



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

R41:1973

TEKNISKA HOGSKOLEN I LUND
SEKTORJEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

**Bjälklag på jord —
värmeisolering och
golvtemperaturer**

Bo Adamson

Byggforskningen

Bjälklag på jord – värmeisolering och golvtemperaturer

Bo Adamson

Vid grundläggning med bjälklag i kontakt med jord måste särskild hänsyn tas till bjälklagets värmeisolering. Man måste dimensionera värmeisoleringen dels så att golvtemperaturerna ej ger ytkondens annat än i yttersta undantagsfall, dels så att hygieniska olägenheter undviks genom att golvtemperaturerna ej blir för låga inom golvet vistelsezon.

Värmeövergången mellan rumsluft och golvyta är i verkligheten sämre än vad som normalt antas vid beräkningar. Konstruktioner, som man beräkningsmässigt har ansett acceptabla, har i verkligheten alltför låga golvtemperaturer.

Genom noggranna beräkningar har golvtemperaturer och värmeisolering beräknats för olika konstruktionsalternativ vid stationär strömning i två dimensioner och icke-stationär strömning i två och tre dimensioner. Eventuellt behov av värmeförskott genom värmekabel diskuteras. Femton olika konstruktionsalternativ avseende kantförstyvad betongplatta och grundmur med betongplatta behandlas. Golvtemperatur och värmemotstånd redovisas för varje konstruktionsalternativ. Även värmeisoleringsekonomi berörs. Rapporten är en fortsättning av "Bjälklag på jord – grundläggningsdjup", R40:1973, Statens institut för byggnadsforskning.

Erforderlig golvtemperatur

Ytkondens bör undvikas på golvet. I praktiken bör man kunna acceptera ytkondens under ett par dygn per år. Kondens är då i regel koncentrerad till en mycket liten zon intill yttervägg och kan knappast ge hygieniska obehag. Golvtemperaturerna inom vistelsezonen får ej heller bli för låga. Som gräns har satts att golvtemperaturen ej får vara lägre än +16°C mer än genomsnittligen fem dygn per år och att vistelse i zonen slutar 0.3 m från yttervägg. Rumsluften förutsättes då = 21°C.

Värmeövergång vid golv

Mätningar har visat att vid hörnrum i enplansbyggnader blir värmeövergången mellan rumsluft mitt i rummet och golvytan $\alpha_i = 1.5-2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, varvid den lägre siffran gäller mitt på golvet och den högre gäller i närheten av ytterväggshörnet. Mätningarna gäller tillstängda rum. Redovisade beräkningar bekräftar mätningarna.

Beräkningar

Beräkningarna omfattar dels icke-stationär tvådimensionell och tredimensionell värmeströmning vid såväl långa byggnader som kvadratiske byggnader, dels stationär tvådimensionell värmeströmning. Vid den icke-stationära värmeströmningen uppdelas jorden i rektanglar eller parallelepipeder och temperaturhöjningen under ett tidssteg beräknas med utgångspunkt från temperaturer vid tidsstegets början. Hänsyn tas till latent värme vid frysning och upptining samt olika värmekonduktivitet och värmekapacitet över och under frystemperaturen. Små sidlängder på rektanglar och parallelepipeder ger korta tidssteg och långa beräkningstider. Sidlängden har därför ej valts mindre än 0.3 m. Värmeflöden och golvtemperaturer har beräknats för 19 tvådimensionella fall och 14 tredimensionella fall. Variabler har varit geografiskt läge, bjälklagsisolering, sockelisolering och utvändigt horisontell markisolering.

För att man bättre skall kunna representera bjälklagskonstruktionen har beräkningar utförts med stationär tvådimensionell värmeströmning. Minsta sidlängd göres då = 1 m. Jämförelser mellan beräkningar med icke-stationär och stationär värmeströmning visar att man inom en zon på ca en meter från ytterväggen får mycket god överensstämmelse. Randvillkoren vid den stationära värmeströmningen tages då från ett fall med icke-stationär strömning.

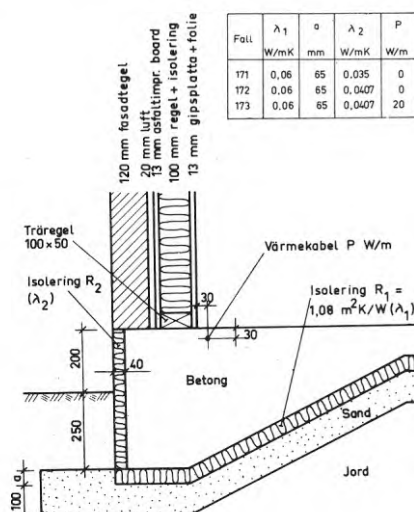


FIG. 1. Grundläggning med kantförstyvad platta.

Fall	λ_1 W/mK	ρ mm	λ_2 W/mK	P W/m
171	0,06	65	0,035	0
172	0,06	65	0,0407	0
173	0,06	65	0,0407	20

Byggnadsforskningen Sammanfattningar

R41:1973

Nyckelord:

grundläggning, platta på mark, värmeisolering av golv, golvtemperatur

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

Rapporten är en fortsättning av *Bjälklag på jord – grundläggningsdjup*, rapport R40:1973. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm.

UDK 728.3
69.025.1
699.86

SfB (16)
ISBN 91-540-2133-2

Sammanfattning av:

Adamson, B, 1973, *Bjälklag på jord – värmeisolering och golvtemperaturer*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R41:1973, 134 s., ill. 24 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

Det visas att värmemotståndet mellan en punkt på golvytan i närheten av ytterväggen och markytan utanför huset är praktiskt taget helt oberoende av randtemperaturerna i jorden och utetemperaturer, vilket ger beräkningarna stor generalitet.

Största värmeflöde under året

I närheten av sockeln har såväl golvisoleringens som sockelisoleringens värmemotstånd stor inverkan på värmeflödet och därmed även på golvtemperaturen.

I TAB. 1 visas största värmeflödet genom golvet på en kvadratisk byggnad med golvytan 10×10 m, belägen i Stockholm.

Golvet är värmeisolerat med värmemotståndet $R_1=1.08$ m²K/W och sockeln är ovan mark (0.3 m) värmeisolerad med $R_2=1.08$ m²K/W. Värmemotståndet $R=1.08$ m²K/W motsvarar ca 45 mm mineralullsisolering. Den kvadratiske byggnaden har i mitten ($x=y=0.5$ m) $q_{max}=3.1$ W/m². I närheten av yttervägg men långt från hörn ($x=4.85$, $y=0.5$ m) har den kvadratiske byggnaden $q_{max}=12.7$ W/m², vid yttervägghörn ($x=y=4.85$ m) har den $q_{max}=16.4$ W/m². Eftersom stora värmeflöden ger låga golvtemperaturer så får man vid $\alpha_i=2.5$ W/m²K ca 5°C lägre temperatur på golvet invid yttervägg än rumsluften och ca 1.5°C lägre golvtemperatur vid hörnet än längre bort från hörnet.

Golvtemperaturer vid betongplatta med kantförstyvning

I rapporten visas fall med bjälklagsisolering ovanför betongplattan, ingjuten i betongplattan och under betongplattan. Fall med fasadtegel + regelvägg och enbart regelvägg visas. Som exempel visas i FIG. 1 ett antal fall med värmeisolering under betongplattan och med kantbalkens utsida värmeisolerad. Temperaturen utomhus har satts till -13°C , vilket förekommer som dygnsmedelvärde i Stockholm ca 2 ggr per år (i Härnösand 13 och i Karlstad 6 ggr per år) och inomhus $+21^\circ\text{C}$. I TAB. 2 visas golvtemperaturerna vid värmeövergången mellan rumsluften och golvytan $\alpha_i=2.5$ W/m²K. Intill yttervägg ($x_1=0$) blir för fall 172 golvtemperaturen $+7.9^\circ\text{C}$. Vid denna temperatur erhålles ytkondensens om rumsluften har temperaturen $+21^\circ\text{C}$ och relativa fuktigheten = 43 %. Så låg relativ fuktighet är ovanlig vid utetemperaturer -13°C . På avståndet $x_1=330$ mm, dvs. där vistelsezonen

TAB. 1. Största värmeflöde (q_{max}) genom golvytan vid kvadratisk byggnad med planmått 10×10 m. Byggnaden är belägen i Stockholm och klimatförhållandena gäller ett år med kall, snöfattig vinter. Koordinaterna x och y är parallella med planens sidor och räknas från byggnadens mitt.

y m	Största värmeflöde q_{max} (W/m ²) i punkten x, y				
	x = 0.50	2.30	3.25	4.20	4.85 m
0.50	<u>3.1</u>	3.6	4.9	7.8	12.7
2.30	3.6	<u>4.3</u>	5.5	8.1	12.9
3.25	4.9	5.5	<u>6.4</u>	8.8	13.3
4.20	7.8	8.1	8.8	<u>10.8</u>	14.2
4.85	12.7	12.9	13.3	14.2	<u>16.4</u>

Understrukna siffror gäller byggnadens diagonal.

TAB. 2. Golvtemperaturer vid fallen 171–173, när utetemperaturer är -13°C , rumsluftens temperatur är $+21^\circ\text{C}$ och värmeövergången är $\alpha_i=2.5$ W/m²K. Beräkning med stationär tvådimensionell värmeledning och grundkonstruktion enligt FIG. 1.

Fall	Golvtemperaturer ($^\circ\text{C}$) på avstånd x_1 (mm) från vägg				
	$x_1 = 0$	30	130	330	917 mm
171	8.2	8.8	10.5	12.8	17.5
172	7.9	8.6	10.3	12.6	17.5
173	17.4	19.0	17.3	17.0	18.5

TAB. 3. Golvtemperaturer ($^\circ\text{C}$) vid fallen 355–359, när utetemperaturer är -13°C , rumsluftens temperatur är $+21^\circ\text{C}$ och värmeövergången är $\alpha_i=2.5$ W/m²K. Beräkning med stationär, tvådimensionell värmeledning och grundkonstruktion enligt FIG. 2.

Fall	Golvtemperaturer ($^\circ\text{C}$) på avstånd x_1 (mm) från vägg				
	$x_1 = 0$	34	101	289	814 mm
355	13.4	14.9	15.4	16.5	18.3
356	19.8	22.0	20.6	18.9	18.5
357	11.9	13.8	14.3	15.7	18.0
358	10.9	17.1	15.1	16.1	18.0
359	12.1	14.0	14.6	16.0	18.1

Fall	1	R_2	a	b	R_3	c	P
	W/m ² K	m ² K/W	mm	mm	m ² K/W	mm	W/m
355	0,256	1,0	70	800	1,0	40	0
356	0,582	0	-	-	0	-	20
357	0,582	0	-	-	1,0	40	0
358	0,582	0	-	-	2,0	80	0
359	0,582	1,0	70	800	1,0	40	0

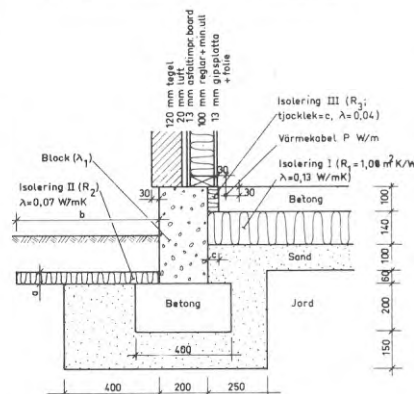


FIG. 2. Grundläggning med betongplatta och grundmur.

börjar ger både fall 171 och 172 för låga golvtemperaturer. Fall 173 ger golvtemperaturen $+17^\circ\text{C}$. Detta gäller lång byggnad. I rapporten visas att vid ytterhörn på avståndet 330 mm från ytterväggarnas insida fås en golvtemperatur något under $+16^\circ\text{C}$, vilket anses som hygieniskt acceptabelt. För Stockholm bör fall 173 vara acceptabelt, eftersom det förekommer endast två gånger om året. Fall 173 förutsätter en värmekabel med effekten 20 W/m vilket ger acceptabla golvtemperaturer över hela golvet – även intill yttervägg. Oisolerade varmvattenrör med temperaturen $+60^\circ\text{C}$ avger också ca 20 W/m.

Golvtemperaturer vid betongplatta och grundmur

Även för fallen med betongplatta som överför golvlasterna och grundmur som överför vägglasterna till jorden har fall med värmeisolering över och under betongplattan samt fall med olika ytterväggar studerats. Grundmuren har antagits bestå av dels betonghålblock dels lättklinkerblock på en betongsula. I FIG. 2 visas ett antal fall med yttervägg av fasadtegel och en inre regelvägg samt med lättklinkerisolering, $\lambda=0.13$ W/m.K ($=0.11$ kcal/h.m. $^\circ\text{C}$) under betongplattan. Även fall med markisolering visas.

Av TAB. 3 framgår att på avståndet $x_1=289$ mm från ytterväggs insida ger alla fallen golvtemperaturer över $+15^\circ\text{C}$. Endast fall 356 ger en golvtemperatur för $x_1=289$ mm som är över 17°C , vilket enligt föregående är nödvändigt för att få acceptabel golvtemperatur vid utåtgående hörn. Fall 356 har en värmekabel med 20 W/m och med lättklinkerblock, $\lambda_1=0.256$ W/m.K ($=0.22$ kcal/h.m. $^\circ\text{C}$), får golvet temperaturen $+18.9^\circ\text{C}$ på $x_1=289$ mm. Detta är onödigt högt och ca 15 W/m torde räcka för att uppnå $+17^\circ\text{C}$ vilket behövs i Stockholmsklimat.

Inverkan av markisoleringen kan studeras genom att jämföra fall 359 med fall 357. Markisoleringens bidrag till att höja golvtemperaturen är helt försumbart.

Lönsamhet för olika värmeisoleringsalternativ

För ett fall, vilket närmast är tillämpligt för Norrland, visas i rapporten lönsamheten av olika golv- och sockelisoleringar när man har dels oljeuppvärmning dels eluppvärmning.

Floor slabs on ground – thermal insulation and floor temperatures

Bo Adamson

National Swedish Building Research Summaries

R41:1973

When foundation is in the form of a floor slab in contact with the soil, particular attention must be paid to thermal insulation of the floor slab. Thermal insulation must be designed so that the floor temperatures do not cause surface condensation other than in extreme cases, and also in such a way that by ensuring that floor temperatures do not become too low inside the occupation zone of the floor, hygienic inconvenience is avoided.

The heat transfer between room air and floor surface is in actual fact lower than what is normally assumed in calculations. Structures which have been regarded acceptable on the basis of calculations have in actual fact far too low floor temperatures.

By means of accurate calculations, floor temperatures and thermal insulation have been computed for different alternative designs for stationary flow in two dimensions and non-stationary flow in two and three dimensions. The necessity of supplying additional heat by means of heating cables is discussed. Fifteen different designs relating to edge-stiffened concrete slabs and strip foundations in combination with concrete slabs are discussed. Floor temperatures and thermal resistances are shown for each alternative design. The thermal insulation economy is also dealt with. This report is a continuation of "Floor slabs on ground – foundation depth", R40:1973, National Swedish Institute for Building Research.

Required floor temperature

Surface condensation on the floor should be avoided. In practice, surface condensation is acceptable on two days in the year. Condensation is in such a case generally concentrated in a very small zone next to the external wall and is hardly likely to cause hygienic inconvenience. The occurrence of too low floor temperatures must also be avoided inside the occupation zone. The limit set is that the floor temperature must not be lower than +16°C for more than an average of five days in a year and that the occupation zone is assumed to finish at a distance of 0.3 m from the external wall. The room air is assumed to have a temperature of +21°C.

Heat transfer at the floor

Measurements have shown that in corner rooms of single-storey buildings, the surface coefficient of heat transfer (α_1) between the room air in the middle of the room and the floor surface is between 1.5 and 2.5 W/m²K, the lower figure being applicable in the

middle of the floor and the higher one near the corner of the external wall. The measurements apply to closed rooms. Reported calculations confirm the measurements.

Calculations

The calculations comprise non-stationary two-dimensional and three-dimensional heat flow for both long and square buildings, and also stationary two-dimensional heat flow. In the case of non-stationary heat flow, the soil is divided into rectangles or parallelepipeds and the rise in temperature during a time stage is calculated on the basis of the temperatures at the beginning of the time stage. The latent heat on freezing and thawing, and the differences in thermal conductivity and heat capacity above and below the freezing point, are taken into account. If the sides of rectangles and parallelepipeds are made too short, time stages become short and calculations excessively long. Sides shorter than 0.3 m have not been chosen for this reason. Heat flows and floor temperatures have been calculated for 19 two-dimensional and 14 three-dimensional cases. The variables were geographical position, floor slab insulation, bottom wall unit insulation and external horizontal ground insulation.

In order that the floor slab may be better represented, calculations have

Key words:

foundation, floor slab on ground, thermal insulation of floors, floor temperature

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.

The report is a continuation of *Floor slabs on ground – foundation depth*, report R40:1973. (National Swedish Institute for Building Research) Stockholm.

UDC 728.3
69.025.1
699.86
SfB (16)
ISBN 91-540-2133-2

Summary of:

Adamson, B, 1973, *Bjälklag på jord – värmeisolering och golvtemperaturer*. Floor slabs on ground – thermal insulation and floor temperatures. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R41:1973, 134 p., ill. Sw.Kr. 24.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

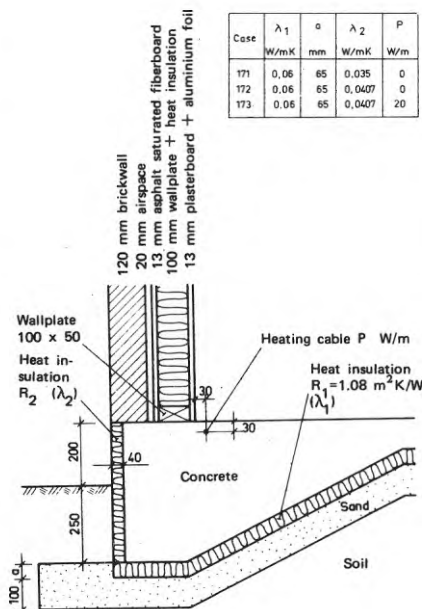


FIG. 1. Foundation on an edge-stiffened concrete slab.

been performed using stationary two-dimensional heat flow, the smallest side being 1 mm. Comparisons of calculations using non-stationary and stationary heat flows show that there is very good agreement between these within a zone about 1 metre from the external wall. The boundary conditions for the stationary heat flow case are taken from a case using non-stationary flow.

It is shown that the thermal resistance between a point on the floor surface in the vicinity of the external wall and that on the ground surface outside the building is practically independent of the boundary temperatures in the soil and of the outside temperature, and in view of this the calculations have wide general application.

Greatest heat flow during the year

In the vicinity of the bottom wall unit, the thermal resistances of both the floor insulation and the bottom wall unit insulation have a great influence on heat flow and thus also on the floor temperature.

TAB. 1 shows the greatest heat flow through the floor in a square building of plan area 10×10 m which is situated in Stockholm. The floor is thermally insulated with a thermal resistance $R_1 = 1.08$ m²K/W and the bottom wall unit is insulated above ground level (over a distance of 0.3 m) with a thermal resistance of $R_2 = 1.08$ m²K/W. A thermal resistance $R = 1.08$ m²K/W is equivalent to mineral wool insulation about 45 mm thick. TAB. 1 shows that $q_{max} = 3.1$ W/m² in the middle of a square building ($x=y=0.5$ m). In the vicinity of the external wall but a long way from the corner ($x=4.85$, $y=0.5$ m), the square building has $q_{max} = 12.7$ W/m² and at the corner of the external walls ($x=y=4.85$ m) $q_{max} = 16.4$ W/m². Since large heat flows cause floor temperatures to be low, floor temperatures in the vicinity of the external wall will be about 5°C lower than the air temperature. At the corner the floor temperature will be about 1.5°C lower than at a longer distance from the corner, in both cases when $\alpha_i = 2.5$ W/m²K.

Floor temperatures in the case of a concrete slab with edge stiffening.

The report examines cases where the floor slab insulation is laid above the slab, cast into the slab or laid underneath the slab. Cases of facing brickwork + stud panels and only stud panels are shown. FIG. 1 shows by way of example a number of cases where there is thermal insulation underneath the concrete slab and along the outside of the edge beam. The outside temperature has been put at -13°C which occurs in Stockholm as the daily mean about twice a year (13 times a year in Härnösand and 6 times a year in Karlstad), and the inside temperature at +21°C. TAB. 2 shows the floor temperatures when the coefficient of surface heat transfer between the room air and the floor surface is $\alpha_i = 2.5$ W/m²K. Next

TAB. 1. Greatest heat flow (q_{max}) through floor surface in a square building with an overall area of 10×10 m. The building is situated in Stockholm and the climatic conditions apply to a year with a cold winter and little snow cover. The co-ordinates x and y are parallel to the sides and are measured from the centre of the building.

y m	Greatest heat flow q_{max} (W/m ²) at the point x, y				
	x = 0.50	2.30	3.25	4.20	4.85 m
0.50	<u>3.1</u>	3.6	4.9	7.8	12.7
2.30	3.6	<u>4.3</u>	5.5	8.1	12.9
3.25	4.9	5.5	<u>6.4</u>	8.8	13.3
4.20	7.8	8.1	8.8	<u>10.8</u>	14.2
4.85	12.7	12.9	13.3	14.2	<u>16.4</u>

Figures which are underlined refer to the diagonal of the building.

TAB. 2. Floor temperatures in Cases 171-173, the outside temperature being -13°C, the room air temperature +21°C and the coefficient of surface heat transfer $\alpha_i = 2.5$ W/m²K. Calculations with stationary two-dimensional heat flow and foundation structure as shown in FIG. 1.

Case	Floor temperature (°C) at distance x_1 (mm) from the wall				
	$x_1 = 0$	30	130	330	917 mm
171	8.2	8.8	10.5	12.8	17.5
172	7.9	8.6	10.3	12.6	17.5
173	17.4	19.0	17.3	17.0	18.5

TAB. 3. Floor temperatures (°C) in Cases 355-359, the outside temperature being -13°C, room air temperature +21°C and the coefficient of surface heat transfer $\alpha_i = 2.5$ W/m²K. Calculations with stationary two-dimensional heat flow and foundation structure in FIG. 2.

Case	Floor temperature (°C) at distance x_1 (mm) from the wall				
	$x_1 = 0$	34	101	289	814 mm
355	13.4	14.9	15.4	16.5	18.3
356	19.8	22.0	20.6	18.9	18.5
357	11.9	13.8	14.3	15.7	18.0
358	10.9	17.1	15.1	16.1	18.0
359	12.1	14.0	14.6	16.0	18.1

Case	1	R_2	a	b	R_3	c	P
	W/mK	m ² K/W	mm	mm	m ² K/W	mm	W/m
355	0,256	1,0	70	600	1,0	40	0
356	0,582	0	-	-	0	-	20
357	0,582	0	-	-	1,0	40	0
358	0,582	0	-	-	2,0	80	0
359	0,582	1,0	70	600	1,0	40	0

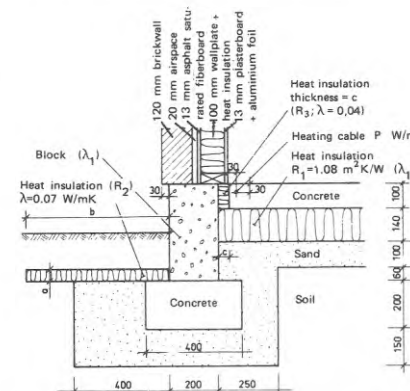


FIG. 2. Foundation on a concrete slab combined with a foundation wall.

to the external wall ($x_1=0$), the floor temperature in Case 172 is +7.9°C. At this temperature surface condensation occurs if the room air has a temperature of +21°C and a relative humidity of 43 %. Such a low relative humidity is uncommon for outside temperatures of -13°C. At a distance of $x_1 = 330$ mm, i.e. where the occupation zone begins, the floor temperatures in both Case 171 and Case 172 are too low. Case 173 gives a floor temperature of +17°C. This applies to a long building. The report shows that at the corner of the external wall, at a distance of 330 mm from the inside of the external wall, the floor temperature is somewhat below +16°C which is regarded as hygienically acceptable. For Stockholm, Case 173 should be acceptable since it occurs only twice a year. Case 173 presupposes that there is a heating cable giving 20 W/m, which gives acceptable floor temperatures over the whole floor, even next to the external wall. An uninsulated hot water pipe with a temperature of +60°C also emits about 20 W/m.

Floor temperatures in the case of a concrete slab in combination with a strip foundation

Even in the case of a concrete slab which transfers the floor loads and strip foundations which transfer the wall loads, the effects of thermal insulation laid on top and underneath the concrete slab and of different external wall constructions have been studied. The foundation walls have been assumed to consist of either hollow concrete blocks or lightweight clinker blocks on a concrete footing. FIG. 2 shows a number of cases with external walls of facing brickwork and inner stud panels along with lightweight clinker blocks in the foundation wall, $\lambda = 0.13$ W/mK (= 0.11 kcal/h, m,°C), below the concrete slab. Cases with ground insulation are also shown.

It will be seen from TAB. 3 that, at a distance of $x_1 = 289$ mm from the inside of the external wall, all cases give floor temperatures of more than +15°C. Only in Case 356 is the floor temperature at $x_1 = 289$ mm higher than 17°C, which is necessary, as shown above, for the floor temperature at an external corner to be acceptable. Case 356 has a heating cable emitting 20 W/m, and with lightweight clinker blocks of $\lambda_1 = 0.256$ W/mK (= 0.22 kcal/h, m,°C) the temperature of the floor is +18.9°C at $x_1 = 289$ mm. This is unnecessarily high, and approximately 15 W/m would be sufficient to produce about +17°C.

The influence of ground insulation may be studied by comparing Cases 357 and 359. The contribution of ground insulation to a rise in floor temperature is quite negligible.

Economy of different thermal insulation alternatives

For a case which is applicable to northern Sweden, the report shows the economy of different floor and bottom wall unit insulations, both for oil fired heating and electric heating.

Rapport R41:1973

BJÄLKLAG PÅ JORD —
VÄRMEISOLERING OCH GOLVTEMPERATURER

FLOOR SLABS ON GROUND
THERMAL INSULATION AND FLOOR TEMPERATURES

av Bo Adamson

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

Rotobekman AB, Stockholm 1973

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2133-2

INNEHÅLL

FÖRORD	5
BETECKNINGAR	6
SYMBOLS	8
CAPTIONS	10
1 ERFORDERLIG GOLVTEMPERATUR	17
1.1 Undvikande av ytkondens.	17
1.2 Hygieniska temperaturkrav.	19
2 VÄRMEÖVERGÅNG VID GOLV	20
2.1 Värmeövergång vid strålning och konvektion	20
2.2 Experimentell bestämning av värmeövergång.	22
2.3 Approximativ beräkning av värmeövergång vid golv	24
3 ICKE STATIONÄR VÄRMESTRÖMNING VID LÅNGA BYGGNADER.	32
3.1 Beräkningsmetod.	32
3.2 Värmeflöden och värmemotstånd.	38
3.3 Lägsta golvtemperaturer.	40
4 ICKE STATIONÄR VÄRMESTRÖMNING VID KVADRATISKA BYGGNADER.	41
4.1 Beräkningsmetod.	41
4.2 Värmeflöden och värmemotstånd.	41
4.3 Lägsta golvtemperaturer.	46
5 GOLVTEMPERATURER OCH VÄRMEMOTSTÅND INTILL YTTERVÄGG, BERÄKNADE VID STATIONÄR VÄRMESTRÖMNING	48
5.1 Beräkningsmetod.	48
5.2 Jämförelse med beräkningsmetod för icke stationär värme- strömning	49
5.3 Inverkan av cellstorlek samt rand- och utetemperaturer på värme- motståndet mellan golvyta och ytteryta	49
5.4 Inverkan av värmeövergången α_i på värmemotståndet mellan golv- yta och ytteryta	55
5.5 Omräkning av värmeflöden och golvtemperaturer till andra inomhus- eller utomhustemperaturer samt för utåtgående hörn	55

5.6	Golvtemperaturer och värmemotstånd vid betongplatta med kantförstyvning	57
5.7	Golvtemperaturer och värmemotstånd vid betongplatta och grundmur. .	63
6	VÄRMEISOLERINGSEKONOMI.	67
6.1	Värmeförluster under uppvärmningssäsongen	67
6.2	Lönsamhet för olika isoleringsalternativ.	69
7	LITTERATUR	73
8	BILAGA 1: LÅNG BYGGNAD MED BREDD 10 M - TABELLER ÖVER STÖRSTA OCH MINSTA VÄRMEFLÖDE UNDER ÅRET, JORDENS OCH GRUNDKONSTRUKTIONENS VÄRMEMOTSTÅND SAMT LÄGSTA GOLVTEMPERATURER	74
9	BILAGA 2: KVADRATISK BYGGNAD MED PLANRYTA 10 x 10 M - TABELLER ÖVER STÖRSTA VÄRMEFLÖDE UNDER ÅRET, JORDENS OCH GRUNDKONSTRUKTIONENS VÄRMEMOTSTÅND SAMT LÄGSTA GOLVTEMPERATURER.	79
10	BILAGA 3: BETONGPLATTA MED KANTFÖRSTYVNING - TABELLER ÖVER GOLVTEMPERATURER OCH VÄRMEMOTSTÅND VID OLIKA KONSTRUKTIONSLTERNATIV. .	89
11	BILAGA 4: BETONGPLATTA OCH GRUNDMUR - TABELLER ÖVER GOLVTEMPERATURER OCH VÄRMEMOTSTÅND VID OLIKA KONSTRUKTIONSLTERNATIV	119

FÖRORD

Vid institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH, pågår sedan några år forskning rörande småhusgrundläggning med anslag från Statens råd för byggnadsforskning (C 351). Föreliggande rapport omfattar teoretiska studier av golvtemperaturer och värmeflöden vid bjälklag på jord. Beräkningarna har skett med datorprogram utarbetade av tekn.l.c. Johan Claesson, civiling. Bengt Eftring och civiling. Stellan Brodén i samarbete med ämnet Matematisk fysik vid LTH under ledning av professor Sven Gösta Nilsson.

