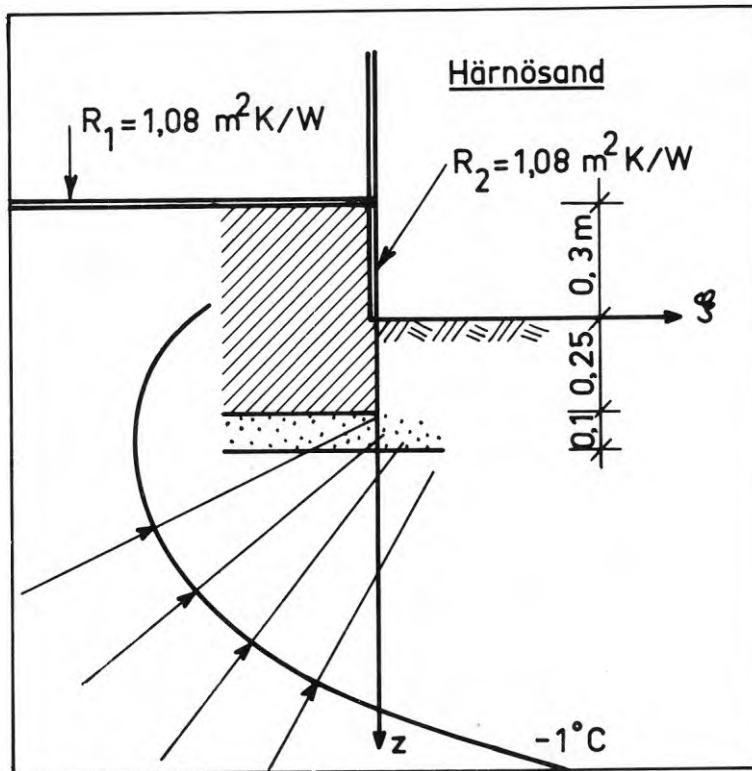


FIG.22 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 115 a (hörn) vid grundläggningsdjup = $0,35 \text{ m}$

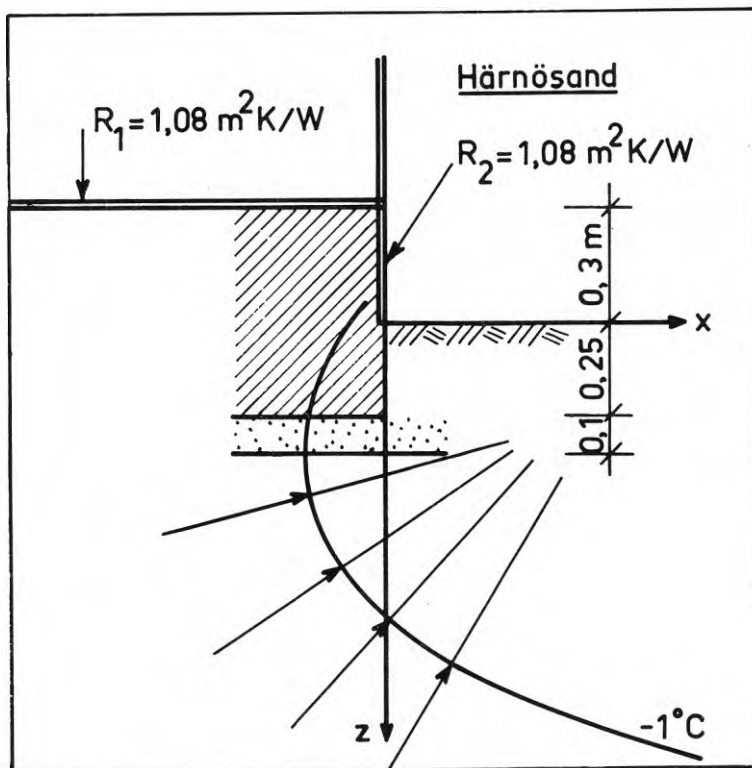


FIG.23 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 115 i ($0,8 \text{ m}$ från hörn) vid grundläggningsdjup = $0,35 \text{ m}$

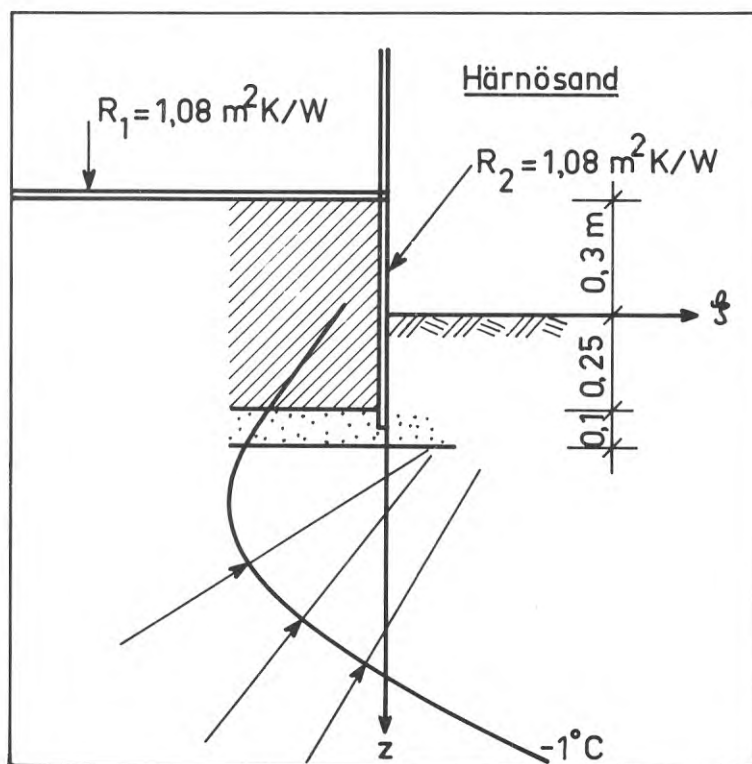


FIG.24 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 116 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

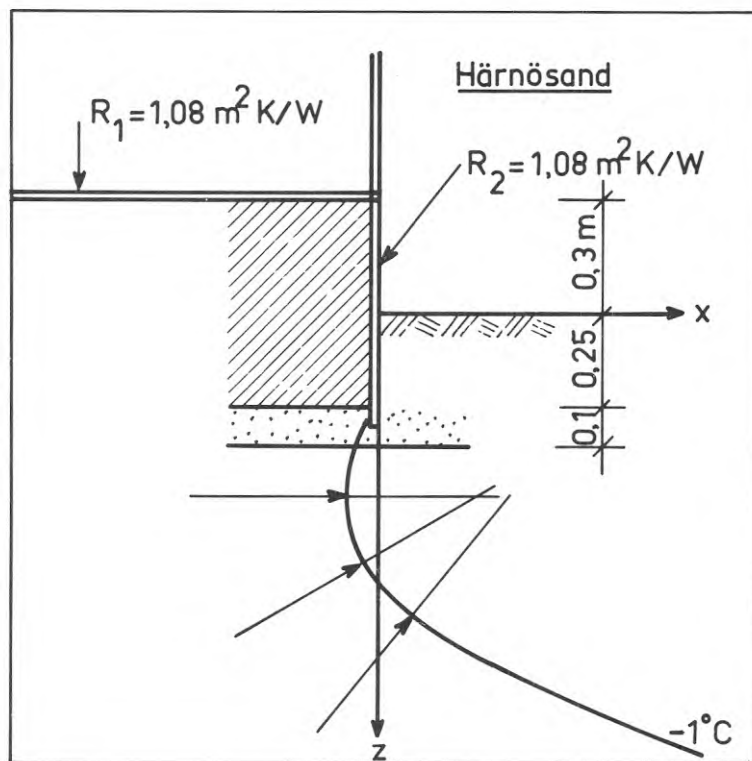


FIG.25 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 116 c (0.8 m från hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

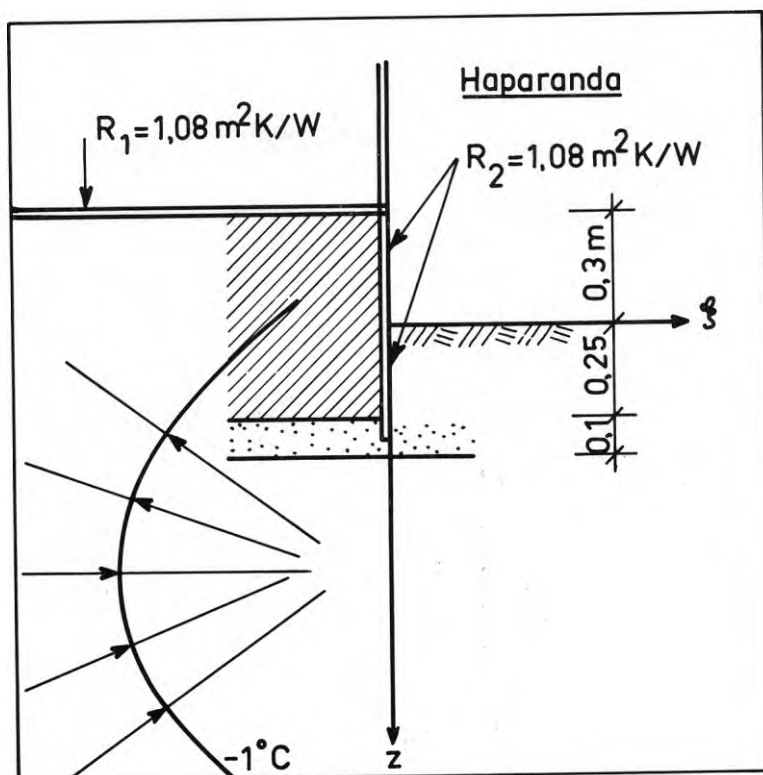


FIG.26 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 122 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

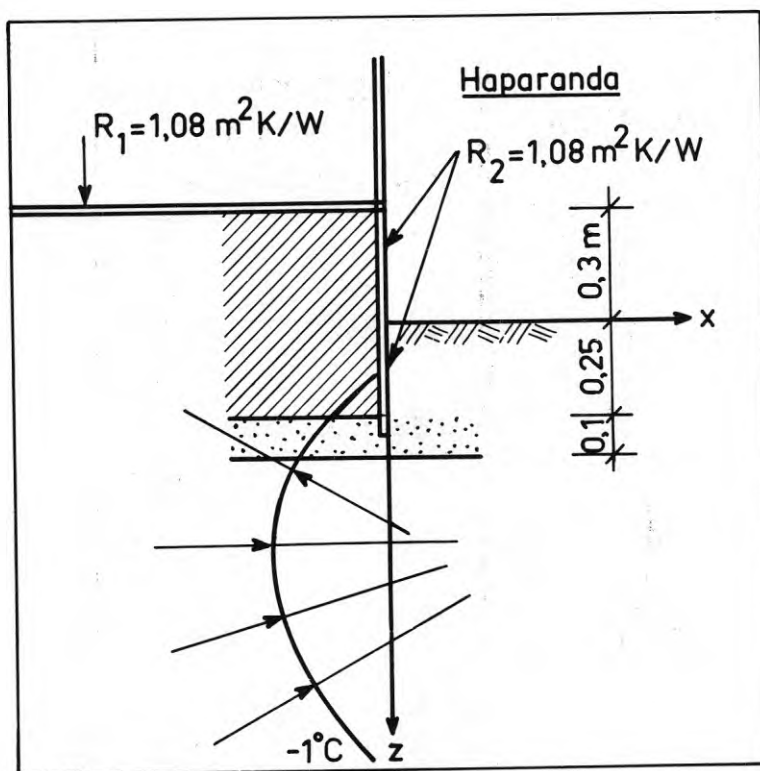


FIG.27 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 122 b (0.8 m från hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

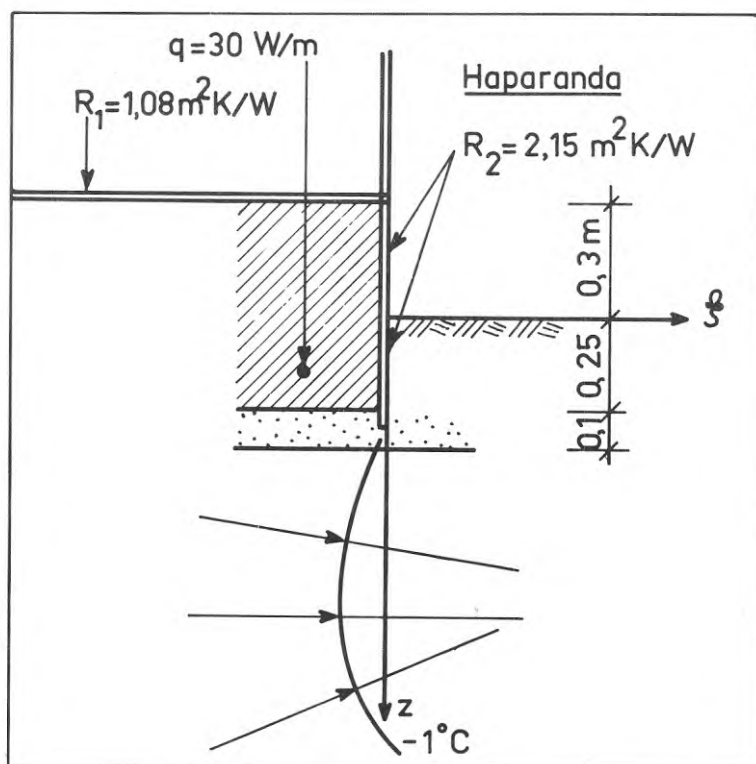


FIG.28 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 123 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

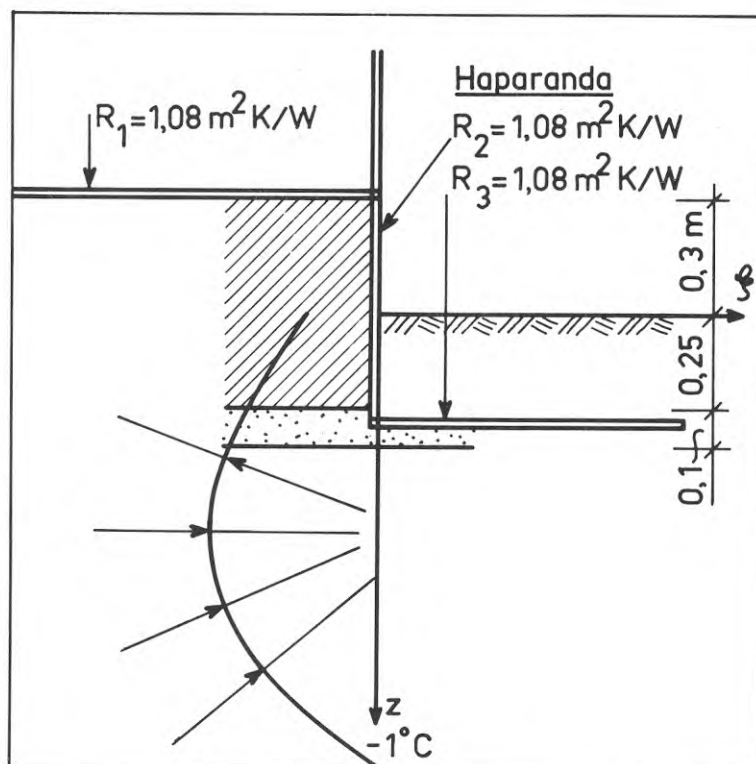


FIG.29 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 124 a (hörn) vid grundläggningsdjup = 0.35 m

4.3.3 Rumstemperatur = +10 °C

För lång byggnad i Örebro visas i FIG.30 och FIG.31 samma grundkonstruktion med i första fallet inomhustemperaturen +20 °C och i andra fallet +10 °C. Man ser att i det senare fallet får man mer frusen jord under grundkonstruktionen men tjälkrafterna berör ej densamma. Grundläggningsdjupet är således ej särskilt känsligt för små variationer i rumstemperaturen.

4.4 Tillägg i grundläggningsdjup för utskjutande konstruktionsdel

I Svensk byggnorm 1967 anges att "för konstruktionsdel utanför yttervägg ökas det angivna grundläggningsdjupet med ett mått lika med avståndet från väggens yttersida." I FIG.32 och FIG.33 har ett par fall med utskjutande konstruktionsdel studerats. Fallet i FIG.32 skall jämföras med FIG.20. Man ser att om grundläggningsdjupet ökas med d , som är det mått med vilket konstruktionsdelen sticker ut utanför sockeln (FIG.32) så får man snarare gynsammare tjälförhållanden än vid fallet i FIG.20. Resultatet blir samma om man jämför FIG.33 med FIG.22.

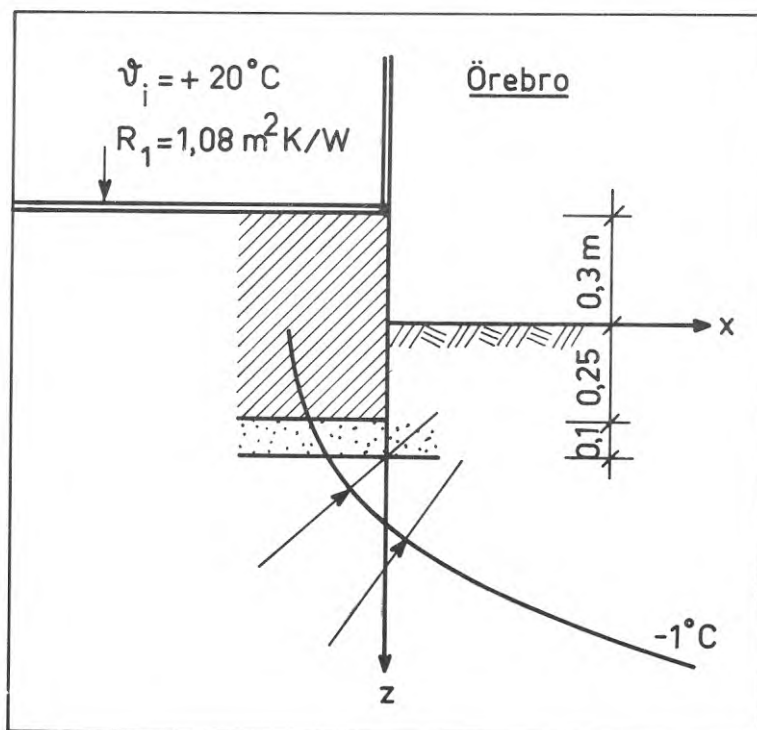


FIG.30 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 7 (lång byggnad) vid grundläggningsdjup = $0,35 \text{ m}$

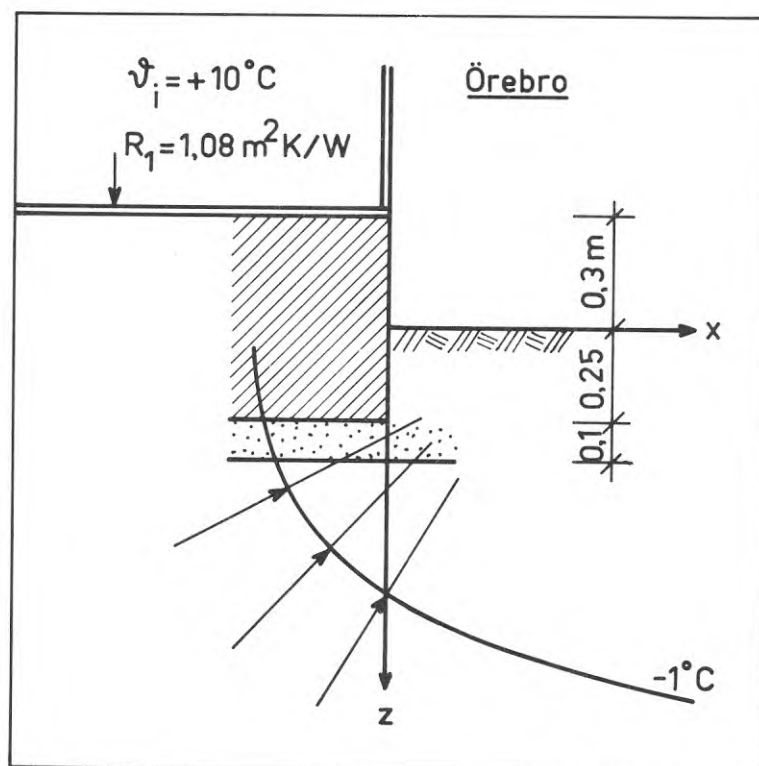


FIG.31 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 25 (lång byggnad) vid grundläggningsdjup = $0,35 \text{ m}$

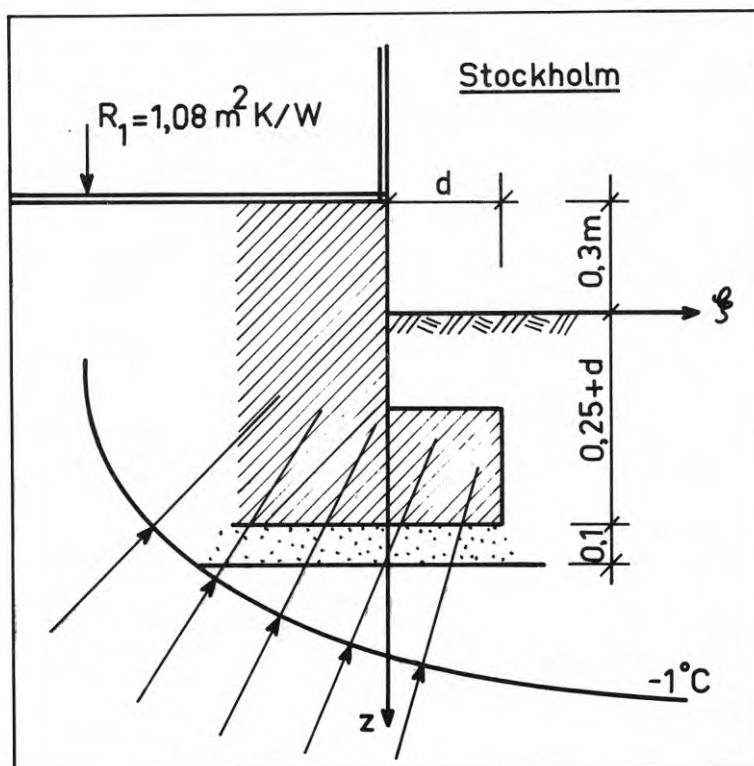


FIG.32 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 108 a (hörn). Utskjutande konstruktion med grundläggningsdjup $(0,35 + d)$ m

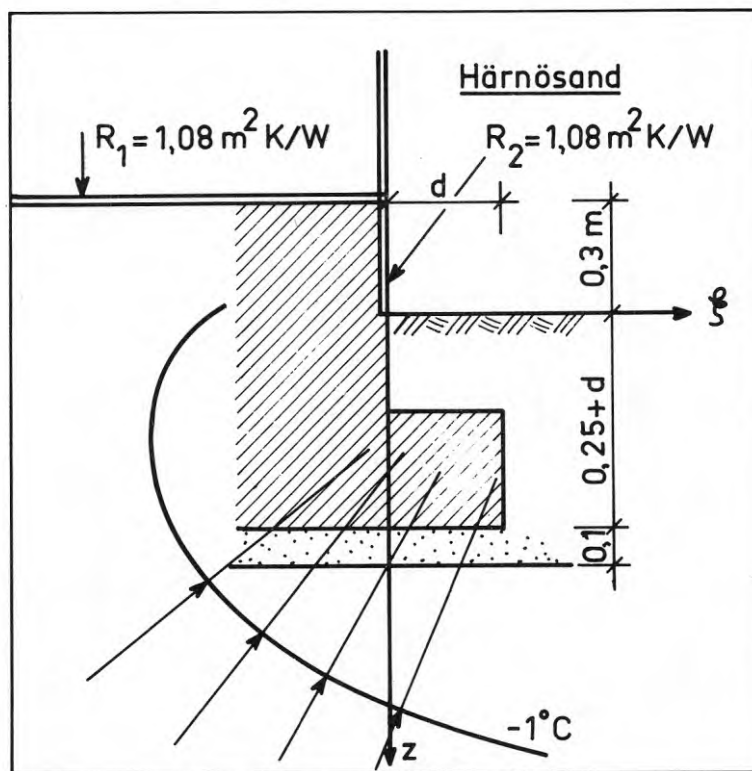


FIG.33 Isothermen -1°C enligt DIAGRAM 115 a (hörn). Utskjutande konstruktion med grundläggningsdjup $(0,35 + d)$ m

5 EVENTUELL REVIDERING AV SVENSK BYGGNORM

I avsnittet 23:43233 i Svensk Byggnorm 1967 anges grundläggningsdjup med hänsyn till tjäle för "Randisolerad golvkonstruktion på jord."

Dessa bestämmelser skall här granskas:

Här avses i första hand grundkonstruktion utförd utan värmeförse-
 från värmeledningsrör e.d. i golvkonstruktionen och isolerad så, att
 det totala värmemotståndet i yttre randfältet, bestämt enligt 33:251
 är högst $3.0 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$, samt belägen under rum eller lokal med en
 lägsta månadsmedeltemperatur under kalla vintrar av ca $+20^\circ\text{C}$, t.ex.
 bostadsrum."