Vid beräkningsarbetet har Johan Claesson, Bengt Eftring och laboratorieingenjör Per-Göran Larsson skött inmatningen av beräkningsfallen.

Det är förf. förhoppning att denna rapport skall ge idéer till nya konstruktioner som ger ett gott inomhusklimat helst i kombination med låga kostnader.

Tack riktas till Johan Claesson, Bengt Eftring och Per-Göran Larsson samt till fru Ulla Dahlbeck för renritning och frk Marianne Hagberg för utskrivning av manuskript.

Lund i september 1972

Bo Adamson

BETECKNINGAR

c	specifikt värme	Wh/kgK
l	längd	m
p	vattenångans partialtryck	mmHg
p_m	vattenångans partialtryck vid full mättnad	mmHg
q	värmefflöde: genom tak = q_t , genom golv = q_g , genom vägg l = q_{v1}	W/m^2
q_{max}	största värmefflöde under året	W/m^2
q_{min}	minsta värmefflöde under året	W/m^2
$q_{x,t}$	värmefflöde i punkten x vid tidpunkten t	W/m^2
t	tidskoordinat	h
x y z	längdkoordinater	m
$x_1 y_1$	avstånd från ytterväggs insida	m
A	area	m^2
C	specifikt värme = c_p	Wh/ m^3K
C_s	strålningstal vid svart kropp = 5.68	$W/m^2 (K \cdot 10^{-2})_{,4}$
F_{mn}	vinkelkoefficient för ytan n sedd från ytan m	
G	värmeledningskoefficient mellan rektanglars mittpunkter, ekv.(16)	W/mK
H	enligt ekv.(5) och (6)	
P	värmeförlust till yta	W
Q_u	värmeförlust under uppvärmningssäsong	Wh/år
R	värmemotstånd	m^2K/W
R''	värmemotstånd vid tvådimensionell värmeströmning	m^2K/W
R'''	värmemotstånd vid tredimensionell värmeströmning	m^2K/W
R_j	jordens och grundkonstruktionens värmemotstånd exklusive bjälklagets värmemotstånd	m^2K/W
S	värmekapacitet	Wh/mK
T	temperatur	K
T_n	temperatur på ytan n	K
T_{om}	medelstrålningstemperatur för flera ytor	K

α	värmeövergångskoefficient på grund av strålning och konvektion ($=\alpha_k + \alpha_s$)	W/m^2K
α_g	α -värde för golv	W/m^2K
α_i	α -värde för inneryta	W/m^2K
α_k	värmeövergångskoefficient på grund av konvektion	W/m^2K
α_s	värmeövergångskoefficient på grund av strålning	W/m^2K
α_u	α -värde vid ytteryta	W/m^2K
ε	emission vid rumstemperatur	
ε_{res}	resulterande emission mellan två ytor	$^{\circ}C$
ϑ	temperatur	$^{\circ}C$
ϑ_g	golvytans temperatur	$^{\circ}C$
ϑ_g^{II}	golvytans temperatur vid tvådimensionell värme-strömning	$^{\circ}C$
ϑ_g^{III}	golvytans temperatur vid tredimensionell värme-strömning	$^{\circ}C$
ϑ_i	lufttemperatur inomhus	$^{\circ}C$
ϑ_n	temperatur på ytan n	$^{\circ}C$
ϑ_{om}	medelstrålningstemperatur för flera ytor	$^{\circ}C$
ϑ_t	takytans temperatur	$^{\circ}C$
ϑ_u	lufttemperatur utomhus	$^{\circ}C$
ϑ_{v1}	väggytans 1 temperatur	$^{\circ}C$
λ	värmeledningskoefficient	W/mK
ξ	längdkoordinat (FIG.7)	m
ρ	densitet	kg/m^3
φ	relativ fuktighet (%)	
Δt	tidsstegets längd	h
$\Delta x \Delta y \Delta z$	cellernas sidlängd	m
$\Delta \vartheta$	temperaturskillnad	$^{\circ}C, K$

SYMBOLS

c	specific heat	Wh/kgK
l	length	m
p	partial pressure of water vapour	mm Hg
p_m	partial pressure of water vapour on complete saturation	mm Hg
q	heat flow rate: through roof = q_t , through floor = q_g , through wall = q_v	W/m^2
q_{max}	greatest heat flow rate during the year	W/m^2
q_{min}	least heat flow rate during the year	W/m^2
$q_{x,t}$	heat flow rate at point x at time t	W/m^2
t	time co-ordinate	h
x y z	co-ordinates of length	m
$x_1 y_1$	distance from inside of external wall	m
A	area	m^2
C	specific heat = c_g	Wh/m^3K
C_s	radiation constant for black body = 5.68	$W/m^2(K \cdot 10^{-2})^4$
F_{mn}	angle coefficient for surface n when viewed from the surface m	
G	thermal conductance between the midpoints of the rectangles, Equation (16)	W/mK
H	according to Equations (5) and (6)	
P	heat supply to surface	W
P	power supplied by a heating cable	W
Q_u	heat loss during the heating season	Wh/year
R	thermal resistance	m^2K/W
R''	thermal resistance in the case of two-dimensional heat flow	m^2K/W
R'''	thermal resistance in the case of three-dimensional heat flow	m^2K/W
R_j	thermal resistance of the soil and the foundation structure, excluding the thermal resistance of the floor	m^2K/W
S	heat capacity	Wh/mK

T	temperature	K
T_n	temperature on the surface n	K
T_{om}	mean radiation temperature for several surfaces	K
α	surface coefficient of heat transfer due to radiation and convection ($=\alpha_k + \alpha_s$)	W/m^2K
α_g	value of α for floor	W/m^2K
α_i	value of α for internal surface	W/m^2K
α_k	surface coefficient of heat transfer due to convection	W/m^2K
α_s	surface coefficient of heat transfer due to radiation	W/m^2K
α_u	value of α for external surface	W/m^2K
ϵ	emission at room temperature	
ϵ_{res}	resultant emission between two surfaces	
ϑ	temperature	$^{\circ}C$
ϑ_g	temperature of floor surface	$^{\circ}C$
ϑ_g^{II}	temperature of floor surface in the case of two-dimensional heat flow	$^{\circ}C$
ϑ_g^{III}	temperature of floor surface in the case of three-dimensional heat flow	$^{\circ}C$
ϑ_i	air temperature indoors	$^{\circ}C$
ϑ_n	temperature on surface n	$^{\circ}C$
ϑ_{om}	mean radiation temperature for several surfaces	$^{\circ}C$
ϑ_t	temperature of roof surface	$^{\circ}C$
ϑ_u	air temperature outdoors	$^{\circ}C$
ϑ_{v1}	temperature of wall surface 1	$^{\circ}C$
λ	thermal conductivity	W/mK
l	co-ordinate of length	m
ρ	density	kg/m^3
φ	relative humidity	
Δt	length of time interval	h
$\Delta x \Delta y \Delta z$	side lengths of cells	m
$\Delta \vartheta$	temperature difference	$^{\circ}C, K$

CAPTIONS

- FIG.1 Placing of measuring points on the floor
- FIG.2 Schematisation of room
- FIG.3 Division of field of observation into rectangles
- FIG.4 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.5 Symbols for field of observation in APP.1 (TAB.1.1 - 1.4)
- FIG.6 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.7 System of co-ordinates for square building in the case of three-dimensional heat flow
- FIG.8 Symbols for calculation case according to TAB.5, described in APP.2 (TAB.2.1 - 2.9)
- FIG.9 Data for calculation cases 9, 9S, 10 and 10S. $R_2 = 0$ for cases 9 and 9S and $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ for cases 10 and 10S. For cases 9 and 10 the soil is clay according to Section 3.1 and for cases 9S and 10S $\lambda = 1.05 \text{ W/mK}$ for the soil. Width of building = 10 m
- FIG.10 Schematisation of long building for calculation of heat losses during the heating season
- FIG.11 Influence of heat insulation measures on the annual heat consumption for 1 metre of a long building (width = 10 m). Symbols according to FIG.10
- FIG.12 Annual costs for heat insulation (I) and heating (U) for 1 metre of a long building (width = 10 m). The value of U has been calculated on the basis of a heating tariff = 0.04 Skr/kWh (=0.08 Skr/kWh in brackets). Symbols according to FIG.10

FIG. 3.1	Construction alternative Series 100
FIG. 3.2	Construction alternative Series 120
FIG. 3.3	Construction alternative Series 130
FIG. 3.4	Construction alternative Series 140
FIG. 3.5	Construction alternative Series 150
FIG. 3.6	Construction alternative Series 160
FIG. 3.7	Construction alternative Series 170
FIG. 3.8	Construction alternative Series 180
FIG. 3.9	Construction alternative Series 190
FIG. 3.10	Construction alternative Series 200

FIG. 4.1	Construction alternative Series 300
FIG. 4.2	Construction alternative Series 320
FIG. 4.3	Construction alternative Series 330
FIG. 4.4	Construction alternative Series 340
FIG. 4.5	Construction alternative Series 350

TAB.1	Saturation pressure p_m (mm Hg) of water vapour at different temperatures ϑ ($^{\circ}\text{C}$). Lykow (1958)
TAB.2	Co-ordinates x and y of the measuring points (see FIG.1), surface temperature ϑ_y ($^{\circ}\text{C}$) and surface coefficient of heat transfer α ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
TAB.3	Angle coefficient F_{mn} for surface n when viewed from surface m
TAB.4	Approximative calculated values of α for the floor, α_g , and floor temperatures ϑ_g , for some cases
TAB.5	Data for calculation cases applicable to square building. Symbols according to FIG.8
TAB.6	Comparison of greatest heat flow rate (W/m^2) for a square building (Section $y = 0.5$ - see FIG.7) with that for a long building

- TAB.7 Comparison of thermal resistance R_j (m^2K/W) for the soil and the foundation structure, excluding the thermal resistance of the floor, for square building (see FIG.7) and long building
- TAB.8 Boundary temperatures in the case of stationary heat flow with co-ordinates according to FIG.4. Applies to Case 9S, 10S and Cases 101-359 in APP.3 and 4
- TAB.9 Comparison of heat flow rates calculated for two-dimensional stationary heat flow (boundary temperatures according to TAB.8) and maximum heat flow rates calculated for two-dimensional non-stationary heat flow. Data according to FIG.9
- TAB.10 Comparison of calculated heat flow rates for the case when least side of rectangle = 0.3 m (Cases 9S and 10S) with those when the least side = 0.06 m (case 9S,tät and Case 10S,tät)
- TAB.11a Thermal resistance R'' (m^2K/W) between floor surface and external surface for different boundary temperatures for calculation case 121 C without a heating cable. (FIG.3.2 in APP.3)
- TAB.11b Thermal resistance R'' (m^2K/W) between floor surface and external surface for different outside temperatures ϑ_u for calculation case 136 B with a heating cable (FIG.3.3 in APP.3)
- TAB.12 Thermal resistance R'' (m^2K/W) between floor surface and external surface for calculation case 141 according to FIG. 3.4 in APP.3 for variable surface coefficient of heat transfer α_i at floor surface
- TAB.13 Thermal conductivity for calculation cases in APPs.3 and 4
- TAB.14 Heat losses through the floor per metre of building during the heating season. Symbols according to FIG.10

- TAB.1.1 Maximum heat flow rate q_{\max} (W/m^2) during the year through the floor surface in a long building (FIG.5)
- TAB.1.2 Minimum heat flow rate q_{\min} (W/m^2) during the year through the floor surface in a long building (FIG.5)
- TAB.1.3 Thermal resistance R_j ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) of soil and foundation structure excluding thermal resistance R_f of floor. Long building (FIG.5)
- TAB.1.4 Lowest floor temperature $(\vartheta_g)_{\min}$ ($^{\circ}\text{C}$) for an inside temperature $\vartheta_i = +21$ $^{\circ}\text{C}$ and surface coefficient of heat transfer at the floor surface $\alpha_i = 3.5$ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Long building (FIG.5)
- TAB.2.1 Maximum heat flow rate q_{\max} (W/m^2) during the year through the floor surface in a square building with a plan area of 10×10 m (FIG.8) Lund
- TAB.2.2 = TAB.2.1 but applicable for Stockholm
- TAB.2.3 = TAB.2.1 but applicable for Härnösand
- TAB.2.4 Thermal resistance R_j ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) of soil and foundation structure excluding thermal resistance R_f of floor for square building with a plan area of 10×10 m (FIG.8) Lund
- TAB.2.5 = TAB.2.4 but applicable for Stockholm
- TAB.2.6 = TAB.2.4 but applicable for Härnösand
- TAB.2.7 Lowest floor temperature $(\vartheta_g)_{\min}$ ($^{\circ}\text{C}$) for an inside temperature $\vartheta_i = +21$ $^{\circ}\text{C}$ and surface coefficient of heat transfer at the floor surface $\alpha_i = 3.5$ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Square building with a plan area of 10×10 m. Lund
- TAB.2.8 = TAB.2.7 but applicable for Stockholm
- TAB.2.9 = TAB.2.7 but applicable for Härnösand

TAB.3.1	Floor temperature for $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ for calculation case according to FIG.3.1
TAB.3.2	Thermal resistance R'' ($\text{m}^2\text{K/W}$) between floor surface and external surface for calculation case according to FIG.3.1
TAB.3.3	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.2
TAB.3.4	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.2
TAB.3.5	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.3
TAB.3.6	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.3
TAB.3.7	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.4
TAB.3.8	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.4
TAB.3.9	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.5
TAB.3.10	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.5
TAB.3.11	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.6
TAB.3.12	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.6
TAB.3.13	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.7
TAB.3.14	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.7
TAB.3.15	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.8
TAB.3.16	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.8
TAB.3.17	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.9
TAB.3.18	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.9
TAB.3.19	= TAB.3.1 but applicable for FIG.3.10
TAB.3.20	= TAB.3.2 but applicable for FIG.3.10

- TAB.4.1 Floor temperature for $t_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ for calculation case according to FIG.4.1
- TAB.4.2 Thermal resistance $R''(\text{m}^2\text{K/W})$ between floor surface and external surface for calculation case according to FIG.4.1
- TAB.4.3 = TAB.4.1 but applicable for FIG.4.2
- TAB.4.4 = TAB.4.2 but applicable for FIG.4.2
- TAB.4.5 = TAB.4.1 but applicable for FIG.4.3
- TAB.4.6 = TAB.4.2 but applicable for FIG.4.3
- TAB.4.7 = TAB.4.1 but applicable for FIG.4.4
- TAB.4.8 = TAB.4.2 but applicable for FIG.4.4
- TAB.4.9 = TAB.4.1 but applicable for FIG.4.5
- TAB.4.10 = TAB.4.2 but applicable for FIG.4.5

1 ERFORDERLIG GOLVTEMPERATUR

1.1 Undvikande av ytkondens

I bostäder och arbetslokaler måste man undvika kondens på sådana ytor där kondensvatten kan skada konstruktionen eller i övrigt kan vålla obehag för personer i lokalen. Rumsluften har i praktiska fall alltid en viss fuktighet vilken brukar uttryckas i procent av den maximala fuktighet (ånghalt) som luften vid den aktuella temperaturen kan innehålla vid full mättnad. Den kan också definieras som

$$\psi = \frac{p}{p_m}$$

där p är vattenångans partialtryck i mmHg och p_m är partialtrycket vid full mättnad. Den senare anges t.ex. av Lykow (1958) och visas i TAB.1. Mättnadstrycket är beroende av temperaturen. Om man i ett rum har luft med temperaturen ϑ_1 och med vattenångans partialtryck $= p_1$ så kan man få kondens om man i rummet har en yta vars temperatur ϑ_2 är så låg att mättnadstrycket p_{m2} vid denna temperatur är lägre än det aktuella partialtrycket hos vattenången i luften. Detta innebär att

$$\psi_1 = \frac{p_1}{p_{m1}}$$

ger kondens när

$$\psi_2 = \frac{p_1}{p_{m2}} > 1$$

I praktiken kan man acceptera kondens under viss tid. Om kondens förekommer endast ett par dygn under året kan detta ej ge nämnvärda obehag eller skador på konstruktionen.

TAB.1 Vattenångans mättnadstryck p_m (mmHg) vid olika temperaturer ϑ ($^{\circ}\text{C}$).
Lykow (1958).

ϑ	p_m	ϑ	p_m	ϑ	p_m	ϑ	p_m
-20	0.772	11	9.84	42	61.50	73	265.7
-19	0.850	12	10.52	43	64.80	74	277.2
-18	0.935	13	11.23	44	68.26	75	289.1
-17	1.027	14	11.99	45	71.88	76	301.4
-16	1.128	15	12.79	46	75.65	77	314.1
-15	1.238	16	13.63	47	79.60	78	327.3
-14	1.357	17	14.53	48	83.71	79	341.0
-13	1.486	18	15.48	49	88.02	80	355.1
-12	1.627	19	16.48	50	92.51	81	369.7
-11	1.780	20	17.54	51	97.20	82	384.9
-10	1.946	21	18.65	52	102.1	83	400.6
- 9	2.125	22	19.83	53	107.2	84	416.8
- 8	2.321	23	21.07	54	112.5	85	433.6
- 7	2.532	24	22.38	55	118.0	86	450.9
- 6	2.761	25	23.76	56	123.8	87	468.7
- 5	3.008	26	25.21	57	129.8	88	487.1
- 4	3.276	27	26.74	58	136.1	89	506.1
- 3	3.566	28	28.35	59	142.6	90	525.8
- 2	3.879	29	30.04	60	149.4	91	546.1
- 1	4.216	30	31.82	61	156.4	92	567.0
0	4.579	31	33.70	62	163.8	93	588.6
1	4.93	32	35.66	63	171.4	94	610.9
2	5.29	33	37.73	64	179.3	95	633.9
3	5.69	34	39.90	65	187.5	96	657.6
4	6.10	35	42.18	66	196.1	97	682.1
5	6.54	36	44.56	67	205.0	98	707.3
6	7.01	37	47.07	68	214.2	99	733.2
7	7.51	38	49.69	69	223.7	100	760.0
8	8.05	39	52.44	70	233.7		
9	8.61	40	55.32	71	243.9		
10	9.21	41	58.34	72	254.6		

1.2 Hygieniska temperaturkrav

Från hygienisk synpunkt kan det vara rimligt att kräva att yttemperaturen på golvet inom vistelsezonen ej får underskrida en viss temperatur \uparrow mer än genomsnittligen n dygn per år. Detta kräver uppgifter om vad som är vistelsezon på ett golv samt värde på vilken lägsta golvtemperatur som kan accepteras under n dygn per år. "Sanitära krav på våra bostäder" utgiven av Kungl. medicinalstyrelsen 1966 ger ingen ledning varken beträffande vistelsezon eller lägsta golvtemperatur.

I Adamson (1971) har föreslagits att vistelsezonen skulle räknas in till 0.3 m från vägg, vilket kan uttydas yttervägg och att golvtemperaturen $+16^{\circ}\text{C}$ ej bör uppnås eller underskridas mer än genomsnittligen fem dygn per år.

2 VÄRMEÖVERGANG VID GOLV

2.1 Värmeövergång vid strålning och konvektion

Värmeövergången vid ytor i ett rum sker framför allt genom strålning och konvektion. Om ett rum sammansätts av sex svarta ytor så blir temperaturstrålningen till ytan 1

$$\begin{aligned}
 P_1 = C_s A_1 \left\{ F_{12} \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] + F_{13} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] + \right. \\
 + F_{14} \left[\left(\frac{T_4}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] + F_{15} \left[\left(\frac{T_5}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] + \\
 \left. + F_{16} \left[\left(\frac{T_6}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

där A_1 = arean av yta 1

C_s = strålningstalet för svart yta = 5.68

F_{1n} = vinkelkoefficient för ytan n sedd från ytan 1

T_n = temperatur för ytan n ($^{\circ}\text{K}$)

Vinkelkoefficienten kan återfinnas i t.ex. Gebhart (1961). Man kan också skriva ekv.(1)

$$P_1 = C_s A_1 \left[\left(\frac{T_{\text{om}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \quad (2)$$

där T_{om} är den medelstrålningstemperatur som ger samma strålning som ekv.(1). Om alla ytor har emissionen ϵ blir

$$P_1 = \frac{C_s A_1 \left[\left(\frac{T_{\text{om}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{\epsilon} + \frac{A_1}{A} \left(\frac{1}{\epsilon} - 1 \right)} = C_s A_1 \epsilon_{\text{res}} \left[\left(\frac{T_{\text{om}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \quad (3)$$

där A = arean av ytorna 2 - 6
 ϵ_{res} = resulterande emission

Man kan skriva ekv.(3)

$$P_1 = \epsilon_{res} \cdot A_1 \cdot H (\vartheta_{om} - \vartheta_1) \quad (4)$$

där ϑ_{om} = medelstrålningstemperaturen på ytorna 2 - 6 ($^{\circ}\text{C}$)
 ϑ_1 = temperaturen på ytan 1 ($^{\circ}\text{C}$)

och

$$H = C_s \frac{\left(\frac{T_{om}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_1}{100}\right)^4}{T_{om} - T_1} \quad (5)$$

H kan med god approximation skrivas

$$H \approx 0.2272 \cdot \left(\frac{T_m}{100}\right)^3 \quad (6)$$

där

$$T_m = \frac{T_{om} + T_1}{2}$$

Vid samtidig strålning och konvektion blir värmeövergången

$$P_1 = A_1 \left\{ C_s \epsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{om}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 \right] + \alpha_k (T_l - T_1) \right\} \quad (7)$$

där α_k = värmeövergångskoefficient på grund av konvektion
 ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

$(T_l - T_1)$ = temperaturskillnad mellan luft och yta i (K) =
 $\vartheta_l - \vartheta_1$ ($^{\circ}\text{C}$)

Värmeövergångskoefficienten α_k på grund av konvektion hänger direkt samman med vad som menas med luftens temperatur. I ett rum är det naturligt att välja lufttemperaturen inom rummets vistelsezon. Även där är det svårt att definiera lufttemperaturen eftersom denna varierar i rummets höjdled. Vid de mätningar som visas i nästa avsnitt har rumsluftens temperatur definierats som medeltemperaturen i rummets mitt.

Om $T_{om} = T_L$ kan ekv.(7) skrivas

$$P_1 = \alpha (T_L - T_1) A_1$$

där $\alpha = \alpha_s + \alpha_k$

$$\alpha_s = \epsilon_{res} H$$

2.2 Experimentell bestämning av värmeövergång

I Adamson (1971) visas några mätningar från ett hörnrum i en enplansvilla med horisontellt tak och kryprumsgrundläggning. Mätningarna skedde i slutet av januari i Jämtland under 2 1/2 dygn med liten strålning. Utetemperaturen och temperaturen i kryprummet var $-2\text{ }^\circ\text{C}$ under mätperioden. Byggnaden var gjord av volymselement som en vecka före försöket placerades på grundbalkar som vilade på plintar.

Ytterväggarna hade $k = \text{ca } 0.25\text{ W/m}^2\text{K}$, taket $k = \text{ca } 0.20\text{ W/m}^2\text{K}$ och bjälklaget över kryprummet $k = \text{ca } 0.20\text{ W/m}^2\text{K}$. Avsikten med mätningarna var primärt att bestämma k -värden.

I FIG.1 visas mätpunkterna på golvet och i TAB.2 visas uppmätta α -värden. I rummets mitt var lufttemperaturen 50 mm under tak $+20.2\text{ }^\circ\text{C}$ och 50 mm ovanför golvet $+17.4\text{ }^\circ\text{C}$. Medelvärdet för åtta uppmätta punkter i rummets mitt var $+19.5\text{ }^\circ\text{C}$.

Värmeövergången är, som framgår av TAB.2, mycket liten ($\alpha = 1.5\text{ W/m}^2\text{K}$) vilket kan vara förvånande. Det kan nämnas att bearbetning av uppmätta yttemperaturer på golv i ett småhusområde i Uppland med bjälklag på

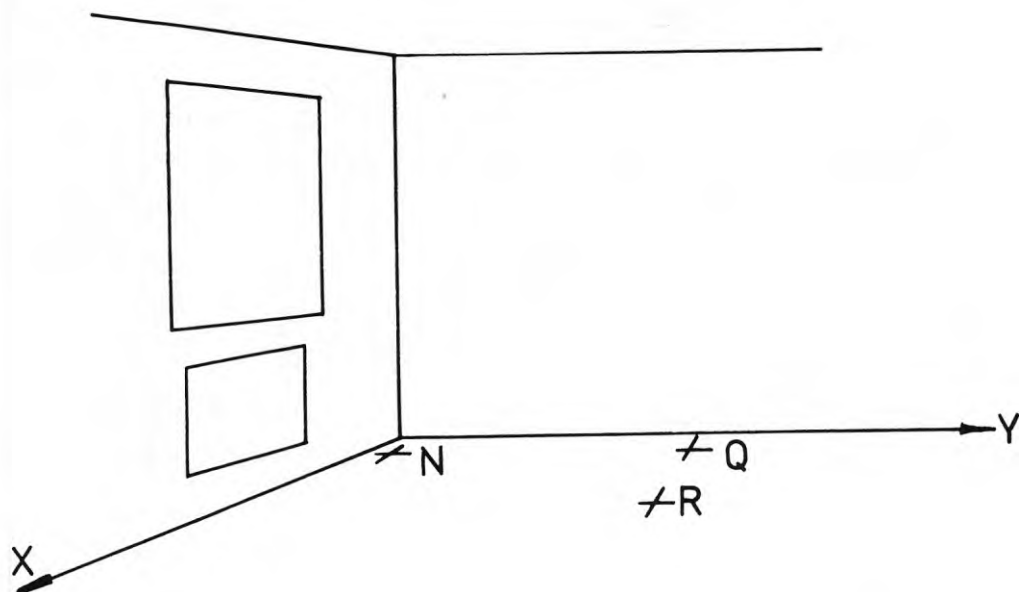


FIG.1 Mätpunkternas placering på golvet

TAB.2 Mätpunkternas koordinater x och y (se FIG.1), yttemperatur t_y ($^{\circ}\text{C}$) och värmeövergångskoefficient α ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

Mät-punkt	x (m)	y (m)	t_y ($^{\circ}\text{C}$)	α ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
N	0.20	0.20	16.9	2.5
Q	0.20	2.00	17.0	1.9
R	2.00	2.00	17.4	1.5

jord ger α -värden av samma storleksordning.

2.3 Approximativ beräkning av värmeövergång vid golv

För att ge en uppfattning om hur olika faktorer inverkar på värmeövergången vid golv skall här göras en approximativ beräkning. Denna beräkning förutsätter att temperaturförhållandena är stationära, vilket bl.a. innebär att ljusstrålning genom fönster och inom rummet ej förekommer. Då kan man ställa upp värmebalansekvationer för tak, väggar och golv.

Den konvektiva värmeövergången i oventilerade ytuppvärmda rum har av Kollmar & Liese (1957) angivits till nedanstående värden för hela ytan:

$$\begin{array}{ll}
 \text{varmt golv} & \bar{\alpha}_k = 2.6 \sqrt[4]{\vartheta_i^4 - \vartheta_y^4} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \\
 \text{varmt tak} & \bar{\alpha}_k = 0.6 \sqrt[4]{\vartheta_i^4 - \vartheta_y^4} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \\
 \text{varm vägg} & \bar{\alpha}_k = 2.0 \sqrt[4]{\vartheta_i^4 - \vartheta_y^4} \quad (\text{W/m}^2\text{K})
 \end{array} \quad (8)$$

där ϑ_i är rumsluftens temperatur och ϑ_y är ytans temperatur. Man kan anta att uttrycket för varmt golv gäller även för kallt tak, att uttrycket för varmt tak gäller även för kallt golv och att uttrycket för varm vägg även gäller för kall vägg.

För ett rum med ytorna betecknade enligt FIG.2 görs antagandet att yttemperaturer och värmeflöden är lika för väggarna v_2 , v_3 och v_4 .

Värmebalansekvationerna för tak, golv, vägg 1 och vägg 2 blir då

$$q_t = 2.6 \sqrt{\vartheta_i - \vartheta_t} (\vartheta_i - \vartheta_t) + F_{tg} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_t}{100} \right)^4 \right] + F_{tv_1} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{v_1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_t}{100} \right)^4 \right] + (F_{tv_2} + F_{tv_3} + F_{tv_4}) c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{v_2}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_t}{100} \right)^4 \right] \quad (9)$$

$$q_g = 0.6 \sqrt{\vartheta_i - \vartheta_g} (\vartheta_i - \vartheta_g) + F_{gt} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_t}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 \right] + F_{gv_1} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{v_1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 \right] + (F_{gv_2} + F_{gv_3} + F_{gv_4}) c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{v_2}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_g}{100} \right)^4 \right] \quad (10)$$

$$q_{v_1} = 2.0 \sqrt{\vartheta_i - \vartheta_{v_1}} (\vartheta_i - \vartheta_{v_1}) + F_{v_1 t} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_t}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{v_1}}{100} \right)^4 \right] + F_{v_1 g} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{v_1}}{100} \right)^4 \right] + (F_{v_1 v_2} + F_{v_1 v_3} + F_{v_1 v_4}) c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{v_2}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{v_1}}{100} \right)^4 \right] \quad (11)$$

$$q_{v_2} = 2.0 \sqrt{\vartheta_i - \vartheta_{v_2}} (\vartheta_i - \vartheta_{v_2}) + F_{v_2 t} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_t}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{v_2}}{100} \right)^4 \right] + F_{v_2 g} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{v_2}}{100} \right)^4 \right] + F_{v_2 v_1} c_s \varepsilon_{res} \left[\left(\frac{T_{v_1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{v_2}}{100} \right)^4 \right] \quad (12)$$

- där q_t = bortförd värme genom taket (W/m^2)
 q_g = dito genom golv (W/m^2)
 q_{v_1} = dito genom vägg 1 (W/m^2)
 q_{v_2} = dito genom vägg 2 = vägg 3 = vägg 4 (W/m^2)
 ϑ_i = rumsluftens temperatur i $^{\circ}C$
 ϑ_t = takytans temperatur i $^{\circ}C$ (T_t i K)
 ϑ_g = golvytans temperatur i $^{\circ}C$ (T_g i K)
 ϑ_{v_1} = väggytans 1 temperatur i $^{\circ}C$ (T_{v_1} i K)

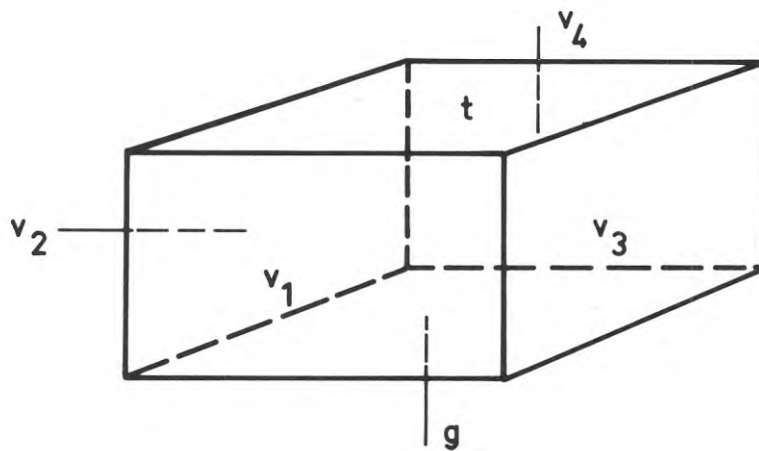


FIG.2 Schematisering av rum

TAB.3 Vinkelkoefficient F_{mn} för ytan n sedd från ytan m

Yta m	Yta n					
	tak	golv	vägg 1	vägg 2	vägg 3	vägg 4
tak	0	0.42	0.145	0.145	0.145	0.145
golv	0.42	0	0.145	0.145	0.145	0.145
vägg 1	0.29	0.29	0	0.15	0.12	0.15
vägg 2	0.29	0.29	0.15	0	0.15	0.12
vägg 3	0.29	0.29	0.12	0.15	0	0.15
vägg 4	0.29	0.29	0.15	0.12	0.15	0

- ϑ_{v_2} = väggytans 2 (=3=4) temperatur i °C (T_{v_2} i K)
 C_s = strålningstalet för svart yta = 5.68
 F_{mn} = vinkelkoefficient för ytan n sedd från ytan m
 ε_{res} = resulterande emission - se ekv.(3)

Om vi tänker oss ett rum med golvytan 5x5 m och rumshöjden 2.5 m, så erhålles vinkelkoefficienterna F_{mn} ur TAB.3. Med

$$\varepsilon_{res} = 0.9$$

$$H = 5.715 \text{ (gäller enligt (6) vid } T_m = 293 \text{ K dvs vid } +20 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$4\sqrt{\vartheta_i - \vartheta_y} = 1.4 \text{ (gäller vid } \vartheta_i - \vartheta_y = 4 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$\vartheta_i = +22 \text{ }^\circ\text{C}$$

blir värmebalansekvationerna

$$\begin{aligned}
 -8.78 \vartheta_t + 2.159 \vartheta_g + 0.745 \vartheta_{v_1} + 2.236 \vartheta_{v_2} + 80.08 - q_t &= 0 \\
 +2.159 \vartheta_t - 5.98 \vartheta_g + 0.745 \vartheta_{v_1} + 2.236 \vartheta_{v_2} + 18.48 - q_g &= 0 \\
 +1.491 \vartheta_t + 1.491 \vartheta_g - 7.941 \vartheta_{v_1} + 2.159 \vartheta_{v_2} + 61.60 - q_{v_1} &= 0 \\
 +1.491 \vartheta_t + 1.491 \vartheta_g + 0.771 \vartheta_{v_1} - 6.553 \vartheta_{v_2} + 61.60 - q_{v_2} &= 0
 \end{aligned} \quad (13)$$

Härur löses

$$\begin{aligned}
 \vartheta_t &= 22.00 - 0.1570 q_t - 0.0882 q_g - 0.0321 q_{v_1} - 0.0943 q_{v_2} \\
 \vartheta_g &= 22.00 - 0.0882 q_t - 0.2415 q_g - 0.0432 q_{v_1} - 0.1268 q_{v_2} \\
 \vartheta_{v_1} &= 22.00 - 0.0633 q_t - 0.0850 q_g - 0.1495 q_{v_1} - 0.0999 q_{v_2} \\
 \vartheta_{v_2} &= 22.00 - 0.0633 q_t - 0.0850 q_g - 0.0347 q_{v_1} - 0.2147 q_{v_2}
 \end{aligned}$$

I TAB.4 visas för några olika fall beräknade värden på yttemperaturen ϑ_g och värmeövergången α_g för golvet. Värmeflödena beräknas ur

$$q = k \cdot \Delta \vartheta$$

där $\Delta \vartheta$ är lufttemperaturskillnaden mellan byggnadsdelens båda sidor. Värmeövergången vid golv är

$$\alpha_g = \frac{q_g}{\vartheta_i - \vartheta_g} \quad (14)$$

Av tabellen framgår att $(\vartheta_i - \vartheta_g)$ ofta avviker från $4 \text{ }^\circ\text{C}$, vilket ovan antagits för att linearisera ekvationerna. Naturligtvis kan man upprepa beräkningarna med annat värde på $\sqrt[4]{\vartheta_i - \vartheta_g}$ men detta kan anses överflödigt då de beräknade värdena ändå endast är ungefärliga. Med hjälp av TAB.4 kan olika faktorerers inverkan på värmeövergången studeras.

Inverkan av fönster framgår om fall 2 jämföres med fall 5. Vid fall 2 och fall 5 har man endast värmefflöde genom golv och vägg 1. Genom golvet i fall 2 går $q_g = 10 \text{ W/m}^2$, vilket kan motsvara $k = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ vid $\Delta \vartheta = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ och genom väggen 1 $q_{v1} = 10 \text{ W/m}^2$, vilket kan gälla för $k = 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ och $\Delta \vartheta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Vid fall 5 antas väggen 1 bestå av enbart fönster med $k = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, vilket med $\Delta \vartheta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ger $q_{v1} = 75 \text{ W/m}^2$. Man ser av TAB.4 att vid det fönsterlösa rummet blir $\alpha_g = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ och när hela väggen utgörs av fönster blir $\alpha_g = 1.8$. Vid rum med normal fönsterstorlek torde α_g vara ca $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Om taket också utgör ytteryta minskar vid fönsterlöst rum (fall 3) α_g till $2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ och vid rum med hela väggen 1 utgörande fönster (fall 6) till $\alpha_g = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vid rum med normal fönsterstorlek torde α_g då vara ca $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Skulle alla ytor utgöra ytteryta så får man vid fönsterlöst rum (fall 4) $\alpha_g = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ och vid rum med hela väggen 1 utgörande fönster (fall 7) $\alpha_g = 1.3$, vilket vid rum med normal fönsterstorlek ger $\alpha_g =$ ca $1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

TAB.4 Approximativt beräknade α -värden för golv α_g och golvtemperaturer ϑ_g för några fall

Fall	Värmeflöden q (W/m^2)				ϑ_g $^{\circ}C$	α_g W/m^2K
	tak q_t	golv q_g	vägg 1 q_{v1}	vägg 2 q_{v2}		
1	0	10	0	0	19.59	4.1
2	0	10	10	0	19.15	3.5
3	10	10	10	0	18.27	2.7
4	10	10	10	10	17.00	2.0
5	0	10	75	0	16.35	1.8
6	10	10	75	0	15.46	1.5
7	10	10	75	10	14.20	1.3
8	0	5	0	0	20.79	4.1
9	0	5	10	0	20.36	3.0
10	10	5	10	0	19.48	2.0
11	10	5	10	10	18.21	1.3
12	0	5	75	0	17.55	1.1
13	10	5	75	0	16.67	0.9
14	10	5	75	10	15.40	0.8

Om golvet har litet värmefflöde dvs $q_g = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$ vilket motsvarar $k = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ vid $\Delta\vartheta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ så minskar värmeövergången α_g med $0.5 - 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ i förhållande till fallen med $q_g = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Låga värmefflöden genom golv förekommer framför allt vid bjälklag i kontakt med jord. För ett rum med bjälklag i kontakt med jord och med värmefflöde genom tak blir då vid normal fönsterstorlek α_g ca $1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Detta stämmer väl med de mätningar som nämndes i föregående avsnitt.

Ovanstående resonemang gäller vid rum med konvektiv värmetillförsel. Om man tillför värme genom både konvektion och strålning vilket är fallet vid vanlig radiatoruppvärmning så kommer man att tillföra rumstorna värme genom strålning. Därigenom kommer yttemperaturen att stiga och α -värdet att ökas. Om vi antar att vi har ett rum med värmefflöde genom tak $q_t = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$, genom vägg 1 $q_{v1} = 35 \text{ W/m}^2$, vilket kan motsvara en vägg med normalt fönster och genom golv $q_g = 10 \text{ W/m}^2$. Rummet ventileras en gång per timme vilket ger ventilationsförluster.

$$q_{\text{vent}} = c_p \cdot v \cdot \Delta\vartheta = 0.35 \cdot 62.5 \cdot 25 = 547 \text{ W}$$

Rummets totala värmebehov blir då 1485 W . Om vi antar att 700 W av dessa tillförs rummet genom strålning och att dessa fördelar sig lika per m^2 tak, golv och väggar 2 - 4 så blir

$$q_s = \frac{700}{87.5} = 8 \text{ W/m}^2$$

I värmebalansekvationerna blir då

$$\begin{aligned} q_t &= 10 - 8 = 2 \text{ W/m}^2 \\ q_g &= 10 - 8 = 2 \text{ W/m}^2 \\ q_{v1} &= 35 \text{ W/m}^2 \\ q_{v2} &= -8 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

vilket ger $\vartheta_g = 20.84 \text{ }^\circ\text{C}$. Eftersom värmefflödet genom golvet är $q = 10 \text{ W/m}^2$ blir

$$\alpha_g = \frac{10}{1.16} = 8.6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Detta gäller emellertid endast om strålningen är jämnt fördelad i rummet och temperaturförhållandena är stabila.

3 ICKE STATIONÄR VÄRMESTRÖMNING VID LÅNGA BYGGNADER

3.1 Beräkningsmetod

Vid bjälklag i kontakt med jord sker värmeströmningen från byggnaden till uteluften i huvudsak genom jorden. Från byggnadens centrala delar blir passagen i jorden flera meter och inverkan av jordens värmekapacitet måste bli betydande. Om man vill beräkna värmeflöden eller golvtemperaturer så bör man använda en beräkningsmetod för icke stationär värmeströmning. Ett datorprogram för tvådimensionell värmeströmning har utarbetats av Eftring (1971). Det fält som skall studeras delas in i rektanglar, i vars mittpunkt värmekapaciteten är koncentrerad - se FIG.3. 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.3 visar så kan en värmebalansekvation uppställas

$$\begin{aligned} & \left[G_2(\vartheta_2 - \vartheta_1) + G_3(\vartheta_3 - \vartheta_1) + G_4(\vartheta_4 - \vartheta_1) + G_5(\vartheta_5 - \vartheta_1) \right] \cdot \Delta t = \\ & = S_1 \cdot \Delta \vartheta_1 \end{aligned} \quad (15)$$

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.

$$G_2 = \frac{\lambda_2}{\Delta y} \cdot \Delta x \quad (16)$$

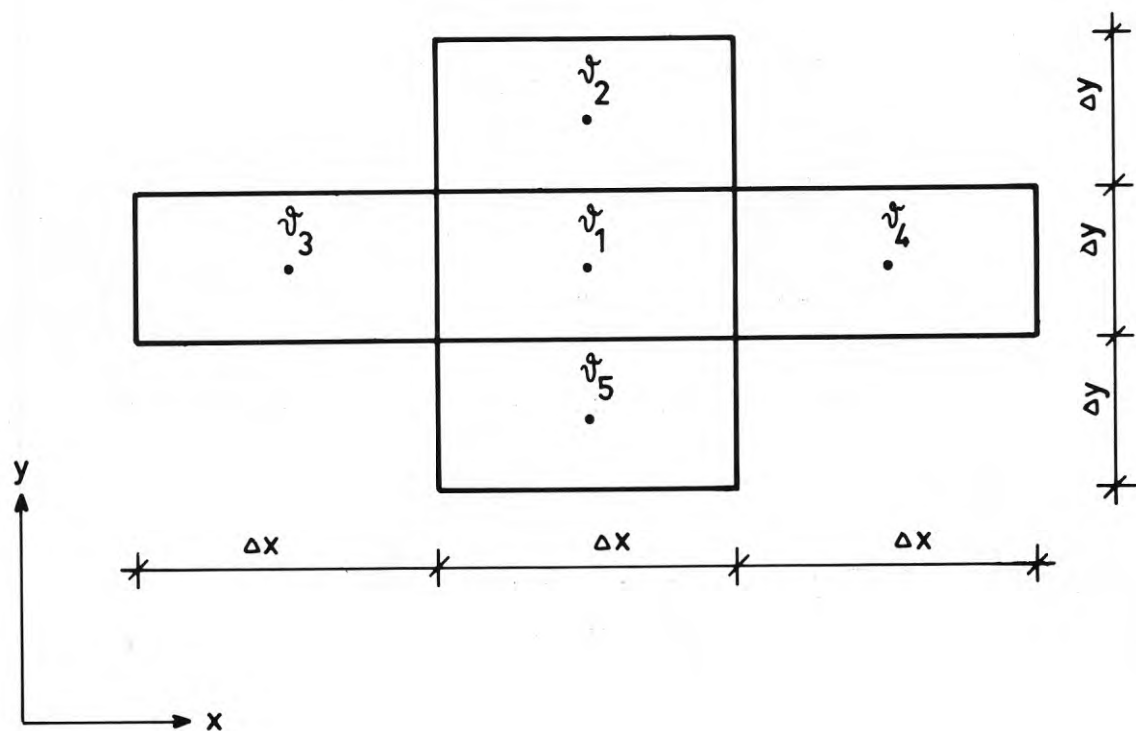


FIG.3 Indelning av beräkningsfält i rektanglar

och värmekapaciteten

$$S_1 = C \cdot \Delta x \cdot \Delta y \quad (17)$$

där C = spec.värme ($\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$).

Man kan visa att tidssteglängden av stabilitetsskäl måste begränsas till

$$\Delta t \leq \frac{C}{2\lambda} \frac{1}{\left(\frac{1}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{1}{\Delta y}\right)^2} \quad (18)$$

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.4.
Vid ränderna gäller följande villkor:

- Rand 1: Värmemotstånd R_1 variabelt utefter x . Temperatur ϑ_i ovanför R_1
- 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 har satts till

$$\vartheta_u = \vartheta_0 + e \cos \omega t \quad \text{där } 2\pi/\omega = 1 \text{ år} \quad (19)$$

För de orter, för vilka beräkningar har utförts, har valts:

$$\begin{aligned} \text{Lund:} & \quad \vartheta_u = 7.8 + 14.8 \cos \omega t \\ \text{Stockholm:} & \quad \vartheta_u = 6.6 + 17.6 \cos \omega t \\ \text{Härnösand:} & \quad \vartheta_u = 4.4 + 17.4 \cos \omega t \\ \text{Haparanda:} & \quad \vartheta_u = 1.6 + 19.6 \cos \omega t \end{aligned} \quad (20)$$

Dessa temperaturer kan anses gälla under kalla, tjälfarliga vintrar - se Adamson et al. (1971)

Som inomhustemperatur har valts $\vartheta_i = +20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Jordens värmekonduktivitet i ofruset tillstånd har valts till $\lambda = 1.05 \text{ W/mK}$ och i fruset tillstånd $\lambda = 1.40 \text{ W/mK}$. Dess värmekapacitet har i ofruset tillstånd satts till $c \rho = 650 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ och i fruset tillstånd $c \rho = 490 \text{ Wh/m}^3\text{K}$. Smältvärme har satts till 25900 Wh/m^3 . Den valda jorden motsvarar en lera med densiteten för torr jord $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$ och

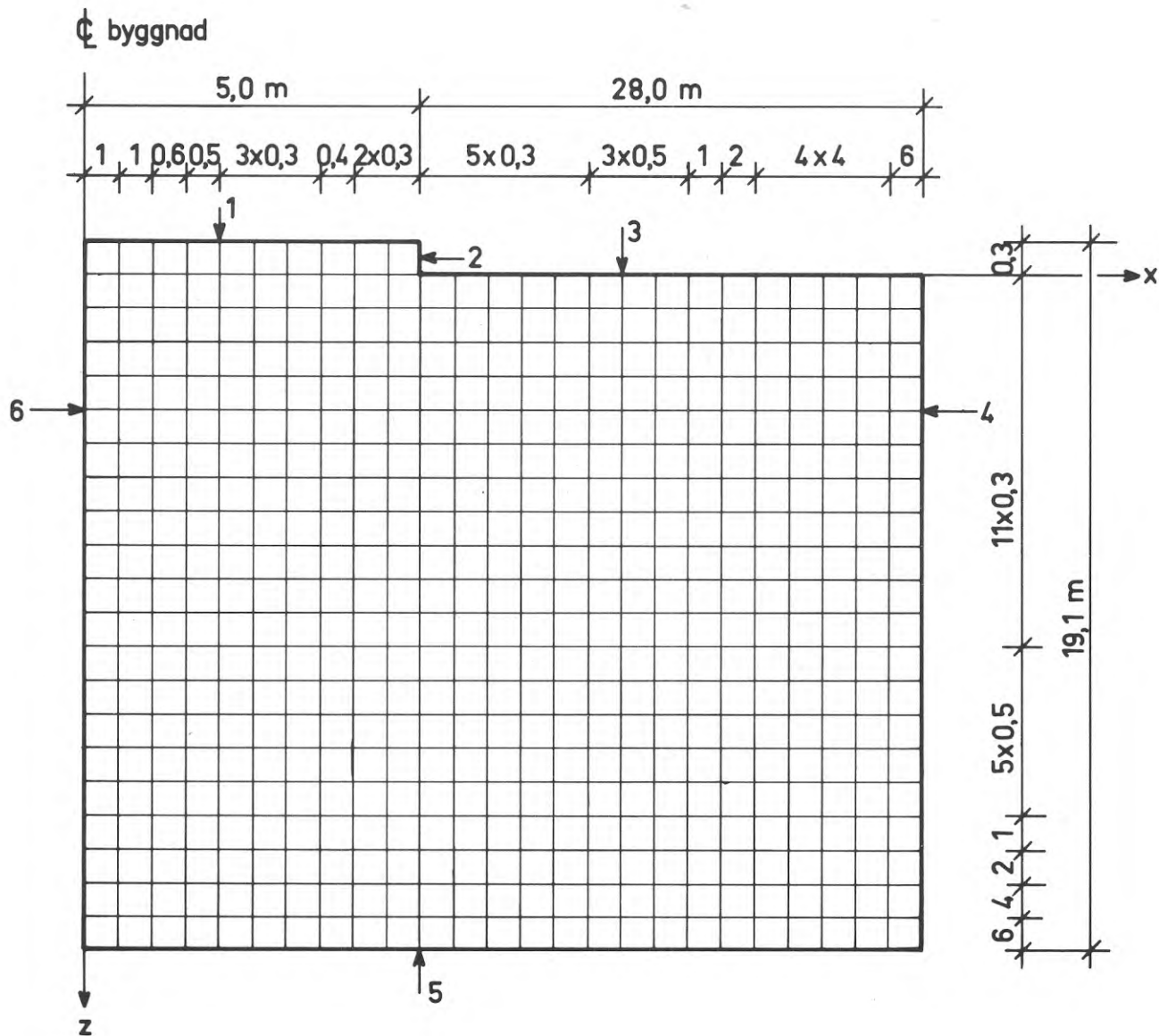


FIG.4 Mittsektion genom jorden under och vid sidan om en lång byggnad, visande indelning i rektanglar vid tvådimensionell värmeströmning. (Observera att rektanglarna har olika mått trots att de ritats lika).

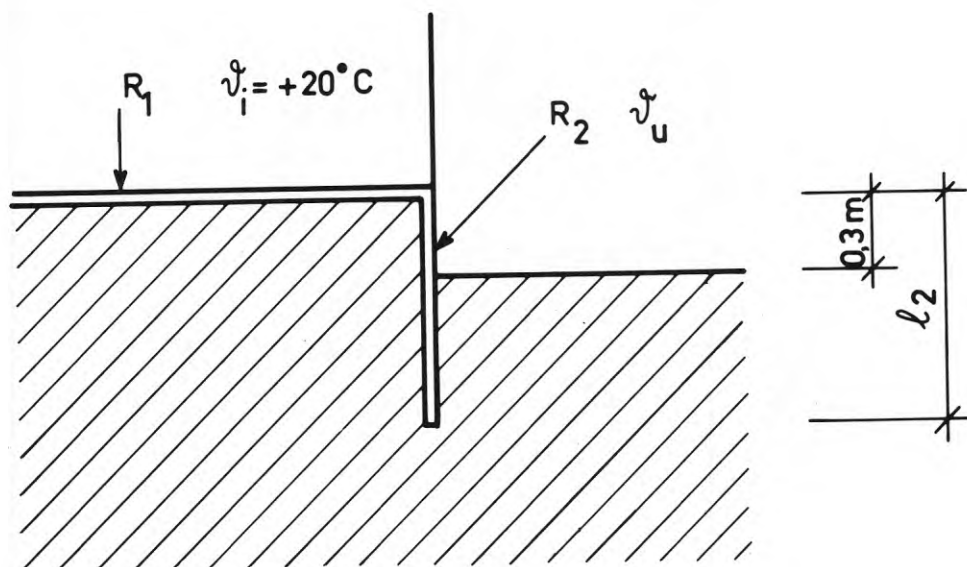


FIG.5 Beteckningar för beräkningsfall i BIL.1 (TAB.1.1 - 1.4)

fuktkvoten 20%. Valet av jord har närmare diskuterats i Adamson et al. (1971). Man bör observera att värmekonduktiviteten är ganska låg. Man kan mycket väl tänka sig jordarter med nästan dubbelt så stor värmekonduktivitet. Detta diskuteras nedan.

Noggrannheten i uträkningarna har i regel drivits så långt att beräkningar för ytterligare ett år skulle i sämsta fall för en rektangels mittpunkt ge en förbättring i temperaturen med mindre än $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. I fältets övre del $z < 2\text{ m}$ är noggrannheten betydligt större. Antalet tidssteg per år har varit 1768.

3.2 Värmeflöden och värmemotstånd

Med beteckningarna i FIG.5 visas i TAB.1.1 i BIL.1 de största värme-flöden i W/m^2 som under året förekommit till respektive rektangel vid golvytan. Eftersom värmeflödena endast utskrivits för ett begränsat antal tidpunkter kan det hända att det största värmeflödet ej skrivits ut och värdena i TAB.1.1 kan då innehålla ett mindre fel. Man ser av tabellen att vid byggnadens mitt ($x = 0.5$) blir värmeflödena mycket små - ca 2 W/m^2 i Lund och ca 3 W/m^2 i Haparanda. Bjälklagsisoleringen R_1 påverkar inte nämnvärt det största värmeflödet vid byggnadens mitt. Nära byggnadens yttervägg får man emellertid stora värmeflöden särskilt om R_1 är liten och $R_2 = 0$.

Minsta värmeflöden under året visas i TAB.1.2 i BIL.1. Man ser att vid byggnadens mitt är minsta värmeflödet i Lund ca 1.7 W/m^2 och i Haparanda ca 2.5 W/m^2 . Skillnaden mellan största och minsta värmeflöde blir således mycket liten. Värmeströmningen går således så lång sträcka genom jorden att t.o.m årstidsvariationerna i utetemperaturerna inte slår igenom på värmeflödet.

Med utgångspunkt från TAB.1.1 i BIL.1 kan ett slags värmemotstånd för tänkt stationär värmeströmning genom grundkonstruktion och jord - men exklusive bjälklagets värmemotstånd R_1 - beräknas

$$R_j = \frac{t_i - (t_u)_{\min}}{q_{\max}} - R_1 \quad (\text{m}^2\text{K/W}) \quad (21)$$

Detta värmemotstånd visas i TAB.1.3 i BIL.1. Det är som synes praktiskt taget oberoende av R_1 och av orten. Man kan därför räkna ut största värmefflöde ur det omformade uttrycket

$$q_{\max} = \frac{t_i - (t_u)_{\min}}{R_1 + R_j} \quad (\text{W/m}^2) \quad (22)$$

där t_i = rumsluftens temperatur
 $(t_u)_{\min}$ = lägsta utetemperatur, när t_u väljes enligt ekv. (19)

Som nämnts gäller beräkningarna för jord med värmekonduktiviteten i ofruset tillstånd $\lambda = 1.05 \text{ W/mK}$. Om man i stället hade en jord med värmekonduktiviteten λ' så kan man approximativt sätta

$$R_j' = \frac{\lambda}{\lambda'} R_j \quad (23)$$

och största värmefflödet blir

$$q'_{\max} = \frac{t_i - (t_u)_{\min}}{R_1 + \frac{\lambda}{\lambda'} R_j} \quad (24)$$

3.3 Lägsta golvtemperatur

Med utgångspunkt från ekv.(21) kan lägsta golvtemperatur beräknas. Om man sätter värmeövergången till golvet = α_i W/m²K och till marken utanför = α_u W/m²K så kan man skriva

$$t_g = t_i - \frac{1/\alpha_i}{1/\alpha_i + R_l + R_j + 1/\alpha_u} \left[t_i - (t_u)_{\min} \right] \quad (^\circ\text{C}) \quad (25)$$

I TAB.1.4 i BIL.1 har golvtemperaturen uträknats för $\alpha_i = 3.5$ W/m²K, $\alpha_u = 16$ W/m²K, $t_i = +21$ °C och $(t_u)_{\min}$ enligt uttrycken (20). Man kan för jord med värmekonduktiviteten λ' i ofruset tillstånd i stället för $\lambda = 1.05$ W/mK approximativt beräkna golvtemperaturen ur

$$t_g' = t_i - \frac{1/\alpha_i}{1/\alpha_i + R_l + \lambda R_j / \lambda' + 1/\alpha_u} \left[t_i - (t_u)_{\min} \right] \quad (26)$$

4 ICKE STATIONÄR VÄRMESTRÖMNING VID KVADRATISKA BYGGNADER

4.1 Beräkningsmetod

Vid byggnader med rektangulär planyta blir värmeströmningen genom jorden tredimensionell. Ett datorprogram för sådan värmeströmning har utarbetats av Claesson (1968). Det är uppbyggt på samma sätt som Efrings program för tvådimensionell värmeströmning.