Vid lerjord blir jordens värmemotstånd exklusive dräneringslager enligt
 33:251 i SBN 67, $m = 0.9 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$. Golvkonstruktionen får således ha
 ett högsta värmemotstånd = $3.0 - 0.9 = 2.1 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal} = 1.8 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. En
 begränsning av högsta värmemotståndet är rimligt, men gränsen 3.0
 $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$ är ej särskilt sträng - jämför FIG. 14. Kravet att månads-
 temperaturen under kalla vintrar skall vara lägst ca $+20^\circ\text{C}$ skulle kunna
 mildras något t.ex. till lägst $+17^\circ\text{C}$ med tillägget att rumstemperaturen
 må sänkas till lägst $+5^\circ\text{C}$ under max två veckor på vintern.

"Grundläggningsdjupet antas lika med 0.25 m under följande förutsätt-
 ningar:"

Här torde det vara lämpligt att sätta konstruktionens grundläggnings-
 djup till 0.35 m, men ange att ett dränerat ej tjälfarligt jordlager in-
 räknas i grundkonstruktionen.

"a) Byggnadens tvärmått är minst ca 4 m"

Rätt enligt avsnitt 3.5.

"b) Kantbalk eller grundmur till byggnad, belägen i temperaturzon I
 eller II, förses med en värmeisolering, som ovan markytan minst har
 värmemotståndet $1.0 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$."

Detta stämmer väl med avsnitt 4.3.2, möjligen att kravet på värmemotståndet hos kantbalken eller grundmuren ökas till $1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (= $1.16 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$).

"Om överytan hos det översta jordlagret (dräneringslagret) innanför kantbalken eller grundmuren läggs högre än 0.1 m över markytan utanför byggnaden, ökas dock denna kantisolering så, att den minst får värmemotståndet $2.0 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$. Byggnad i zon III och IV förses i detta fall med en motsvarande isolering med värmemotståndet $1.0 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$."

Denna bestämmelse gäller för höga socklar. Man skulle kunna uttrycka bestämmelsen så, att om golvytan ligger mer än 0.3 m över markytan utanför byggnaden så ges kantbalken eller grundmuren ett extra värmemotstånd = $1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$; dock att golvytan ej får ligga mer än 0.6 m över markytan utanför.

"c) Särskild åtgärd för att motverka risk för tjällyftning vidtas vid (utåtgående) hörn mot det fria. Sådan åtgärd kan exempelvis vara att grundkonstruktionen ges ett värmetillskott från värmeledningsrör."

Normalt torde det ej erfordras andra extra åtgärder vid hörn än att kantbalken eller grundmuren armeras så, att om jorden kan tas bort på 1 m från hörnet, balken eller muren som konsol kan bära uppkommande vertikala vägglaster. I temperaturzon I fordras särskilda åtgärder vid utåtgående hörn såvida man inte förutsätter att snön ger erforderlig markisolering. Förutom markisolering kan tänkas värmetillförsel från varmvattenledning eller ev. elektrisk värmekabel.

"För konstruktionsdel utanför yttervägg ökas grundläggningsdjupet enligt :43231"

Rätt enligt avsnitt 4.4

"Ovannämnda grundläggningsdjup kan också väljas för golvkonstruktion, belägen under rum eller lokal med en lägsta månadsmedeltemperatur under

kalla vintrar av ca $+10^{\circ}\text{C}$, t.ex. i viss mån uppvärmt förrådsutrymme, under förutsättning att det totala värmemotståndet i det yttre randfältet bestämt enligt 33:251, är högst $1.5 \text{ m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$, att punkterna a) och b) ovan är uppfyllda samt att särskild åtgärd för att motverka risk för tjällyftning vidtas, förutom vid hörn mot det fria enligt punkt c) ovan, även längs hela ytterväggen i övrigt."

Det torde vara bättre att ange att om rummet eller lokalen har en lägsta månadsmedeltemperatur under kalla vintrar av ca $+10^{\circ}\text{C}$ så ökas grundläggningsdjupet från tidigare angivet 0.35 m till 0.50 m.

6 LITTERATUR

- Adamson, B, 1961, Marktemperatur och frostfri nivå vid obebyggd mark. Byggmästaren nr 3, 1961. Stockholm.
- Adamson, B, Domner, G & Rönning, M, 1964, Marktemperaturer under hus utan källare (Statens nämnd för byggnadsforskning) Handlingar nr 46. Stockholm.
- Adamson, B, Claesson, J & Eftring, B, 1971, Kryprum. Grundläggningsdjup, värmeisolering och fuktförhållanden (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R29:1971. Stockholm.
- Adamson, B, 1972, Bjälklag på jord. Värmeisolering och golvtemperatur. (Tekniska högskolan i Lund, institutionen för byggnadskonstruktionslära) Arbetsrapport 1972:6. Lund.
- Beskow, G, 1935, Tjälbildningen och tjällyftningen (Statens väginstitut) Meddelande 48. Stockholm.
- Claesson, J, 1968, Beräkning av temperaturfördelning och tjälnedträngning under ett hus (Tekniska högskolan i Lund, institutionen för byggnadskonstruktionslära) Arbetsrapport 1968:4. Lund.
- Eftring, B, 1971, Datorprogram för studium av tvådimensionella temperatur- och tjälförhållanden under hus (Tekniska högskolan i Lund, institutionen för byggnadskonstruktionslära) Arbetsrapport 1971:3 Lund.
- Eriksson, H, 1958, Hus utan källare. Grundläggningsmetoder (Statens nämnd för byggnadsforskning) Handlingar nr 32. Stockholm.
- Fellenius, B & Rengmark, F, 1959, Köldmängdskartor över Sverige (Statens väginstitut) Meddelande 91. Stockholm.
- Janson, L-E, 1968, Tjälldjupet i Sverige (Information från Statens naturvårdsverk) V4, 1968. Stockholm.
- Williams, P J, 1967, Properties and Behaviour of Freezing Soils (Norges geotekniske institutt) Publikasjon nr 72. Oslo.

7 BILAGA 1: ISOTERMER VID MAXIMAL FROSTNEDTRÄNGNING INTILL BYGGNAD

För tidpunkten då man har största frostnedträngningen rakt under grundens utsida, har isotermer uppritats. Denna tidpunkt inträffar efter det att utetemperaturen haft sitt lägsta värde under året. I TAB.1.1 ges data för ett antal beräkningsfall avseende lång byggnad dvs tvådimensionell värmeströmning och i TAB.1.2 ges data för beräkningsfall avseende kvadratisk byggnad dvs tredimensionell värmeströmning. Här nedan ges förklaringar till de olika kolumnerna:

- kol.1 anger diagrammets nummer
- kol.2 anger byggnadens bredd (m)
- kol.3 anger orten som beräkningen avser
- kol.4 anger hur utetemperaturen ϑ_u inmatas i datorberäkningen

Sålunda anger årtal i kolumnen att utetemperaturen inmatats som verkliga femdygnsmedelvärden medan C anger att utetemperaturen representerats med en cosinusfunktion enligt Janson (1968) nämligen för

Lund	$\vartheta_u = +7.8 + 14.8 \cos \omega t$
Stockholm	$\vartheta_u = +6.6 + 17.6 \cos \omega t$
Örebro	$\vartheta_u = +5.8 + 16.8 \cos \omega t$
Härnösand	$\vartheta_u = +4.4 + 17.4 \cos \omega t$
Haparanda	$\vartheta_u = +1.6 + 19.6 \cos \omega t$

- kol.5 anger temperaturen ϑ_m (ovanför cellen $x = +4.85$ m i FIG.3 respektive $x = +4.85$ m och $y = +4.85$ m i FIG.5). I i kolumnen anger att $\vartheta_m = \vartheta_i$ och M i kolumnen anger att $\vartheta_m = 1/2 (\vartheta_i + \vartheta_u)$
- kol.6 anger rumstemperaturen ϑ_i
- kol.7 och kol.8 anger golvisoleringens värmemotstånd R_1^I och R_2^{II} (m^2K/W) enligt FIG.4. För kvadratiska byggnader är $R_1^I = R_1^{II}$
- kol.9 anger den vertikala sockelisoleringens värmemotstånd R_2 (m^2K/W) enligt FIG.4
- kol.10 anger den vertikala sockelisoleringens höjd l_2 (m) enligt FIG.4
- kol.11 anger den horisontella markisoleringens värmemotstånd R_3 (m^2K/W)

enligt FIG.4

kol.12 anger den horisontella markisoleringens bredd l_3 (m) enligt FIG.4

kol.13 anger sockelhöjden h (m) enligt FIG.4

kol.14 anger celldata med följande beteckningar: Värmeledningsförmåga λ (W/mK) och spec.värme per volymsenhet $c\rho$ (Wh/m³K). Index 1 anger ofruset material och index 2 fruset material. Isens smältvärme per volymsenhet material är D (Wh/m³).

Följande celldata har använts (U = fuktkvot i kg vatten per kg torrt material och ρ = densitet i kg/m³)

J1: "Lera I" med $U = 0,20$ och $\rho = 1400$ kg/m³
 $\lambda_1 = 1.05$, $(c\rho)_1 = 650$, $\lambda_2 = 1.40$, $(c\rho)_2 = 490$
 och $D = 25900$

J2: "Lera II" med $U = 0.35$ och $\rho = 1300$ kg/m³
 $\lambda_1 = 1.16$, $(c\rho)_1 = 785$, $\lambda_2 = 1.98$, $(c\rho)_2 = 545$
 och $D = 42200$

J3: "Mo" med $U = 0.14$ och $\rho = 1600$ kg/m³
 $\lambda_1 = 1.06$, $(c\rho)_1 = 635$, $\lambda_2 = 2.79$, $(c\rho)_2 = 500$
 och $D = 20800$

J4: Betonghålstén med $U = 0.03$ och $\rho = 1400$ kg/m³
 $\lambda_1 = 0.523$, $(c\rho)_1 = 374$, $\lambda_2 = 0.640$, $(c\rho)_2 = 350$
 och $D = 3910$

J5: Betong med $U = 0.05$ och $\rho = 2300$ kg/m³
 $\lambda_1 = 2.32$, $(c\rho)_1 = 669$, $\lambda_2 = 2.8$, $(c\rho)_2 = 602$
 och $D = 10700$

J6: Lättklinkerblock med $U = 0.07$ och $\rho = 650$ kg/m³
 $\lambda_1 = 0.256$, $(c\rho)_1 = 206$, $\lambda_2 = 0.35$, $(c\rho)_2 = 178$
 och $D = 4140$

kol.15 anger övriga data som värmeisolering av markytan med snö ($\lambda = 0.163$ W/mK) med snödjup enligt verkliga mätningar för ifrågasvarande år, värmeförsörjning med värmekabel med effekten q W/m i cellmitt osv.

TAB.1.2 Sammanställning över redovisade beräkningsfall avseende kvadratisk byggnad dvs tredimensionell värmeströmning
(Kolumnbeteckningar enligt sidorna 68 - 69) DIAGRAM 101 - 124

DIAGR	Plan- yta	Ort	ψ_u	ψ_m	ψ_i	Golvisol.		Vert.isol		Hor.isol		h	Celldata 14					Övriga data 15
						R_1'	R_1''	R_2	l_2	R_3	l_3		C1	C2	C3	C4	C5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
101	4x4	Örebro	C	I	20	1.08	1.08	0	0	0	0	0.3	J1	J1	J1	J1	J1	
102	10x10	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
103	"	Lund	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
104	"	"	"	"	"	"	"	1.08	0.3	"	"	"	"	"	"	"	"	
105	"	"	"	"	"	2.15	2.15	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"	
106	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	J6	J6	"	"	"	
107	"	"	"	"	"	"	"	1.08	0.3	"	"	"	J1	J1	"	"	"	
108	"	Stockholm	"	"	"	1.08	1.08	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"	
109	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	J6	J6	"	"	"	
110	"	"	"	"	"	"	"	1.08	0.3	"	"	"	J1	J1	"	"	"	
111	"	"	"	"	"	"	"	"	0.6	"	"	"	"	"	"	"	"	
112	"	"	"	"	"	"	"	"	0.3	"	"	"	*	"	"	"	"	R ₂ på -0.3≤z≤0.3
113	"	"	"	"	"	2.15	2.15	0	0	"	"	"	J1	"	"	"	"	C1=J1 med q=20W/m för $\psi_u=+5.6^{\circ}\text{C}$
114	"	"	"	"	"	"	"	1.08	0.3	"	"	"	"	"	"	"	"	
115	"	Härnösand	"	"	"	1.08	1.08	1.08	0.3	"	"	"	"	"	"	"	"	
116	10x10	Härnösand	C	I	20	1.08	1.08	1.08	0.6	0	0	0.3	J1	J1	J1	J1	J1	R ₂ på -0.3≤z≤0.3
117	"	"	"	"	"	"	"	"	0.9	"	"	"	"	"	"	"	"	R ₂ på -0.3≤z≤0.6
118	"	"	"	"	"	"	"	"	0.6	1.08	0.6	"	"	"	"	"	"	R ₂ på -0.3≤z≤0.3 R ₃ på z=0.3
119	"	"	"	"	"	"	"	"	0.3	2.15	0.6	"	"	"	"	"	"	R ₃ på z=0
120	"	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0	"	*	"	"	"	"	C1=J1 med q=10W/m för $\psi_u=+4.4^{\circ}\text{C}$
121	"	"	"	"	"	"	"	"	0.6	"	"	"	*	"	"	"	"	C1=J1 med q=20W/m för $\psi_u=+4.4^{\circ}\text{C}$
122	"	Haparanda	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	J1	"	"	"	"	
123	"	"	"	"	"	"	"	2.15	"	"	"	"	"	*	"	"	"	C2=J1 med q=30W/m för $\psi_u=+1.6^{\circ}\text{C}$
124	"	"	"	"	"	"	"	1.08	"	1.08	0.6	"	"	J1	"	"	"	R ₂ på -0.3≤z≤0.3 R ₃ på z=0.3

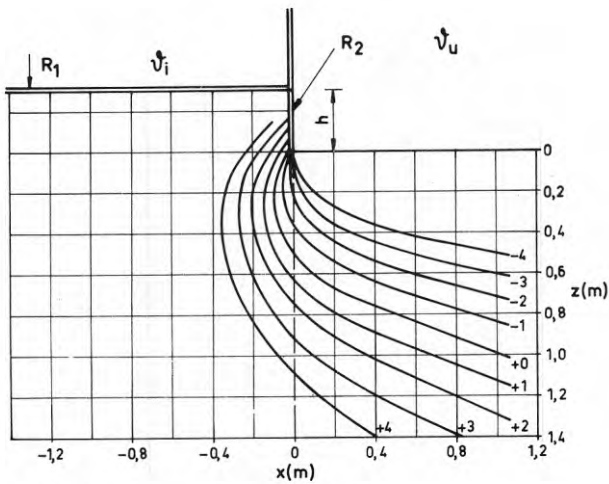


DIAGRAM 1

Örebro, aktuell utetemperatur 30/6 1944 - 29/6 1947, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer den 3/3 1947, utetemperatur $t_u^l = -8.8 \text{ }^\circ\text{C}$
innetemperatur $t_i^l = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

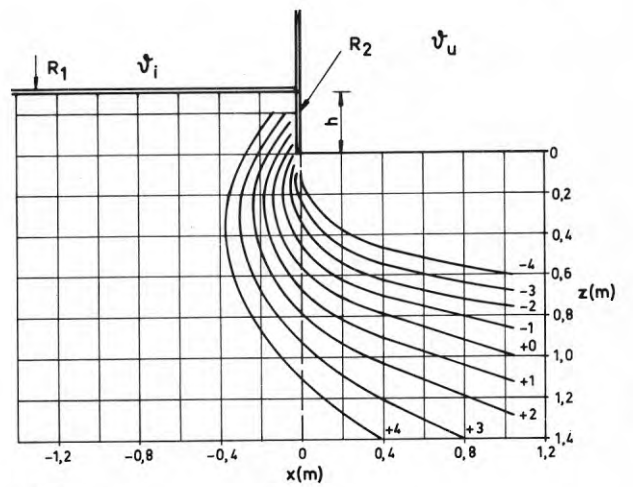


DIAGRAM 2

Örebro, aktuell utetemperatur 30/6 1946 - 29/6 1947,
periodiskt upprepad, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer den 27/2 1947, utetemperatur $t_u^l = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (interpolerad)
och innetemperatur $t_i^l = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

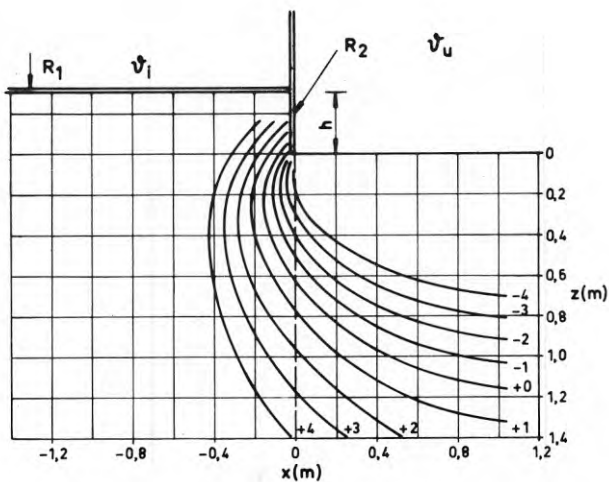


DIAGRAM 3

Örebro, aktuell utetemperatur 30/6 1941 - 29/6 1942,
periodiskt upprepad, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer den 27/2 1942, utetemperatur $t_u^l = -11.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (interpolerad)
och innetemperatur $t_i^l = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

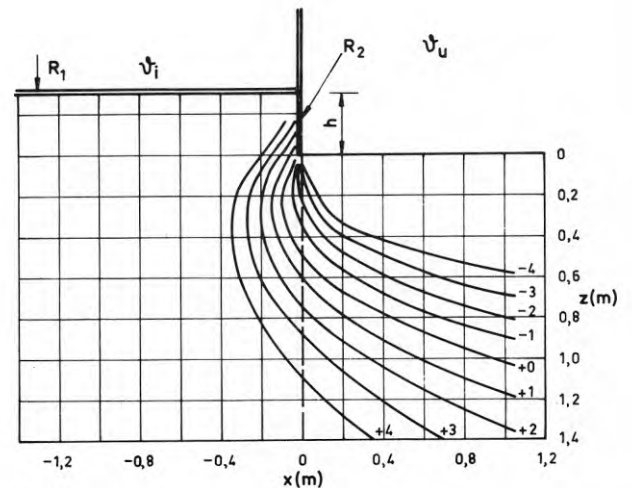


DIAGRAM 4

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur
Utetemperatur $t_u^l = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^l = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

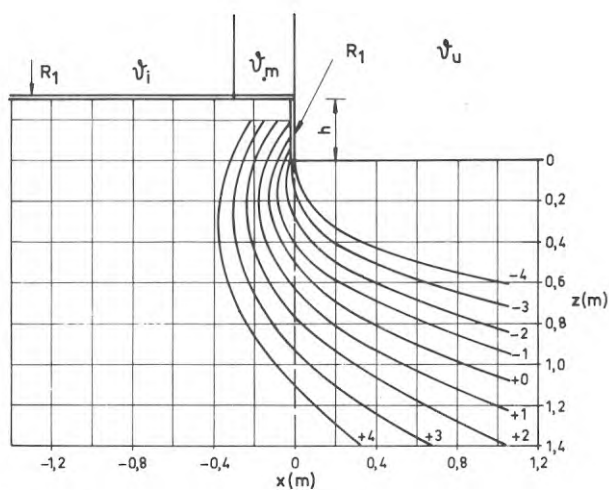


DIAGRAM 5

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

$$t_m = 1/2 (t_i + t_u)$$

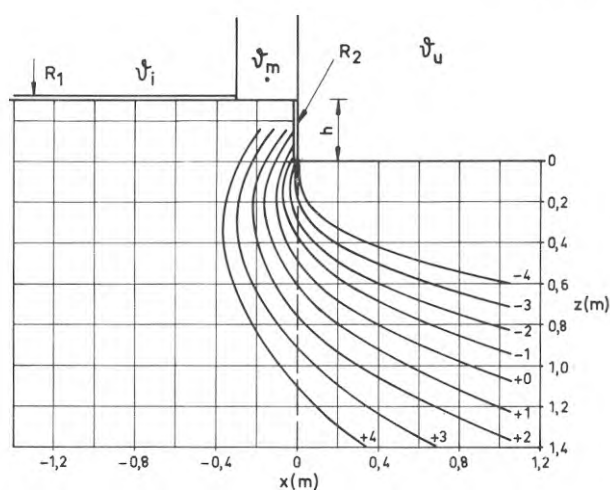


DIAGRAM 6

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq -0.3 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

$$t_m = 1/2 (t_i + t_u)$$

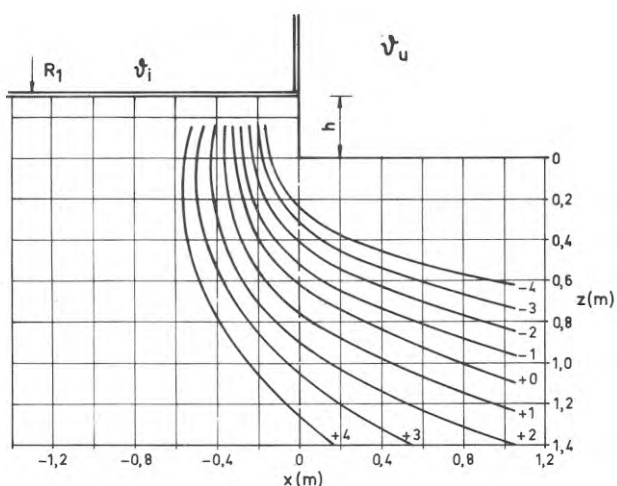


DIAGRAM 7

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

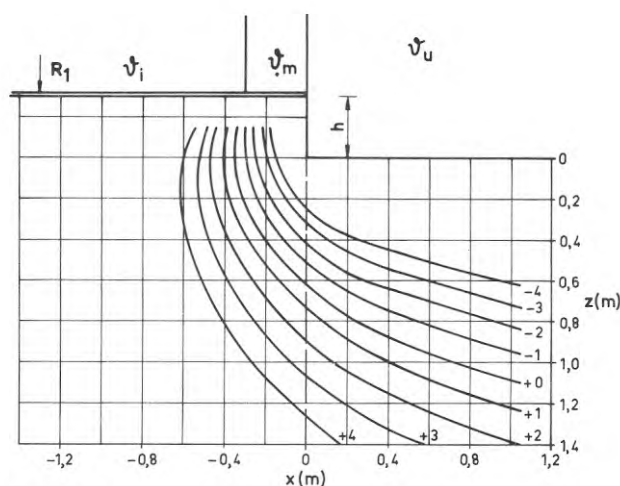


DIAGRAM 8

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

$$t_m = 1/2 (t_i + t_u)$$

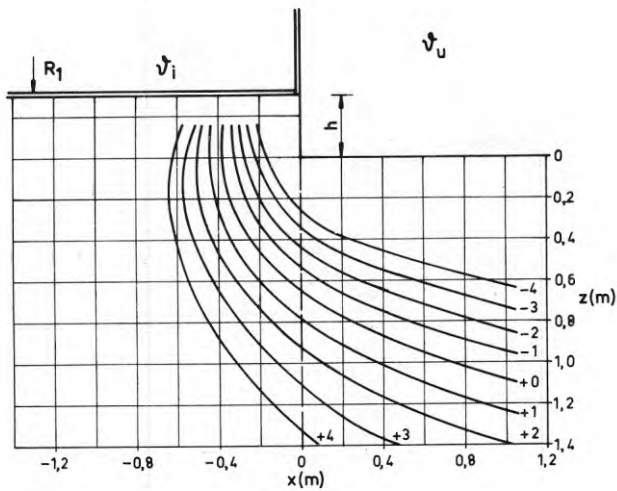


DIAGRAM 9

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera II

Isoterm 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_U^k = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

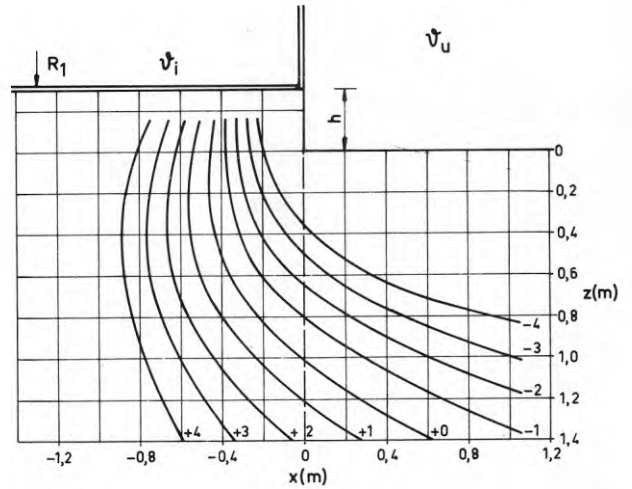


DIAGRAM 10

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Mo

Isoterm 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_U^k = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

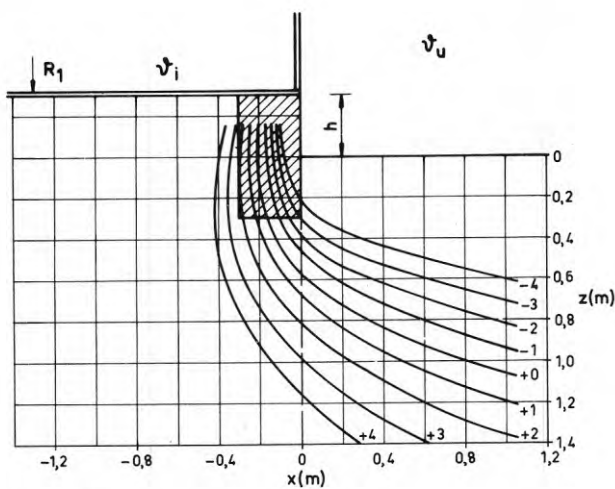


DIAGRAM 11

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Grundmur av betonghålsten: $C1 = C2 = J4$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isoterm 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_U^k = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

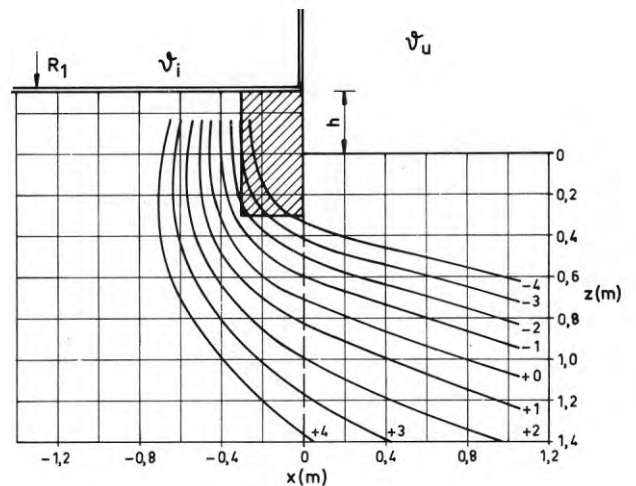


DIAGRAM 12

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Grundmur av betong: $C1 = C2 = J5$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isoterm 2 veckor efter lägsta utetemperatur,

utetemperatur $\vartheta_U^k = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

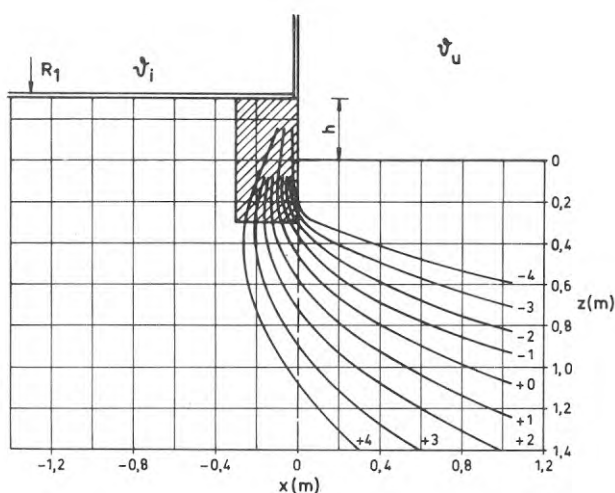


DIAGRAM 13

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Grundmur av lättklinkerblock: $C1 = C2 = J6$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur

utetemperatur $t_u = -9.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

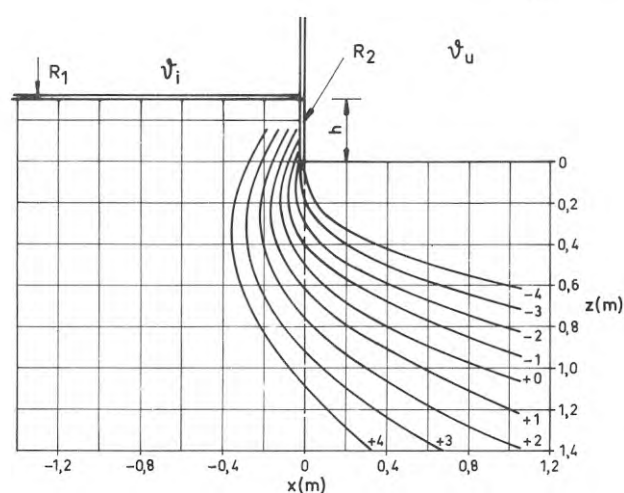


DIAGRAM 14

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

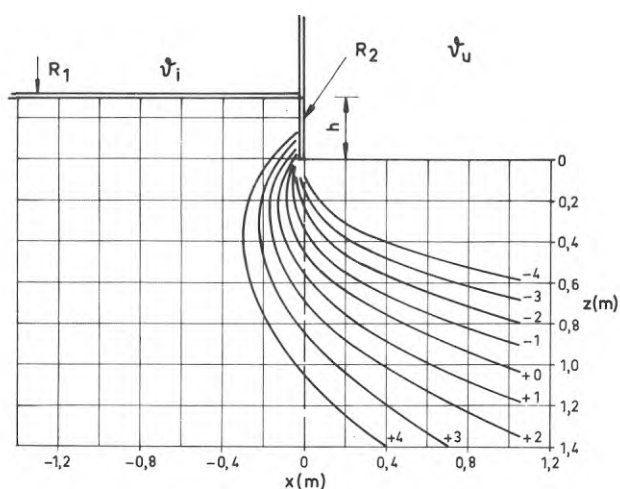


DIAGRAM 15

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

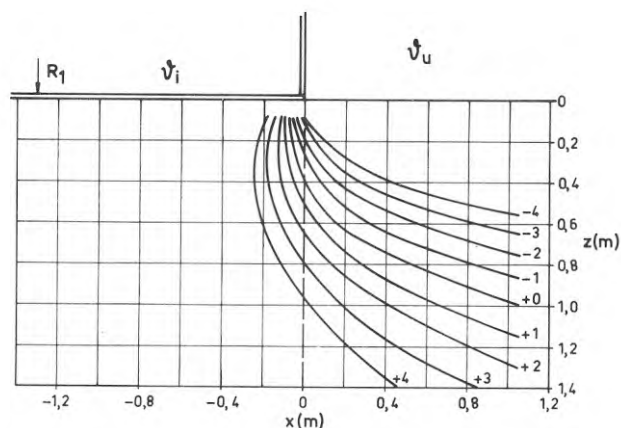


DIAGRAM 16

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

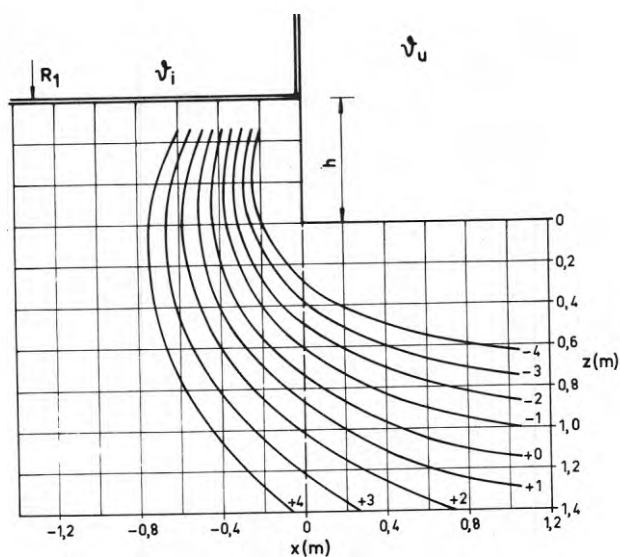


DIAGRAM 17

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $T_u^\lambda = -9.9 \text{ °C}$, innetemperatur $T_i^\lambda = +20 \text{ °C}$
(konstant)

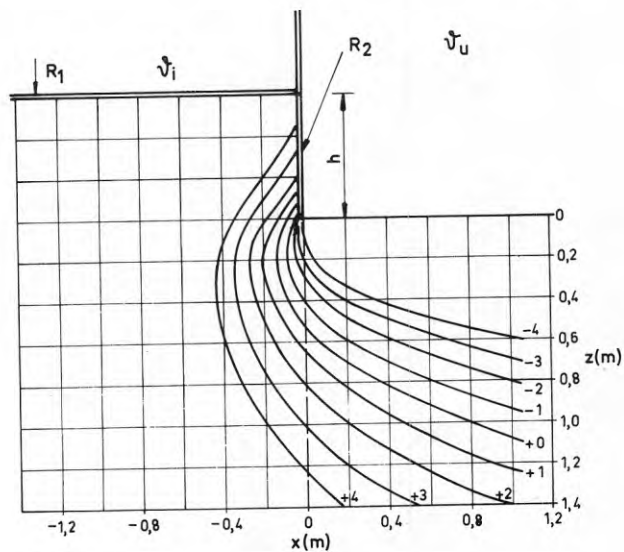


DIAGRAM 18

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.6 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.6 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $T_u^\lambda = -9.9 \text{ °C}$, innetemperatur $T_i^\lambda = +20 \text{ °C}$
(konstant)

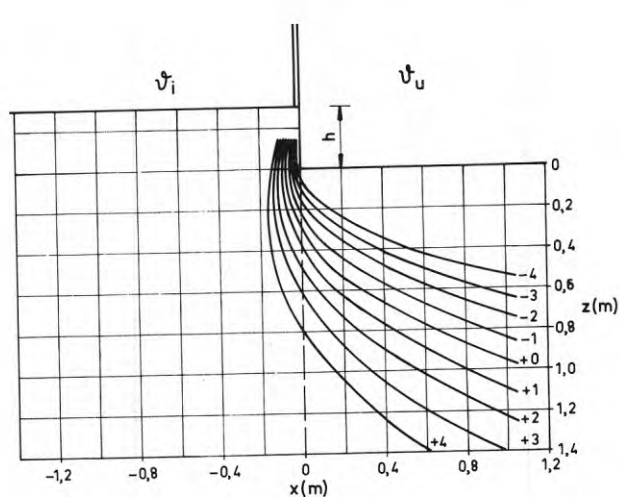


DIAGRAM 19

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Ingen golvisolering

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $T_u^\lambda = -10.5 \text{ °C}$, innetemperatur $T_i^\lambda = +20 \text{ °C}$
(konstant)

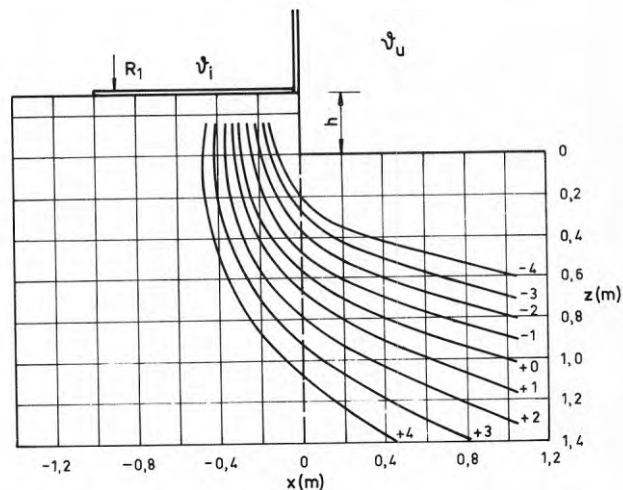


DIAGRAM 20

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-1.0 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $T_u^\lambda = -10.5 \text{ °C}$, innetemperatur $T_i^\lambda = +20 \text{ °C}$
(konstant)

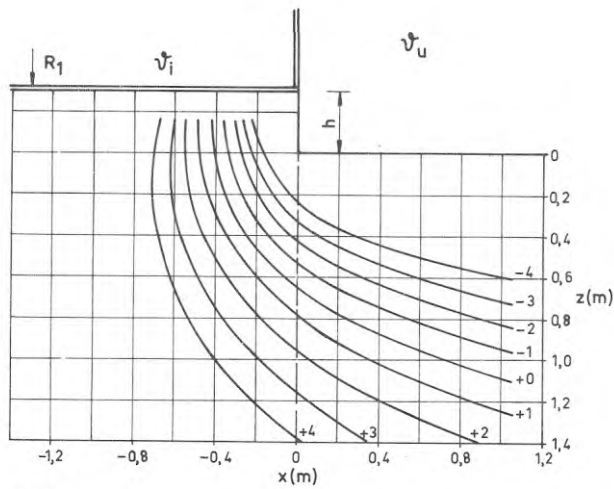


DIAGRAM 21

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

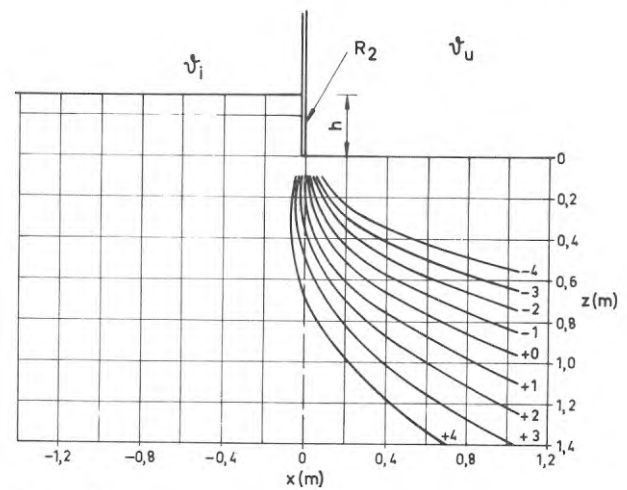


DIAGRAM 22

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Ingen golvisolering

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

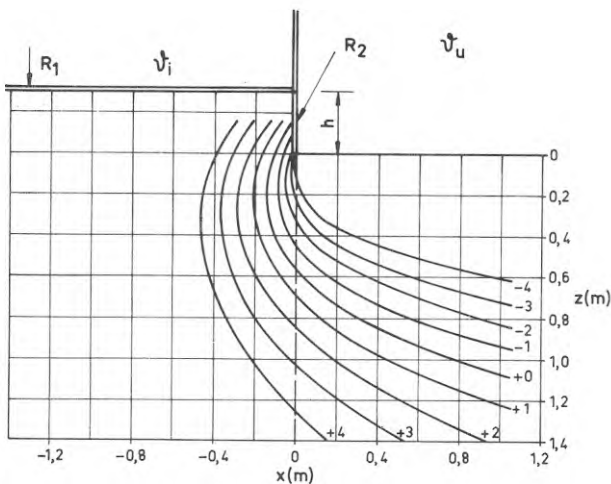


DIAGRAM 23

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

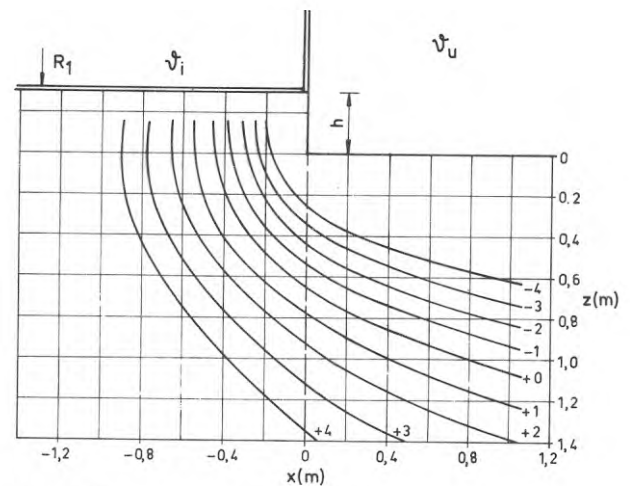


DIAGRAM 24

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$

Innetemperaturen t_i^{λ} har 2 veckor före lägsta utetemperatur sänkts från $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ till $+5 \text{ }^\circ\text{C}$, vilken temperatur hålls till och med tidpunkten för diagrammet

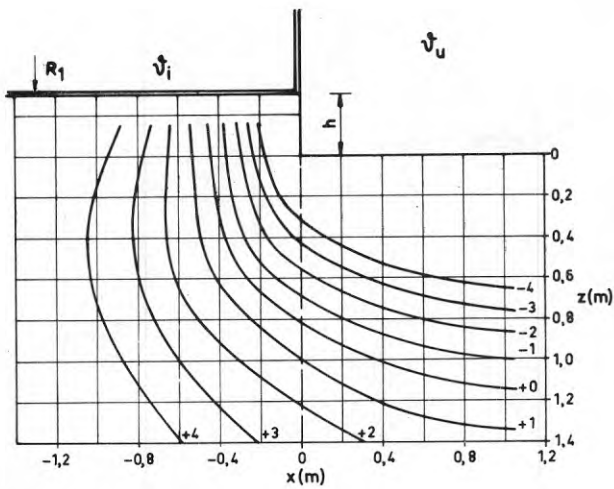


DIAGRAM 25

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotemer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^l = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +10 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

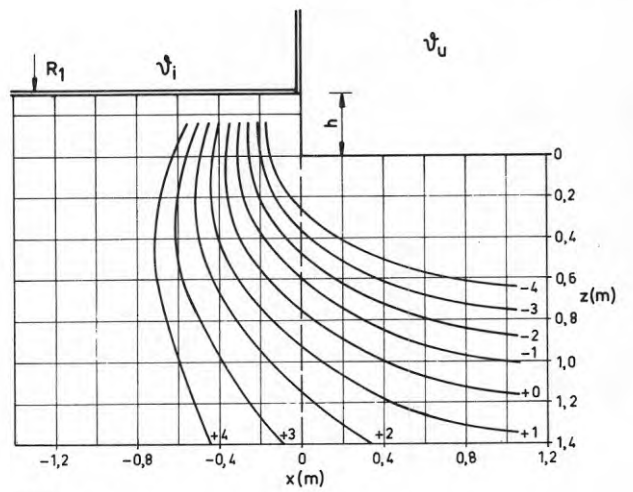


DIAGRAM 26

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Rummet uppvärms till $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ när utemperaturen $t_u \leq 0$

Jord: Lera I

Isotemer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^l = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

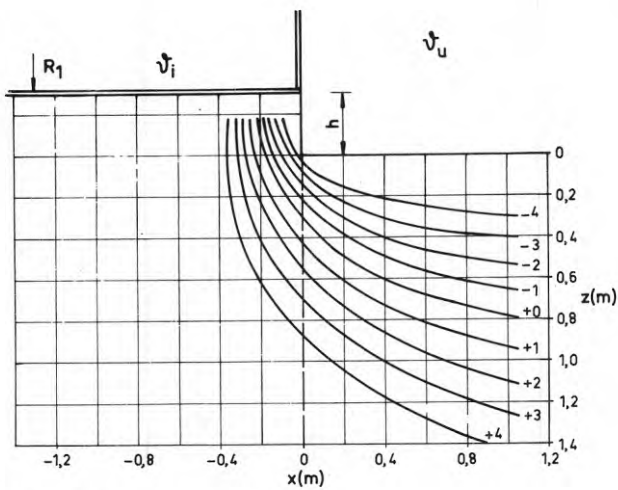


DIAGRAM 27

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotemer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^l = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

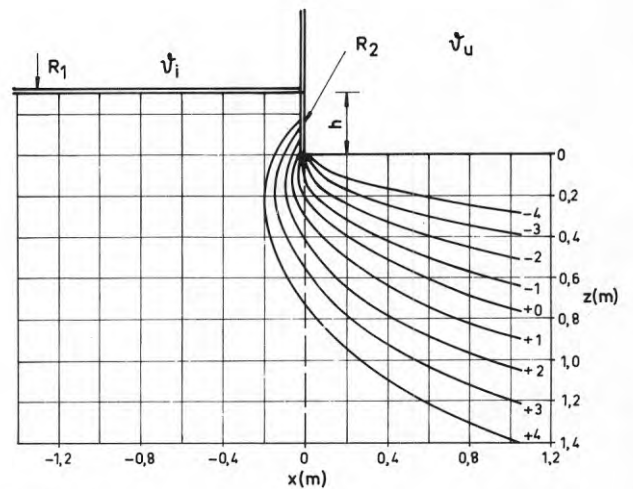


DIAGRAM 28

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotemer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^l = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

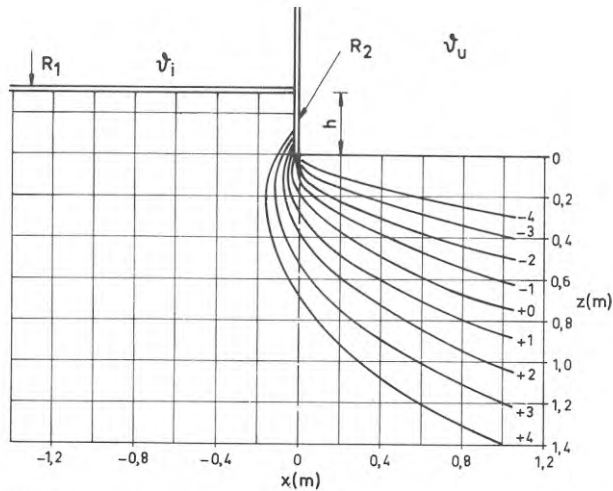


DIAGRAM 29

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u^{\lambda} = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

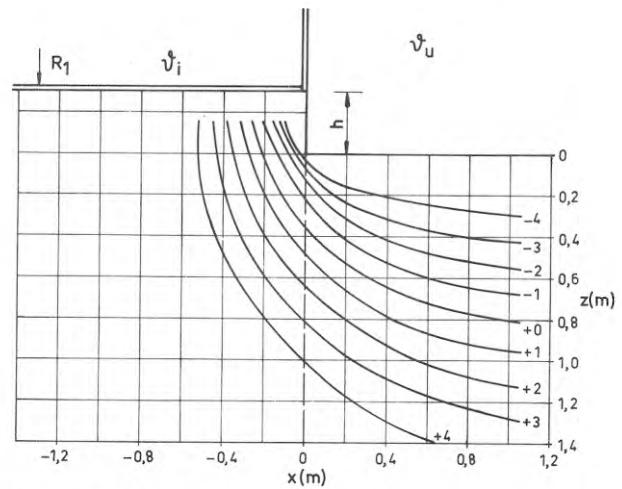


DIAGRAM 30

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u^{\lambda} = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

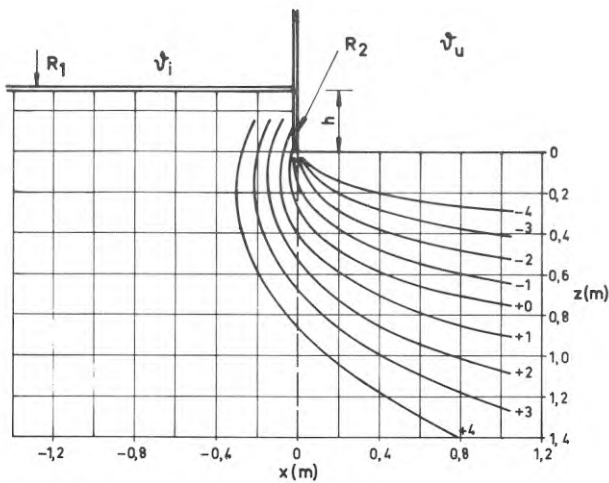


DIAGRAM 31

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u^{\lambda} = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

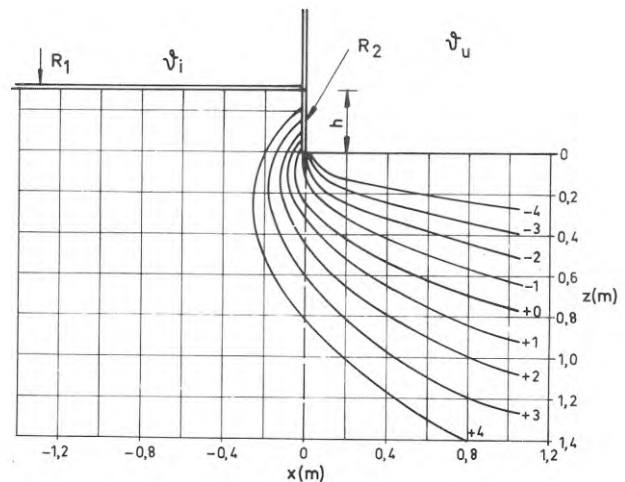


DIAGRAM 32

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u^{\lambda} = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