Vid samtliga beräkningar har byggnadens planyta satts till 10x10 m och jorden har indelats i parallelepipeder enligt FIG.6. Randvillkoren längs ränderna 1 - 6 är samma som vid det tvådimensionella fallet med tillägget att ingen värmeströmning förekommer genom planet ξ -z, se FIG.7. Antalet tidssteg har vid beräkningarna varit 3536 per år. Beräkningarna har i regel drivits så långt att beräkningar för ytterligare ett år skulle i sämsta fall ge en temperaturförbättring i parallelepipedens mittpunkt med mindre än 0.2 °C. I jordens övre del $z < 2$ m är noggrannheten betydligt större.

I FIG.8 visas de storheter som har varierats vid inmatningen och i TAB.5 visas de fall som genomräknats.

4.2 Värmeflöden och värmemotstånd

I BIL.2 visas i TAB.2.1 - 2.3 de största värmeflödena genom golvet. På grund av symmetri behöver värden för 1/8 av golvytan visas. I TAB.6 visas en jämförelse mellan största värmeflödet vid kvadratisk byggnad och vid lång byggnad. Vid den kvadratiske byggnaden gäller värmeflödena ett snitt $y = 0.5$ m dvs nästan mitt i huset. Nära yttervägg blir värmeflödena praktiskt taget samma, vilket också är att vänta eftersom avståndet från byggnadens hörn är förhållandevis stort (4.5 m) och värmeströmningen blir tvådimensionell även vid den kvadratiske byggnaden. Mitt på golvet blir värmeflödet vid den kvadratiske byggnaden betydligt större än vid motsvarande lång byggnad vilket beror på att värmeströmningen vid den kvadratiske byggnaden då är tre-

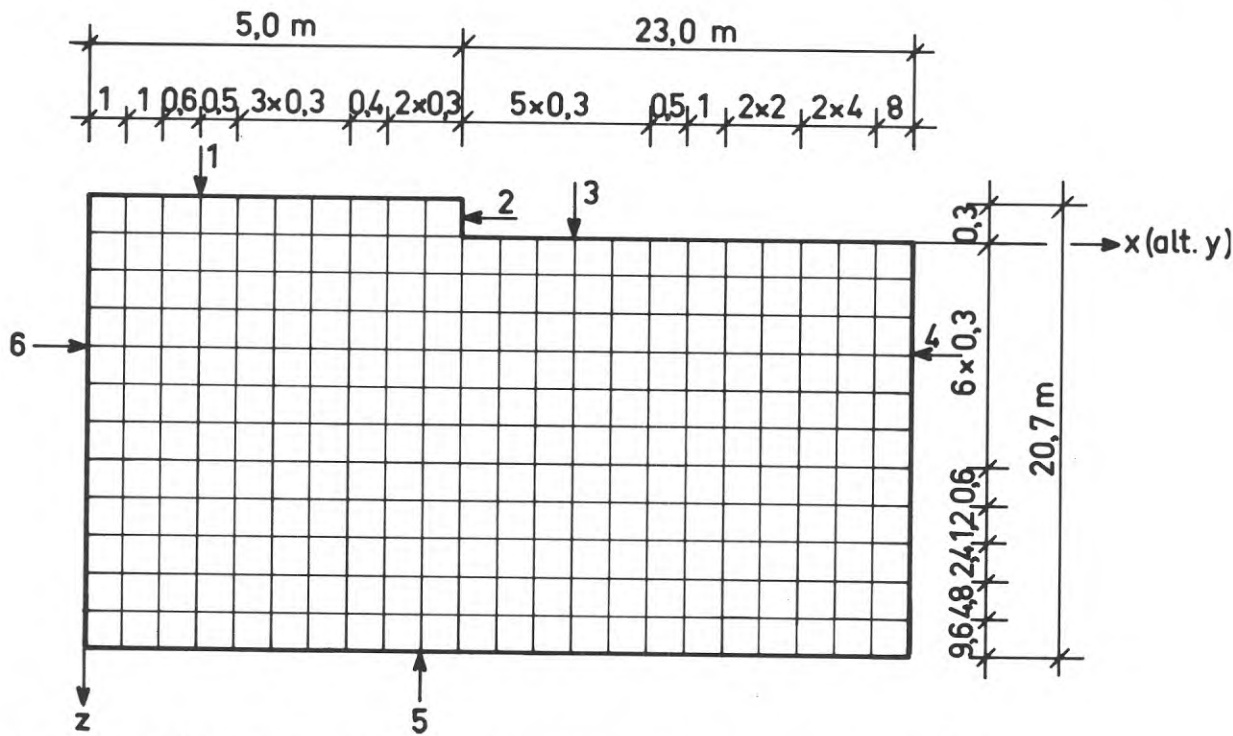


FIG. 6 Sektion $y = 0$ (alt. $x = 0$) genom jorden under och intill en kvadratisk byggnad, visande indelning i parallelepipeder vid tredimensionell värmeledning. (Observera att parallelepipederna har olika mått trots att de ritats lika).

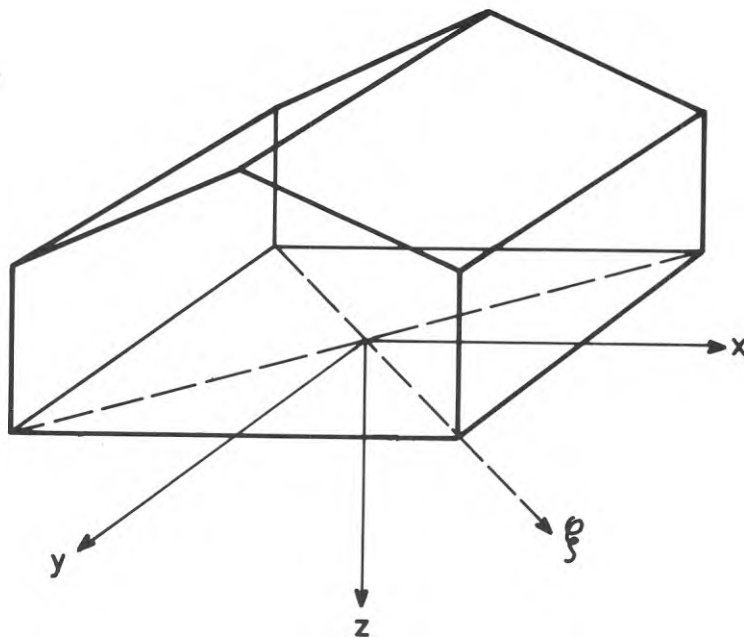


FIG. 7 Koordinatsystem vid tredimensionell värmeledning vid kvadratisk byggnad

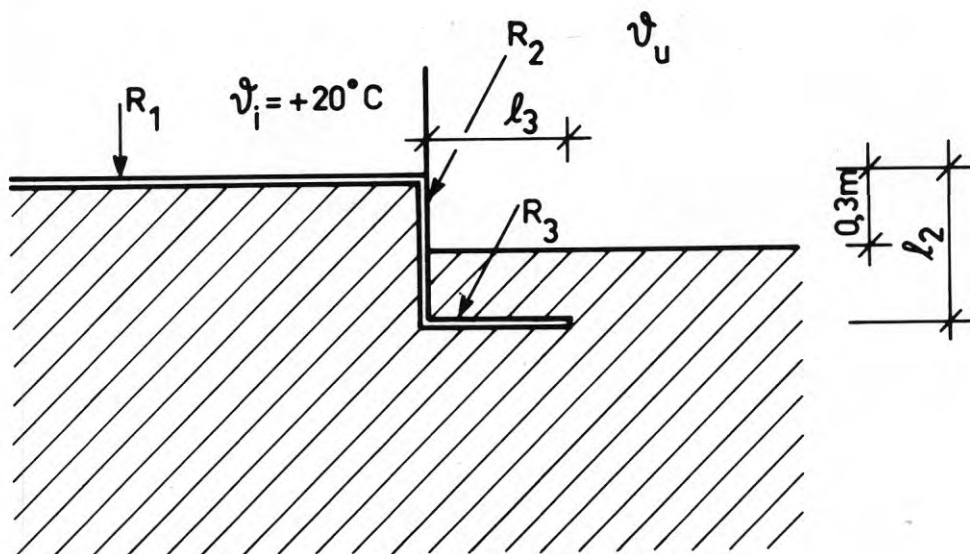


FIG.8 Beteckningar för beräkningsfall enligt TAB.5, redovisade i BIL.2 (TAB.2.1 - 2.9)

TAB.5 Data för beräkningsfall gällande kvadratisk byggnad. Beteckningar enligt FIG.8

Fall	Ort	R_1 m ² K/W	R_2 m ² K/W	l_2 m	R_3 m ² K/W	l_3 m
20	Lund	1.08	-	0	-	-
21	"	"	1.08	0.3	-	-
22	"	2.15	-	0	-	-
23	"	"	1.08	0.3	-	-
24	Stockholm	1.08	-	0	-	-
25	"	"	1.08	0.3	-	-
26	"	"	"	0.6	-	-
27	"	2.15	-	0	-	-
28	"	"	1.08	0.3	-	-
29	Härnösand	1.08	1.08	0.3	-	-
30	"	"	"	0.6	-	-
31	"	"	"	0.9	-	-
32	"	"	"	0.6	1.08	0.6
33	"	"	"	0.3	2.15	0.6

TAB.6 Jämförelse mellan största värmefflöde (W/m^2) vid kvadratisk byggnad (snitt $y=0.5$ - se FIG.7) och lång byggnad

Fall	Avser	R_1 m^2K/W	R_2 m^2K/W	l_2 m	Värmefflöde q_{max} för $x = (m)$									
					0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
20	Lund, kvadratisk byggnad $y=0.5m$	1.08	-	-	3.0	3.3	3.6	4.3	5.0	5.8	6.9	8.7	12.4	17.4
1	Lund, lång byggnad	1.08	-	-	2.2	2.5	3.0	3.7	4.5	5.3	6.4	8.5	12.1	17.6
29	Härnösand, kvadratisk byggnad $y=0.5m$	1.08	1.08	0.3	3.5	3.7	4.1	4.7	5.3	6.0	7.0	8.5	10.8	13.6
10	Härnösand, lång byggnad	1.08	1.08	0.3	2.6	2.8	3.4	4.0	4.7	5.5	6.5	8.1	10.6	13.5

TAB.7 Jämförelse beträffande värmemotstånd för jord och grundkonstruktion $R_j (m^2K/W)$ exklusive bjälklagets värmemotstånd för dels kvadratisk byggnad (FIG.7) dels lång byggnad

Fall	Avser	R_1 m^2K/W	R_2 m^2K/W	l_2 m	Värmemotstånd $R_j (m^2K/W)$ i punkt $x = (m)$									
					0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
20	Lund, kvadratisk byggnad $y=0.5m$	1.08	-	-	7.8	7.2	6.4	5.2	4.3	3.6	2.9	2.0	1.1	0.5
20	dito, för diagonalen $x=y$	1.08	-	-	7.8	6.9	5.0	3.9	3.0	2.4	1.8	1.2	0.6	0.3
1	Lund, lång byggnad	1.08	-	-	11.1	9.9	7.9	6.2	5.0	4.0	3.1	2.1	1.1	0.5
20	Härnösand, kvadratisk byggnad $y=0.5m$	1.08	1.08	0.3	8.4	7.8	7.0	6.0	5.1	4.4	3.6	2.8	2.0	1.3
20	dito för diagonalen $x=y$	1.08	1.08	0.3	8.4	7.3	5.8	4.6	3.6	3.0	2.4	1.8	1.2	0.8
1	Härnösand, lång byggnad	1.08	1.08	0.3	11.9	10.7	8.7	7.1	5.9	4.9	4.0	3.0	2.0	1.4

dimensionell.

I TAB.2.4 - 2.6 i BIL.2 har jordens och grundkonstruktionens värmemotstånd exklusive bjälklagets värmemotstånd R_1 uträknats på sätt som ekv.(21) anger. I TAB.7 jämförs värmemotstånden för kvadratisk byggnad gällande dels snittet $y = 0.5$ m dels snittet genom diagonalen $x = y$ med värmemotståndet vid lång byggnad. Man ser att värmemotståndet mitt i byggnaden är betydligt större vid lång byggnad än vid kvadratisk byggnad. Värmemotstånden R_j längs diagonalen blir nära hörn ungefär hälften av värmemotstånden vid lång byggnad. Om värmemotstånden vid lång byggnad (tvådimensionell värmeströmning) betecknas R_j'' och värmemotstånden vid kvadratisk byggnads diagonal betecknas R_j''' (tredimensionell värmeströmning) så blir nära hörn ($x_1 = y_1 \leq 1.0$ m där x_1 och y_1 räknas från hörnet)

$$R_j''' = \frac{R_j''}{2} \quad (27)$$

vilket är detsamma som resulterande motståndet R_j''' av två parallellkopplade motstånd R_j'' . R_1 förutsättes ligga på golvets ovansida.

Ekv.(22) gäller med god approximation även vid tredimensionell värmeströmning, vilket medger beräkning av q_{\max} vid andra värden på R_1 och $(\vartheta_u)_{\min}$ än de som TAB.2.1 - 2.3 gäller för. Även ekv.(24) gäller med samma grad av approximation som vid tvådimensionell värmeströmning.

4.3 Lägsta golvtemperatur

I TAB.2.7 - 2.9 i BIL.2 visas de lägsta golvtemperaturer som erhålles vid beräkningsfallen enligt TAB.5. Därvid har rumstemperaturen satts till $\vartheta_i = +21$ °C, värmeövergången inne till $\alpha_i = 3.5$ W/m²K och värmeövergången utomhus till $\alpha_u = 16$ W/m²K. Golvtemperaturen har beräknats enligt ekv.(25).

I närheten av hörn kan man anta att värmemotståndet vid tredimensionell värmeledning R_j''' är hälften av värmemotståndet vid tvådimensionell värmeledning. Då blir

$$\vartheta_g''' = \vartheta_i - \frac{1/\alpha_i}{1/\alpha_i + R_1 + (R_j'' + 1/\alpha_u)/2} [\vartheta_i - (\vartheta_u)_{\min}] \quad (28)$$

För fall 1: $x = 4.55$ m blir enligt TAB.1.3 i BIL.1 $R_j'' = 1.1 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Då blir för fall 20: $x = y = 4.55$ m

$$\vartheta_g''' = 21 - \frac{1/3.5}{1/3.5 + 1.08 + 0.55 + 1/32} (21 + 7) = 16.9 \text{ }^\circ\text{C}$$

Enligt TAB.2.7 i BIL.2 blir för $x = y = 4.55$ $\vartheta_g = 16.9 \text{ }^\circ\text{C}$. Man kan således använda $R_j''' = R_j''/2$ vid beräkning av golvtemperaturer vid utåtgående ytterhörn.

5 GOLVTEMPERATURER OCH VÄRMEMOTSTÅND INTILL YTTERVÄGG BERÄKNADE VID STATIONÄR VÄRMESTRÖMNING

5.1 Beräkningsmetod

En nackdel med beräkningsmetoder för icke stationär värmeeströmning är att beräkningstiderna ofta blir långa. Med framåtdifferensmetoden är tidsstegets längd begränsat av stabilitetsskäl. Dess maximala längd är proportionell mot minsta sidlängden i kvadrat hos cellen, vilket gör det praktiskt omöjligt att ha små celler. Vid den tvådimensionella värmeeströmningen enligt kapitel 3 var minsta sidlängden för rektanglarna = 0.3 m, antalet celler 510 och beräkningstiden för ett fall cirka sju minuter på UNIVAC 1108. Den tredimensionella värmeeströmningen omfattade 2838 celler och beräkningstiden för ett fall var cirka en halv timme på samma dator. Minsta sidlängd för parallelepipederna var 0.3 m.

För att bättre kunna representera olika konstruktionsalternativ för grundkonstruktionen nära yttervägg har en metod för tvådimensionell stationär värmeeströmning utnyttjats. Programmet har utarbetats av Brodén (1969). Det fält som skall studeras uppdelas på samma sätt som beskrivits i avsnitt 3.1 i rektanglar och värmebalansekvationen (15) med högra ledet = 0 uppställs för varje rektangel. Man får då ett ekvations-system med lika många obekanta som antalet rektanglar. Detta ekvations-system kan lösas med någon iterationsmetod. Vid Brodéns program kan fältet uppdelas i 57x57 rektanglar, vars sidlängd inte är underkastade restriktioner. Det är således möjligt att använda rektanglar med sidlängden 1 mm, vilket medger noggrann återgivning av en konstruktion. Eftersom intresset beträffande golvtemperaturer och värmemotstånd i detta fall var begränsat till en zon på golvet intill ca 1 m från yttervägg och antalet celler är begränsat till 57x57, så kan fältet göras mindre än vad som visats i FIG.4. Därför har fältet begränsats till $x < 10.0$ m och $z < 3.6$ m. Eftersom utetemperaturen valts till $\vartheta_u^* = -13^{\circ}\text{C}$ så bör man i fältets ränder sätta in de temperaturer som gäller för icke stationär värmeeströmning i Härnösand med ϑ_u^* enligt ekv.(20). Det har därvid valts jordtemperaturer vid lägsta utetemperatur för fallet 29 (TAB.5) gällande $y = 0.5$ m dvs ett snitt nära husets mitt. De valda

temperaturerna visas i TAB.8.

Vid beräkningarna har ϑ_i i regel satts till $+21\text{ }^\circ\text{C}$ och värmeövergången på utsidan till $\alpha_u = 16\text{ W/m}^2\text{K}$. Jorden har antagits ha $\lambda = 1.05\text{ W/mK}$, vilket motsvarar värmekonduktiviteten i ofruset tillstånd för den jord som förutsatts för beräkningarna i kapitel 3 och 4. Värmeövergången vid golv har satts till $\alpha_i = 2.5, 3.5$ och $7\text{ W/m}^2\text{K}$.

5.2 Jämförelse med beräkningsmetod för icke stationär värmeströmning

För att få en uppfattning om vad det innebär för värmeflödet genom golvet att man räknar med att värmeströmningen är stationär har några fall med icke stationär värmeströmning, fall 9 och 10 enligt TAB.1.1 i BIL.1 jämförts med motsvarande fall, beräknade med stationär värmeströmning. Dessa senare fall benämnes fall 9S och 10S. De har samma indelning av fältet i rektanglar som de icke stationära beräkningsfallen. I övrigt framgår data för beräkningsfallen av FIG.9.

I TAB.9 jämföres största värmeflöden genom golv vid beräkningsfallen avseende icke stationär värmeströmning med värmeflöden enligt stationär värmeströmning. Avvikelsen är inte på någon punkt på golvet större än ca 15%. Intill en meter från yttervägg är skillnaden i värmeflöden försumbar och metoden med stationär värmeströmning kan användas för att bestämma golvtemperaturer och värmemotstånd intill yttervägg. Avvikelsen beror här på att angivet värme flöde ej är det största utan det störst utskrivna värdet. Utskrift sker för varje vecka.

5.3 Inverkan av cellstorlek samt rand- och utetemperaturer på värmemotståndet mellan golvyta och ytteryta

Inverkan av indelningen av fältet i rektanglar har också studerats. För fallen 9S och 10S har rektangelkolumnerna $3.7 < x < 5.9\text{ m}$ och rektangelraderna $-0.3 < z < 1.2\text{ m}$ enligt FIG.4 gjorts med sidlängden = 1/5 av de mått som anges i FIG.4. Dessa senare fall med tät indelning benämnes 9S-tät och 10S-tät. I TAB.10 jämföres dessa fall med fallen 9S och 10S i avseende på värme flöde mellan golvyta och ytteryta.

TAB.8 Randtemperaturer vid stationär värmeledning med koordinater enligt FIG.4. Gäller fall 9S, 10S samt fall 101 - 359 i BIL.3 och 4.

Punkt		Temperatur °C
x (m)	z (m)	
+0.50	-0.15	+16.4
"	+0.15	15.6
"	0.45	14.9
"	0.75	14.1
"	1.05	13.4
"	1.35	12.8
"	1.65	12.2
"	2.10	11.4
"	3.00	9.9

Punkt		Temperatur °C
x (m)	z (m)	
+9.00	+0.15	-11.1
"	0.45	- 7.4
"	0.75	- 3.8
"	1.05	0
"	1.35	0.6
"	1.65	1.3
"	2.10	2.3
"	3.00	4.1

Punkt		Temperatur °C
x (m)	z (m)	
+0.50	+3.00	+9.9
1.50	"	9.7
2.30	"	9.2
2.85	"	8.8
3.25	"	8.5
3.55	"	8.2
3.85	"	7.8
4.20	"	7.4
4.55	"	7.0
4.85	"	6.6
5.15	"	6.3
5.45	"	5.9
5.75	"	5.6
6.05	"	5.4
6.45	"	5.1
6.75	"	4.9
7.5	"	4.5
9.0	"	4.1

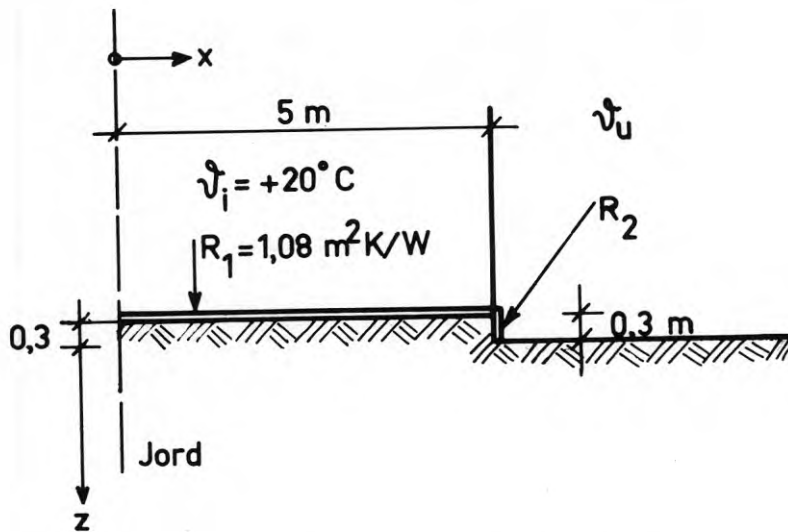


FIG.9 Data för beräkningsfall 9, 9S, 10 och 10S. $R_2 = 0$ för fall 9 och 9S samt $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ för fall 10 och 10S. Vid fall 9 och 10 utgöres jorden av lera enligt avsnitt 3.1 och för fall 9S och 10S har jorden $\lambda = 1.05 \text{ W/mK}$. Husbredd = 10 m.

TAB.9 Jämförelse mellan värmeflöden beräknade vid tvådimensionell stationär värme-strömning (randtemperaturer enligt TAB.8) och maximala värmeflöden beräknade vid tvådimensionell icke stationär värme-strömning. Data enligt FIG.9.

Fall	Metod för två-dimensionell värme-strömning	Jord λ W/mK	ϑ_u °C	Största värme-flöde W/m ² vid x (m) =									
				0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
9	Icke stationär	Lera I	$4.4+17.4\cos\omega t$	2.7	3.0	3.7	4.5	5.5	6.5	8.0	10.5	15.1	22.1
9S	Stationär	$\lambda=1.05$	-13	2.9	3.4	4.2	5.0	6.0	7.0	8.4	10.7	14.8	20.9
10	Icke stationär	Lera I	$4.4+17.4\cos\omega t$	2.6	2.8	3.4	4.0	4.7	5.5	6.5	8.1	10.6	13.5
10S	Stationär	$\lambda=1.05$	-13	2.9	3.3	3.9	4.6	5.4	6.2	7.2	8.7	11.1	13.8

TAB.10 Jämförelse mellan beräknade värmeflöden vid minsta rektangelsida = 0.3 m (fall 9S och 10S) och vid minsta rektangelsida = 0.06 m (fall 9S-tät och 10S-tät)

Fall	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	Största värmeflöde W/m^2 vid x (m) =									
		0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
9S	0	2.95	3.37	4.15	5.02	6.02	7.02	8.40	10.72	14.79	20.89
9S-tät	"	2.95	3.38	4.18	5.09	6.11	7.14	8.63	11.15	15.48	22.67
10S	1.08	2.94	3.27	3.91	4.61	5.39	6.15	7.16	8.73	11.08	13.76
10S-tät	"	2.95	3.30	3.97	4.73	5.57	6.40	7.56	9.40	12.14	15.36

Man ser att nära yttervägg är det väsentligt att tillse att rektanglarnas sidlängd ej blir för stor. Annars kan det beräknade värmeflödet bli för litet.

För att ge en uppfattning om inverkan av randtemperaturerna vid stationär värmeströmning har ett av konstruktionsfallen studerats, nämligen fall 121C, se FIG.3.2 i BIL.3. Detta fall har $\alpha_i = 7 \text{ W/m}^2\text{K}$. I TAB.11a visas beräknade värmemotstånd mellan golvyta och ytteryta för några olika utetemperaturer och randtemperaturer. Man ser att inom 1000 mm från yttervägg är värmemotstånden praktiskt taget helt oberoende av såväl utetemperatur som randtemperatur. Detta ger en ökad generalitet för de beräkningar som utförts för utetemperatur $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ och för randtemperaturer enligt TAB.8. För beräkningsfall med värmekabel måste emellertid värmemotstånd förändras vid ändrad utetemperatur eftersom värmeflödet på grund av temperaturskillnaden inne-ute ändras medan värmekablens effekt hålles konstant. Detta visas i TAB.11b, där beräkningsfall 136B (FIG.3.3 i BIL.3) med ändrade utetemperaturer har studerats. Man ser att värmemotstånden vid $p = 20 \text{ W/m}$ skiljer sig betydligt vid olika utetemperaturer. Avvikelsen från R'' vid $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ är nära vägg ca 50% - mindre vid större avstånd från vägg. Om p ändras så att

$$p = \frac{21 - \vartheta_u}{34} (p)_{\vartheta_u = -13} \quad (29)$$

dvs ändras i proportion till temperaturskillnaden inne-ute blir enligt TAB.11b skillnaden i R'' mindre. Nära vägg blir skillnaden 20%, på större avstånd från vägg blir skillnaden mindre. De värmemotstånd R'' som gäller för beräkningsfall med värmekabel, som gäller vid utetemperaturen $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$, kan med hygglig approximation antas gälla vid andra utetemperaturer om p ges värden enligt ovanstående uttryck (29).