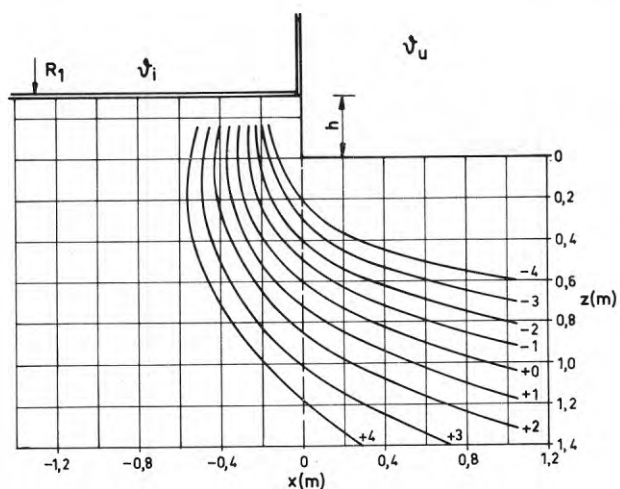


DIAGRAM 33

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

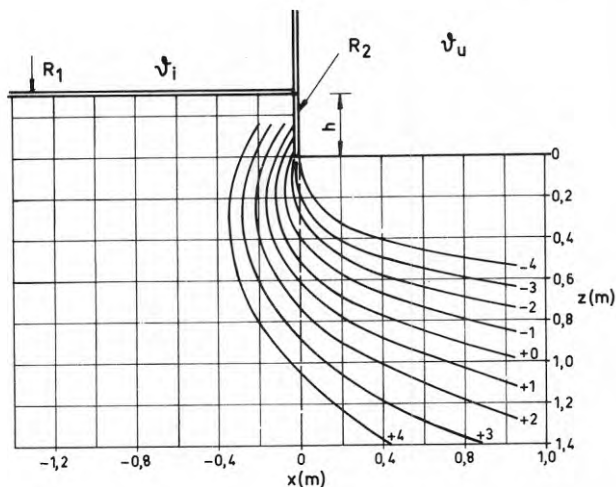


DIAGRAM 34

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

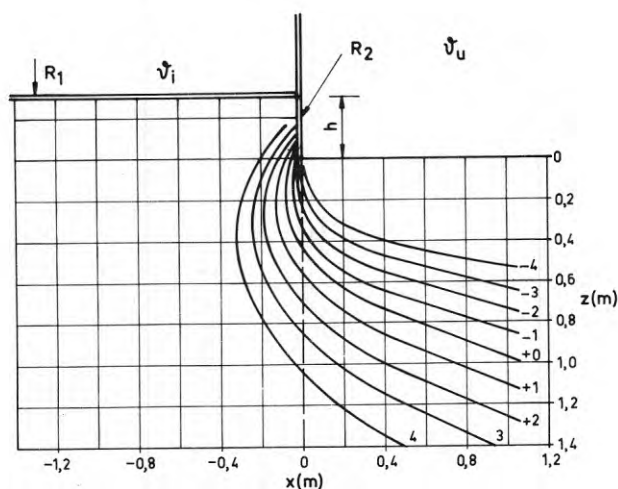


DIAGRAM 35

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

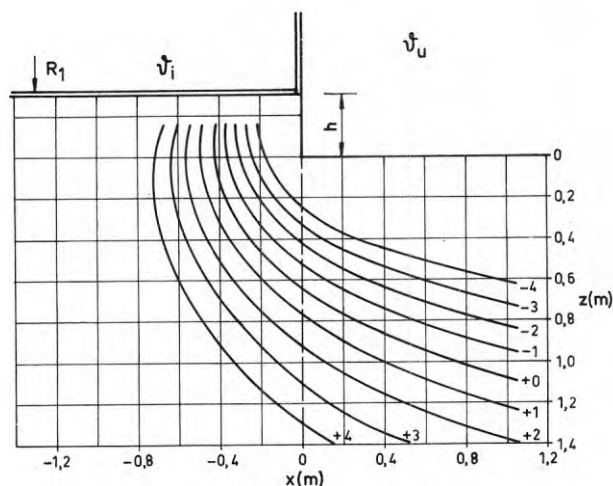


DIAGRAM 36

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

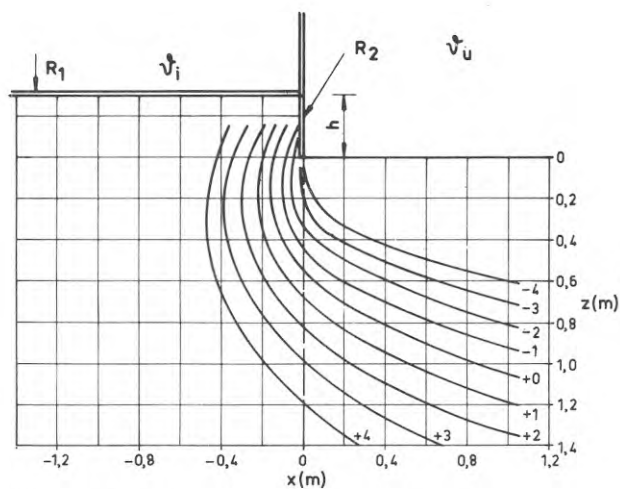


DIAGRAM 37

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

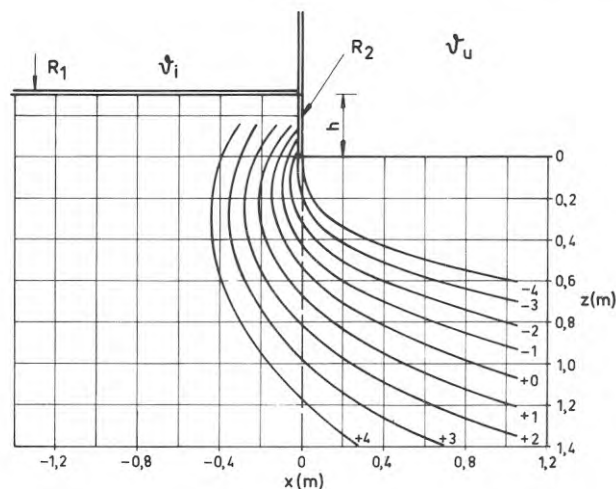


DIAGRAM 38

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

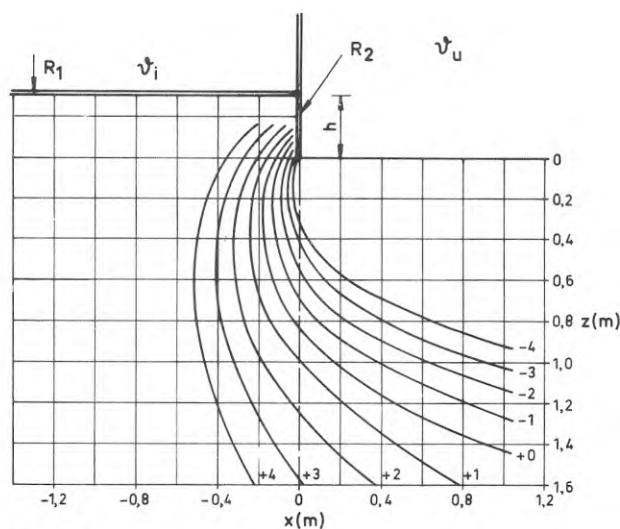


DIAGRAM 39

Härnösand, aktuell utetemperatur 30/6 1941 - 29/6 1942
periodiskt upprepad, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Bjälklagets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 17/3 1942, utetemperatur $t_u = -15.1 \text{ }^\circ\text{C}$ och
innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

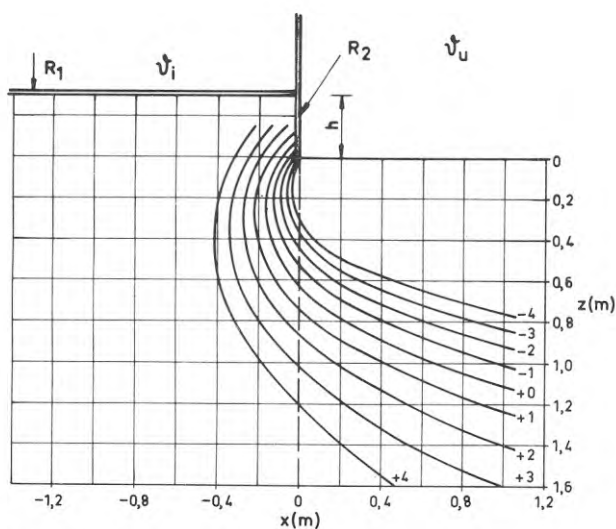


DIAGRAM 40

Härnösand, aktuell utetemperatur 30/6 1946 - 29/6 1947
periodiskt upprepad, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Bjälklagets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 6/3 1947, utetemperatur $t_u = -15.1 \text{ }^\circ\text{C}$ och
innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

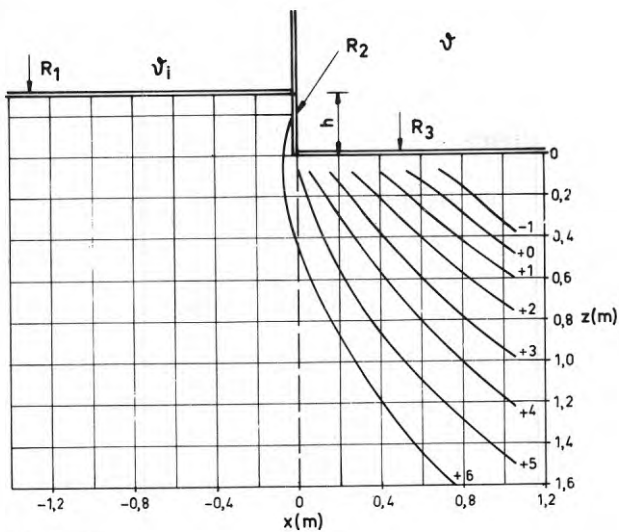


DIAGRAM 41

Härnösand, aktuell utetemperatur och snötäcke på fri mark
30/6 1946 - 29/6 1947 periodiskt upprepad

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6
Bjälklagets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$
Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$
Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
Snötäcke: $R_3 = d/\lambda$, där d = snötäckets tjocklek på fri mark och $\lambda = 0.163$

Jord: Lera I

Isotermier 6/3 1947 utetemperatur $t_u = -15.1 \text{ }^\circ\text{C}$ och
innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

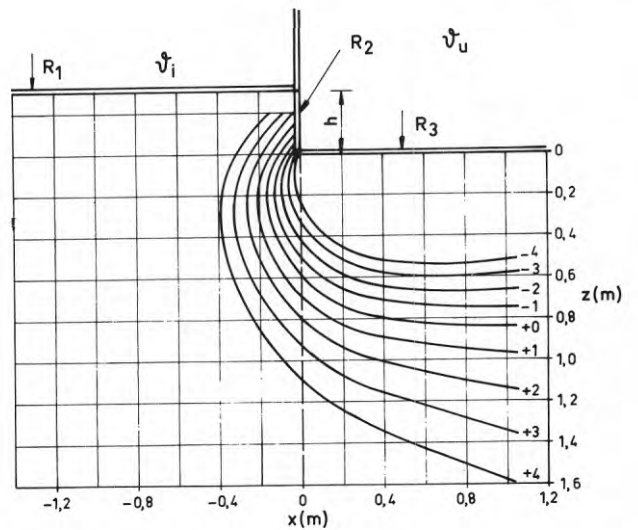


DIAGRAM 42

Härnösand, aktuell utetemperatur och snötäcke på fri mark
30/6 1946 - 29/6 1947 periodiskt upprepad

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6
Bjälklagets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$
Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$
Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
Snötäcke: $R_3 = 0$ för $0 \leq x < 0.6 \text{ m}$ $R_3 = d/\lambda$ för $x \geq 0.6 \text{ m}$,
där d = snötäckets tjocklek på fri mark och $\lambda = 0.163 \text{ W/mK}$

Jord: Lera I

Isotermier 6/3 1947 utetemperatur $t_u = -15.1 \text{ }^\circ\text{C}$ och
innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

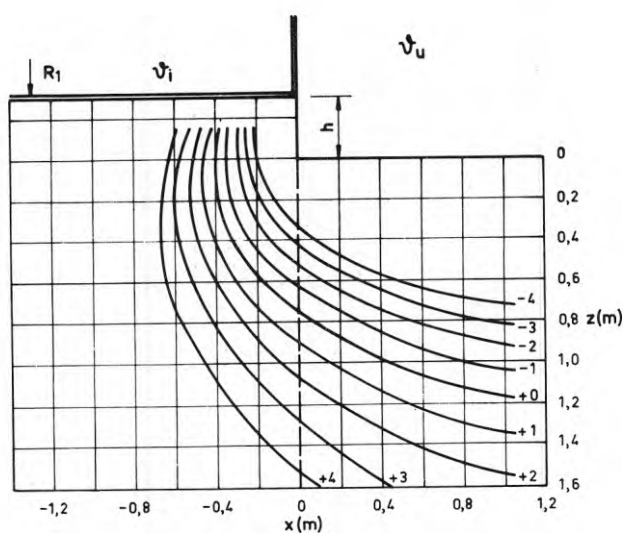


DIAGRAM 43

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6
Golvet's isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$
Ingen sockelisolering
Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur
Utetemperatur $t_u = -12.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

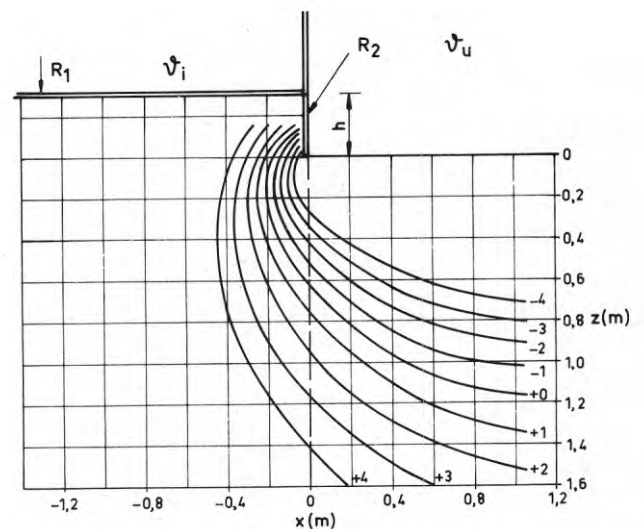


DIAGRAM 44

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6
Golvet's isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$
Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$
Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur
Utetemperatur $t_u = -12.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

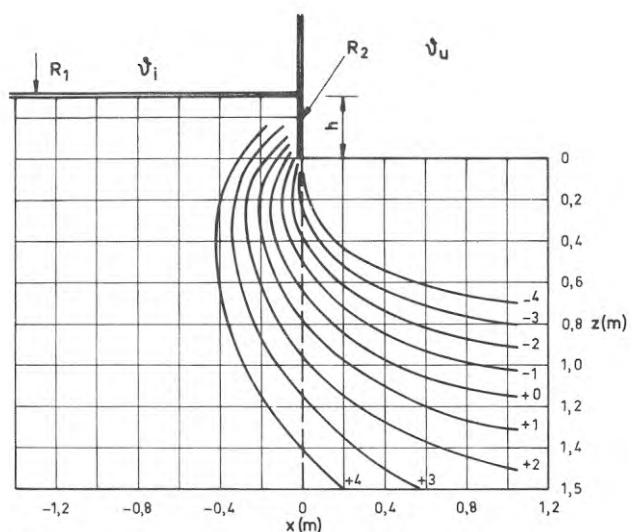


DIAGRAM 45

Härrösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isoterm 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -12.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

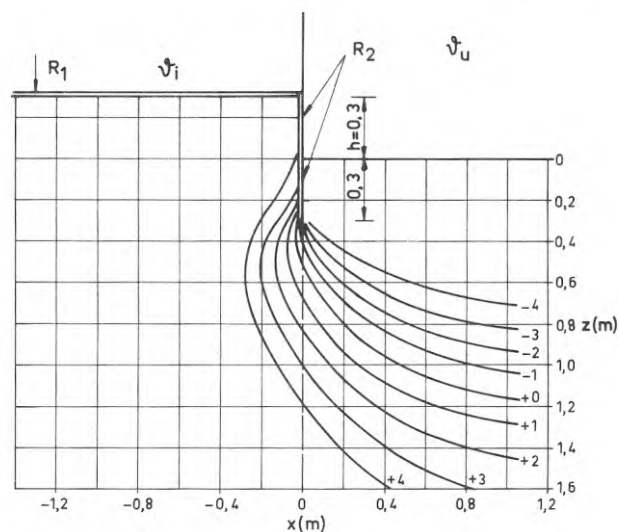


DIAGRAM 46

Härrösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isoterm 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -12.7 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

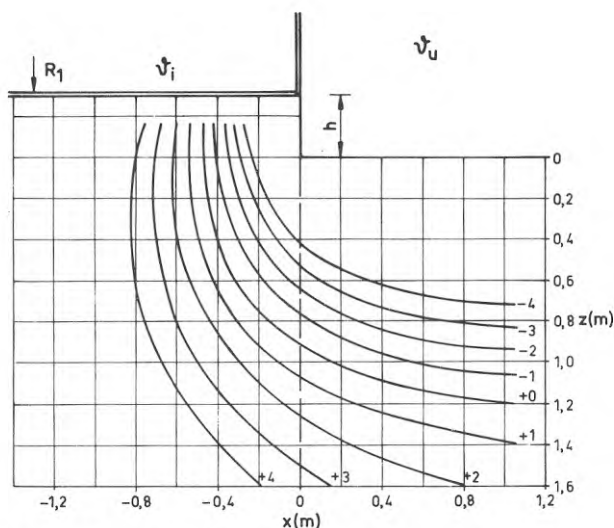


DIAGRAM 47

Härrösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isoterm 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -12.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

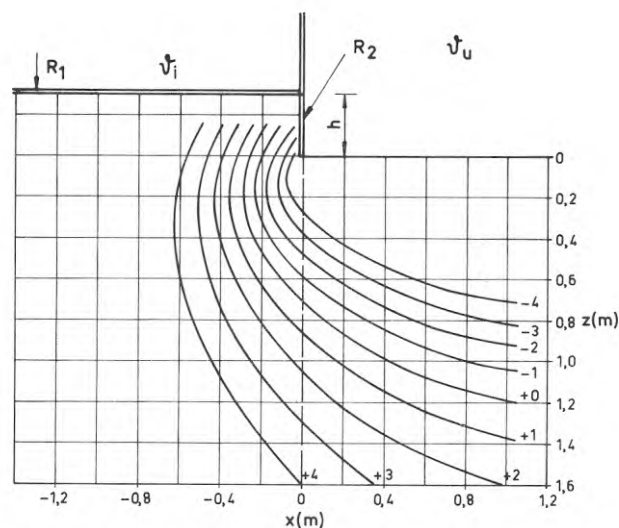


DIAGRAM 48

Härrösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isoterm 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -12.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

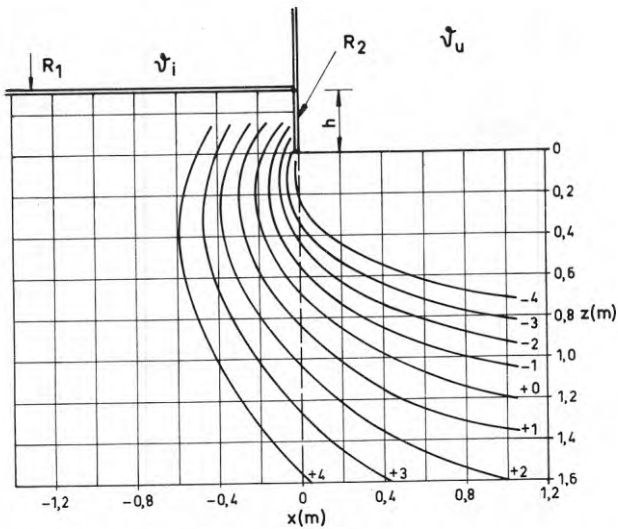


DIAGRAM 49

Härmösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -12.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

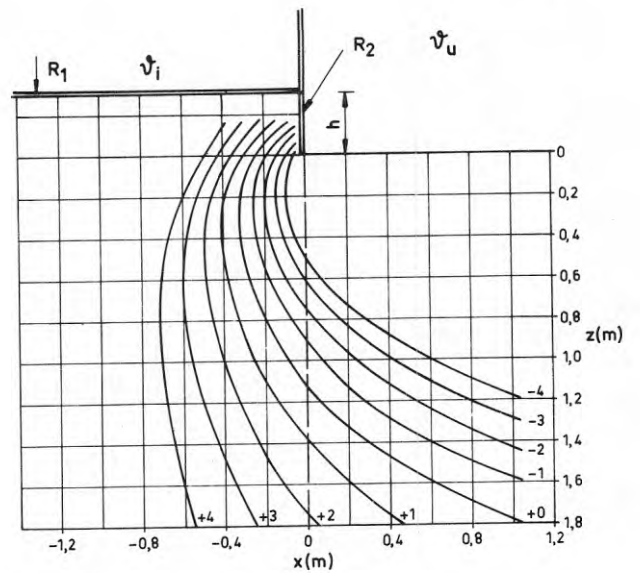


DIAGRAM 50

Haparanda, aktuell utetemperatur 30/6 1941 - 29/6 1942, periodiskt upprepad, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Bjälklagets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier den 20/3 1942, utetemperatur $t_u^{\lambda} = 15.3 \text{ }^\circ\text{C}$ (interpolerad)
och innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

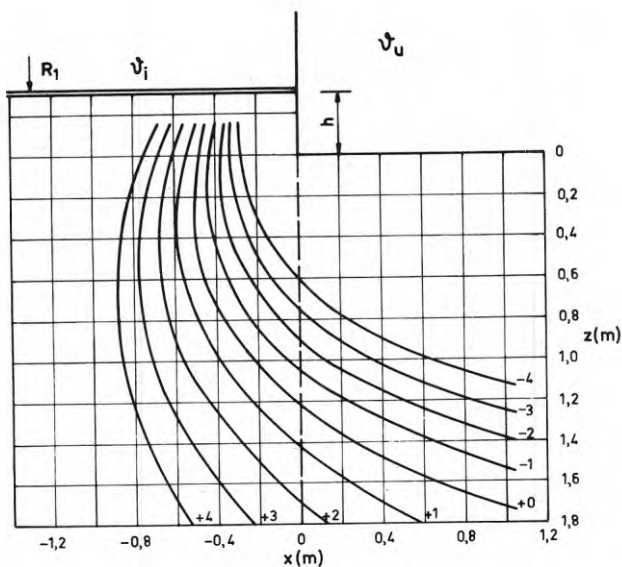


DIAGRAM 51

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 5 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -14.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

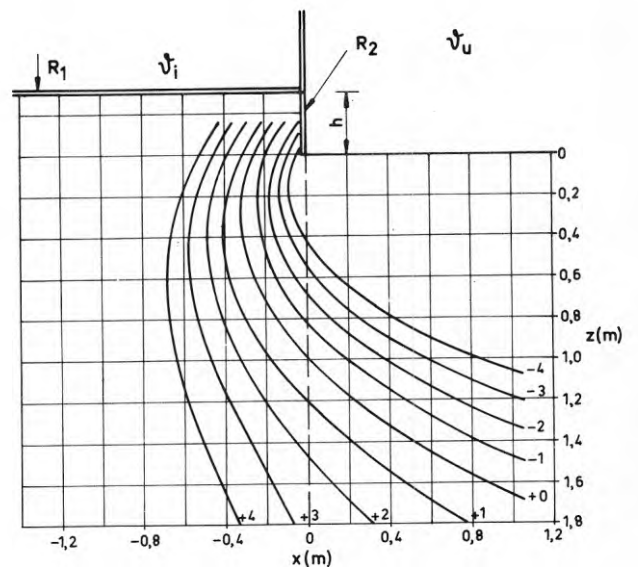


DIAGRAM 52

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 5 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^{\lambda} = -14.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^{\lambda} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

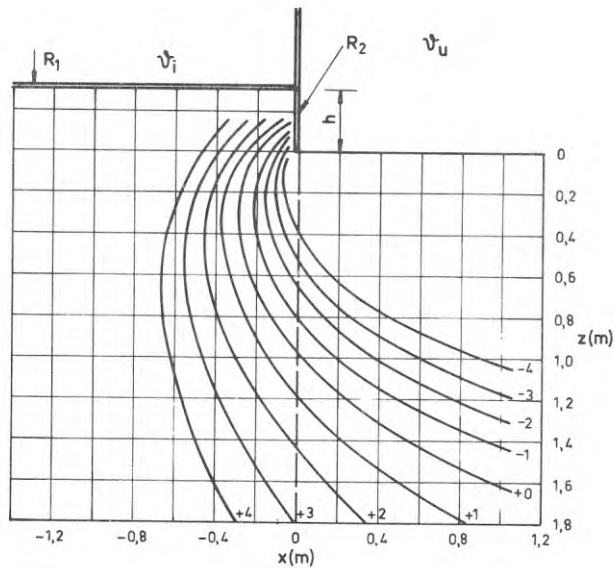


DIAGRAM 53

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 5 veckor efter lägsta utetemperatur,

Utetemperatur $t_u^k = -14.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

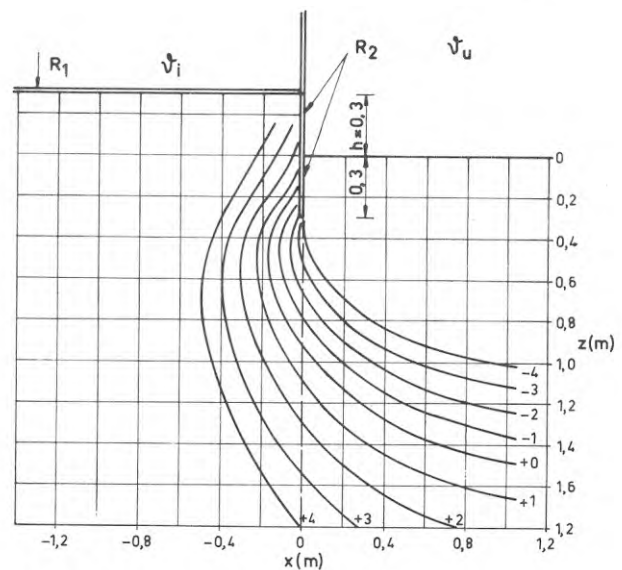


DIAGRAM 54

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^k = -16.7 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

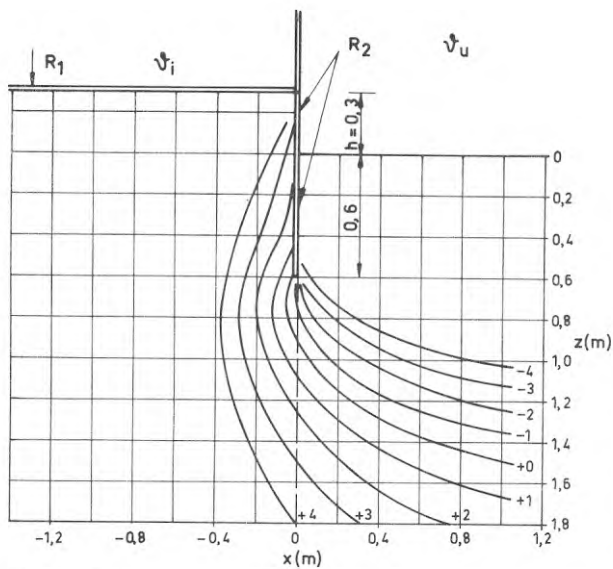


DIAGRAM 55

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.6 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^k = -16.7 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

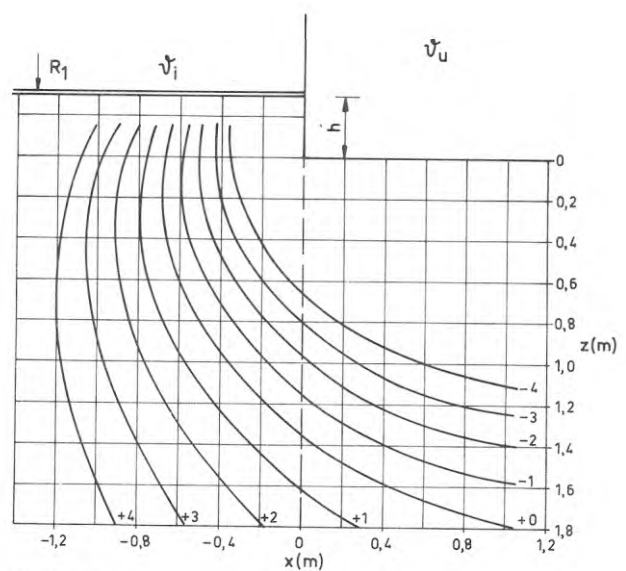


DIAGRAM 56

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 6 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u^k = -13.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i^k = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

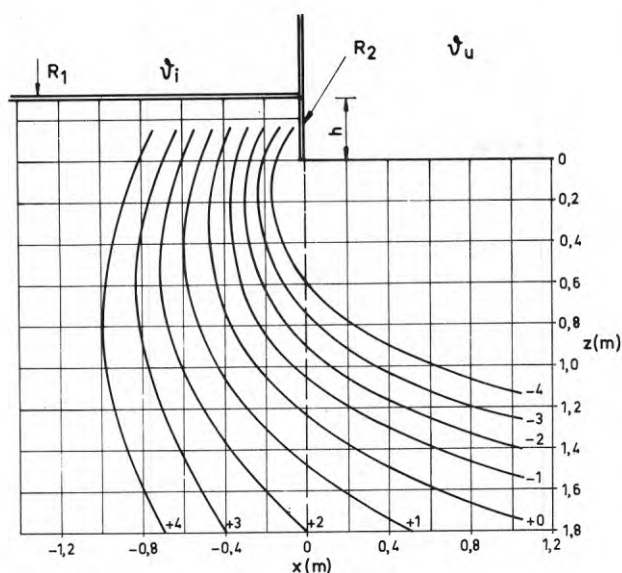


DIAGRAM 57

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 0.54 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 5 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u = -14.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

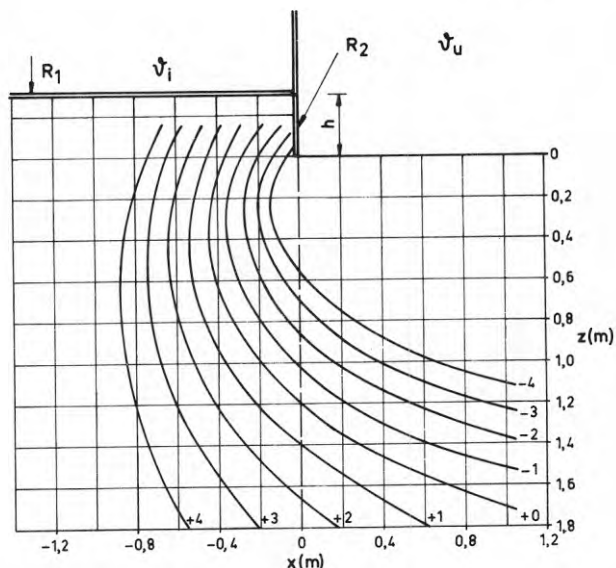


DIAGRAM 58

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Lång byggnad: bredd = 10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-5 \leq x \leq 0 \text{ m}$

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 5 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u = -14.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

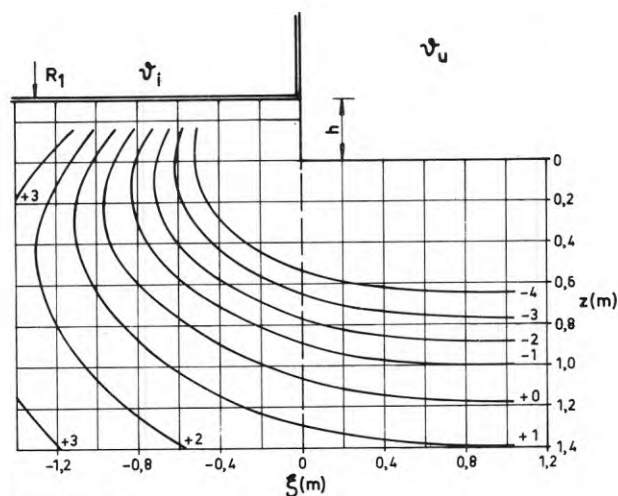


DIAGRAM 101 a

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta $4 \times 4 \text{ m}$, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x=y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

utetemperatur $\vartheta_u = -10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

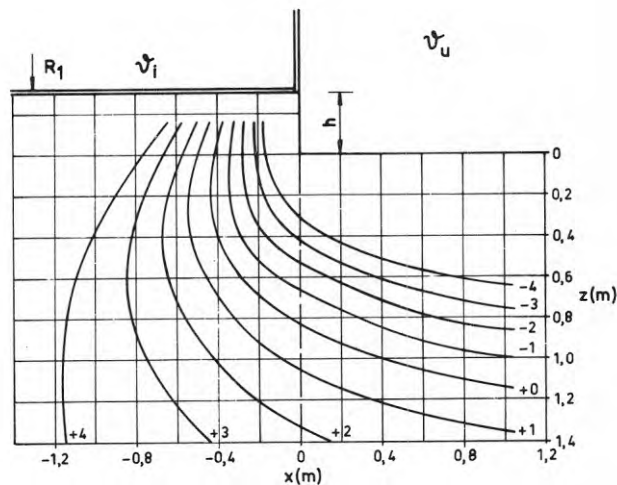


DIAGRAM 101 b

Data som DIAGRAM 101 a, men gällande $y = -1.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

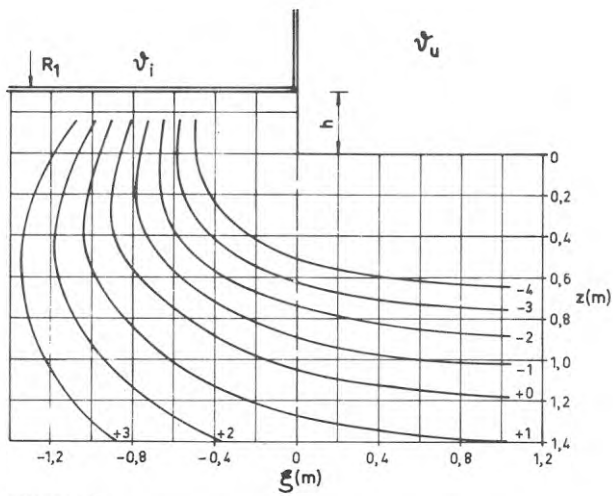


DIAGRAM 102 a

Örebro, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: plånyta 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x=y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur

utetemperatur $t_u = -9.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

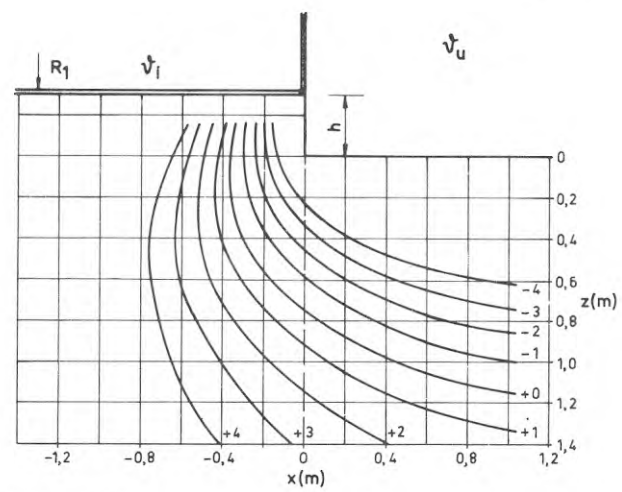


DIAGRAM 102 b

Data som DIAGRAM 102 a, men gällande $y = -1.75 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

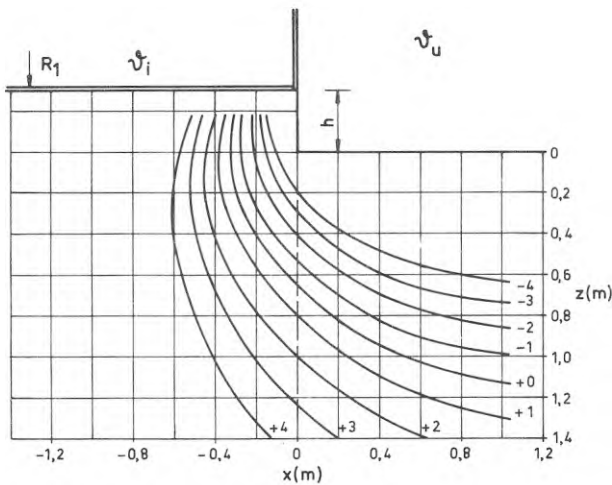


DIAGRAM 102 c

Data som DIAGRAM 102 a, men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

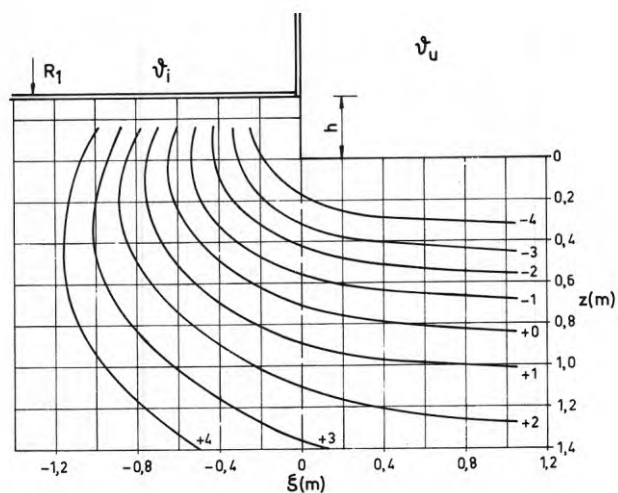


DIAGRAM 103 a

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotemer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

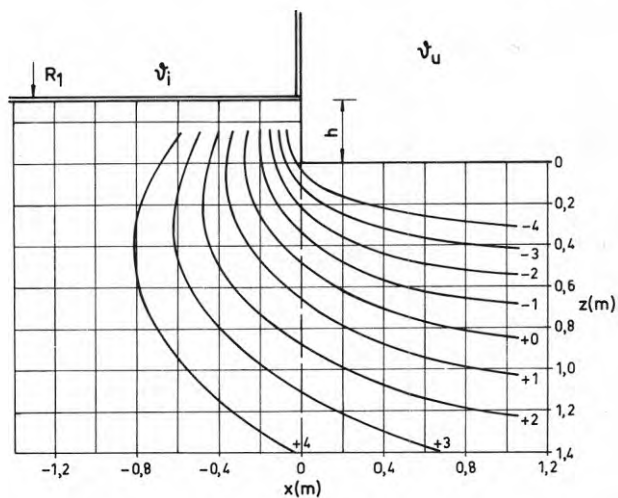


DIAGRAM 103 b

Data som DIAGRAM 103 a, men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

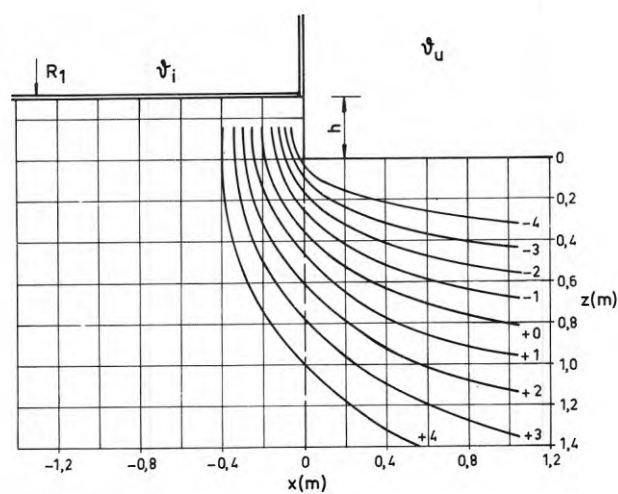


DIAGRAM 103 c

Data som DIAGRAM 103 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

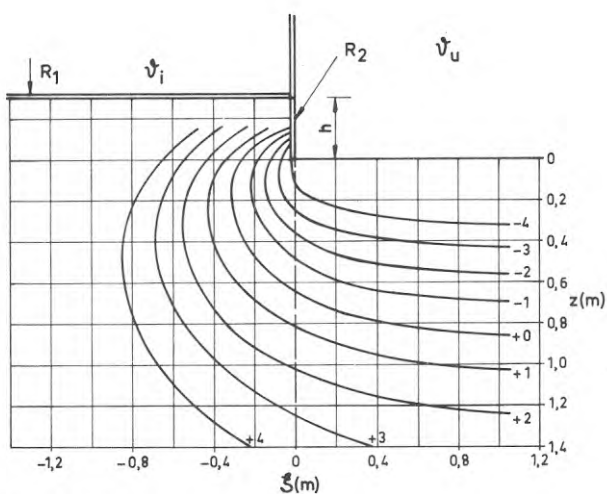


DIAGRAM 104 a

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotemer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -6.6 \text{ °C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ °C}$
(konstant)

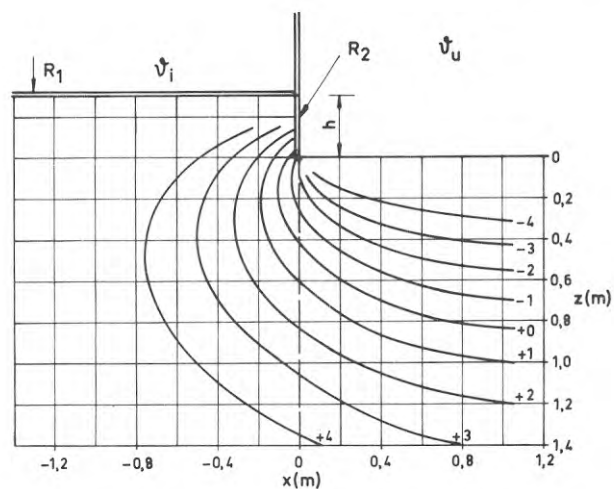


DIAGRAM 104 b

Data som DIAGRAM 104 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

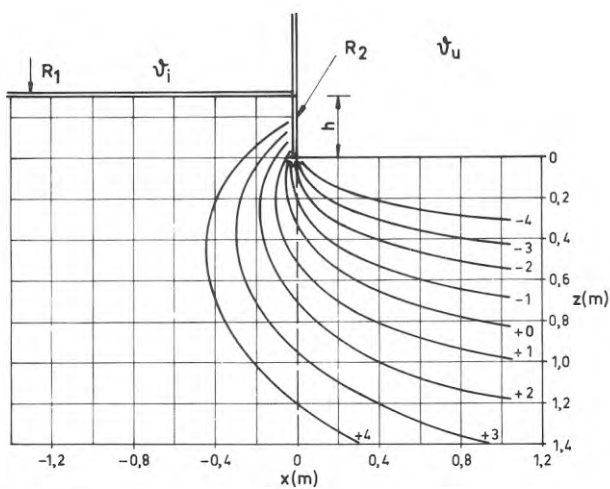


DIAGRAM 104 c

Data som DIAGRAM 104 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

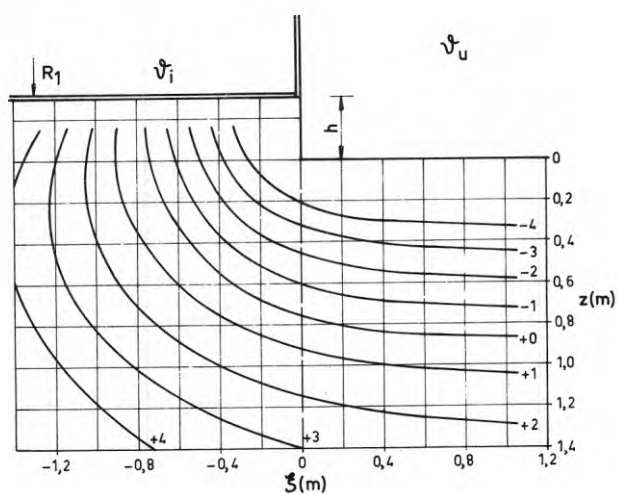


DIAGRAM 105 a

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lers I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur
 Utetemperatur $t_u = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
 (konstant)

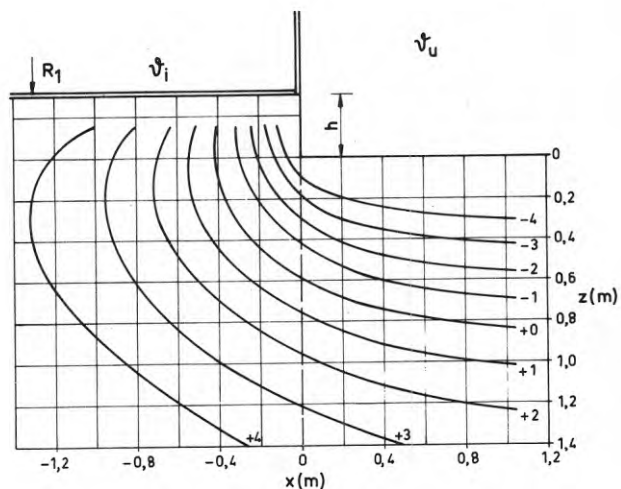


DIAGRAM 105 b

Data som DIAGRAM 105 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG. 6

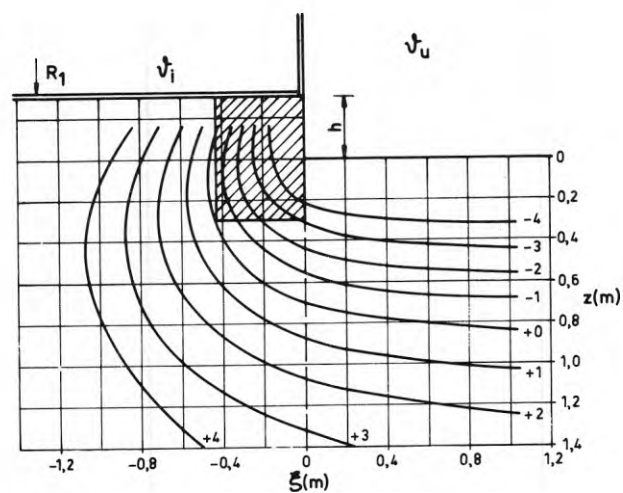


DIAGRAM 106 a

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta $10 \times 10 \text{ m}^2$, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x=y$

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Grundmur av lättklinkerblock: $C1 = C2 = J6$ (se FIG. 3)

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur
 utetemperatur $t_u = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

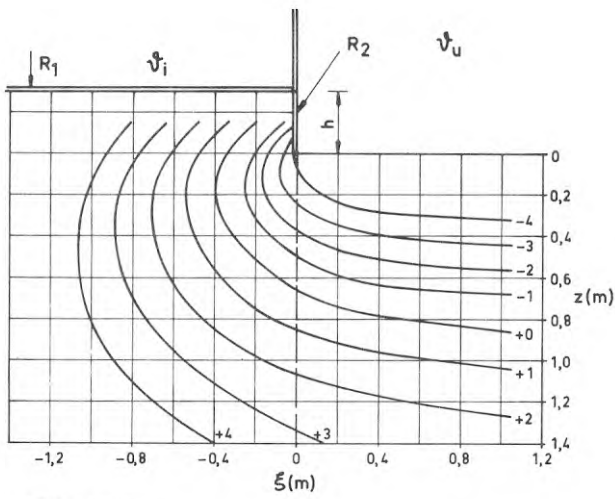


DIAGRAM 107 a

Lund, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta 10x10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isothermer 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -6.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

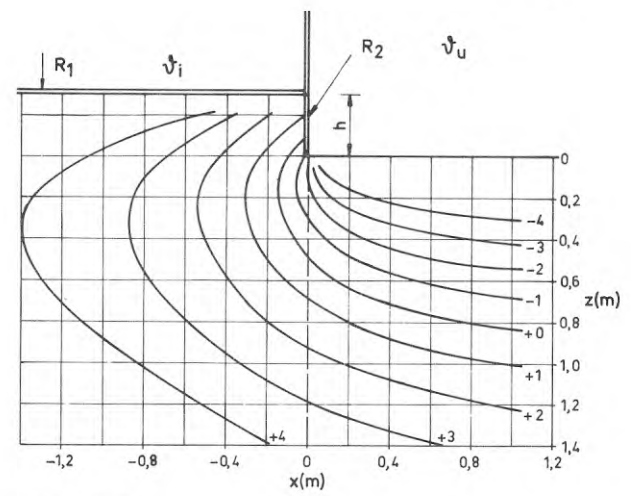


DIAGRAM 107 b

Data som DIAGRAM 107 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

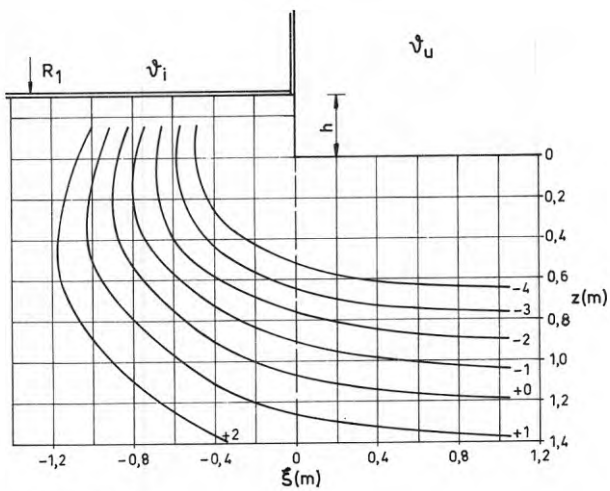


DIAGRAM 108 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\theta_u = -9.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