TAB.11a Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta vid olika randtemperaturer för beräkningsfall utan värmekabel, fall 121C (FIG.3.2 i BIL.3)

Fall 121C med		Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)						
ϑ_u $^{\circ}C$	randvillkor från icke stationärt fall avseende	$x_1=7$	$x_1=30$	$x_1=102$	$x_1=212$	$x_1=309$	$x_1=506$	$x_1=986$
-20	Haparanda	0.77	1.31	1.62	1.80	1.96	2.29	3.33
-20	Härnösand	0.77	1.32	1.63	1.82	1.98	2.32	3.37
-13	Härnösand	0.77	1.31	1.61	1.79	1.94	2.25	3.23
- 7	Lund	0.77	1.31	1.62	1.80	1.95	2.28	3.29
- 7	Härnösand	0.76	1.29	1.58	1.75	1.89	2.18	3.06

TAB.11b Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta vid olika utetemperaturer ϑ_u för beräkningsfall med värmekabel, fall 136B (FIG.3.3 i BIL.3)

Fall 136B med			Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)								
ϑ_u $^{\circ}C$	randvillkor från icke stationärt fall avseende	p W/m	$x_1=0.5$	$x_1=10$	$x_1=30$	$x_1=75$	$x_1=125$	$x_1=287$	$x_1=332$	$x_1=525$	$x_1=970$
- 7	Härnösand	20	2.51	4.44	5.77	5.90	5.60	5.31	5.31	5.49	6.35
-13	"	20	1.64	2.96	3.96	4.23	4.13	4.07	4.12	4.38	5.32
-20	"	20	1.12	2.09	2.85	3.15	3.13	3.17	3.24	3.52	4.46
- 7	"	16.47	1.96	3.48	4.61	4.92	4.80	4.71	4.77	5.03	5.97
-13	"	20	1.64	2.96	3.96	4.23	4.13	4.07	4.12	4.38	5.32
-20	"	24.12	1.36	2.51	3.39	3.63	3.54	3.49	3.55	3.80	4.71

5.4 Inverkan av värmeövergången α_i på värmemotståndet mellan golvyta och ytteryta

För fallet 141 (FIG.3.4 i BIL.3) jämförs i TAB.12 värmemotstånden mellan golvyta och ytteryta för $\alpha_i = 2.5, 3.5$ och $7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Man ser att vid små värmemotstånd är inverkan av α_i betydande. När värmemotståndet mellan golvyta och ytteryta blir större än $1 \text{ m}^2\text{K/W}$ blir inverkan av α_i försumbar. Eftersom man från kondenssynpunkt är intresserad av golvtemperaturer nära yttervägg har i BIL.3 och BIL.4 golvtemperaturer och värmemotstånd uträknats för $\alpha_i = 2.5, 3.5$ och $7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.5 Omräkning av värmeflöden och golvtemperaturer till andra inomhus- eller utomhustemperaturer samt för utåtgående hörn

Det har visats att värmemotståndet mellan golvyta och ytteryta är praktiskt taget helt oberoende av randtemperaturer och utetemperaturer. Man kan då beräkna värmeflödet vid tvådimensionell värmeledning ur

$$q''_{\max} = \frac{\vartheta_i - \vartheta_u}{1/\alpha_i + R'' + 1/\alpha_u} \quad (30)$$

och golvtemperaturer vid tvådimensionell värmeledning ur

$$\vartheta_g'' = \vartheta_i - \frac{1/\alpha_i}{1/\alpha_i + R'' + 1/\alpha_u} (\vartheta_i - \vartheta_u) \quad (31)$$

där ϑ_i = inomhustemperatur ($^{\circ}\text{C}$)

ϑ_u = utetemperatur ($^{\circ}\text{C}$)

R'' = värmemotstånd ($\text{m}^2\text{K/W}$) mellan golvyta och ytteryta enligt BIL.3 och BIL.4 (tvådimensionell värmeledning)

TAB. 12 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall 141 enligt FIG. 3.4 i BIL. 3 vid varierande värmeövergångskoefficient α_j vid golvytan.

Fall	α_j W/m ² K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0.5$	$x_1=14$	$x_1=29$	$x_1=86$	$x_1=184$	$x_1=284$	$x_1=516$	$x_1=931$
141(FIG. 3.4)	2.5	0.25	0.28	0.32	0.50	0.85	1.24	2.17	3.52
	3.5	0.20	0.23	0.27	0.45	0.80	1.22	2.22	3.55
	7.0	0.12	0.15	0.19	0.36	0.77	1.28	2.41	3.65

TAB.13 Värmeledning vid beräkningsfall i BIL.3 och BIL.4

Material	λ_1 (W/mK)
Asfaltimpregnerad board	0.06
Betong	2.32
Betonghålstén ($U=0.03$, $\rho=1400$)	0.523
Fasadtegel	0.70
Gasbetong $\gamma=500$ kg/m ³	0.163
Gipsplatta	0.22
Grus	1.4
Isolering I	0.0407
Isolering II	0.05
Isolering III	0.06
Lera I	1.05
Lättklinker, lös på mark ($\rho=400$)	0.13
Lättklinkerblock ($U=0.07$, $\rho=650$)	0.256
Lättklinker, cementbunden på mark ($\rho=400$)	0.151
20 mm luftspalt	0.116
Mineralull + regler	0.0476
Sand	1.86
Trä	0.14

Med tillämpning av ekv.(27) där $R_j = R'' - R_1$ kan man vid tredimensionell värmeeströmning för punkten på diagonalen ξ (FIG.7) nära ett ytterväggshörn beräkna

$$q_{\max}''' = \frac{t_i - t_u}{1/\alpha_i + R_1 + 1/2(R_j + 1/\alpha_u)} = \frac{t_i - t_u}{1/\alpha_i + 1/2(R'' + R_1 + 1/\alpha_u)} \quad (32)$$

och

$$t_g''' = t_i - \frac{1/\alpha_i}{1/\alpha_i + 1/2(R'' + R_1 + 1/\alpha_u)} (t_i - t_u) \quad (33)$$

Därvid förutsättes att R_1 ligger på golvetts ovasida.

5.6 Golvtemperaturer och värmemotstånd vid betongplatta med kantförstyvning

I BIL.3: FIG.3.1 - 3.10 visas ett antal konstruktionsalternativ för kantförstyvad betongplatta och i TAB.3.1 - 3.20 visas beräknade golvtemperaturer t_g ($^{\circ}\text{C}$) och värmemotstånd R'' ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) mellan golvyta och ytteryta. Vid beräkningarna har värmekonduktiviteten för olika material antagits enligt TAB.13 samt λ för jord satts till 1.05 W/mK .

Betongplatta med ovanförliggande värmeisolering

I FIG.3.1 - 3.3 visas tre konstruktionsalternativ med kantförstyvad betongplatta med ovanförliggande värmeisolering. I samtliga fall antas att golvetts värmeisolering har värmemotståndet $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

I FIG. 3.1 visas en konstruktion med yttervägg av $1/2$ stens fasadtegel och regelstomme. Som utgångsfall (fall 101) har man ingen extra värmeisolering R_2 i sockelbalken, ej heller någon värmekabel p. Då blir enligt TAB.3.1 golvtemperaturen intill yttervägg ($x_1=0$) $t_g'' = 6.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ för $\alpha_i = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Redan på $x_1 = 12 \text{ mm}$ från vägg är $t_g'' = 11.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ vilket normalt ger betryggande säkerhet mot kondens. På $x_1 = 300 \text{ mm}$ från vägg blir $t_g'' = \text{ca } 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ vid $\alpha_i = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Eftersom man kan

förvänta sig så låga α_i -värden på golv så måste konstruktionen vid $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ sägas ligga på gränsen till hygieniskt tillåtet. För utetemperaturen $\vartheta_u = -7\text{ }^\circ\text{C}$ blir enligt TAB.3.2 för $\alpha_i = 2.5\text{ W/m}^2\text{K}$ och $x_1 = 284\text{ mm}$

$$R'' = 2.10\text{ m}^2\text{K/W}$$

Enligt ekv.(31) blir då

$$\vartheta_g'' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 2.10 + 1/16} (21 + 7) = 16.6\text{ }^\circ\text{C}$$

Om man har utetemperaturen $\vartheta_u = -20\text{ }^\circ\text{C}$ blir $\vartheta_g = 14.5\text{ }^\circ\text{C}$.

Vid utåtgående hörn och med utetemperaturen $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ blir enligt ekv.(33) för $x_1 = y_1 = 284\text{ mm}$

$$\vartheta_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.05 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 14.3\text{ }^\circ\text{C}$$

vilket är en alltför låg golvtemperatur på 0.3 m avstånd från vägg.

Om man lägger in en värmekabel som FIG.3.1 visar och ger denna effekten $p = 20\text{ W/m}$ (fall 102) så blir vid $\alpha_i = 2.5\text{ W/m}^2\text{K}$ golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 17.2\text{ }^\circ\text{C}$ på $x_1 = 284\text{ mm}$ från vägg. Vid effekten $p = 30\text{ W/m}$ (fall 103) blir golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 17.6\text{ }^\circ\text{C}$. Värmemotståndet inklusive kabelns tillförda effekt blir enligt TAB.3.2 (fall 103A) $R'' = 3.37\text{ m}^2\text{K/W}$ vid $x_1 = 284\text{ mm}$. Detta ger vid utåtgående hörn ($x_1 = y_1 = 284\text{ mm}$) golvtemperaturen

$$t_g^m = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.68 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 15.9^\circ\text{C}$$

vilket ligger på gränsen för acceptabel temperatur.

Måhända kan man räkna med att α_i är något större än $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ vid ytterhörn, vilket höjer golvtemperaturen något. Det kan vara av intresse att notera att när konstruktionen "kantförstyvad platta på mark" började användas i Sverige på 1950-talet, så hade man i allmänhet en värmeförsel under isoleringen från den oisolerade returledningen från varmvattenradiatorerna. Den returledningen torde ha avgivit några tiotal W/m.

Om man vill lägga in en vertikal isolering i kantförstyvningen så måste man se till att fasadtegelskalet får tillräckligt upplag. I FIG. 3.1 visas att man antingen kan bära med en klack nedtill med höjden 250 mm eller bära med 50 mm betong ovanför och 50 mm under den vertikala isoleringen. I det förra fallet (fall 104 A) blir golvtemperaturen $t_g^u = 16.7^\circ\text{C}$ för $x_1 = 284 \text{ mm}$ och i det senare fallet (fall 107 A) blir $t_g^u = 16.8^\circ\text{C}$. Detta innebär endast en mycket liten förbättring i förhållande till fall 101 A. Fall 106 har endast teoretisk betydelse.

Om ytterväggen utgörs enbart av en regelstomme, FIG. 3.2, så blir golvtemperaturerna ca en halv grad lägre och värmemotstånden något mindre än vid fallen med fasadtegel + regelstomme.

Utgörs ytterväggen av massiv gasbetong med tjockleken = 250 mm enligt FIG. 3.3, så kan man få bäring för ytterväggen innanför en utvändigt isolering på kantförstyvningen. Härigenom kan man få en 400 mm hög isolering med $R_2 = 1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (fall 134 A) som ger golvtemperaturen $t_g^u = 16.9^\circ\text{C}$ vid $x_1 = 332 \text{ mm}$. Vid ytterhörn blir för $x_1 = y_1 = 332 \text{ mm}$ (R^u enligt TAB. 3.6).

$$t_g^{III} = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.49 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 15.5^\circ\text{C}$$

vilket även detta är i lägsta laget.

Man kan utforma kantbalken med en lättklinkerblockisolering som fastgjutes i betongen. Om denna är 100 mm tjock (fall 135A) blir golvtemperaturen $t_g^{II} = 16.6^\circ\text{C}$ på $x_1 = 332$ mm. Om man gör lättklinkerblocket 230 mm (fall 137A) så blir $t_g^{II} = 17.0^\circ\text{C}$. Vid ytterhörn blir då golvtemperaturen lika låg som ovan. Med en värmekabel om 20 W/m blir emellertid golvtemperaturen acceptabel även i ytterväggshörn. Då blir för fall 137A

$$t_g^{III} = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 2.34 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 16.9^\circ\text{C}$$

vilket är acceptabelt.

Om man ökar bjälklagets värmemotstånd från $R_1 = 1.08$ till $R_1 = 2.16$ $\text{m}^2\text{K/W}$ så blir vid fall 134A ($x_1 = 332$ mm)

$$t_g^{III} = 21 - \frac{1/2.5}{\frac{1}{2.5} + 1.08 + \frac{2.98}{2} + \frac{1.08}{2} + \frac{1}{32}} (21 + 13) = 17.2^\circ\text{C}$$

vilket också är en väsentlig förbättring.

Det är som synes svårt att finna konstruktionsalternativ som ger acceptabla golvtemperaturer inom vistelsezonen om man har Härnösandsklimat och värmeledande jord. En god horisontell värmeisolering gärna i kombination med värmetillförsel ovanför isoleringen skulle hjälpa betydligt. Detta är möjligt när man har s.k. lufttat, värmeisolerat trägolv över betongplattan.

Betongplatta med ingjuten värmeisolering

FIG.3.4 visar en konstruktion med ingjuten värmeisolering. Denna isolering antas ha värmemotståndet $R_1 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$. Den tänkes utförd av material med värmekonduktiviteten $\lambda_1 = 0.06 \text{ W/mK}$ eller med material med $\lambda_1 = 0.13 \text{ W/mK}$. I förra fallet blir tjockleken $c = 65 \text{ mm}$ och i det senare fallet $c = 140 \text{ mm}$. Utan vertikal isolering i kantförstyvningen blir med $\alpha_j = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (fall 141A) golvtemperaturen intill yttervägg ($x_1=0$) $\vartheta_g'' = +1.8 \text{ }^\circ\text{C}$. Detta är en mycket låg yttemperatur, som i regel ger upphov till ytkondens. Så långt in på golvet som $x_1 = 284 \text{ mm}$ blir golvtemperaturen inte högre än $\vartheta_g'' = 13.0 \text{ }^\circ\text{C}$. Med värmekabel $p = 20 \text{ W/m}$ blir för fall 142A med $x_1 = 284 \text{ mm}$ golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 16.4 \text{ }^\circ\text{C}$. I ytterhörn blir på $x_1 = y_1 = 284 \text{ mm}$ enligt ekv. (33)

$$\vartheta_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.26 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 14.9^\circ\text{C}$$

vilket är alltför lågt. Ingetdera av alternativen i serie 140 ger således acceptabel golvtemperatur i ytterhörn på avståndet ca 300 mm från yttervägg.

Om man i stället utformar konstruktionen enligt FIG.3.5 så får man med värmekabel $p = 20 \text{ W/m}$ (fall 152 och 154) golvtemperaturer som är högre än $+21 \text{ }^\circ\text{C}$ ända intill yttervägg. Man har således en vistelsezon som sträcker sig ut till ytterväggen. Man bör emellertid observera att golvtemperaturerna kan bli upp till $40 \text{ }^\circ\text{C}$ vilket kan vålla obehag och framför allt kan ge fuktproblem. Därför bör värmekabelns effekt begränsas. I fall 155A med $p = 7 \text{ W/m}$ blir golvtemperaturen maximalt $\vartheta_g'' = 22.4 \text{ }^\circ\text{C}$ och på avståndet $x_1 = 316 \text{ mm}$ blir $\vartheta_g'' = 18.1 \text{ }^\circ\text{C}$. I ytterhörn blir då på samma avstånd från vägg

$$\vartheta_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 2.13 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 16.6^\circ\text{C}$$

vilket är acceptabelt.

Betongplatta med underliggande värmeisolering

Av produktionstekniska skäl önskar man ibland att värmeisoleringen förläggs under betongplattan. Värmeisoleringen måste naturligtvis då kompletteras med en vertikal isolering inne i kantförstyvningen (serierna 160 och 180) eller på kantisoleringens utsida (serierna 170 och 190). Med värmeisoleringen inne i kantförstyvningen kan man utforma förstyvningen antingen med bärning nedtill eller både upp till och nedtill. Ingetdera av fallen i serie 160 eller i serie 180 ger på avståndet $x_1 = 330$ mm från vägg högre golvtemperatur än $\vartheta_g^{l''} = 15.1^\circ\text{C}$, vilket särskilt i ytterhörn är alltför lågt.

Värmeisolering på kantförstyvningens utsida ger högre golvtemperaturer. Vid fall 173 A, som även har värmekabel ($p = 20$ W/m) blir på $x_1 = 330$ mm golvtemperaturen $\vartheta_g^{l''} = 17.0^\circ\text{C}$. I ytterhörn blir golvtemperaturen på $x_1 = y_1 = 330$ mm från vägg

$$\vartheta_g^{l'''} = \vartheta_i^{l''} - \frac{1/\alpha_i}{1/\alpha_i + \frac{1}{2} R''}$$

eftersom isoleringen ligger under betongplattan och utanpå kantförstyvningen. Då blir

$$\vartheta_g^{l'''} = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.46 + 1/32} (21 + 13) = 14.8^\circ\text{C}$$

vilket är något för låg temperatur.

Fallet 193 A (med $p = 20$ W/m) ger för $x_1 = 300$ mm golvtemperaturen $\vartheta_g^{l''} = 19.3^\circ\text{C}$. Vid ytterhörn blir då för $x_1 = y_1 = 300$ mm

$$\vartheta_g^{l'''} = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 3.23 + 1/32} (21 + 13) = 17.3^\circ\text{C}$$

vilket är tillfredsställande.

Vid underliggande värmeisolering kan man också komplettera värmeisoleringen med en horisontell randisolering enligt FIG.3.10. Vid fall 201A är bredden $b = 200$ mm. På $x_1 = 125$ mm blir golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 16.1$ °C. Om man förflyttar sig in mot rummet kommer golvtemperaturen att sjunka kraftigt där isoleringen slutar. På $x_1 = 225$ mm får man således en så låg golvtemperatur som $\vartheta_g'' = 6.9$ °C. Även om den horisontella isoleringen sträcker sig 600 mm (fall 203A) in i rummet så blir golvtemperaturen innanför isoleringen på $x_1 = 625$ mm så låg som $\vartheta_g'' = 11.9$ °C. Det måste vara högst obehagligt att ha så låg golvtemperatur 600 mm in från yttervägg. Serie 200 ger således ej någon acceptabel lösning.

Vid underliggande värmeisolering ger således endast konstruktionsalternativet enligt fall 193 godtagbara golvtemperaturer i Härnösandsklimat. Fall 173 bör kunna ge acceptabla golvtemperaturer om värmekabeln ges effekten $P = 30$ W/m.

5.7 Golvtemperaturer och värmemotstånd vid betongplatta och grundmur

Bjälklag på jord kan utformas med grundmur, som för ned lasterna från ytterväggarna till jorden, och betongplatta som för ner golvlasterna till jorden. I BIL.4 visas i FIG.4.1 - 4.5 några konstruktionsalternativ. Grundmuren tänkes då utförd av antingen betonghålstensblock eller lättklinkerblock som muras på en betongsula.

Betongplatta med ovanliggande värmeisolering

I FIG.4.1 - 4.3 i BIL.4 visas konstruktionsalternativ med ovanliggande värmeisolering för tre olika ytterväggskonstruktioner. Vid fasadtegelbeklädd regelvägg på lättklinkermur (fall 301A) blir med $\alpha_j = 2.5$ W/m²K på $x_1 = 289$ mm från vägg golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 16.8$ °C. Vid ytterhörn på $x_1 = y_1 = 289$ mm från vägg blir enligt ekv. (33)

$$t_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.44 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 15.4^{\circ}\text{C}$$

vilket är något för lågt. Med värmekabel ($p = 20 \text{ W/m}$) inlagd blir $t_g'' = 19.0^{\circ}\text{C}$ på $x_1 = 289 \text{ mm}$ (fall 302 A), vilket i ytterhörn på $x_1 = y_1 = 289 \text{ mm}$ ger (R enligt TAB. 4.2)

$$t_g'' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 3.19 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 17.7^{\circ}\text{C}$$

vilket är tillfredsställande.

Med betonghålstensmur ger värmekabel tillfredsställande temperatur i ytterhörn (fall 304 A) om jordens värmekonduktivitet är $\lambda = 1.05 \text{ W/mK}$. På $x_1 = y_1 = 289 \text{ mm}$ blir

$$t_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 2.26 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 16.8^{\circ}\text{C}$$

Vid yttervägg av enbart regelstomme (serie 320) och yttervägg av gasbetong (serie 330) erhålles liknande resultat. Sammanfattningsvis kan sägas att lättklinkerblock och värmekabel ger tillfredsställande golvtemperaturer i Härnösandsklimat. Även betonghålstensblock och värmekabel ger tillfredsställande golvtemperaturer om jorden har värmekonduktivitet $\lambda = \text{ca } 1.05 \text{ W/mK}$. Vid större konduktivitet bör kabeln ges större effekt än $p = 20 \text{ W/m}$.

Betongplatta med underliggande värmeisolering

Värmeisolering under betongplattan kan utföras av t.ex. mineralull eller lättklinker. I FIG. 4.4 i BIL. 4 visas några konstruktionsalternativ med mineralullsisolering under betongplattan och i FIG. 4.5 några alternativ med lättklinker under betongplattan.

Man kan anbringa en värmeisolering III mellan betongplattan och grundmuren som FIG. 4.4 visar. Utan denna isolering ger fall 341 A med $\alpha_i = 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 15.1^\circ\text{C}$ på avståndet $x_1 = 289 \text{ mm}$ från yttervägg. Med värmeisoleringen $R_3 = 1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (fall 343 A) blir på $x_1 = 289 \text{ mm}$ golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 16.2^\circ\text{C}$ och med $R_3 = 2.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (fall 344 A) blir golvtemperaturen $\vartheta_g'' = 16.4^\circ\text{C}$ på $x_1 = 289 \text{ mm}$. Vid ytterhörn får man för fall 344 A på $x_1 = y_1 = 289 \text{ mm}$

$$\vartheta_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 1.26 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 14.9^\circ\text{C}$$

vilket är alltför låg golvtemperatur. Man har inte isoleringen på plattans ovansida, vilket är förutsättningen för ekv. (33), men den beräknade golvtemperaturen torde vara nära den riktiga.

Om man lägger in en värmekabel med $p = 20 \text{ W/m}$ får man vid lättklinkermur (fall 342 A) $\vartheta_g'' = 21.0^\circ\text{C}$ och vid betonghålstensmur (fall 346 A) $\vartheta_g'' = 18.9^\circ\text{C}$ på $x_1 = 289 \text{ mm}$ från yttervägg. I de båda senare fallen har man ingen värmeisolering III mellan betongplatta och grundmur. Vid ytterhörn ger fall 346 A på $x_1 = y_1 = 289 \text{ mm}$

$$\vartheta_g''' = 21 - \frac{1/2.5}{1/2.5 + 3.06 + 0.54 + 1/32} (21 + 13) = 17.6^\circ\text{C}$$

vilket är högst tillfredsställande. Även vid jord med $\lambda = 1.50 \text{ W/mK}$ blir ϑ_g''' acceptabelt.

Inverkan av en utanför liggande horisontell s.k. markisolering visas i fall 345 A och 349 A. Om dessa fall jämföres med fall 343 A respektive 347 A så ser man att golvtemperaturerna höjs obetydligt. En sådan mark-

isolering har således liten effekt i avseende på golvtemperaturen.

Liknande resultat som ovan erhållits med mineralullsisolering under betongplattan (serie 340) erhålles om man i stället isolerar med lättklinker under plattan (serie 350).

Med värmekabel får man således för Härnösandsklimat acceptabla golvtemperaturer inom vistelsezonen vid grundmur av såväl lättklinkerblock som betonghålstensblock.

6 VÄRMEISOLERINGSEKONOMI

6.1 Värmeförluster under uppvärmningssäsongen

Värmeförluster genom bjälklag på jord under en hel uppvärmningssäsong måste beräknas med en metod för icke stationär värmeströmning. Om värmeflödet genom bjälklaget i punkten x och vid tidpunkten t skrivs q_{xt} så blir värmeförlusten under uppvärmningssäsongen

$$Q_u = \int_{t_1}^{t_2} \int_{-b}^{+b} q_{xt} dx dt \quad (34)$$

där t_1 är tidpunkten för uppvärmningens början och t_2 tidpunkten för dess slut samt b är halva bredden för en lång byggnad. Normalt kan man räkna med att uppvärmning behövs när utetemperaturen är lägre än $+16$ °C.

För en lång byggnad med bredden 10 m har beräkningar utförts med Eft-rings program för ett antal isoleringsalternativ - se FIG.10 och TAB. 14. Samma jord har använts som i avsnitt 3. Utetemperaturen har satts till

$$t_u = 5.8 + 16.8 \cos t \quad \text{med } 2\pi/\omega = 1 \text{ år} \quad (35)$$

Beräkningsfallen har ursprungligen använts för studier av tjälnedträngning intill byggnad i Örebro. Därvid har marken utanför huset antagits snöfri. Under en normalvinter har man emellertid ett visst snötäcke under vintern. Vidare är utetemperaturen för ett normalår i Örebro ej så låg som ovan angivits. Uttrycket (35) i kombination med snöfri mark är för ett normalår närmast representativt för t.ex. Luleå.

Om året indelas i 1768 tidssteg och $t = 0$ sättes vid utetemperaturens maximivärde så börjar uppvärmningssäsongen vid $t = 260$ och slutar vid $t = 1510$. Uppvärmningssäsongen skulle alltså omfatta 258 dygn. Värme-

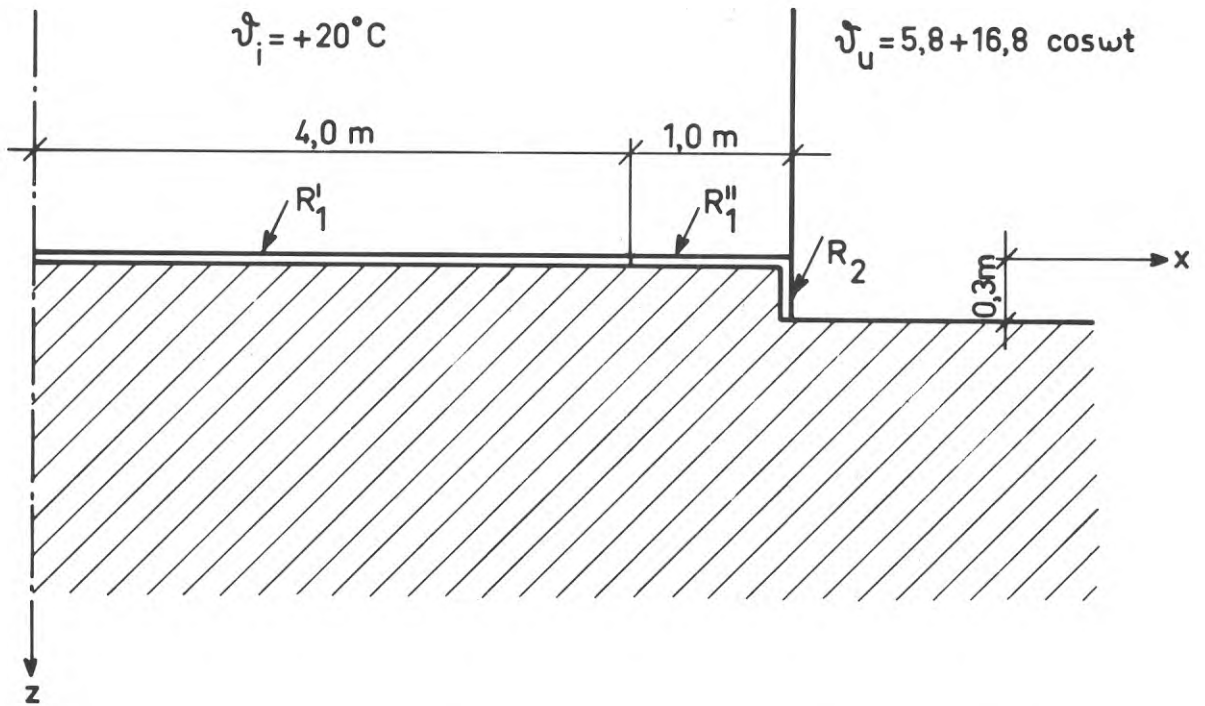


FIG.10 Schematisering av lång byggnad vid beräkning av värmeförluster under uppvärmningssäsong

TAB.14 Värmeförluster per meter byggnad genom bjälklag under uppvärmningssäsongen. Beteckningar enligt FIG.10

Fall	R_1 $\text{m}^2\text{K/W}$	R_1'' $\text{m}^2\text{K/W}$	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	Q_u kWh/m
34	0	0	0	549
35	0	0	1.08	351
36	0	1.08	0	346
37	1.08	1.08	0	272
38	1.08	1.08	0.54	232
39	1.08	1.08	1.08	223
40	1.08	1.08	2.15	219
41	2.15	2.15	0	196
42	2.15	2.15	1.08	173

flödena q_{xt} har bestämts för 10 punkter nämligen $x = 0.50, 1.50, 2.30, 2.85, 3.25, 3.55, 3.85, 4.20, 4.55$ och 4.85 m och vid följande 15 tidpunkter $t = 238, 340, 442, 544, 646, 748, 850, 884, 986, 1088, 1190, 1292, 1394, 1496$ och 1598 . Värmeförlusterna har bestämts som

$$Q_u = \sum_{n=1}^{15} t_n \sum_{m=1}^{10} q_{xt} x_m$$

I TAB.14 visas värmeförluster per m av den långa byggnaden med bredden 10 meter.

6.2 Lönsamhet för olika värmeisoleringsalternativ

I FIG.11 visas de olika värmeisoleringsåtgärderna och effekten på värmeförbrukningen per meter byggnad under uppvärmningssäsongen. Denna figur kan användas för bedömning av lönsamheten.