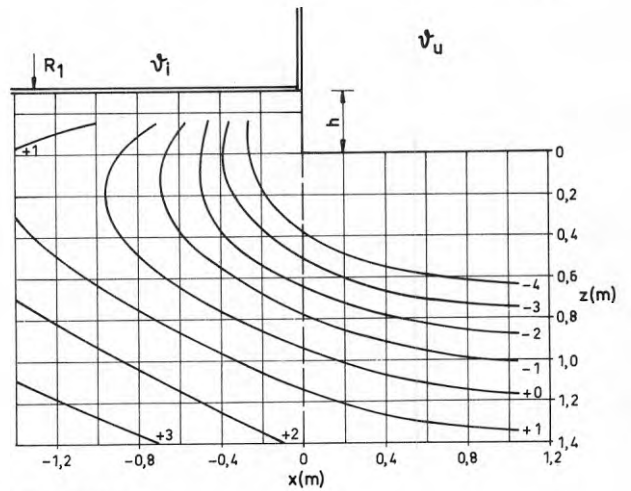


DIAGRAM 108 b

Data som DIAGRAM 108 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

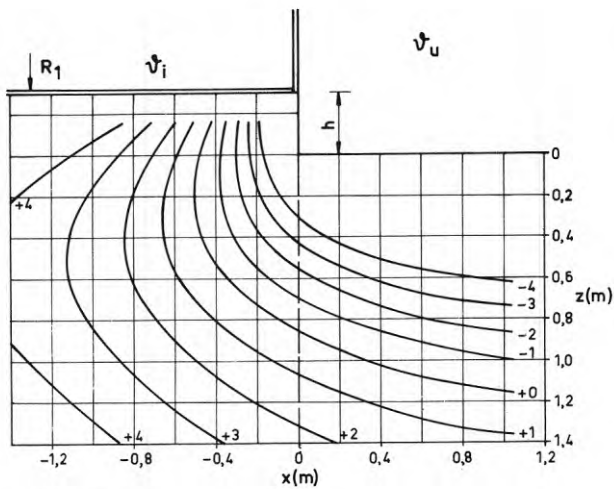


DIAGRAM 108 c

Data som DIAGRAM 108 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

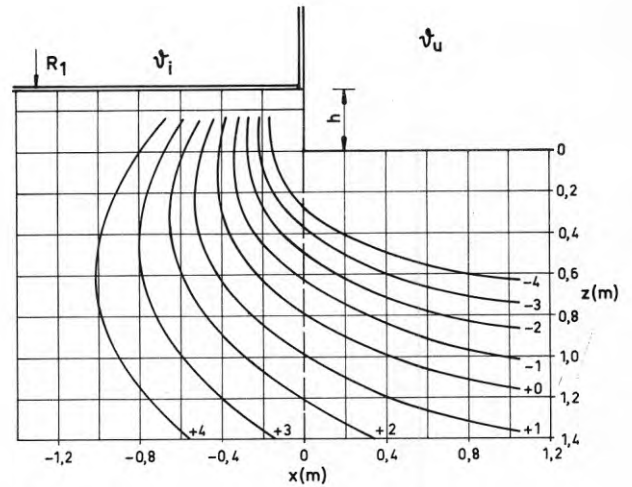


DIAGRAM 108 d

Data som DIAGRAM 108 a men gällande $y = -1.15 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

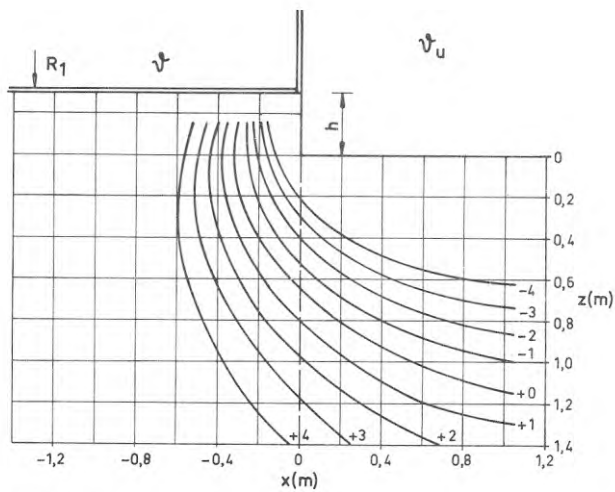


DIAGRAM 108 e

Data som DIAGRAM 108 a men gällande $y = -4.50$ m, koordinater enligt FIG.6

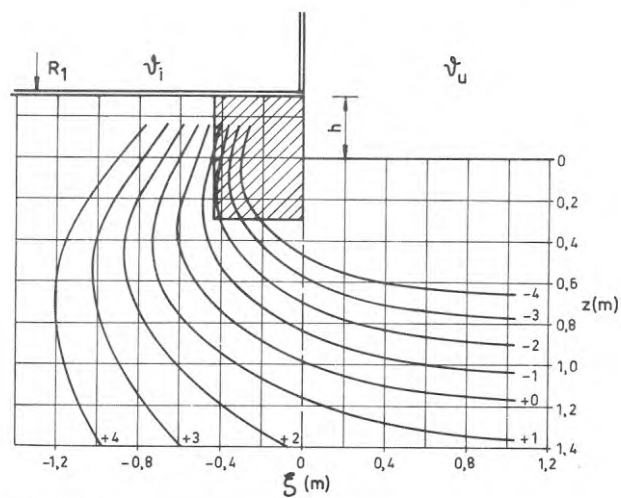


DIAGRAM 109 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x=y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Grundmur av lättklinkerblock: $C1 = C2 = J6$ (se FIG.3)

Sockelhöjd: $h = 0.3$ m

Jord: Lera I

Isotemer 3 veckor efter lägsta utetemperatur

utetemperatur $t_u = -9.9$ °C, innetemperatur $t_i = +20$ °C (konstant)

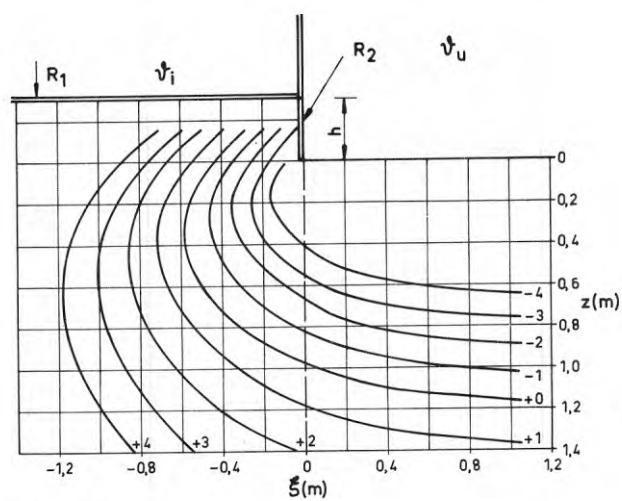


DIAGRAM 110 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10×10 m, koordinater enligt FIG. 6
Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Socketns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0$ m

Socketthöjd: $h = 0.3$ m

Jord: Lera I

Isotermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur
Utetemperatur $\theta_u = -9.9$ °C, innetemperatur $\theta_i = +20$ °C
(konstant)

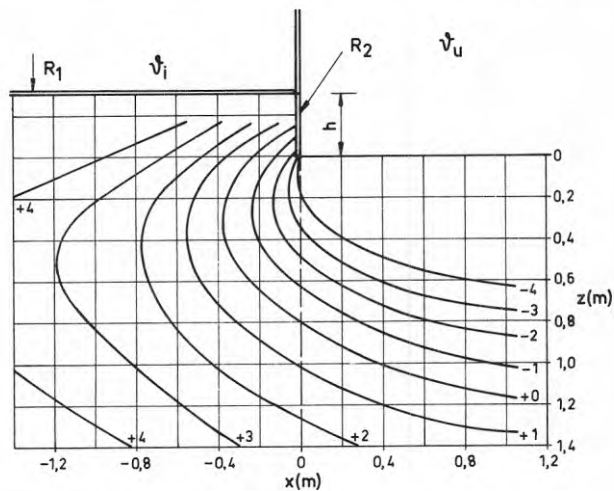


DIAGRAM 110 b

Data som DIAGRAM 110 a men gällande $y = -0.45$ m,
koordinater enligt FIG. 6

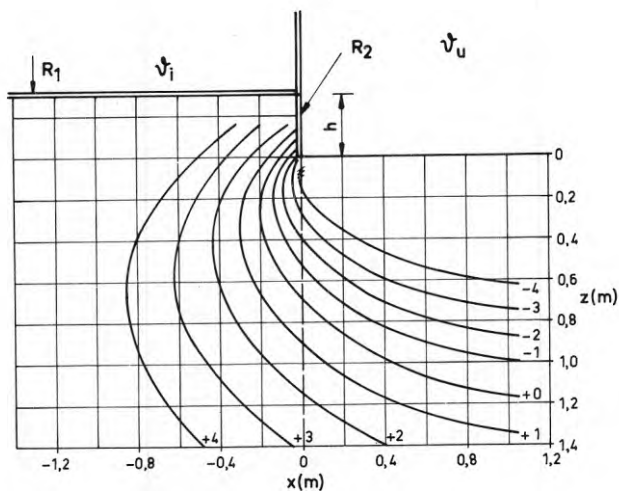


DIAGRAM 110 c

Data som DIAGRAM 110 a men gällande $y = -0.80$ m,
koordinater enligt FIG. 6

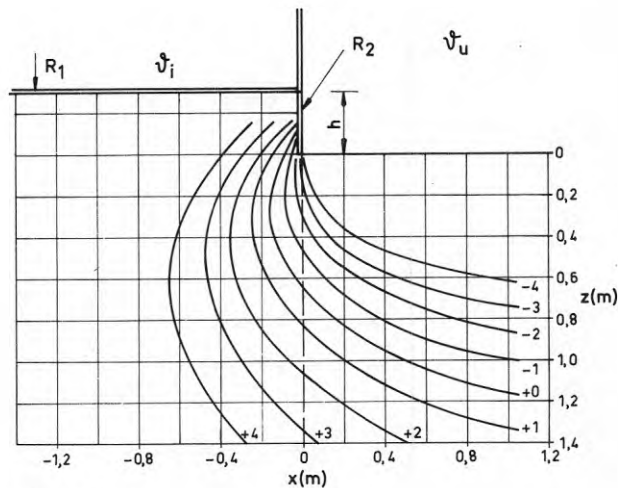


DIAGRAM 110 d

Data som DIAGRAM 110 a men gällande $y = -1.15$ m,
koordinater enligt FIG. 6

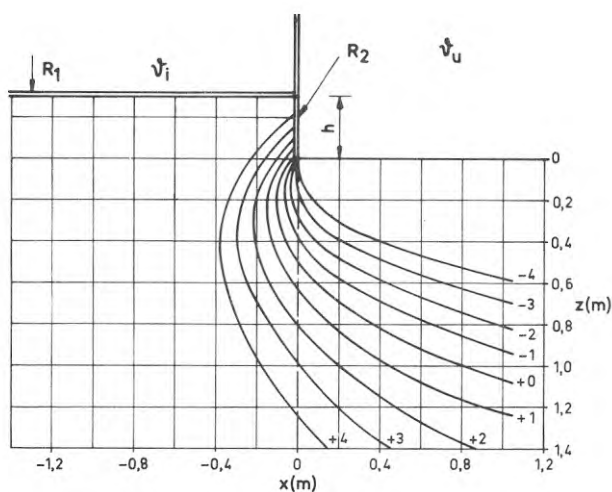


DIAGRAM 110 e

Data som DIAGRAM 110 a men gällande $y = -4.50$ m, koordinater enligt FIG.6

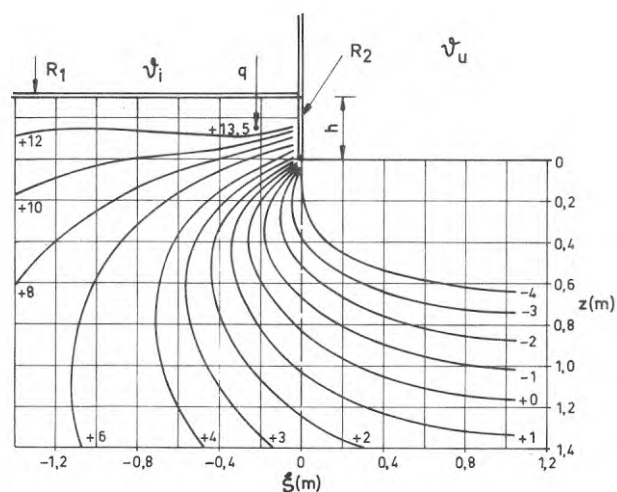


DIAGRAM 112 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10×10 m, koordinater enligt FIG.6

Golvets isolering: $R_1 = 1.08$ m²K/W över hela golvet

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08$ m²K/W för $-0.3 \leq z \leq 0$ m

Sockelhöjd: $h = 0.3$ m

Värmekabel: $q = 20$ W/m för $\dot{V}_u \leq +6.6$ °C (halva året) $x/y = -0.15$ m, $z = -0.15$ m

Jord: Lera I

Isotermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\dot{V}_u = -9.9$ °C, innetemperatur $\dot{V}_i = +20$ °C (konstant)

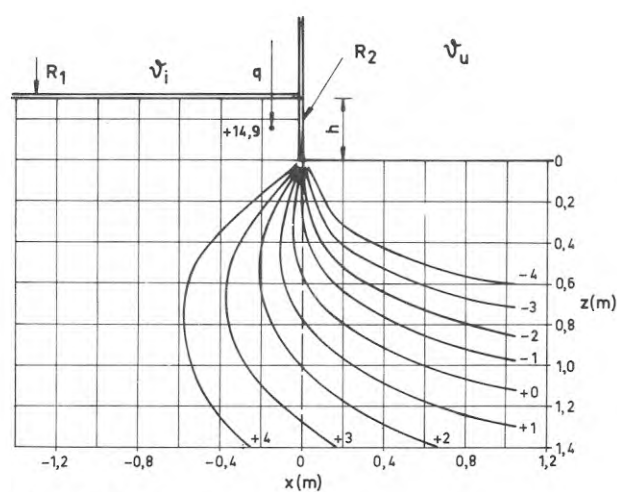


DIAGRAM 112 b

Data som DIAGRAM 112 a men gällande $y = -0.45$ m, koordinater enligt FIG.6

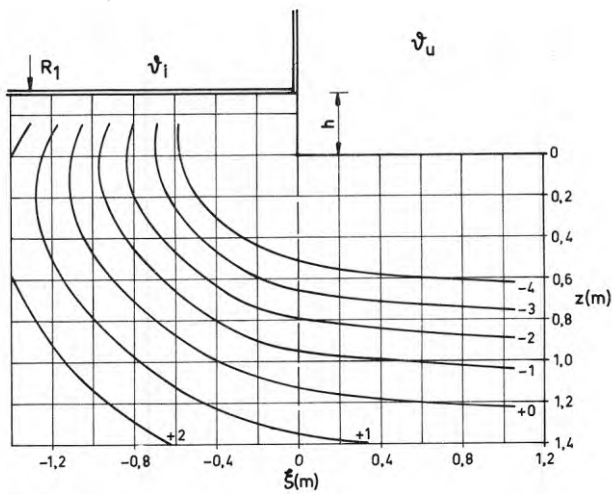


DIAGRAM 113 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Ingen sockelisolering

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermer 4 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u = -9.0 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

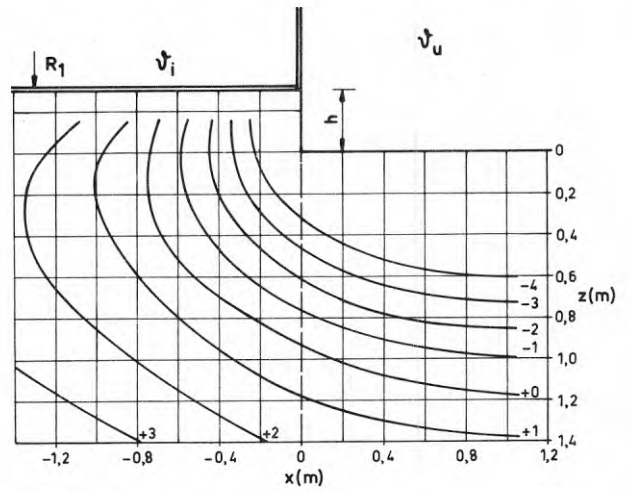


DIAGRAM 113 b

Data som DIAGRAM 113 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

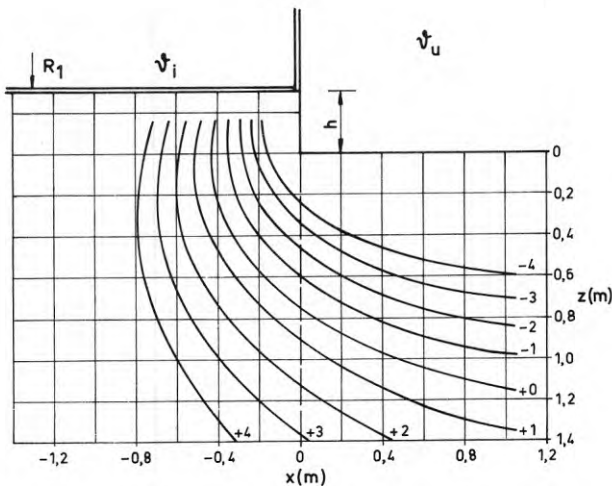


DIAGRAM 113 c

Data som DIAGRAM 113 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

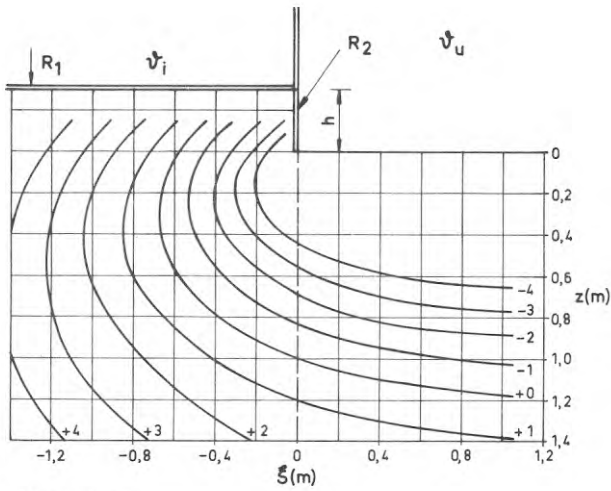


DIAGRAM 114 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG.6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_U = -9.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

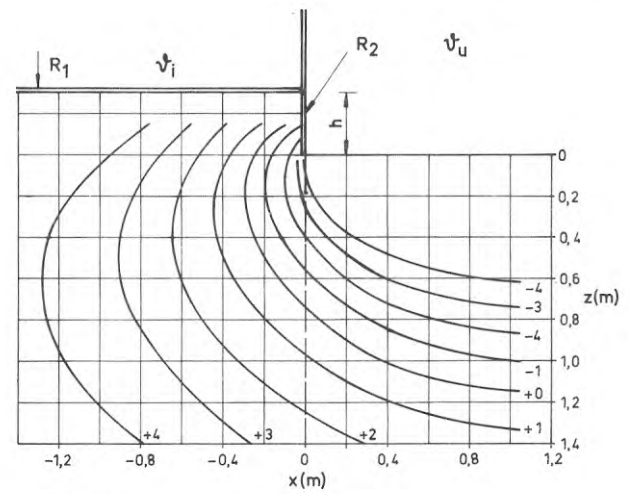


DIAGRAM 114 b

Data som DIAGRAM 114 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

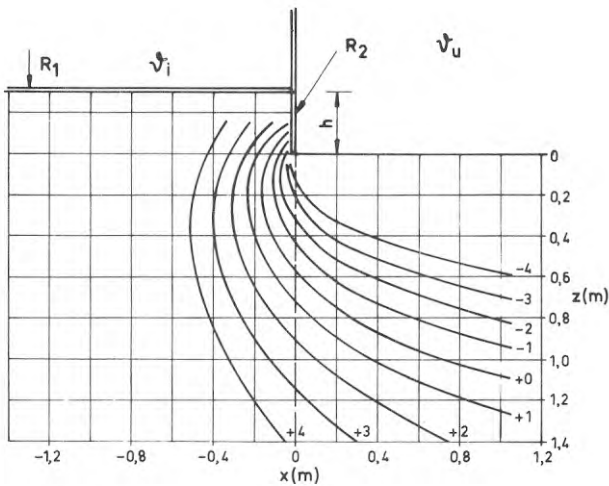


DIAGRAM 114 c

Data som DIAGRAM 114 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

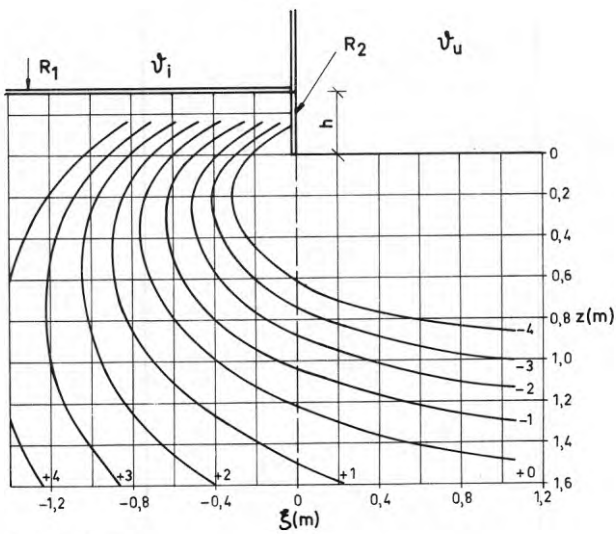


DIAGRAM 115 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG.6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 4 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\theta_u = -11.0 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$

(konstant)

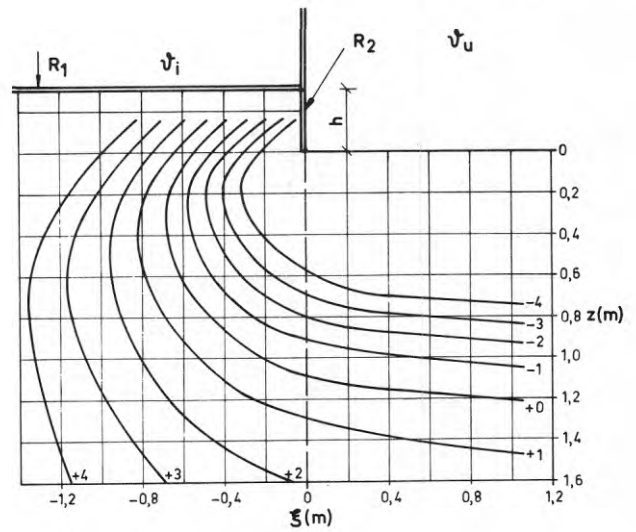


DIAGRAM 115 b

Data som DIAGRAM 115 a, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Isotermier 2 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\theta_u = -12.5 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$

(konstant)

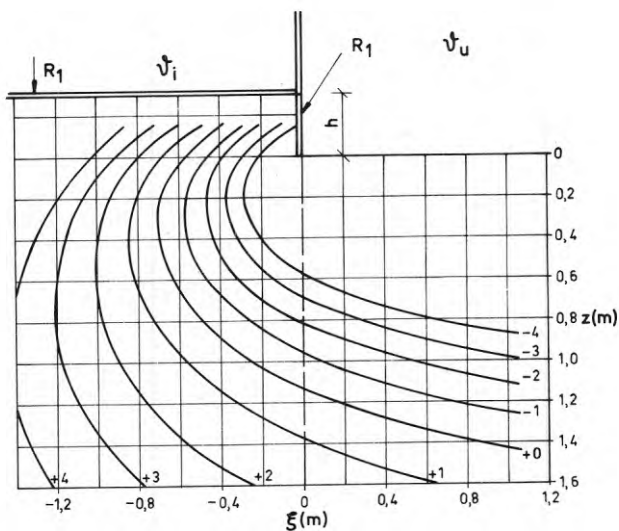


DIAGRAM 115 c

Data som DIAGRAM 115 a, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Isotermier 3 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\theta_u = -11.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$

(konstant)

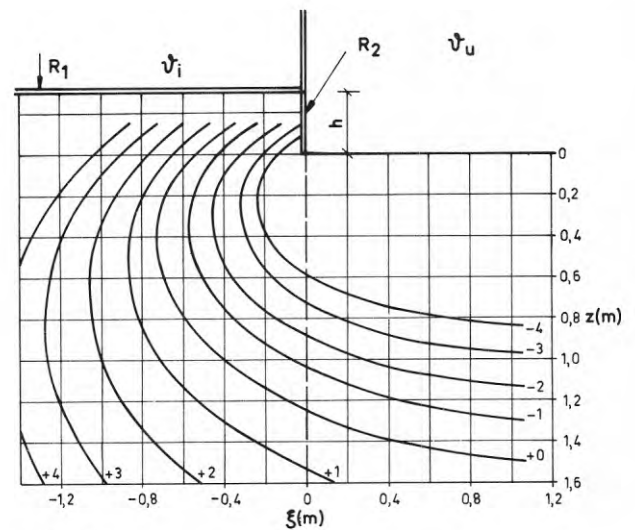


DIAGRAM 115 d

Data som DIAGRAM 115 a, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Isotermier 5 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\theta_u = -9.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$

(konstant)

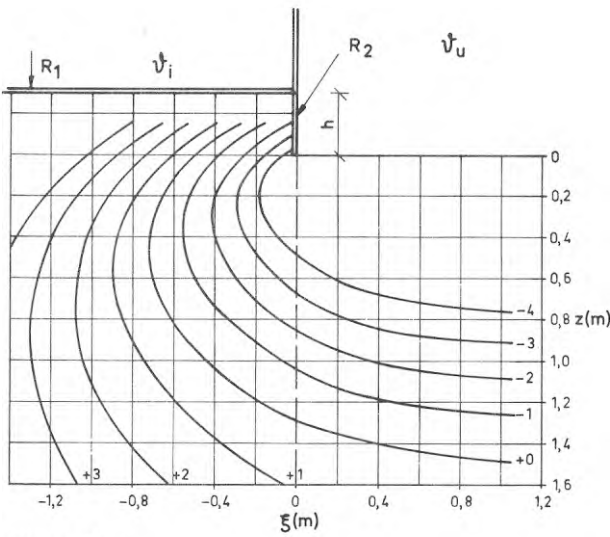


DIAGRAM 115 e

Data som DIAGRAM 115 a , koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Isotemer 6 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $v_u = -8.6 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $v_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