I FIG.12 visas förändring i uppvärmningskostnad (U) beräknad efter 0.04 kr/kWh, vilket kan motsvara oljeeldade småhus och inom parentes uppvärmningskostnaden beräknad efter 0.08 kr/kWh, vilket kan motsvara elvärmda småhus. Vidare anges i FIG.12 annuiteten av isoleringskostnaden. Annuiteten (ränta och amortering) har satts till 10% och isoleringskostnaden till (per meter byggnad)

horisontell isolering: $K_i = 4$ kr/m per m^2K/W i värmemotstånd
 vertikal isolering: $K_i = 6$ " " " "

Årskostnaden blir då per meter byggnad vid:

horisontell isolering: $k_i = 0.40$ kr/m,år per m^2K/W i värmemotstånd
 vertikal isolering: $k_i = 0.60$ " " " "

Av FIG.12 framgår att det lönar sig väl att från alternativet med $R_1^I = R_1^{II} = R_2 = 0$ värmeisolera med $R_2 = 1.08 m^2K/W$. U blir vid oljeeldning -7.94 kr/år och I blir endast 0.39 kr/år. Det lönar sig alltså. Om man

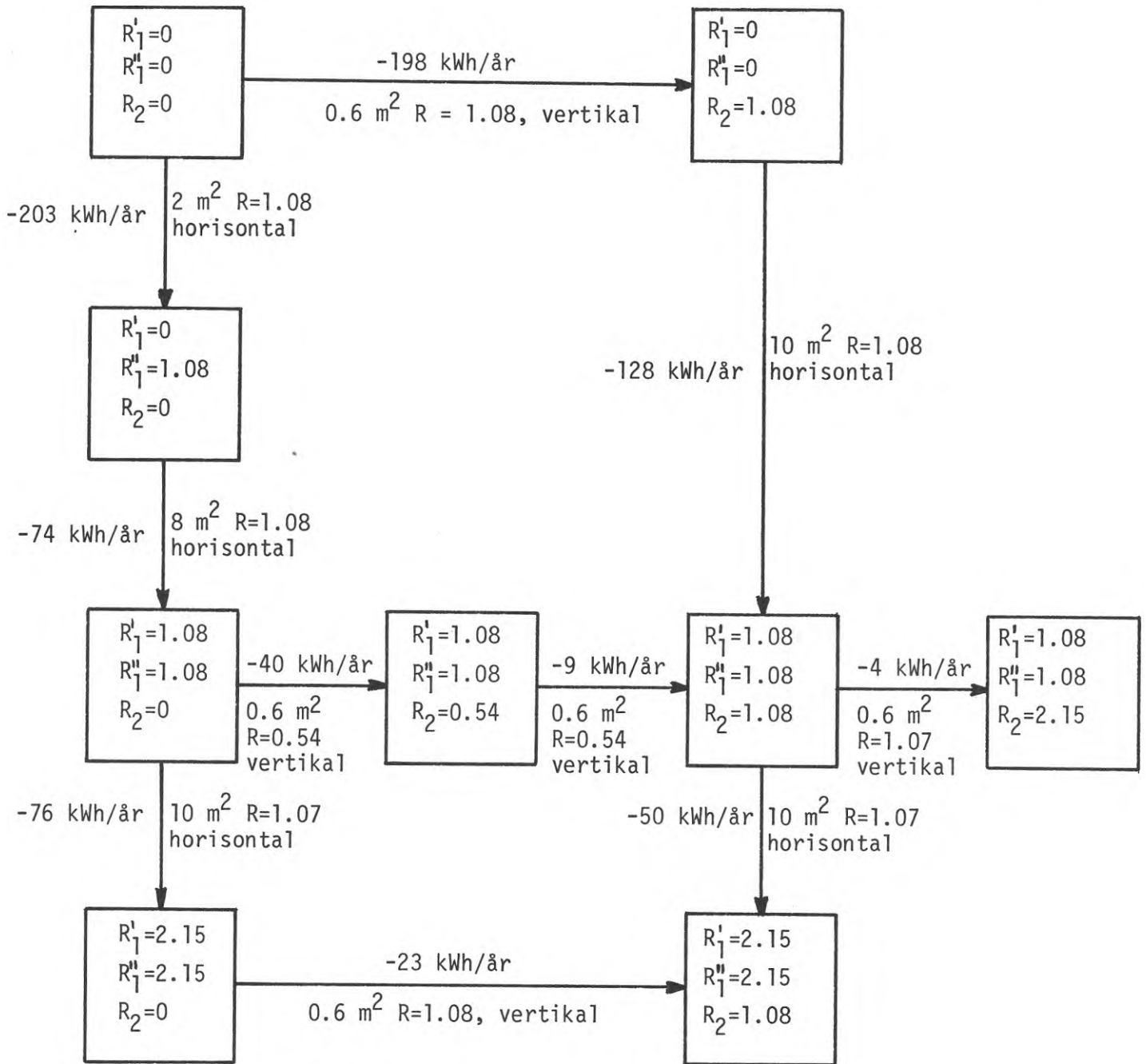


FIG.11 Inverkan av värmeisoleringsåtgärder på värmeförbrukningen under året för 1 meter av en lång byggnad (bredd = 10 m). Beteckningar enligt FIG.10.

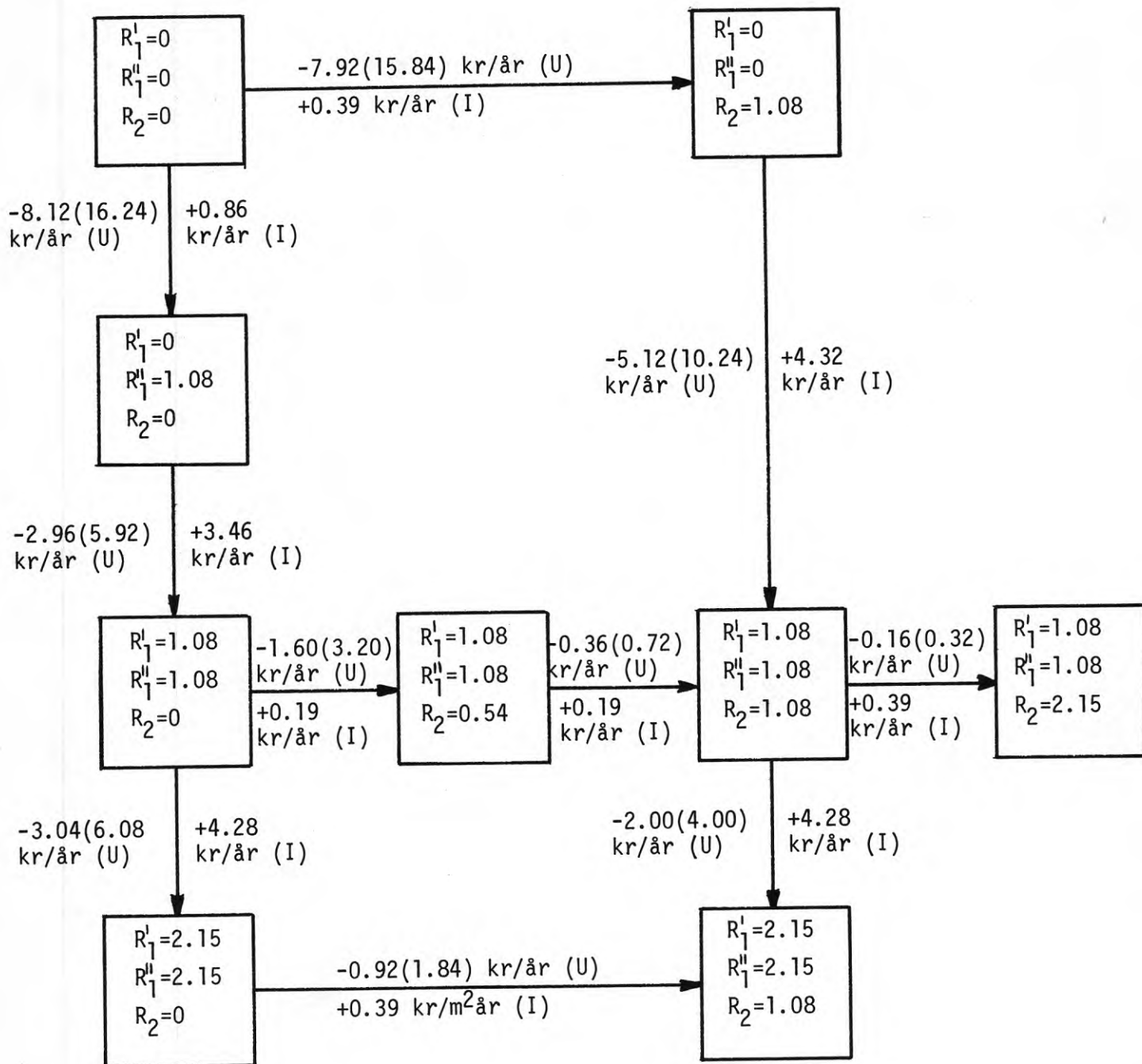


FIG.12 Årskostnader för värmeisolering (I) och uppvärmning (U) för i meter av en lång byggnad (bredd = 10 m). Värderna på U beräknade med värmepris = 0.04 kr/kWh (0.08 kr/kWh inom parentes). Beteckningar enligt FIG.10.

isolerar med $R_1^I = R_1^{II} = R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ så sparar man $U = -5.12 \text{ kr/m}$ vid oljeeldning medan isoleringskostnaden är $I = 4.32 \text{ kr/år}$. Det är fortfarande lönsamt. Om man emellertid värmeisolerar den ytter randzonen med $R_1^{II} = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ vid $R_1^I = R_2 = 0$ så blir besparingen i förhållande till $R_1^I = R_1^{II} = R_2 = 0$ i uppvärmning $U = 8.12 \text{ kr/år}$ vid oljeeldning medan isoleringskostnaden blir $I = 0.86 \text{ kr/år}$. Ytterligare isolering så att $R_1^I = R_1^{II} = 1.08$ och $R_2 = 0$ ger $U = -2.96$ vid oljeeldning och $I = 3.46 \text{ kr/år}$. Det skulle således inte löna sig. Uppenbarligen är det lönsamt att randisolera på ett par meters bredd men ej helt lönsamt i byggnadens centrala delar - dock kan man tänkas ha annan anledning till värmeisolering där.

Man kan våga dra den slutsatsen att vid de antagna klimatförhållandena (Norrländ) så kan det vid oljeeldade småhus vara lönsamt att isolera till $R_1^I = R_1^{II} = R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ med en liten reservation för byggnadens centrala delar. Vid elvärmda småhus är det lönsamt att isolera så att $R_1^I = R_1^{II} = 2.15 \text{ m}^2\text{K/W}$ och $R_2 = 1.08 \text{ m}^2\text{K/W}$ med samma reservation som tidigare.

För andra klimatförhållanden än Norrländ kan värmeförlusterna proportioneras mot graddagtalet för uppvärmning, vilket kan återfinnas i handböcker, t.ex. BYGG eller VVS-handboken.

7 LITTERATUR

- Adamson, B, 1971, Yttemperaturer och värmeförluster vid betongbjälklag i fasadvägg. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R26:1971. Stockholm.
- Adamson, B, Claesson, J & Eftring, B, 1971, Kryprum. Grundläggningsdjup, värmeisolering och fuktförhållanden. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R29:1971. Stockholm.
- Brodén, S, 1969, Temperaturfördelningen i ett tvådimensionellt område. (Tekniska högskolan i Lund, institutionen för byggnadskonstruktionslära) Arbetsrapport 1969:1. Lund.
- 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.
- Gebhart, B, 1961, Heat Transfer. (Mc Graw Hill Book Company Inc.). New York, Toronto, London.
- Kollmar, A & Liese, W, 1957, Die Strahlungsheizung. (R. Oldenburg). München.
- Lykow, A W, 1958, Temperaturerscheinungen in kapillärporösen Körpern. (Akademie - Verlag). Berlin.

- 8 BILAGA 1: LANG BYGGNAD MED BREDD 10 M - TABELLER ÖVER STÖRSTA OCH MINSTA VÄRMEFLÖDE UNDER ÅRET, JORDENS OCH GRUNDKONSTRUKTIONENS VÄRMOTSTÅND SAMT LÄGSTA GOLVTEMPERATUR

TAB.1.1 Under året största värmefflöde q_{\max} (W/m^2) genom golvytan vid lång byggnad (FIG.5)

Fall	Ort	R_1 m^2K/W	R_2 m^2K/W	l_2 m	Värmefflöde q_{\max} (W/m^2) för $x =$ (m)									
					0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
1	Lund	1.08	-	0	2.2	2.5	3.0	3.7	4.5	5.3	6.4	8.5	12.2	17.6
2	"	"	1.08	0.3	2.1	2.3	2.8	3.3	3.9	4.5	5.3	6.6	8.6	11.0
3	"	2.15	-	0	2.0	2.2	2.5	3.0	3.5	3.9	4.6	5.6	7.4	9.9
4	"	"	1.08	0.3	1.9	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.9	4.6	5.7	6.8
5	Stockholm	1.08	-	0	2.4	2.6	3.3	4.1	5.0	5.9	7.3	9.7	14.2	20.7
6	"	"	1.08	0.3	2.2	2.5	3.0	3.6	4.3	5.0	5.9	7.5	9.8	12.4
7	"	2.15	-	0	2.1	2.3	2.8	3.2	3.8	4.3	5.1	6.3	8.5	11.4
8	"	"	1.08	0.3	2.0	2.2	2.5	2.9	3.4	3.8	4.3	5.2	6.4	7.7
9	Härnösand	1.08	-	0	2.7	3.0	3.7	4.5	5.5	6.5	8.0	10.5	15.1	22.1
10	"	"	1.08	0.3	2.6	2.8	3.4	4.0	4.7	5.5	6.5	8.1	10.6	13.5
11	"	"	"	0.6	2.4	2.6	3.1	3.7	4.4	5.0	5.8	7.1	9.1	11.4
12	"	2.15	-	0	2.4	2.6	3.1	3.6	4.2	4.8	5.6	6.8	8.8	12.1
13	"	"	1.08	0.3	2.3	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.8	5.6	6.9	8.3
14	Haparanda	1.08	-	0	3.2	3.5	4.3	5.3	6.4	7.5	9.1	11.9	16.8	25.0
15	"	"	1.08	0.3	3.0	3.3	4.0	4.7	5.5	6.4	7.6	9.5	12.4	15.7
16	"	"	"	0.6	2.8	3.0	3.6	4.3	5.0	5.7	6.5	8.1	10.3	13.1
17	"	"	"	0.9	2.7	3.0	3.6	4.1	4.8	5.4	6.3	7.6	9.6	12.2
18	"	2.15	-	0	2.9	3.1	3.6	4.2	4.9	5.5	6.5	8.1	10.6	13.8
19	"	"	1.08	0.3	2.6	2.8	3.3	3.7	4.3	4.8	5.4	6.5	7.9	9.5

TAB.1.2 Under året minsta värmefflöde q_{\min} (W/m^2) genom golvytan vid lång byggnad (FIG.5)

Fall	Ort	R_1 m^2K/W	R_2 m^2K/W	l_2 m	Värmefflöde q_{\min} (W/m^2) för $x =$ (m)									
					0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
1	Lund	1.08	-	0	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2	0.4	-0.8
2	"	"	1.08	0.3	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.4	1.1	0.6
3	"	2.15	-	0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0	0.5	-0.4
4	"	"	1.08	0.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	0.9	0.6
5	Stockholm	1.08	-	0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0	-0.0	-1.7
6	"	"	1.08	0.3	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	0.8	0.2
7	"	2.15	-	0	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9	0.2	-0.8
8	"	"	1.08	0.3	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.8	0.4
9	Härnösand	1.08	-	0	2.2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.1	-0.2
10	"	"	1.08	0.3	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.1	1.8	1.4
11	"	"	"	0.6	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.1	1.9	1.6
12	"	2.15	-	0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0	0.0
13	"	"	1.08	0.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.4	1.1
14	Haparanda	1.08	-	0	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.0	2.9	2.6	1.9	0.5
15	"	"	1.08	0.3	2.6	2.7	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	2.9	2.6	2.1
16	"	"	"	0.6	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.6	2.4
17	"	"	"	0.9	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.7	2.4
18	"	2.15	-	0	2.4	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.1	1.6	0.5
19	"	"	1.08	0.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.6

TAB.1.3 Jordens och grundkonstruktionens värmemotstånd R_j (m^2K/W) exklusive golvet
värmemotstånd R_1 . Lång byggnad (FIG.5)

Fall	Ort	R_1 m^2K/W	R_2 m^2K/W	ℓ_2 m	Värmemotstånd R_j (m^2K/W) för $x =$ (m)									
					0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
1	Lund	1.08	-	0	11.1	9.9	7.9	6.2	5.0	4.0	3.1	2.1	1.1	0.5
2	"	"	1.08	0.3	11.7	10.5	8.6	7.1	5.8	4.9	4.0	3.0	2.0	1.4
3	"	2.15	-	0	11.4	10.3	8.5	6.9	5.7	4.8	3.8	2.7	1.5	0.6
4	"	"	1.08	0.3	12.0	11.0	9.3	7.8	6.6	5.7	4.8	3.7	2.6	1.8
5	Stockholm	1.08	-	0	12.1	10.7	8.4	6.6	5.2	4.2	3.1	2.1	1.1	0.4
6	"	"	1.08	0.3	12.8	11.5	9.3	7.6	6.2	5.1	4.1	3.1	2.1	1.3
7	"	2.15	-	0	12.4	11.2	9.1	7.5	6.1	5.0	4.0	2.8	1.5	0.5
8	"	"	1.08	0.3	13.2	12.0	10.1	8.5	7.1	6.1	5.0	3.9	2.7	1.9
9	Härnösand	1.08	-	0	11.2	9.9	7.9	6.3	4.9	4.0	3.1	2.1	1.1	0.4
10	"	"	1.08	0.3	11.9	10.7	8.7	7.1	5.9	4.9	4.0	3.0	2.0	1.4
11	"	"	"	0.6	12.7	11.4	9.4	7.8	6.5	5.6	4.6	3.6	2.6	1.8
12	"	2.15	-	0	11.4	10.3	8.5	7.0	5.7	4.6	3.8	2.7	1.6	0.6
13	"	"	1.08	0.3	12.1	11.0	9.3	7.8	6.6	5.7	4.8	3.7	2.6	1.8
14	Haparanda	1.08	-	0	10.9	9.7	7.7	6.2	4.9	4.0	3.1	2.1	1.2	0.4
15	"	"	1.08	0.3	11.5	10.4	8.5	7.0	5.8	4.9	3.9	2.9	2.0	1.4
16	"	"	"	0.6	12.6	11.4	9.5	7.8	6.5	5.6	4.8	3.6	2.6	1.8
17	"	"	"	0.9	12.9	11.7	9.8	8.2	6.9	6.0	5.0	3.9	2.9	2.0
18	"	2.15	-	0	11.1	10.1	8.4	6.9	5.7	4.7	3.7	2.5	1.4	0.6
19	"	"	1.08	0.3	12.3	11.2	9.5	8.0	6.9	5.9	4.9	3.7	2.6	1.9

TAB.1.4 Lägsta golvtemperatur (ϑ_g)_{min} (°C) vid innetemperatur $\vartheta_i = +21$ °C och värmeövergång vid golvytan $\alpha_i = 3.5$ W/m²K. Lång byggnad (FIG.5)

Fall	Ort	R ₁ m ² K/W	R ₂ m ² K/W	l ₂ m	Golvtemperatur (ϑ_g) _{min} (°C) för x = (m)									
					0.50	1.20	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85
1	Lund	1.08	-	0	20.4	20.3	20.1	19.9	19.7	19.5	19.2	18.7	17.8	16.6
2	"	"	1.08	0.3	20.4	20.3	20.2	20.1	19.9	19.7	19.5	19.2	18.7	18.1
3	"	2.15	-	0	20.4	20.4	20.3	20.1	20.0	19.9	19.7	19.4	19.0	18.3
4	"	"	1.08	0.3	20.4	20.4	20.3	20.2	20.1	20.0	19.9	19.7	19.4	19.1
5	Stockholm	1.08	-	0	20.3	20.2	20.0	19.8	19.6	19.3	19.0	18.3	17.3	15.9
6	"	"	1.08	0.3	20.4	20.3	20.1	20.0	19.8	19.6	19.3	18.9	18.3	17.6
7	"	2.15	-	0	20.4	20.3	20.2	20.1	19.9	19.8	19.6	19.2	18.7	17.9
8	"	"	1.08	0.3	20.4	20.4	20.3	20.3	20.0	19.9	19.8	19.5	19.2	18.9
9	Härnösand	1.08	-	0	20.3	20.1	19.9	19.7	19.5	19.2	18.8	18.2	17.1	15.5
10	"	"	1.08	0.3	20.3	20.2	20.0	19.9	19.7	19.5	19.2	18.8	18.1	17.4
11	"	"	"	0.6	20.3	20.2	20.1	19.9	19.8	19.6	19.4	19.0	18.5	17.9
12	"	2.15	-	0	20.3	20.2	20.1	20.0	19.8	19.6	19.4	19.1	18.6	17.8
13	"	"	1.08	0.3	20.3	20.3	20.2	20.1	19.9	19.8	19.7	19.4	19.1	18.7
14	Haparanda	1.08	-	0	20.1	20.0	19.8	19.5	19.2	18.9	18.5	17.8	16.6	14.8
15	"	"	1.08	0.3	20.1	20.1	19.9	19.7	19.4	19.2	18.9	18.4	17.7	16.9
16	"	"	"	0.6	20.2	20.1	20.0	19.8	19.6	19.4	19.2	18.8	18.2	17.5
17	"	"	"	0.9	20.2	20.1	20.0	19.8	19.7	19.5	19.2	18.9	18.4	17.7
18	"	2.15	-	0	20.2	20.1	20.0	19.8	19.6	19.4	19.2	18.8	18.1	17.3
19	"	"	1.08	0.3	20.2	20.2	20.1	19.9	19.8	19.7	19.5	19.2	18.8	18.4

- 9 BILAGA 2: KVADRATISK BYGGNAD MED PLANYTA 10x10 M - TABELLER ÖVER STÖRSTA VÄRMEFLÖDE UNDER ÅRET, JORDENS OCH GRUNDKONSTRUKTIONENS VÄRMOTSTÅND SAMT LÄGSTA GOLVTEMPERATUR

TAB.2.1 Under året största värmefflöde q_{\max} (W/m^2) genom golvytan vid kvadratisk byggnad med planyta 10x10 m (FIG.8). Lund

Fall	Ort	R_1	R_2	l_2 m	R_3	l_3 m	Värmefflöde q_{\max} (W/m^2) i punkt x,y																			
							y m	x = (m)								4.20	4.55	4.85								
								0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20											
20	Lund	1.08	-	-	-	-	0.50	3.0																		
							1.50	3.3	3.4																	
							2.30	3.6	3.8	4.4																
							2.85	4.3	4.6	4.9	5.5															
							3.25	5.0	5.1	5.6	6.0	6.6														
							3.55	5.8	5.9	6.3	6.7	7.2	7.8													
							3.85	6.9	7.0	7.2	7.7	8.1	8.6	9.4												
							4.20	8.7	8.8	9.1	9.4	9.8	10.1	10.8	12.0											
							4.55	12.4	12.4	12.6	12.8	13.0	13.3	13.6	14.4	16.0										
							4.85	17.4	17.4	17.6	17.6	17.7	17.7	17.8	18.1	19.0	20.1									
21	Lund	1.08	1.08	0.3	-	-	0.50	2.8																		
							1.50	3.0	3.1																	
							2.30	3.4	3.5	4.0																
							2.85	3.8	4.1	4.4	4.8															
							3.25	4.4	4.5	4.9	5.2	5.7														
							3.55	5.0	5.1	5.3	5.8	6.2	6.6													
							3.85	5.7	5.8	6.2	6.4	6.9	7.2	7.8												
							4.20	7.0	7.1	7.3	7.6	7.9	8.3	8.7	9.5											
							4.55	8.8	9.0	9.2	9.4	9.7	9.9	10.2	10.9	12.1										
							4.85	11.2	11.2	11.3	11.5	11.6	11.9	12.2	12.7	13.6	14.9									
22	Lund	2.15	-	-	-	-	0.50	2.6																		
							1.50	2.8	2.9																	
							2.30	3.0	3.1	3.5																
							2.85	3.4	3.5	3.8	4.1															
							3.25	3.8	4.0	4.2	4.4	4.8														
							3.55	4.2	4.3	4.5	4.8	5.1	5.3													
							3.85	4.8	4.9	5.1	5.3	5.6	5.8	6.3												
							4.20	5.8	5.8	5.9	6.2	6.4	6.6	7.0	7.4											
							4.55	7.4	7.6	7.6	7.7	7.9	8.0	8.3	8.6	9.3										
							4.85	9.8	9.8	9.8	9.8	9.9	9.9	10.0	10.1	10.4	10.9									
23	Lund	2.15	1.08	0.3	-	-	0.50	2.4																		
							1.50	2.6	2.7																	
							2.30	2.8	2.9	3.1																
							2.85	3.0	3.1	3.5	3.7															
							3.25	3.4	3.5	3.7	4.0	4.3														
							3.55	3.7	3.8	4.1	4.3	4.5	4.8													
							3.85	4.2	4.3	4.4	4.7	4.9	5.1	5.3												
							4.20	4.9	4.9	5.0	5.2	5.5	5.6	5.8	6.3											
							4.55	5.8	5.8	5.9	6.0	6.3	6.4	6.6	7.0	7.4										
							4.85	6.9	7.0	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.7	8.1	8.7									

TAB.2.5 Jordens och grundkonstruktionens värmemotstånd R_j (m^2K/W) exklusive golvetts värmemotstånd R_1 vid kvadratisk byggnad med planyta 10×10 m (FIG.8). Stockholm

Fall	Ort	R_1	R_2	l_2	R_3	l_3	Värmemotstånd R_j (m^2K/W) i punkt x,y																	
							y m	x = (m)									4.20	4.55	4.85					
								0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55				4.85				
24	Stockholm	1.08	-	-	-	-	0.50	8.1																
							1.50	7.8	7.2															
							2.30	6.5	6.1	5.4														
							2.85	5.4	5.1	4.6	4.0													
							3.25	4.5	4.4	3.9	3.5	3.2												
							3.55	3.8	3.6	3.4	3.1	2.8	2.5											
							3.85	3.0	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1	1.8										
							4.20	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.2									
							4.55	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.6								
							4.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3							
25	Stockholm	1.08	1.08	0.3	-	-	0.50	8.8																
							1.50	8.4	7.8															
							2.30	7.5	7.0	6.1														
							2.85	6.3	5.9	5.4	4.7													
							3.25	5.2	5.1	4.6	4.1	3.8												
							3.55	4.6	4.4	4.0	3.8	3.4	3.1											
							3.85	3.8	3.7	3.4	3.2	3.0	2.7	2.5										
							4.20	2.9	2.8	2.7	2.6	2.4	2.3	2.1	1.8									
							4.55	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2								
							4.85	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	0.9	0.8							
26	Stockholm	1.08	1.08	0.6	-	-	0.50	9.2																
							1.50	8.8	8.1															
							2.30	7.8	7.5	6.5														
							2.85	6.8	6.3	5.8	5.1													
							3.25	5.8	5.6	5.1	4.6	4.1												
							3.55	5.1	4.8	4.5	4.1	3.9	3.5											
							3.85	4.3	4.1	3.9	3.7	3.4	3.2	2.8										
							4.20	3.4	3.3	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.1									
							4.55	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.5								
							4.85	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0							
27	Stockholm	2.15	-	-	-	-	0.50	8.5																
							1.50	8.1	7.7															
							2.30	7.3	6.7	5.9														
							2.85	6.1	5.9	5.2	4.6													
							3.25	5.2	5.0	4.5	4.0	3.6												
							3.55	4.5	4.3	3.9	3.6	3.2	2.9											
							3.85	3.6	3.5	3.2	3.0	2.7	2.6	2.2										
							4.20	2.5	2.5	2.4	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5									
							4.55	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	0.8								
							4.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3							
28	Stockholm	2.15	1.08	0.3	-	-	0.50	9.4																
							1.50	8.9	8.5															
							2.30	8.1	7.7	6.7														
							2.85	7.0	6.7	5.9	5.2													
							3.25	5.9	5.6	5.2	4.8	4.3												
							3.55	5.2	5.0	4.6	4.3	4.0	3.6											
							3.85	4.5	4.3	4.0	3.7	3.5	3.2	2.9										
							4.20	3.5	3.5	3.2	3.1	2.9	2.7	2.6	2.2									
							4.55	2.6	2.5	2.5	2.4	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6								
							4.85	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1							

TAB.2.6 Jordens och grundkonstruktionens värmemotstånd R_j (m^2K/W) exklusive golvetts värmemotstånd R_1 vid kvadratisk byggnad med planyta 10×10 m (FIG.8). Härnösand