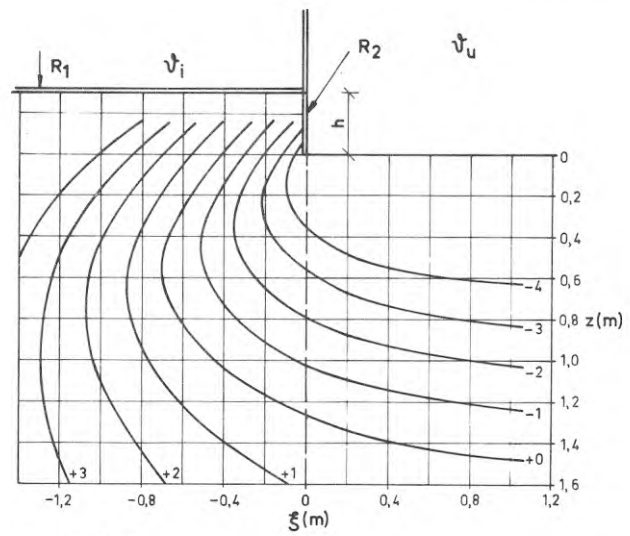


DIAGRAM 115 f

Data som DIAGRAM 115 a ,koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Isotemer 7 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $v_u = -7.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $v_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

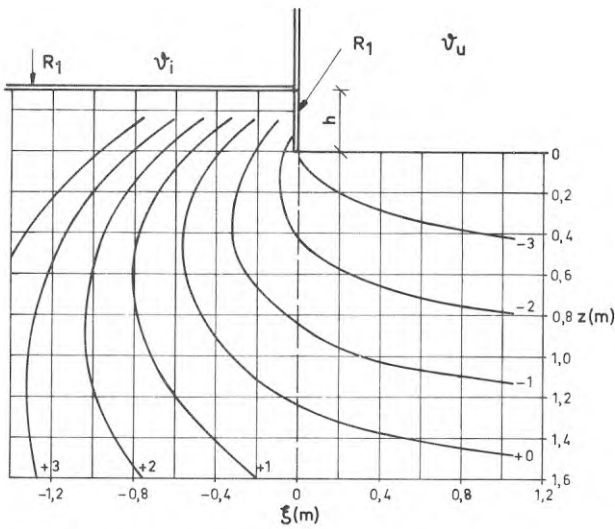


DIAGRAM 115 g

Data som DIAGRAM 115 a , koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Isotemer 9 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $v_u = -3.7 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $v_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

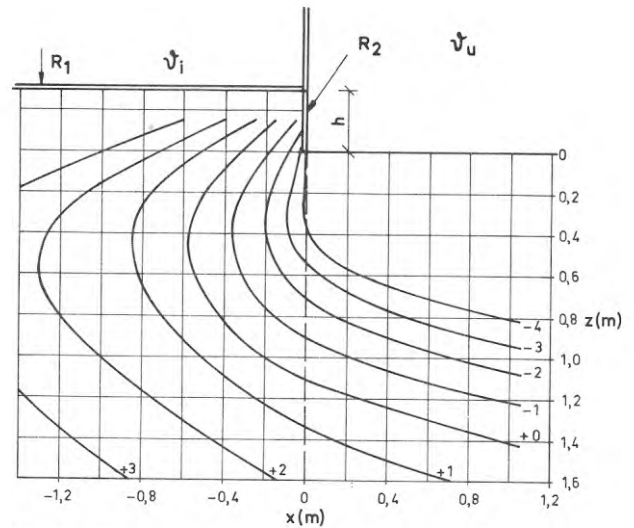


DIAGRAM 115 h

Data som DIAGRAM 115 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

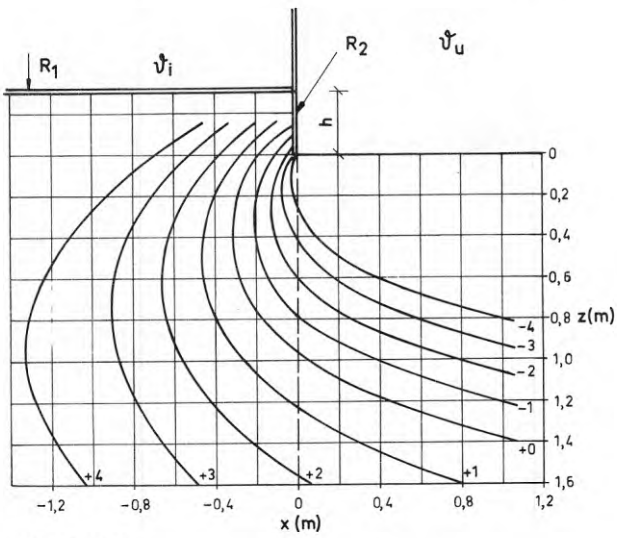


DIAGRAM 115 i

Data som DIAGRAM 115 a men gällande $y = -0.80$ m, koordinater enligt FIG. 6

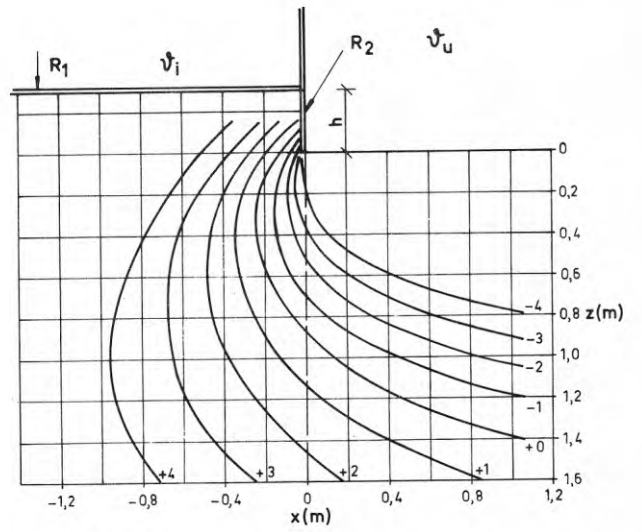


DIAGRAM 115 k

Data som DIAGRAM 115 a men gällande $y = -1.15$ m, koordinater enligt FIG. 6

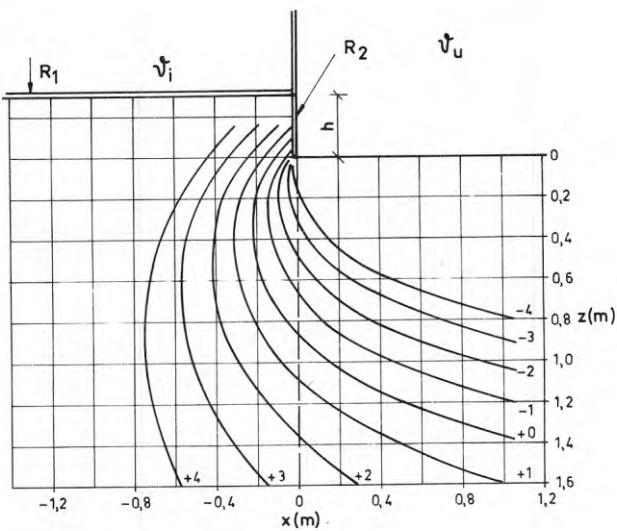


DIAGRAM 115 l

Data som DIAGRAM 115 a men gällande $y = -1.45$ m, koordinater enligt FIG. 6

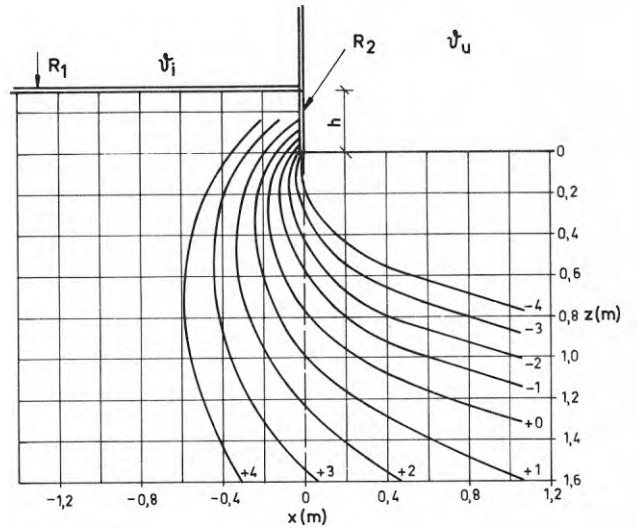


DIAGRAM 115 m

Data som DIAGRAM 115 a men gällande $y = -2.15$ m, koordinater enligt FIG. 6

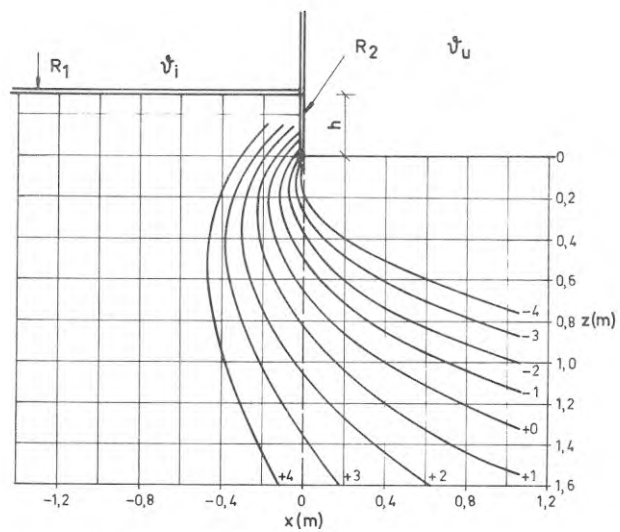


DIAGRAM 115 n

Data som DIAGRAM 115 a men gällande $y = -4.50$ m,
koordinater enligt FIG.6

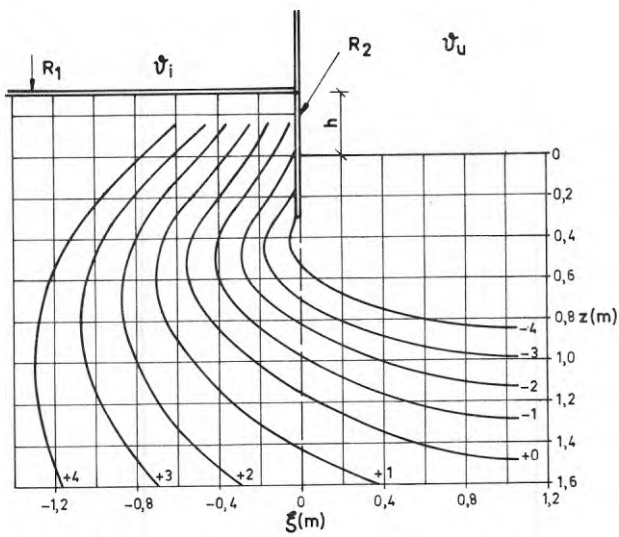


DIAGRAM 116 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$

Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 4 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u = -11.0 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$

(konstant)

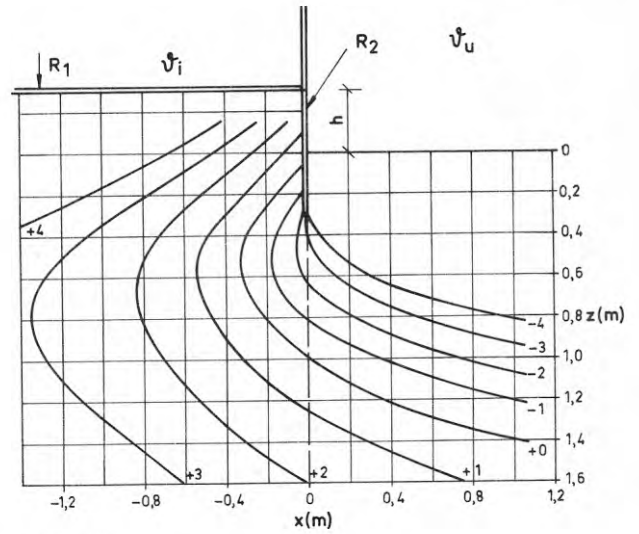


DIAGRAM 116 b

Data som DIAGRAM 116 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$, koordinater enligt FIG.6

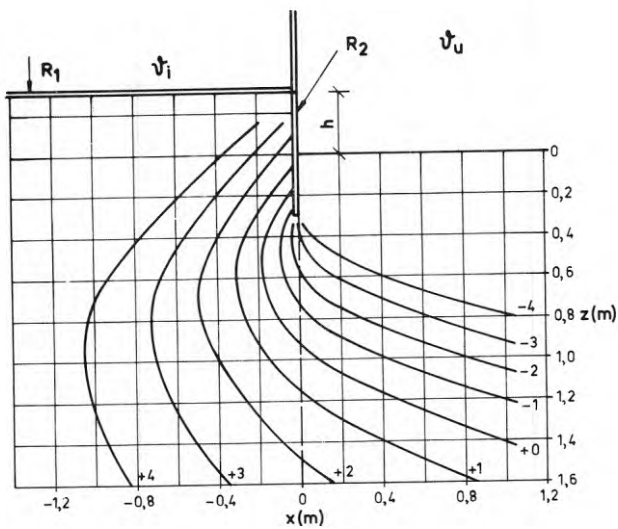


DIAGRAM 116 c

Data som DIAGRAM 116 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$, koordinater enligt FIG.6

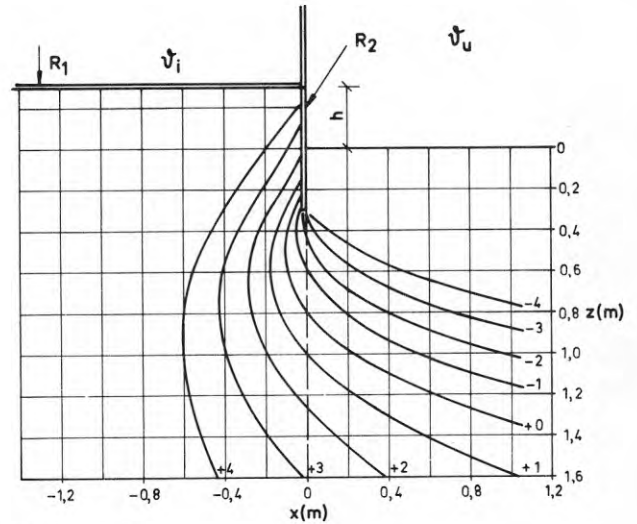


DIAGRAM 116 d

Data som DIAGRAM 116 a men gällande $y = -1.45 \text{ m}$, koordinater enligt FIG.6

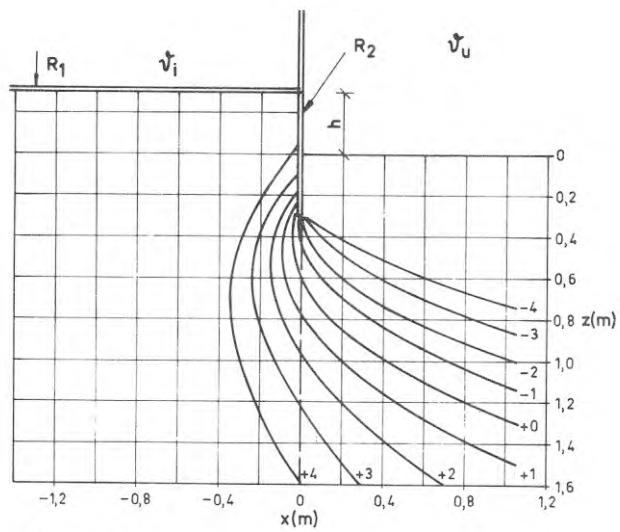


DIAGRAM 116 e

Data som DIAGRAM 116 a men gällande $y = -4.50$ m,
koordinater enligt FIG. 6

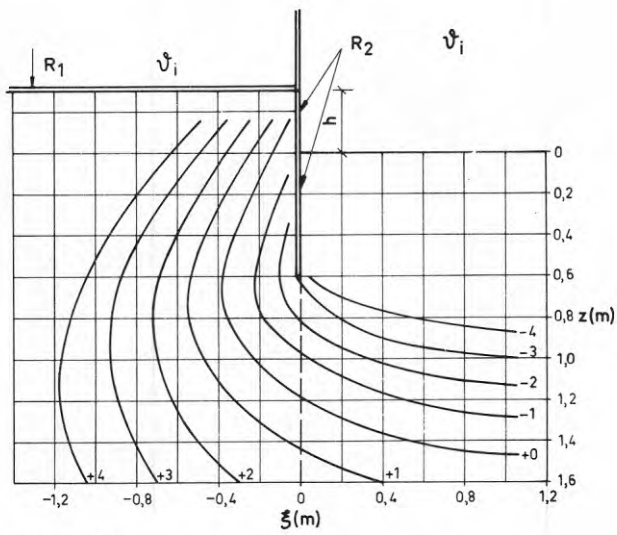


DIAGRAM 117 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG. 6

Snitt längs diagonal $x = y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Socketns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.6 \text{ m}$

Socketthöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotemer 4 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $t_u = -11.0 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
(konstant)

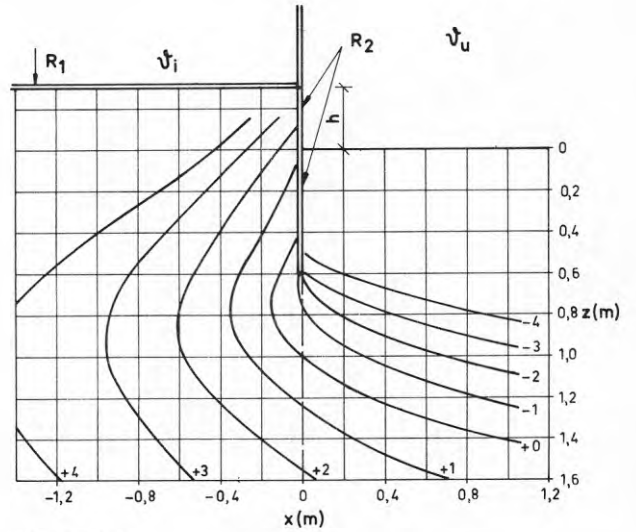


DIAGRAM 117 b

Data som DIAGRAM 117 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

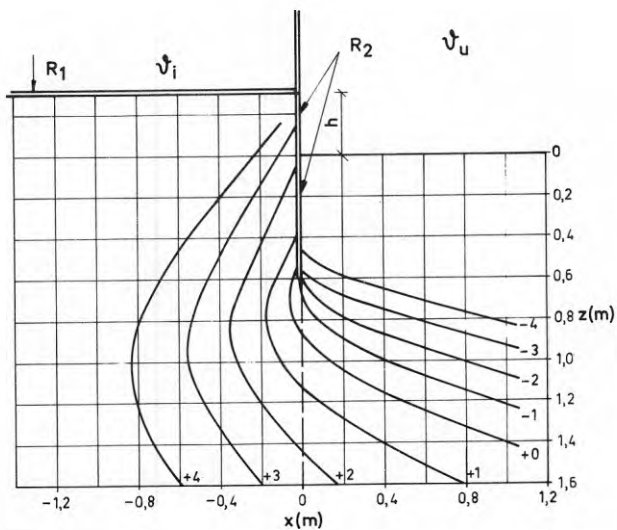


DIAGRAM 117 c

Data som DIAGRAM 117 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

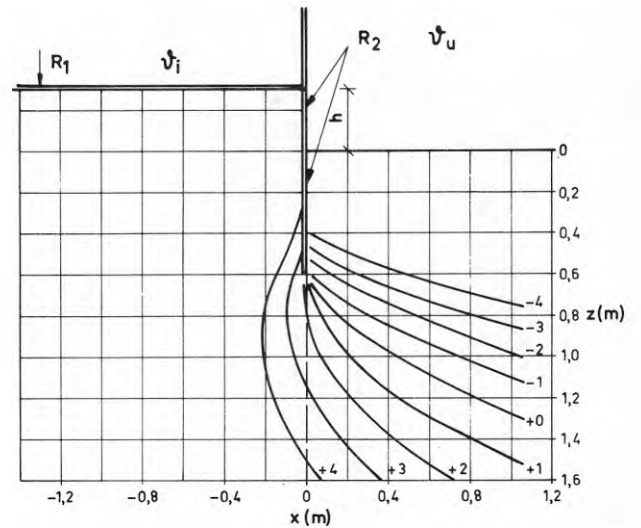


DIAGRAM 117 d

Data som DIAGRAM 117 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG. 6

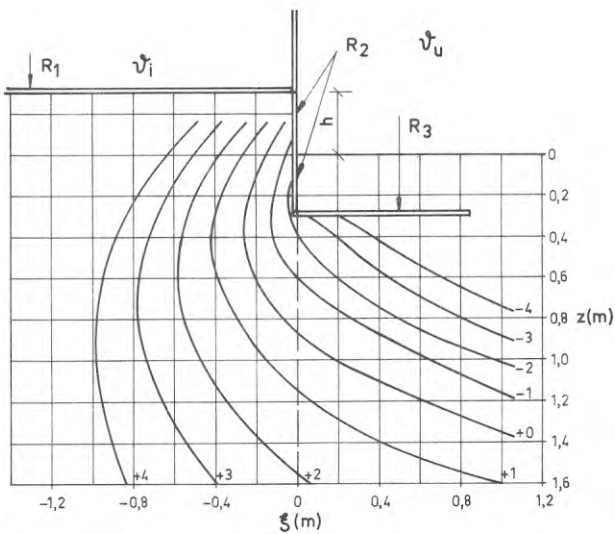


DIAGRAM 118 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö
 Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG.6
 Snitt längs diagonal $x = y$
 Golvet isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet
 Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$
 Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
 Markisolering: $R_3 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $0 \leq x \leq 0.6 \text{ m}$ ($0 \leq y \leq 0.6$)
 Jord: Lera I
 Isothermer 4 veckor efter lägsta utetemperatur
 Utetemperatur $\vartheta_u = -11.0 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
 (konstant)

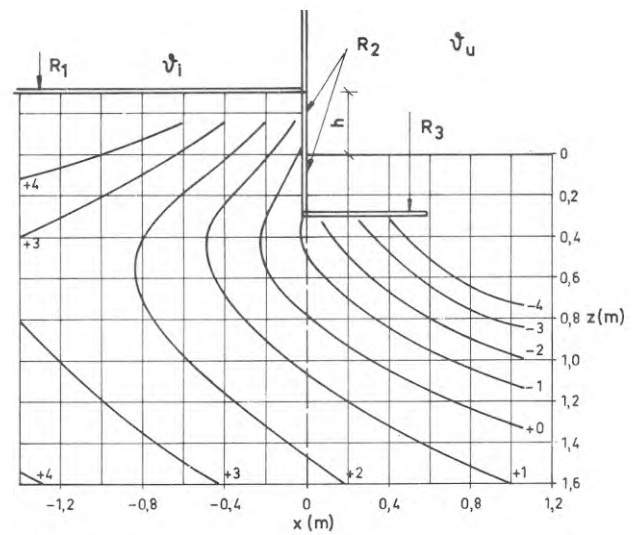


DIAGRAM 118 b

Data som DIAGRAM 118 a men gällande $y = -0.15 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

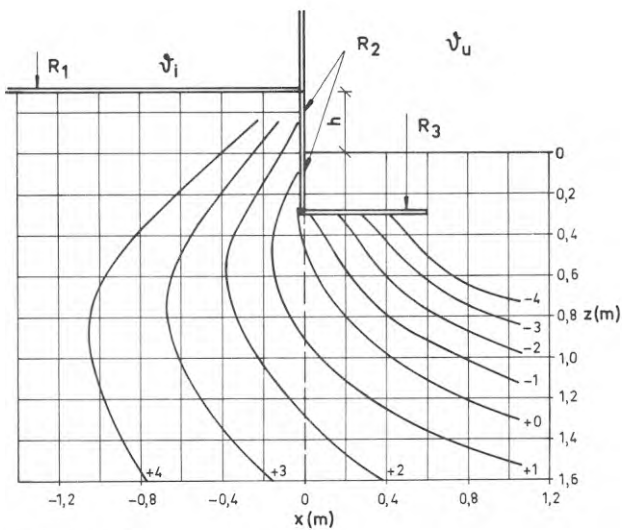


DIAGRAM 118 c

Data som DIAGRAM 118 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

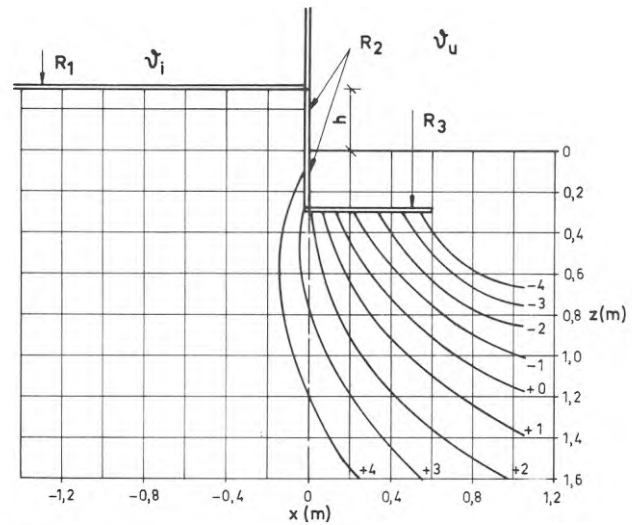


DIAGRAM 118 d

Data som DIAGRAM 118 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

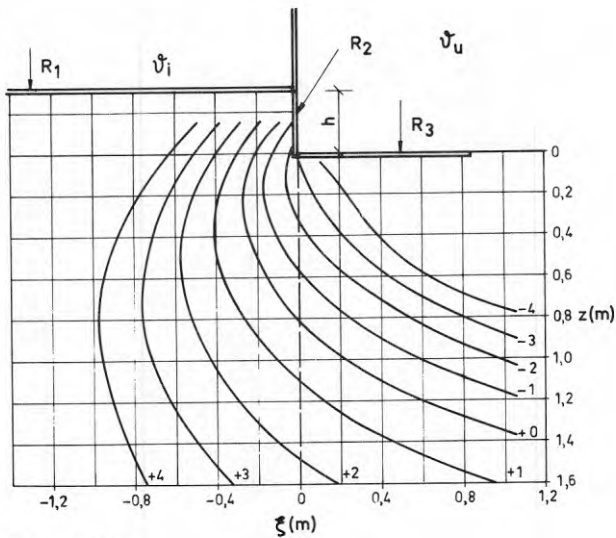


DIAGRAM 119 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta = 10×10 m, koordinater enligt FIG.6