Fall	Ort	R_1	R_2	ℓ_2	R_3	ℓ_3	Värmemotstånd R_j (m^2K/W) i punkt x,y																	
							y m	x = (m)																
								0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85							
29	Härnösand	1.08	1.08	0.3	-	-	0.50	8.4																
							1.50	7.8	7.3															
							2.30	7.0	6.6	5.8														
							2.85	6.0	5.7	5.2	4.6													
							3.25	5.1	4.8	4.5	4.1	3.6												
							3.55	4.4	4.3	4.0	3.6	3.4	3.0											
							3.85	3.6	3.6	3.4	3.2	2.9	2.7	2.4										
							4.20	2.8	2.8	2.7	2.5	2.4	2.3	2.0	1.8									
							4.55	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2								
							4.85	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	0.9	0.8							
30	Härnösand	1.08	1.08	0.6	-	-	0.50	8.7																
							1.50	8.1	7.8															
							2.30	7.2	7.0	6.2														
							2.85	6.4	6.0	5.5	4.9													
							3.25	5.5	5.2	4.8	4.5	4.1												
							3.55	4.8	4.7	4.4	4.1	3.7	3.4											
							3.85	4.2	4.1	3.8	3.6	3.3	3.1	2.8										
							4.20	3.3	3.2	3.1	2.9	2.7	2.6	2.3	2.1									
							4.55	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5								
							4.85	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0							
31	Härnösand	1.08	1.08	0.9	-	-	0.50	9.1																
							1.50	8.4	7.8															
							2.30	7.8	7.3	6.4														
							2.85	6.6	6.4	5.8	5.2													
							3.25	5.8	5.5	5.1	4.7	4.3												
							3.55	5.1	5.0	4.6	4.3	4.0	3.6											
							3.85	4.5	4.3	4.1	3.8	3.6	3.3	3.0										
							4.20	3.6	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7	2.3									
							4.55	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	1.9	1.6								
							4.85	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2							
32	Härnösand	1.08	1.08	0.6	1.08	0.6	0.50	9.1																
							1.50	8.4	8.1															
							2.30	7.8	7.3	6.6														
							2.85	6.8	6.4	5.8	5.4													
							3.25	5.8	5.7	5.2	4.8	4.4												
							3.55	5.2	5.1	4.7	4.4	4.1	3.7											
							3.85	4.5	4.4	4.2	3.9	3.6	3.4	3.1										
							4.20	3.6	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.7	2.4									
							4.55	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	1.9	1.6								
							4.85	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1							
33	Härnösand	1.08	1.08	0.3	2.15	0.6	0.50	9.1																
							1.50	8.4	8.1															
							2.30	7.8	7.3	6.6														
							2.85	6.8	6.4	5.8	5.4													
							3.25	5.8	5.7	5.2	4.7	4.4												
							3.55	5.2	4.9	4.7	4.4	4.0	3.6											
							3.85	4.5	4.3	4.1	3.8	3.6	3.4	3.0										
							4.20	3.6	3.5	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7	2.3									
							4.55	2.6	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.1	1.9	1.6								
							4.85	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1							

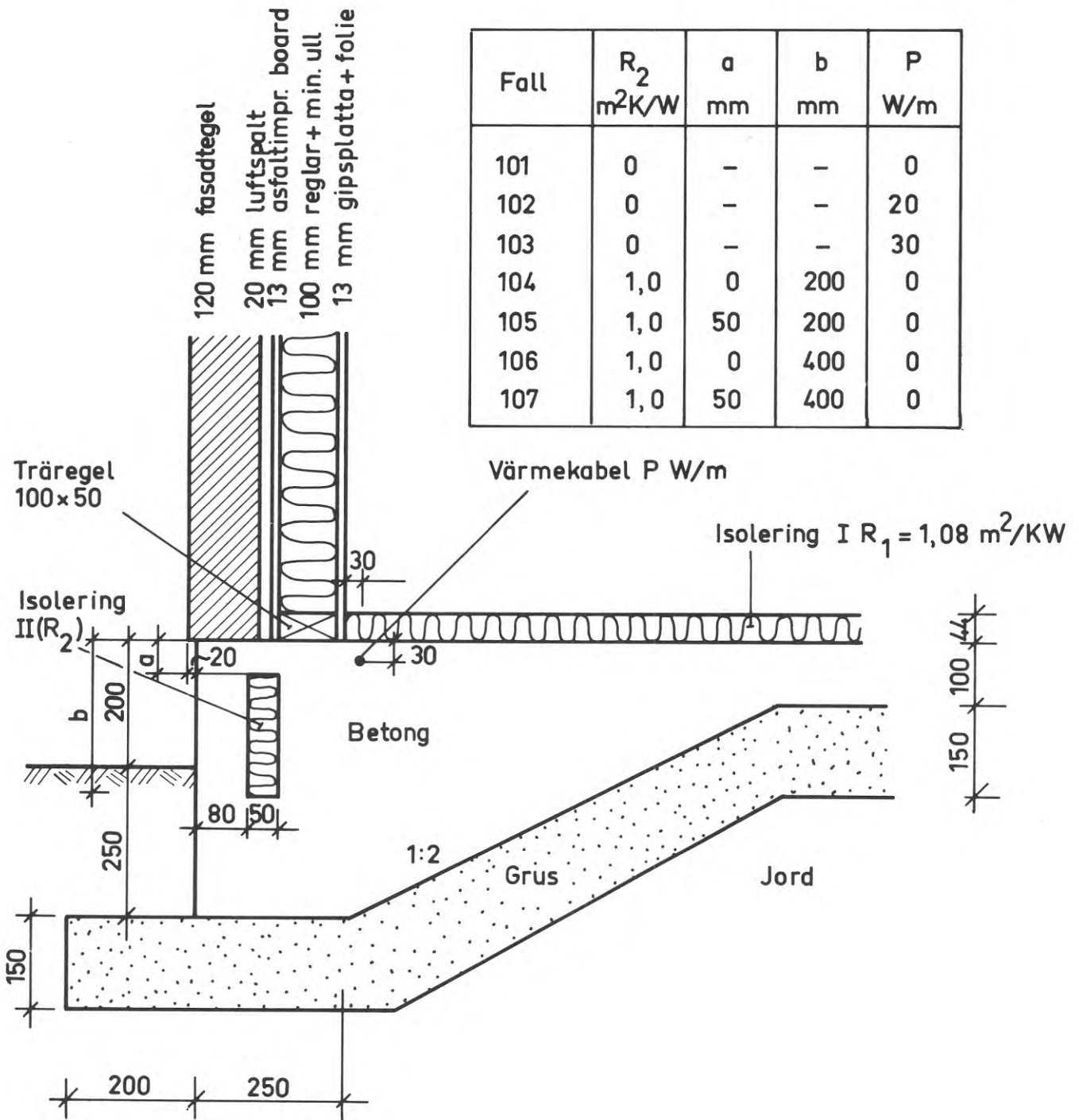
TAB.2.7 Lägsta golvtemperatur (ϑ_g)_{min} (°C) vid innetemperatur $\vartheta_i = +21$ °C och värmeövergång vid golvytan $\alpha_i = 3.5$ W/m²K. Kvadratisk byggnad med planyta 10x10 m (FIG.8). Lund

Fall	Ort	R ₁	R ₂	l ₂	R ₃	l ₃	Golvtemperatur (ϑ_g) _{min} (°C) i punkt x,y																
							y m	x = (m)															
								0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85						
20	Lund	1.08	-	-	-	-	0.50	20.1															
							1.50	20.1	20.0														
							2.30	20.0	19.9	19.7													
							2.85	19.8	19.7	19.6	19.5												
							3.25	19.6	19.6	19.5	19.3	19.2											
							3.55	19.4	19.4	19.2	19.1	19.0	18.9										
							3.85	19.1	19.1	19.0	18.9	18.8	18.7	18.5									
							4.20	18.6	18.6	18.6	18.4	18.4	18.3	18.1	17.9								
							4.55	17.8	17.8	17.8	17.6	17.6	17.6	17.5	17.3	16.9							
							4.85	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.5	16.5	16.5	16.5	16.2	16.2					
21	Lund	1.08	1.08	0.3	-	-	0.50	20.2															
							1.50	20.1	20.1														
							2.30	20.0	20.0	19.9													
							2.85	19.9	19.8	19.7	19.7												
							3.25	19.7	19.7	19.6	19.5	19.4											
							3.55	19.6	19.6	19.5	19.4	19.3	19.2										
							3.85	19.4	19.4	19.3	19.2	19.1	19.0	18.9									
							4.20	19.1	19.0	19.0	18.9	18.8	18.8	18.6	18.5								
							4.55	18.6	18.6	18.6	18.5	18.4	18.3	18.3	18.1	17.9							
							4.85	18.0	18.0	18.0	18.0	17.9	17.9	17.8	17.6	17.5	17.1						
22	Lund	2.15	-	-	-	-	0.50	20.3															
							1.50	20.2	20.2														
							2.30	20.1	20.1	20.0													
							2.85	20.0	20.0	19.9	19.8												
							3.25	19.9	19.9	19.8	19.8	19.7											
							3.55	19.8	19.8	19.7	19.7	19.6	19.5										
							3.85	19.7	19.6	19.6	19.5	19.4	19.4	19.2									
							4.20	19.4	19.4	19.3	19.3	19.2	19.2	19.1	19.0								
							4.55	19.0	18.9	18.9	18.9	18.9	18.8	18.7	18.7	18.5							
							4.85	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.3	18.3	18.2	18.1						
23	Lund	2.15	1.08	0.3	-	-	0.50	20.3															
							1.50	20.3	20.2														
							2.30	20.2	20.2	20.1													
							2.85	20.1	20.1	20.0	19.9												
							3.25	20.0	20.0	19.9	19.9	19.8											
							3.55	19.9	19.9	19.8	19.8	19.7	19.7										
							3.85	19.8	19.8	19.8	19.7	19.6	19.6	19.5									
							4.20	19.6	19.6	19.6	19.5	19.5	19.4	19.4	19.2								
							4.55	19.4	19.4	19.3	19.3	19.2	19.2	19.2	19.1	19.0							
							4.85	19.1	19.1	19.1	19.1	19.0	19.0	19.0	18.8	18.8	18.6						

TAB.2.8 Lägsta golvtemperatur (t_g)_{min} (°C) vid innetemperatur $t_i = +21$ °C och värmeövergång vid golvytan $\alpha_i = 3.5$ W/m²K. Kvadratisk byggnad med planyta 10x10 m (FIG.8) Stockholm.

Fall	Ort	R ₁	R ₂	L ₂	R ₃	L ₃	Golvtemperatur (t_g) _{min} (°C) i punkt x,y																	
							y m	x = (m)																
								0.50	1.50	2.30	2.85	3.25	3.55	3.85	4.20	4.55	4.85							
24	Stockholm	1.08	-	-	-	-	0.50	20.0																
							1.50	20.0	19.9															
							2.30	19.8	19.8	19.6														
							2.85	19.6	19.6	19.4	19.3													
							3.25	19.4	19.4	19.2	19.1	19.0												
							3.55	19.2	19.2	19.1	19.0	18.8	18.6											
							3.85	18.9	18.9	18.8	18.6	18.5	18.4	18.1										
							4.20	18.3	18.3	18.2	18.1	17.9	17.9	17.8	17.4									
							4.55	17.3	17.3	17.3	17.1	17.1	17.1	17.0	16.8	16.3								
							4.85	16.1	16.1	16.1	16.1	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.2							
25	Stockholm	1.08	1.08	0.3	-	-	0.50	20.1																
							1.50	20.1	20.0															
							2.30	20.0	19.9	19.8														
							2.85	19.8	19.7	19.6	19.5													
							3.25	19.6	19.6	19.5	19.3	19.2												
							3.55	19.5	19.4	19.3	19.2	19.1	19.0											
							3.85	19.2	19.2	19.1	19.0	18.9	18.8	18.6										
							4.20	18.9	18.8	18.8	18.7	18.6	18.5	18.4	18.1									
							4.55	18.3	18.2	18.2	18.1	18.1	18.0	17.9	17.7	17.4								
							4.85	17.7	17.6	17.6	17.6	17.6	17.4	17.4	17.3	17.0	16.8							
26	Stockholm	1.08	1.08	0.6	-	-	0.50	20.1																
							1.50	20.1	20.0															
							2.30	20.0	20.0	19.8														
							2.85	19.9	19.8	19.7	19.6													
							3.25	19.7	19.7	19.6	19.5	19.3												
							3.55	19.6	19.5	19.4	19.3	19.3	19.1											
							3.85	19.4	19.3	19.3	19.2	19.1	19.0	18.8										
							4.20	19.1	19.0	19.0	18.9	18.8	18.7	18.6	18.4									
							4.55	18.6	18.6	18.6	18.5	18.4	18.3	18.2	18.1	17.8								
							4.85	18.1	18.1	18.0	18.0	17.9	17.9	17.8	17.7	17.4	17.1							
27	Stockholm	2.15	-	-	-	-	0.50	20.2																
							1.50	20.1	20.1															
							2.30	20.1	20.0	19.9														
							2.85	19.9	19.9	19.8	19.7													
							3.25	19.8	19.8	19.7	19.6	19.5												
							3.55	19.7	19.6	19.6	19.5	19.4	19.3											
							3.85	19.5	19.5	19.4	19.3	19.2	19.2	19.0										
							4.20	19.1	19.1	19.1	19.0	19.0	18.9	18.8	18.7									
							4.55	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.5	18.4	18.2								
							4.85	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	17.7							
28	Stockholm	2.15	1.08	-	-	-	0.50	20.2																
							1.50	20.2	20.2															
							2.30	20.1	20.1	20.0														
							2.85	20.0	20.0	19.9	19.8													
							3.25	19.9	19.9	19.8	19.7	19.6												
							3.55	19.8	19.8	19.7	19.6	19.6	19.5											
							3.85	19.7	19.6	19.6	19.5	19.5	19.4	19.3										
							4.20	19.5	19.5	19.4	19.3	19.3	19.2	19.2	19.0									
							4.55	19.2	19.1	19.1	19.1	19.0	19.0	18.9	18.8	18.7								
							4.85	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.7	18.7	18.6	18.6	18.4							

10 BILAGA 3: BETONGPLATTA MED KANTFÖRSTYVNING - TABELLER ÖVER GOLV-
TEMPERATURER OCH VÄRMOTSTÅND VID OLIKA KONSTRUKTIONSLTERNATIV.



Fall	R_2 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	a mm	b mm	P W/m
101	0	-	-	0
102	0	-	-	20
103	0	-	-	30
104	1,0	0	200	0
105	1,0	50	200	0
106	1,0	0	400	0
107	1,0	50	400	0

FIG.3.1 Konstruktionsalternativ serie 100

TAB.3.1 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.1

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=12$	$x_1=28$	$x_1=86$	$x_1=184$	$x_1=284$	$x_1=516$	$x_1=931$
101A	2.5	6.8	11.8	13.4	14.7	15.1	15.5	16.3	17.4
102A	"	10.6	14.7	15.9	16.7	16.6	16.7	17.2	17.9
103A	"	12.5	16.1	17.2	17.8	17.4	17.3	17.6	18.2
104A	"	8.7	13.1	14.4	15.5	15.8	16.1	16.7	17.7
105A	"	7.5	12.3	13.8	15.0	15.4	15.8	16.5	17.5
106A	"	10.2	14.1	15.3	16.2	16.5	16.7	17.2	18.0
107A	"	8.2	12.8	14.2	15.4	15.8	16.2	16.8	17.7
101B	3.5	8.4	13.7	15.1	16.1	16.5	16.8	17.4	18.3
102B	"	11.8	16.0	17.1	17.7	17.6	17.7	18.1	18.7
103B	"	13.5	17.1	18.1	18.5	18.2	18.2	18.4	18.9
104B	"	10.2	14.8	15.9	16.8	17.0	17.2	17.7	18.5
105B	"	9.0	14.1	15.4	16.4	16.7	17.0	17.5	18.4
106B	"	11.5	15.6	16.6	17.3	17.5	17.7	18.1	18.7
107B	"	9.7	14.5	15.8	16.7	17.0	17.3	17.8	18.5
101C	7.0	11.3	16.7	17.6	18.2	18.5	18.6	19.0	19.5
102C	"	14.0	18.1	18.8	19.1	19.1	19.2	19.4	19.7
103C	"	15.3	18.7	19.4	19.6	19.4	19.4	19.6	19.8
104C	"	12.8	17.4	18.1	18.6	18.8	18.9	19.2	19.6
105C	"	11.8	16.9	17.8	18.4	18.6	18.7	19.1	19.6
106C	"	13.9	17.9	18.5	19.0	19.1	19.2	19.4	19.7
107C	"	12.4	17.2	18.1	18.6	18.8	18.9	19.2	19.6

TAB.3.2 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.1

Fall	α_i W/m ² K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_i (mm)								Anm.
		$x_i=0.5$	$x_i=12$	$x_i=28$	$x_i=86$	$x_i=184$	$x_i=284$	$x_i=516$	$x_i=931$	
101A	2.5	0.55	1.07	1.37	1.75	1.93	2.10	2.51	3.43	inkl.kabel " "
102A	"	0.92	1.75	2.31	2.82	2.75	2.82	3.19	4.12	
103A	"	1.23	2.38	3.27	3.85	3.41	3.37	3.66	4.57	
104A	"	0.71	1.32	1.67	2.07	2.23	2.39	2.80	3.73	
105A	"	0.60	1.15	1.47	1.87	2.05	2.21	2.63	3.56	
106A	"	0.87	1.57	1.99	2.46	2.63	2.78	3.19	4.14	
107A	"	0.66	1.26	1.61	2.06	2.25	2.43	2.85	3.80	
101B	3.5	0.48	1.04	1.37	1.73	1.90	2.06	2.47	3.37	inkl.kabel " "
102B	"	0.79	1.66	2.25	2.74	2.67	2.75	3.11	4.03	
103B	"	1.05	2.25	3.16	3.72	3.29	3.26	3.55	4.46	
104B	"	0.62	1.28	1.64	2.04	2.19	2.34	2.74	3.67	
105B	"	0.52	1.12	1.45	1.84	2.01	2.18	2.58	3.50	
106B	"	0.75	1.52	1.95	2.42	2.58	2.73	3.13	4.07	
107B	"	0.58	1.22	1.59	2.03	2.21	2.38	2.80	3.73	
101C	7.0	0.37	1.02	1.36	1.70	1.86	2.02	2.41	3.30	inkl.kabel " "
102C	"	0.59	1.58	2.20	2.64	2.57	2.66	3.01	3.92	
103C	"	0.78	2.12	3.09	3.56	3.15	3.13	3.42	4.32	
104C	"	0.48	1.24	1.64	2.00	2.15	2.29	2.68	3.59	
105C	"	0.40	1.09	1.45	1.81	1.97	2.13	2.52	3.42	
106C	"	0.58	1.47	1.94	2.37	2.52	2.67	3.06	3.99	
107C	"	0.44	1.19	1.58	1.99	2.17	2.33	3.74	3.65	

Fall	R_2 m^2K/W	a mm	b mm	P W/m
121	0	-	-	0
122	0	-	-	20
123	1,0	0	200	0
124	1,0	50	400	0

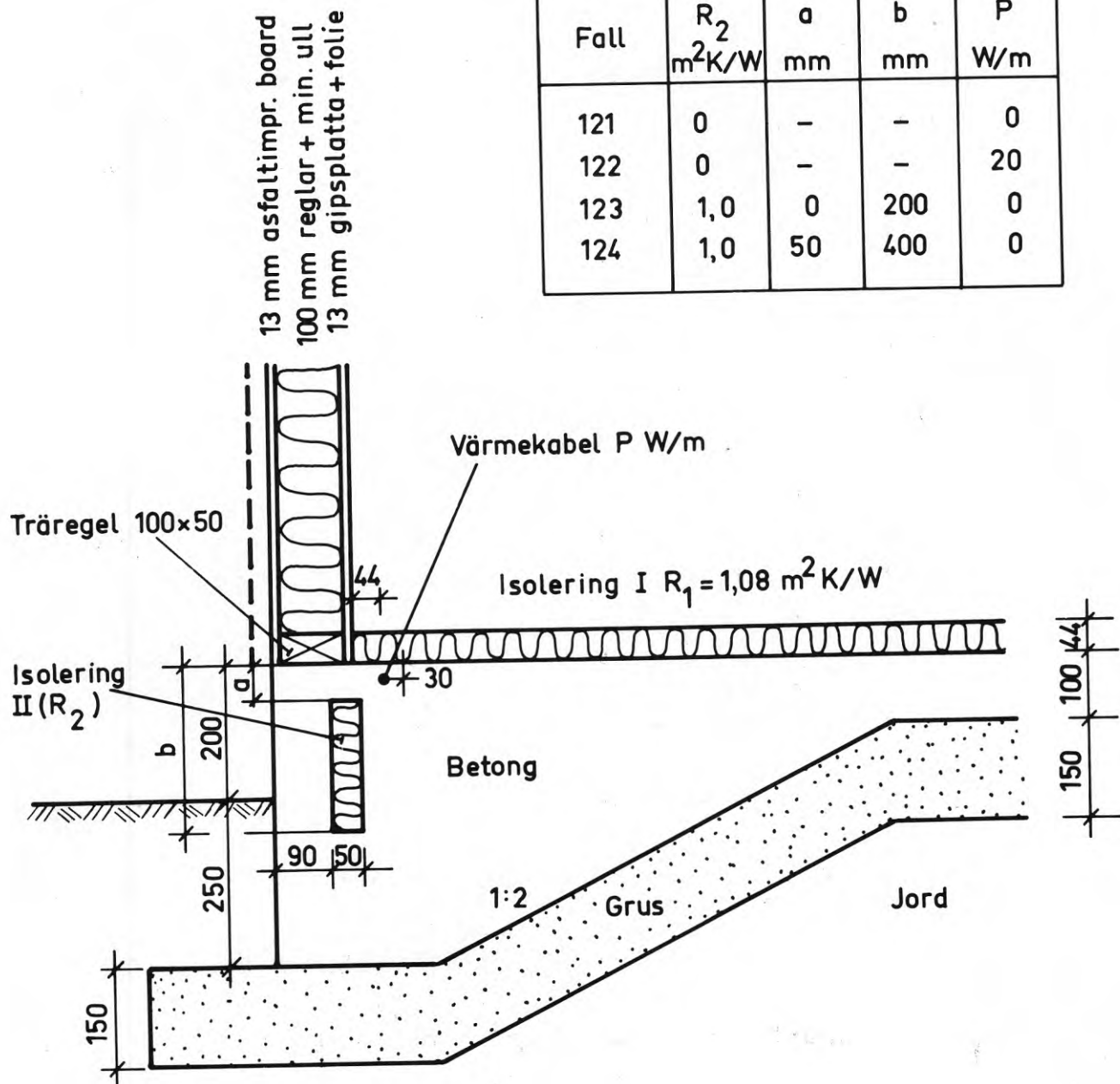


FIG.3.2 Konstruktionsalternativ serie 120

TAB.3.3 Golvtemperatur vid $f_u = -13$ °C för beräkningsfall enligt FIG.3.2

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=7$	$x_1=30$	$x_1=102$	$x_1=212$	$x_1=309$	$x_1=506$	$x_1=986$
121A	2.5	6.0	10.2	13.1	14.4	14.9	15.3	16.0	17.3
122A	"	10.3	12.6	15.4	16.3	16.2	16.4	16.8	17.8
123A	"	8.5	11.2	14.3	15.4	15.7	15.9	16.5	17.6
124A	"	6.4	10.6	13.7	15.2	15.7	16.0	16.6	17.7
121B	3.5	9.4	12.2	14.9	15.9	16.3	16.6	17.2	18.2
122B	"	11.7	14.2	16.6	17.4	17.3	17.5	17.8	18.6
123B	"	10.3	13.1	15.8	16.7	16.9	17.1	17.5	18.4
124B	"	9.8	12.6	15.4	16.5	17.0	17.2	17.6	18.5
121C	7.0	12.5	15.6	17.5	18.1	18.4	18.5	18.9	19.5
122C	"	14.2	16.8	18.6	19.0	18.9	19.0	19.2	19.7
123C	"	13.3	16.2	18.1	18.6	18.7	18.8	19.1	19.6

TAB.3.4 Värmemotstånd R'' (m²K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.2

Fall	α_i W/m ² K	Värmemotstånd R'' (m ² K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)							Anm.
		$x_1=7$	$x_1=30$	$x_1=102$	$x_1=212$	$x_1=309$	$x_1=506$	$x_1=986$	
121A	2.5	0.83	1.31	1.65	1.83	2.01	2.34	3.35	inkl.kabel
122A	"	1.20	2.02	2.52	2.48	2.58	2.88	3.90	
123A	"	0.96	1.62	2.04	2.17	2.30	2.62	3.64	
124A	"	0.89	1.46	1.95	2.20	2.37	2.71	3.74	
121B	3.5	0.80	1.30	1.63	1.82	1.98	2.30	3.30	inkl.kabel
122B	"	1.13	1.98	2.45	2.42	2.51	2.81	3.82	
123B	"	0.93	1.61	2.01	2.13	2.26	2.57	3.57	
124B	"	0.86	1.45	1.93	2.16	2.33	2.66	3.66	
121C	7.0	0.77	1.31	1.61	1.79	1.94	2.26	3.23	inkl.kabel
122C	"	1.05	1.95	2.37	2.34	2.43	2.72	3.73	
123C	"	0.90	1.63	1.97	2.09	2.21	2.51	3.50	
124C	"	0.82	1.45	1.89	2.11	2.27	2.60	3.60	

Fall	R_2 $\text{m}^2\text{K/W}$	a mm	b mm	P W/m
131	0	-	-	0
132	0	-	-	20
133	1,0	50	200	0
134	1,0	50	400	0
135	0,39	100	400	0
136	0,39	100	400	20
137	0,92	230	400	0
138	0,92	230	400	20

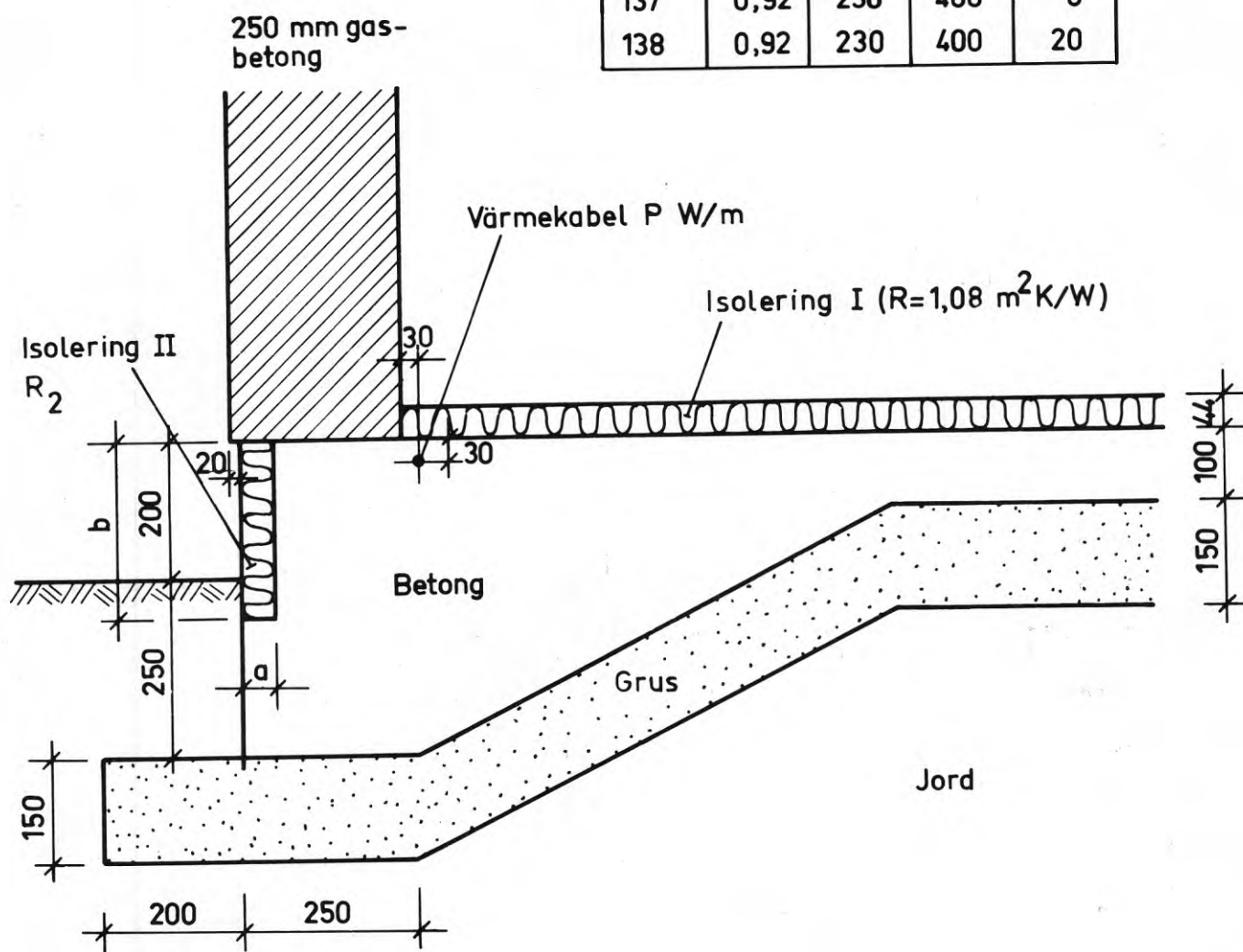


FIG.3.3 Konstruktionsalternativ serie 130

TAB.3.5 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13$ °C för beräkningsfall enligt FIG.3.3