Snitt längs diagonal ($x = y$)

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Socketns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0$ m

Socketlhöjd: $h = 0.3$ m

Markisolering: $R_3 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ på markytan för $0 \leq x \leq 0.6$ m ($0 \leq y \leq 0.6$)

Jord: Lera I

Isotermier 4 veckor efter lägsta utetemperatur

Utetemperatur $\vartheta_u = -11.0$ °C, innetemperatur $\vartheta_i = +20$ °C
(konstant)

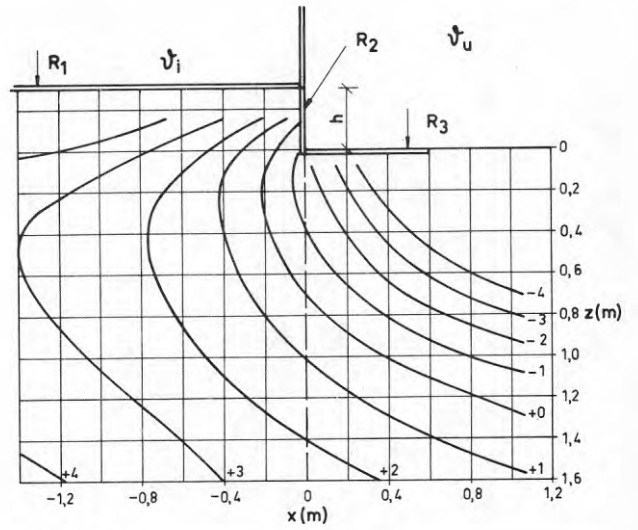


DIAGRAM 119 b

Data som DIAGRAM 119 a men gällande $y = -0.15$ m,
koordinater enligt FIG.6

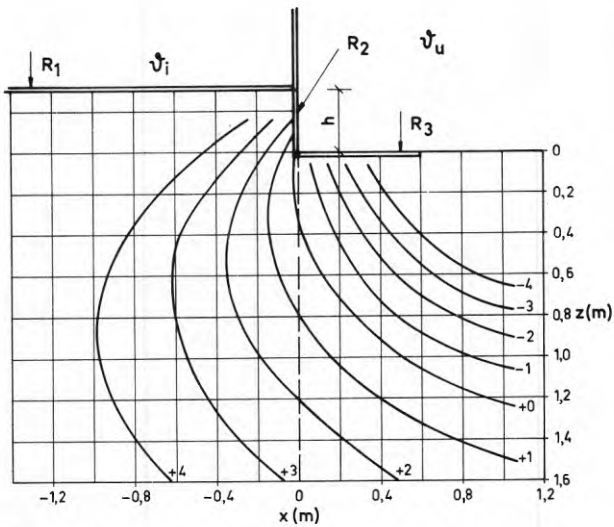


DIAGRAM 119 c

Data som DIAGRAM 119 a men gällande $y = -0.45$ m,
koordinater enligt FIG.6

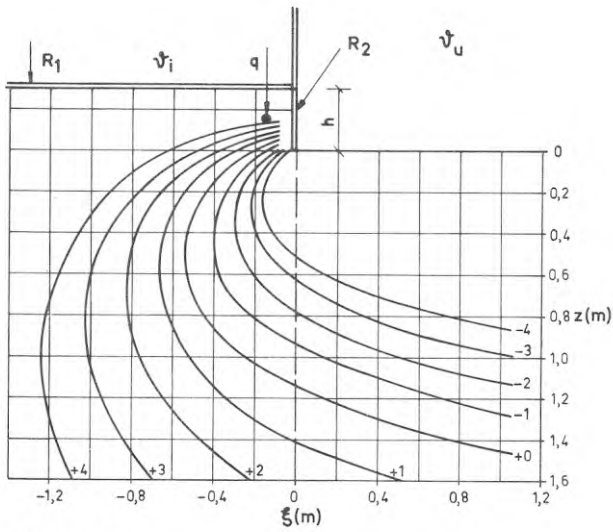


DIAGRAM 120 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö
 Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m , koordinater enligt FIG.6
 Snitt längs diagonal x = y
 Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet
 Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0 \text{ m}$
 Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
 Värmekabel: $q = 10 \text{ W/m}$
 Jord: Lera I
 Isothermer 4 veckor efter lägsta utetemperatur
 Utetemperatur $t_u = -11.0 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
 (konstant)

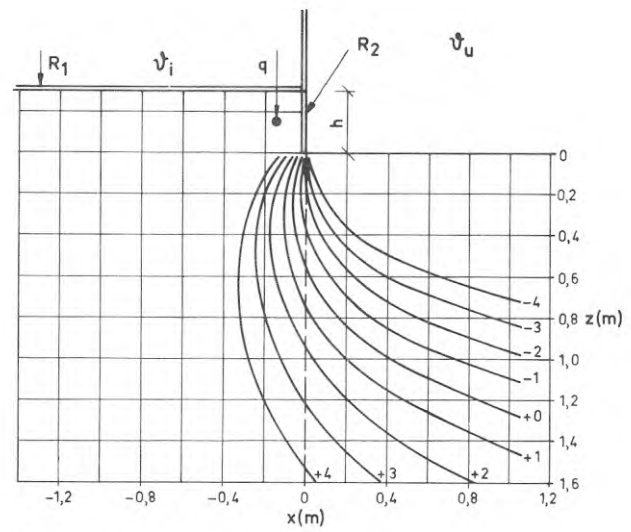


DIAGRAM 120 b

Data som DIAGRAM 120 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

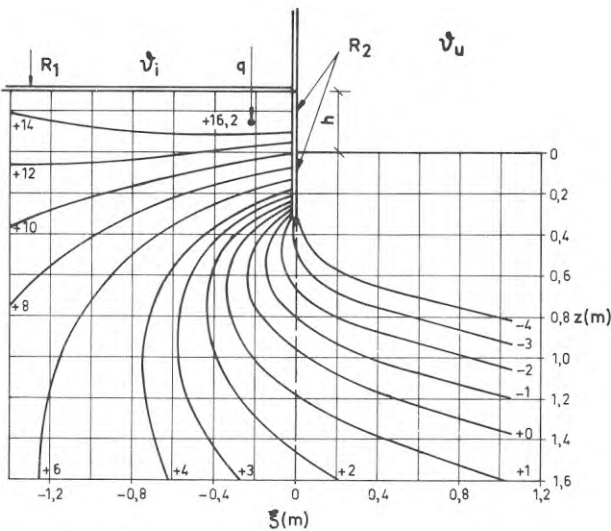


DIAGRAM 121 a

Härnösand, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö
 Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m , koordinater enligt FIG.6
 Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet
 Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$
 Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
 Värmekabel: $q = 20 \text{ W/m}$ när $t_u = +4.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (halva året) $x/y = -0.15 \text{ m}$,
 $z = -0.15 \text{ m}$
 Jord: Lera I
 Isothermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur
 Utetemperatur $t_u = -11.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
 (konstant)

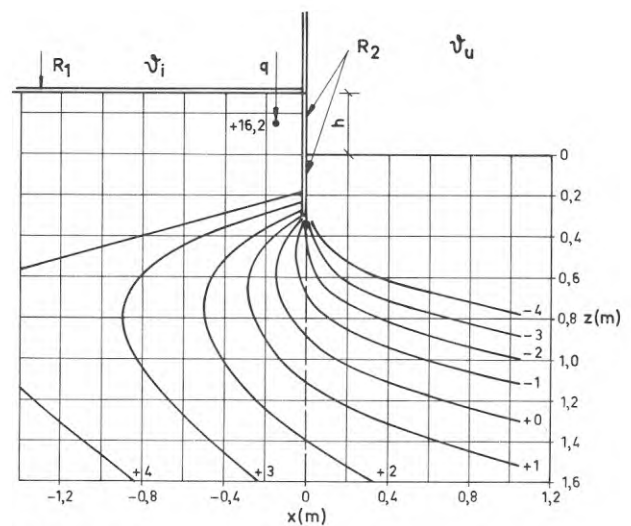


DIAGRAM 121 b

Data som DIAGRAM 121 a men gällande $y = -0.15 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

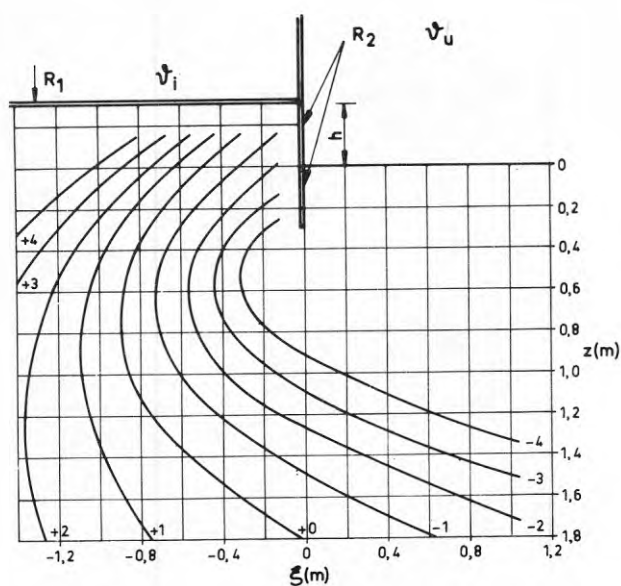


DIAGRAM 122 a

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta 10x10 m, koordinater enligt FIG.6

Snitt längs diagonal $x=y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Socketlns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$

Socketlhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Jord: Lera I

Isotermier 7 veckor efter lägsta utetemperatur

utetemperatur $\psi_u = -11.4 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\psi_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

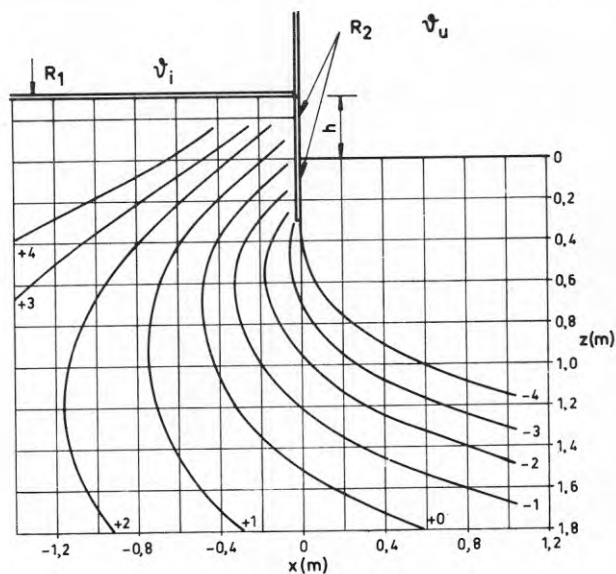


DIAGRAM 122 b

Data som DIAGRAM 122 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

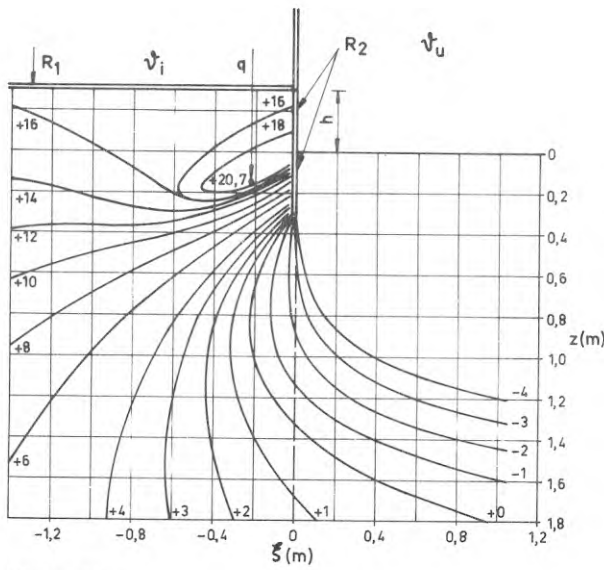


DIAGRAM 123 a

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö
 Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG.6
 Golvetets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet
 Sockelns isolering: $R_2 = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$
 Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
 Värmekabel: $q = 30 \text{ W/m}$ för $t_u \leq +1.6 \text{ }^\circ\text{C}$ (halva året) $x/y = -0.15 \text{ m}$,
 $z = +0.15 \text{ m}$
 Jord: Lera I
 Isothermer 4 veckor efter lägsta utetemperatur
 Utetemperatur $t_u = -15.8 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $t_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
 (konstant)

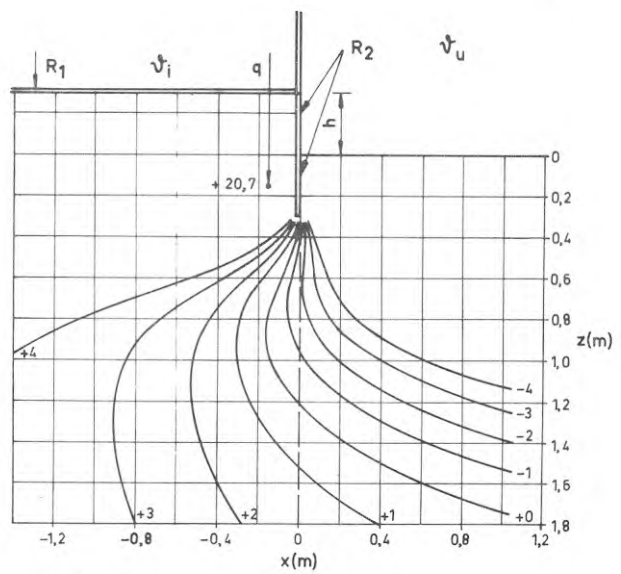


DIAGRAM 123 b

Data som DIAGRAM 123 a men gällande $y = -0.15 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

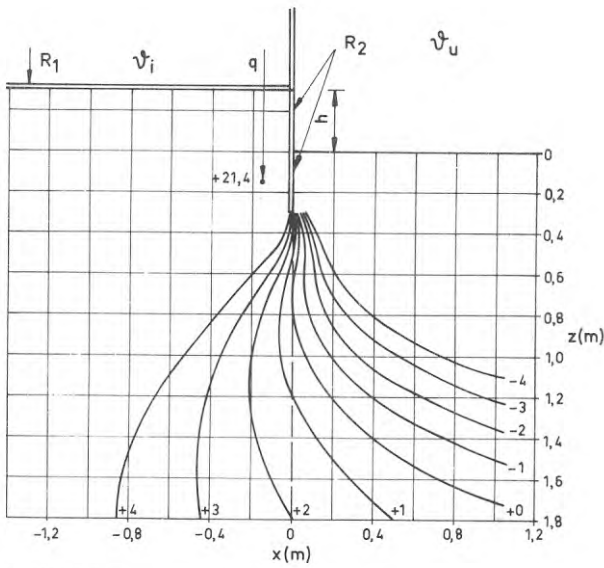


DIAGRAM 123 c

Data som DIAGRAM 123 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

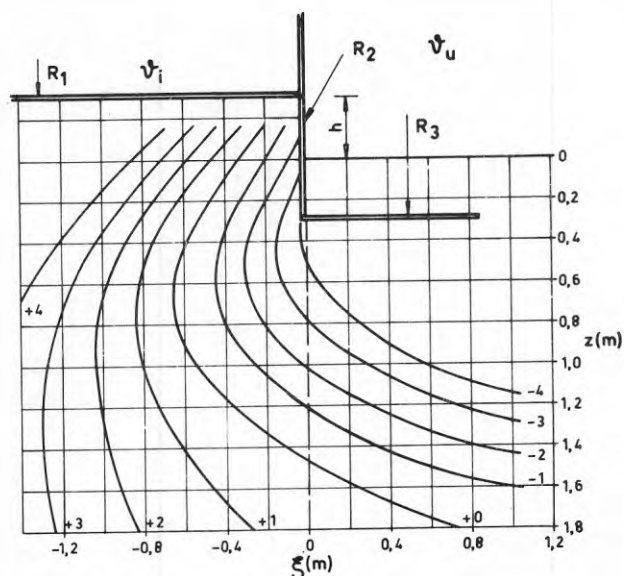


DIAGRAM 124 a

Haparanda, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö

Kvadratisk byggnad: planyta 10x10 m, koordinater enligt FIG.6

Snitt längs diagonal $x=y$

Golvets isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet

Socketns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$

Socketlhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$

Markisolering: $R_3 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $0 \leq x \leq 0.6 \text{ m}$ ($0 \leq y \leq 0.6$)

Jord: Lera I

Isotermier 6 veckor efter lägsta utetemperatur
utetemperatur $\theta_u = -13.1 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\theta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ (konstant)

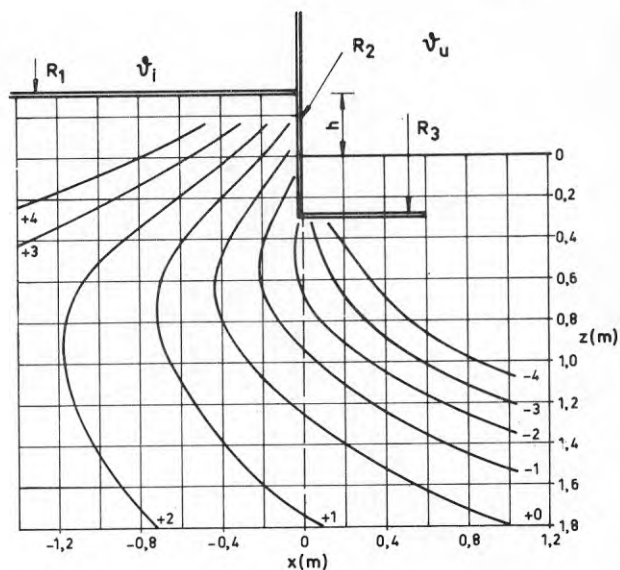


DIAGRAM 124 b

Data som DIAGRAM 124 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

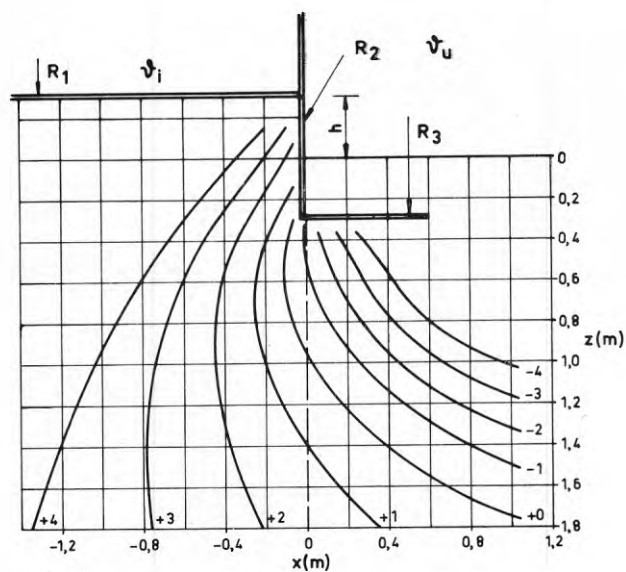


DIAGRAM 124 c

Data som DIAGRAM 124 a men gällande $y = -1.15 \text{ m}$,
koordinater enligt FIG.6

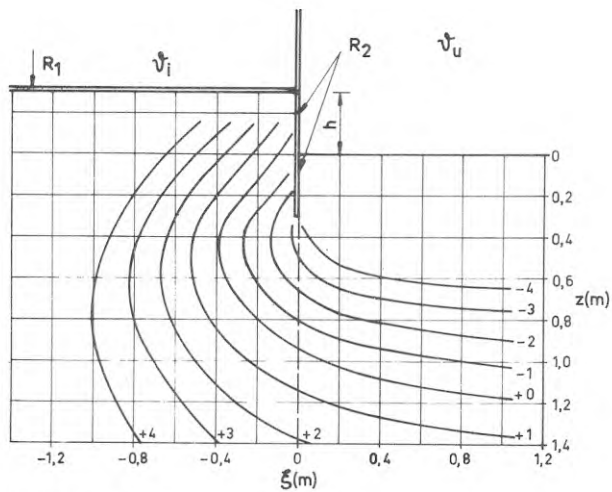


DIAGRAM 111 a

Stockholm, utetemperatur enligt cosinusfunktion, ingen snö
 Kvadratisk byggnad: planyta = 10x10 m, koordinater enligt FIG.6
 Snitt längs diagonal $x = y$
 Golvet isolering: $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ över hela golvet
 Sockelns isolering: $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för $-0.3 \leq z \leq 0.3 \text{ m}$
 Sockelhöjd: $h = 0.3 \text{ m}$
 Jord: Lera I
 Isothermer 3 veckor efter lägsta utetemperatur
 Utetemperatur $\psi_u = -9.9 \text{ }^\circ\text{C}$, innetemperatur $\psi_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$
 (konstant)

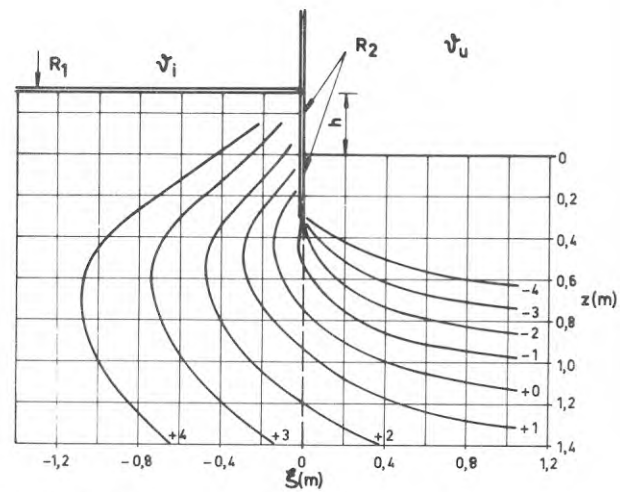


DIAGRAM 111 b

Data som DIAGRAM 111 a men gällande $y = -0.45 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

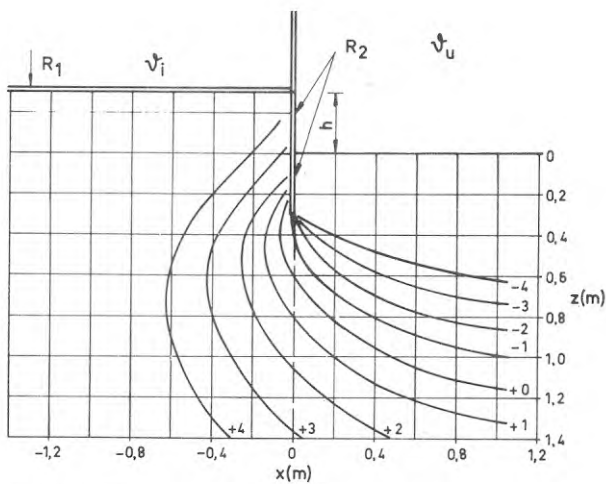


DIAGRAM 111 c

Data som DIAGRAM 111 a men gällande $y = -0.80 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

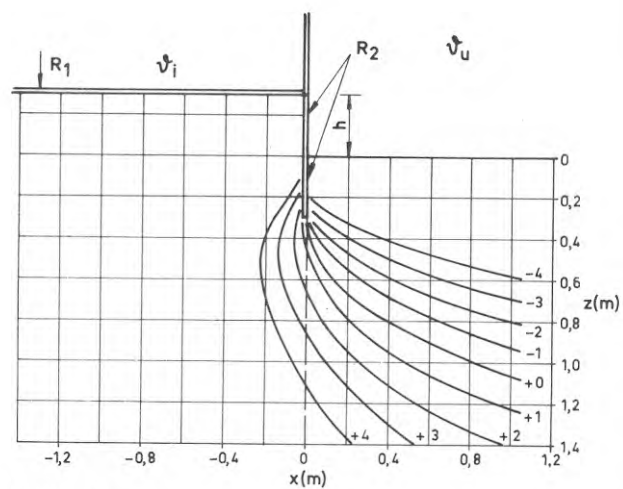


DIAGRAM 111 d

Data som DIAGRAM 111 a men gällande $y = -4.50 \text{ m}$,
 koordinater enligt FIG.6

R40: 1973

Denna rapport avser anslag C 351 från Statens råd för byggnadsforskning till institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH, Lund. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: konstruktion**

Pris: 22 kronor