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)								
		$x_1=0$	$x_1=10$	$x_1=30$	$x_1=75$	$x_1=125$	$x_1=257$	$x_1=332$	$x_1=525$	$x_1=970$
131A	2.5	6.7	11.5	13.6	14.7	14.9	15.5	15.7	16.3	17.5
132A	"	10.3	14.0	15.5	16.1	16.2	16.4	16.6	17.0	17.9
133A	"	9.0	13.1	14.8	15.7	15.9	16.2	16.4	16.9	17.9
134A	"	10.2	14.0	15.6	16.3	16.5	16.8	16.9	17.3	18.1
135A	"	9.3	13.3	15.1	15.9	16.1	16.4	16.6	17.1	17.9
136A	"	14.8	17.1	17.9	18.1	18.0	18.0	18.0	18.2	18.6
137A	"	10.1	14.0	15.8	16.5	16.7	16.9	17.0	17.4	18.1
138A	"	19.4	19.6	19.2	18.7	18.5	18.3	18.3	18.4	18.7
131B	3.5	8.4	13.5	15.3	16.1	16.3	16.8	17.0	17.5	18.4
132B	"	11.7	15.4	16.7	17.2	17.3	17.5	17.6	18.0	18.7
133B	"	10.5	14.7	16.3	16.9	17.1	17.4	17.5	17.9	18.6
134B	"	11.7	15.5	16.8	17.4	17.5	17.8	17.9	18.2	18.8
135B	"	10.8	14.9	16.4	17.1	17.2	17.5	17.7	18.0	18.7
136B	"	15.7	17.9	18.7	18.8	18.7	18.7	18.7	18.9	19.2
137B	"	11.6	15.6	17.0	17.6	17.7	17.9	18.0	18.3	18.9
138B	"	19.8	20.0	19.7	19.2	19.1	18.9	18.9	19.0	19.3
131C	7.0	11.6	16.6	17.8	18.2	18.4	18.6	18.7	19.0	19.5
132C	"	14.1	17.7	18.6	18.9	18.9	19.0	19.2	19.3	19.6
133C	"	13.3	17.4	18.4	18.7	18.8	19.0	19.1	19.3	19.7
134C	"	14.2	17.8	18.7	19.0	19.1	19.2	19.3	19.5	19.8
135C	"	13.5	17.5	18.5	18.8	18.9	19.1	19.1	19.3	19.7
136C	"	17.2	19.3	19.7	19.8	19.7	19.7	19.7	19.8	20.0
137C	"	14.2	17.9	18.8	19.1	19.2	19.3	19.3	19.5	19.8
138C	"	20.5	20.5	20.3	20.0	19.9	19.9	19.9	19.9	20.1

TAB.3.6 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.3

Fall	α_i W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_1 (mm)									Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=10$	$x_1=30$	$x_1=75$	$x_1=125$	$x_1=257$	$x_1=332$	$x_1=525$	$x_1=970$	
131A	2.5	0.54	1.02	1.44	1.74	1.85	2.07	2.20	2.55	3.54	inkl.kabel
132A	"	0.89	1.54	2.07	2.37	2.49	2.60	2.71	3.05	4.07	
133A	"	0.73	1.31	1.81	2.16	2.26	2.49	2.61	2.97	4.00	
134A	"	0.87	1.53	2.11	2.51	2.63	2.85	2.98	3.34	4.38	
135A	"	0.76	1.36	1.89	2.27	2.38	2.60	2.73	3.09	4.12	
136A	"	1.87	3.09	4.05	4.35	4.25	4.19	4.24	4.50	5.45	
137A	"	0.86	1.55	2.21	2.66	2.76	2.95	3.07	3.41	4.43	
138A	"	8.41	9.53	7.30	5.57	5.09	4.70	4.68	4.84	5.69	
131B	3.5	0.49	0.99	1.43	1.73	1.83	2.04	2.17	2.50	3.48	inkl.kabel
132B	"	0.78	1.47	2.03	2.31	2.37	2.54	2.65	2.98	3.99	
133B	"	0.65	1.27	1.80	2.13	2.23	2.44	2.57	2.92	3.93	
134B	"	0.78	1.48	2.09	2.48	2.58	2.80	2.93	3.28	4.31	
135B	"	0.68	1.32	1.88	2.24	2.34	2.56	2.69	3.04	4.06	
136B	"	1.64	2.96	3.96	4.23	4.13	4.07	4.12	4.38	5.32	
137B	"	0.77	1.52	2.19	2.62	2.71	2.90	3.01	3.35	4.36	
138B	"	8.67	9.82	7.15	5.40	4.93	4.56	4.54	4.70	5.55	
131C	7.0	0.39	0.98	1.44	1.71	1.80	2.01	2.13	2.45	3.42	inkl.kabel
132C	"	0.61	1.42	2.00	2.25	2.30	2.46	2.57	2.90	3.89	
133C	"	0.52	1.24	1.80	2.10	2.19	2.40	2.52	2.86	3.86	
134C	"	0.61	1.44	2.09	2.44	2.53	2.74	2.87	3.21	4.23	
135C	"	0.54	1.29	1.88	2.20	2.30	2.51	2.63	2.98	3.98	
136C	"	1.29	2.85	3.90	4.09	3.98	3.92	3.98	4.24	5.17	
137C	"	0.62	1.50	2.21	2.58	2.66	2.83	2.95	3.28	4.27	
138C	"	9.97	10.75	6.98	5.17	4.73	4.38	4.37	4.53	5.38	

TAB.3.7 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.4

Fall	α_j W/m ² K	Golvtemperaturen ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=14$	$x_1=29$	$x_1=86$	$x_1=184$	$x_1=284$	$x_1=516$	$x_1=931$
141A	2.5	1.8	2.7	3.6	6.9	10.6	13.0	15.8	17.6
142A	"	10.9	13.0	14.7	15.8	16.1	16.4	17.1	18.0
143A	"	6.0	6.6	7.3	9.7	12.5	14.3	16.4	17.8
144A	"	3.2	4.0	4.9	7.9	11.3	13.5	16.1	17.7
145A	"	4.5	5.3	6.1	8.9	12.0	14.1	16.5	17.9
146A	"	1.5	2.4	3.3	6.6	13.4	12.8	15.8	17.6
147A	"	10.6	12.7	14.4	15.4	15.8	16.2	17.0	17.9
148A	"	5.8	6.4	7.1	9.5	12.3	14.1	16.3	17.8
149A	"	3.0	3.8	4.6	7.6	11.1	13.3	16.0	17.7
141B	3.5	3.2	4.2	5.3	8.8	12.6	14.8	17.2	18.5
142B	"	11.5	13.7	15.5	16.6	17.1	17.5	18.1	18.7
143B	"	7.4	8.1	8.8	11.4	14.2	15.8	17.7	18.7
144B	"	4.6	5.6	6.5	9.7	13.2	15.2	17.4	18.6
145B	"	5.9	6.7	7.6	10.6	13.8	15.7	17.7	18.8
146B	"	3.0	4.0	5.0	8.5	12.3	14.7	17.2	18.5
147B	"	11.4	13.5	15.2	16.3	16.8	17.3	18.0	18.7
148B	"	7.3	8.0	8.7	11.2	14.0	15.7	17.6	18.7
149B	"	4.4	5.3	6.3	9.4	12.9	15.0	17.3	18.6
141C	7.0	6.2	7.4	8.7	21.5	16.0	17.7	19.1	19.7
142C	"	13.0	15.2	17.0	18.2	18.7	19.0	19.4	19.8
143C	"	10.1	11.0	11.8	14.6	17.0	18.3	19.4	19.8
144C	"	7.5	8.7	9.8	13.2	16.4	18.0	19.2	19.8
145C	"	8.6	9.7	10.7	13.9	16.8	18.2	19.4	19.9
146C	"	6.0	7.2	8.4	12.2	15.8	17.6	19.1	19.7
147C	"	12.8	15.0	16.7	17.9	18.5	18.9	19.4	19.8
148C	"	10.1	10.9	11.8	14.4	17.0	18.2	19.3	19.8
149C	"	7.4	8.5	9.6	13.0	16.3	17.9	19.2	19.8

TAB.3.8 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.4

Fall	α_i W/m ² K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)								Anm
		$x_1=0.5$	$x_1=14$	$x_1=29$	$x_1=86$	$x_1=184$	$x_1=284$	$x_1=516$	$x_1=931$	
141A	2.5	0.25	0.28	0.32	0.50	0.85	1.24	2.17	3.52	inkl.kabel
142A	"	0.89	1.24	1.71	2.13	2.32	2.52	3.03	4.02	
143A	"	0.44	0.48	0.53	0.74	1.13	1.56	2.52	3.84	
144A	"	0.30	0.34	0.38	0.57	0.94	1.35	2.30	3.66	
145A	"	0.36	0.40	0.45	0.66	1.06	1.50	2.53	3.93	
146A	"	0.24	0.27	0.31	0.48	0.82	1.20	2.14	3.52	
147A	"	0.86	1.17	1.59	1.95	2.16	2.40	2.96	3.98	
148A	"	0.44	0.47	0.52	0.72	1.10	1.51	2.46	3.79	
149A	"	0.29	0.33	0.37	0.55	0.91	1.30	2.26	3.63	
141B	3.5	0.20	0.23	0.27	0.45	0.80	1.22	2.22	3.55	inkl.kabel
142B	"	0.69	0.99	1.42	1.88	2.14	2.39	2.96	3.96	
143B	"	0.37	0.40	0.45	0.66	1.08	1.54	2.56	3.86	
144B	"	0.25	0.28	0.32	0.51	0.89	1.33	2.35	3.69	
145B	"	0.30	0.33	0.38	0.59	1.00	1.48	2.58	3.97	
146B	"	0.19	0.22	0.26	0.43	0.77	1.18	2.19	3.55	
147B	"	0.67	0.94	1.32	1.71	1.98	2.27	2.89	3.93	
148B	"	0.36	0.40	0.44	0.65	1.04	1.49	2.49	3.81	
149B	"	0.24	0.27	0.31	0.49	0.86	1.28	2.30	3.66	
141C	7.0	0.12	0.15	0.19	0.36	0.77	1.28	2.41	3.65	inkl.kabel
142C	"	0.41	0.63	1.00	1.54	1.93	2.27	2.91	3.91	
143C	"	0.24	0.28	0.32	0.55	1.03	1.60	2.74	3.95	
144C	"	0.16	0.19	0.23	0.42	0.85	1.39	2.54	3.78	
145C	"	0.19	0.22	0.27	0.48	0.96	1.55	2.81	4.08	
146C	"	0.12	0.15	0.18	0.35	0.74	1.23	2.38	3.65	
147C	"	0.39	0.60	0.93	1.38	1.78	2.15	2.86	3.89	
148C	"	0.24	0.28	0.32	0.54	1.00	1.54	2.67	3.89	
149C	"	0.15	0.18	0.22	0.40	0.82	1.34	2.49	3.76	

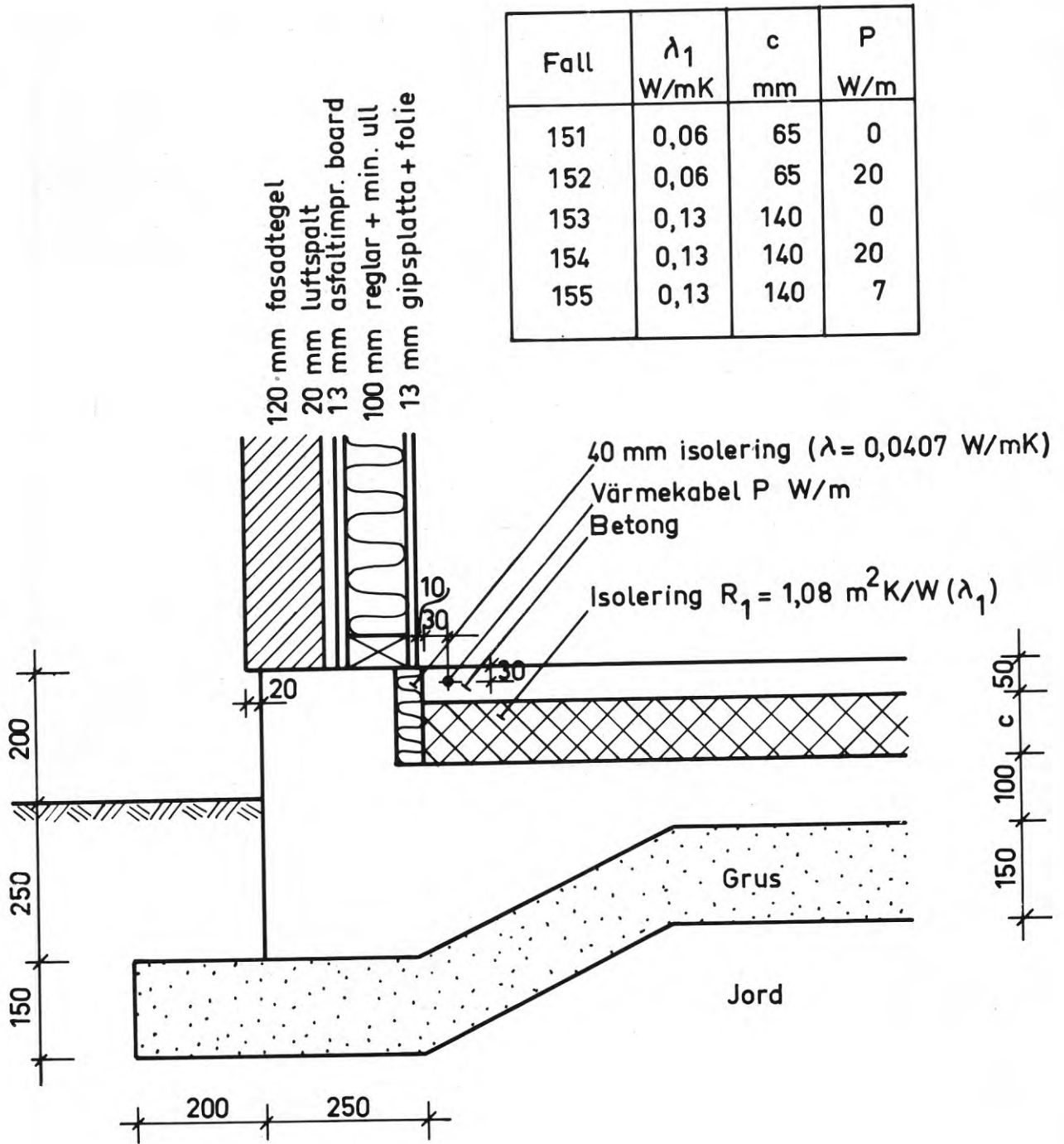


FIG.3.5 Konstruktionsalternativ serie 150

TAB.3.9 Golvtemperatur vid $t_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.5

Fall	α_j W/m ² K	Golvtemperatur t_g ($^\circ\text{C}$) på avståndet från vägg x_1 (mm)								
		$x_1=0$	$x_1=8$	$x_1=30$	$x_1=79$	$x_1=129$	$x_1=241$	$x_1=316$	$x_1=479$	$x_1=879$
151A	2.5	10.3	14.5	14.2	14.6	15.0	15.7	16.1	16.8	18.0
152A	"	18.0	32.6	39.1	34.3	30.2	24.2	21.9	19.5	18.5
153A	"	10.0	14.3	13.9	14.3	14.8	15.6	16.1	16.9	18.1
154A	"	17.6	31.8	38.1	33.5	29.6	24.0	21.9	19.5	18.6
155A	"	12.7	20.4	22.4	21.0	20.0	18.6	18.1	17.8	18.3
151B	3.5	12.0	16.0	15.5	16.0	16.3	17.0	17.3	17.9	18.8
152B	"	18.2	30.7	37.2	32.5	28.6	23.3	21.4	19.5	19.0
153B	"	11.8	15.8	15.3	15.7	16.1	16.9	17.3	17.9	18.8
154B	"	17.8	30.1	36.4	31.8	28.1	23.1	21.4	19.6	19.1
155B	"	13.9	20.8	22.7	21.3	20.3	19.1	18.7	18.5	18.9
151C	7.0	15.1	18.3	17.7	18.0	18.3	18.8	19.0	19.4	19.8
152C	"	18.5	27.1	33.3	28.9	25.7	21.8	20.7	19.9	19.9
153C	"	14.9	18.2	17.4	17.8	18.2	18.8	19.0	19.4	19.9
154C	"	18.3	26.8	32.8	28.5	25.4	21.8	20.7	19.9	19.9
155C	"	16.1	21.2	22.8	21.6	20.7	19.8	19.6	19.6	19.9

TAB.3.10 Värmotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.5

Fall	α_j W/m ² K	Värmotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_1 (mm)									Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=8$	$x_1=30$	$x_1=79$	$x_1=129$	$x_1=241$	$x_1=316$	$x_1=479$	$x_1=879$	
151A	2.5	0.94	1.70	1.53	1.66	1.79	2.11	2.32	2.81	4.07	inkl.kabel
152A	"	10.1	-1.68	-1.22	-1.49	-1.95	-4.76	-15.2	8.38	4.97	
153A	"	0.90	1.63	1.45	1.58	1.72	2.08	2.32	2.85	4.18	
154A	"	7.36	-1.76	-1.26	-1.55	-2.05	-5.06	-16.4	8.78	5.18	
155A	"	1.46	24.1	-10.4	619	12.5	5.10	4.26	3.81	4.49	
151B	3.5	0.87	1.69	1.43	1.57	1.71	2.05	2.27	2.76	4.01	inkl.kabel
152B	"	6.76	-1.39	-0.95	-1.20	-1.63	-4.66	-25.06	6.26	4.59	
153B	"	0.84	1.60	1.34	1.48	1.65	2.02	2.26	2.81	4.13	
154B	"	5.32	-1.46	-0.98	-1.25	-1.71	-4.94	-26.7	6.58	4.77	
155B	"	1.30	0.30	-6.25	-30.0	13.9	4.69	3.90	3.55	4.33	
151C	7.0	0.79	1.78	1.25	1.43	1.61	2.00	2.24	2.74	3.96	inkl.kabel
152C	"	3.43	-1.07	-0.60	-0.82	-1.25	-6.32	16.2	4.04	4.17	
153C	"	0.76	1.68	1.16	1.33	1.53	1.97	2.24	2.79	4.08	
154C	"	2.98	-1.11	-0.62	-0.85	-1.31	-6.61	17.31	4.24	4.32	
155C	"	1.07	-24.4	-2.91	-8.80	17.0	3.88	3.29	3.18	4.16	

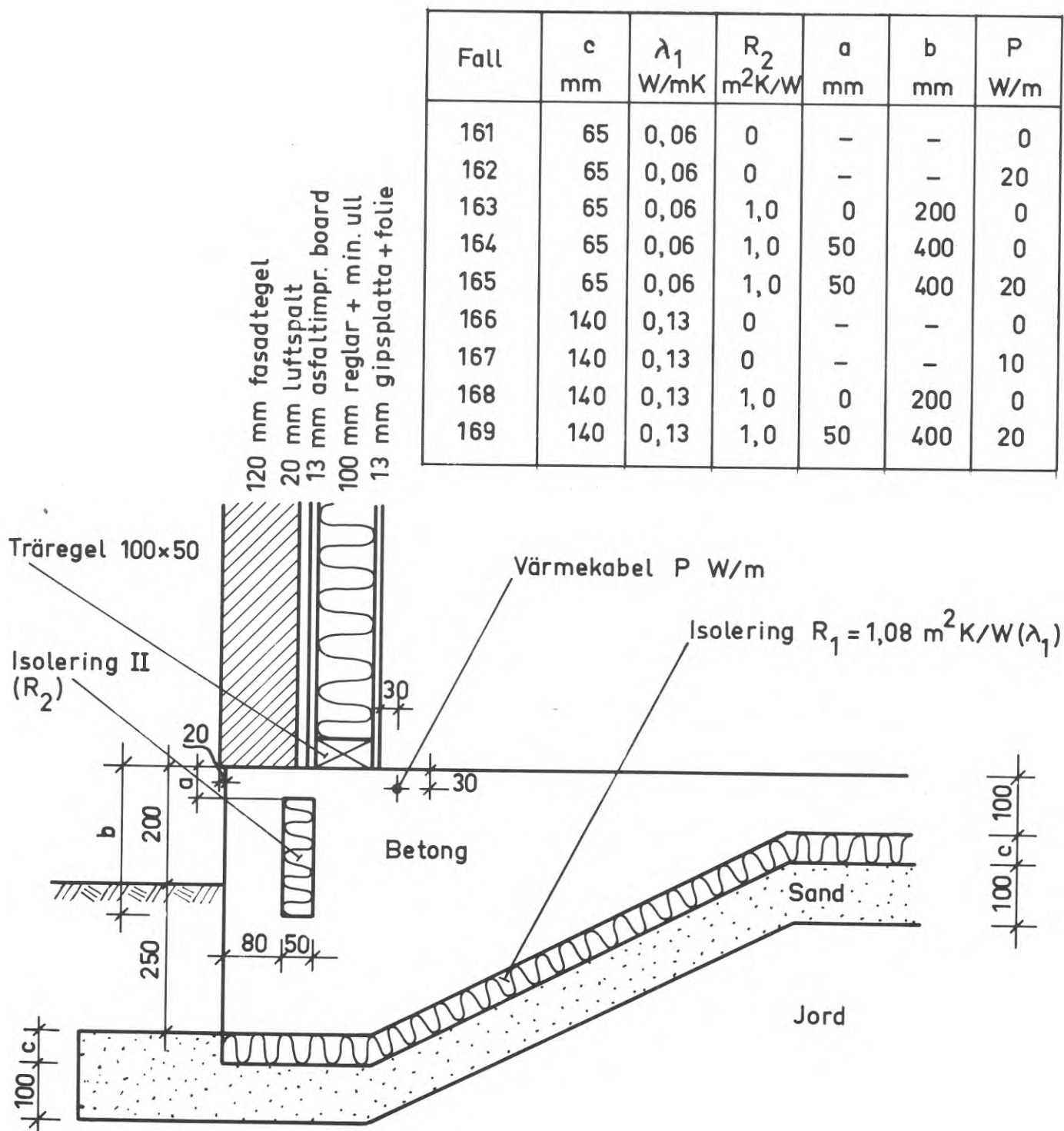


FIG.3.6 Konstruktionsalternativ serie 160

TAB.3.11 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.6

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)								
		$x_1=0$	$x_1=15$	$x_1=30$	$x_1=80$	$x_1=130$	$x_1=230$	$x_1=330$	$x_1=530$	$x_1=917$
161A	2.5	1.5	2.0	2.4	4.0	5.1	7.1	8.9	12.0	16.6
162A	"	8.5	9.8	10.6	10.2	10.1	10.8	11.8	14.0	17.3
163A	"	5.9	6.1	6.4	7.3	8.0	9.4	10.8	13.3	17.0
164A	"	5.2	5.7	6.1	7.4	8.3	9.9	11.2	13.6	17.1
165A	"	13.7	14.9	15.7	15.0	14.6	14.6	15.0	16.2	18.1
166A	"	1.5	2.0	2.4	4.0	5.1	7.1	8.9	12.0	16.6
167A	"	8.5	9.8	10.6	10.2	10.1	10.8	11.8	14.0	17.3
168A	"	5.9	6.1	6.4	7.3	8.0	9.5	10.8	13.3	17.0
169A	"	13.7	14.9	15.7	15.0	14.6	14.6	15.1	16.2	18.1
161B	3.5	3.2	4.0	4.2	5.9	7.1	9.2	10.9	13.9	17.9
162B	"	9.7	10.9	11.8	11.6	11.6	12.3	13.3	15.4	18.3
163B	"	7.6	7.9	8.2	9.2	9.9	11.3	12.7	15.0	18.2
164B	"	6.8	7.3	7.8	9.2	10.2	11.8	13.1	15.3	18.3
165B	"	14.6	15.8	16.6	15.9	15.6	15.7	16.1	17.2	18.9
166B	"	3.1	3.7	4.2	5.9	7.1	9.2	11.0	13.9	17.9
167B	"	9.7	10.9	11.8	11.6	11.5	12.3	13.4	15.4	18.3
168B	"	7.6	7.9	8.1	9.2	9.9	11.4	12.7	15.0	18.2
169B	"	14.6	15.8	16.6	15.9	15.6	15.7	16.1	17.3	18.9
161C	7.0	6.6	7.3	8.0	9.9	11.1	13.2	14.7	17.1	19.6
162C	"	11.9	13.3	14.3	14.2	14.3	15.2	16.1	17.9	19.8
163C	"	10.8	11.2	11.6	12.7	13.4	14.8	15.9	17.8	19.7
164C	"	10.0	10.6	11.2	12.7	13.7	15.1	16.2	18.0	19.8
165C	"	16.1	17.4	18.2	17.7	17.4	17.6	18.0	18.9	20.0
166C	"	6.6	7.3	8.0	9.9	11.1	13.2	14.7	17.1	19.6
167C	"	11.9	13.3	14.3	14.2	14.3	15.2	16.1	17.9	19.8
168C	"	10.8	11.2	11.6	12.7	13.4	14.8	15.9	17.8	19.7
169C	"	16.1	17.4	18.2	17.7	17.4	17.6	18.0	18.9	20.0

TAB.3.12 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.6

Fall	α_j W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)									Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=15$	$x_1=30$	$x_1=85$	$x_1=130$	$x_1=230$	$x_1=330$	$x_1=530$	$x_1=917$	
161A	2.5	0.24	0.25	0.27	0.34	0.39	0.52	0.66	1.05	2.62	inkl.kabel
162A	"	0.63	0.75	0.85	0.80	0.79	0.87	1.02	1.47	3.19	
163A	"	0.44	0.45	0.47	0.53	0.58	0.71	0.87	1.31	2.97	
164A	"	0.40	0.42	0.45	0.54	0.61	0.76	0.93	1.38	3.07	
165A	"	1.41	1.77	2.09	1.79	1.65	1.66	1.82	2.36	4.15	
166A	"	0.24	0.25	0.27	0.34	0.39	0.52	0.66	1.06	2.60	
167A	"	0.63	0.75	0.85	0.80	0.79	0.87	1.02	1.48	3.18	
168A	"	0.44	0.45	0.47	0.53	0.58	0.72	0.87	1.31	2.96	
169A	"	1.41	1.77	2.10	1.80	1.66	1.67	1.83	2.38	4.17	
161B	3.5	0.20	0.21	0.23	0.30	0.35	0.47	0.62	1.03	2.75	inkl.kabel
162B	"	0.51	0.62	0.71	0.68	0.68	0.77	0.92	1.40	3.28	
163B	"	0.38	0.39	0.41	0.47	0.53	0.66	0.82	1.28	3.12	
164B	"	0.34	0.36	0.39	0.48	0.55	0.70	0.88	1.36	3.22	
165B	"	1.17	1.51	1.85	1.57	1.46	1.48	1.64	2.22	4.18	
166B	"	0.20	0.21	0.23	0.30	0.35	0.48	0.62	1.03	2.73	
167B	"	0.51	0.62	0.71	0.68	0.68	0.77	0.92	1.40	3.27	
168B	"	0.38	0.39	0.41	0.47	0.52	0.66	0.82	1.28	3.10	
169B	"	1.17	1.51	1.85	1.57	1.45	14.8	1.65	2.24	4.20	
161C	7.0	0.13	0.15	0.17	0.23	0.29	0.42	0.57	1.04	3.38	inkl.kabel
162C	"	0.33	0.43	0.52	0.51	0.52	0.63	0.79	1.34	3.72	
163C	"	0.27	0.29	0.31	0.38	0.44	0.43	0.75	1.29	3.66	
164C	"	0.24	0.26	0.29	0.38	0.46	0.62	0.82	1.39	3.77	
165C	"	0.80	1.13	1.52	1.26	1.15	1.21	1.40	2.09	4.49	
166C	"	0.13	0.15	0.17	0.23	0.29	0.42	0.57	1.04	3.27	
167C	"	0.33	0.43	0.52	0.51	0.52	0.63	0.79	1.34	3.71	
168C	"	0.27	0.29	0.31	0.38	0.44	0.58	0.75	1.30	3.64	
169C	"	0.80	1.13	1.52	1.26	1.15	1.21	1.41	2.12	4.52	

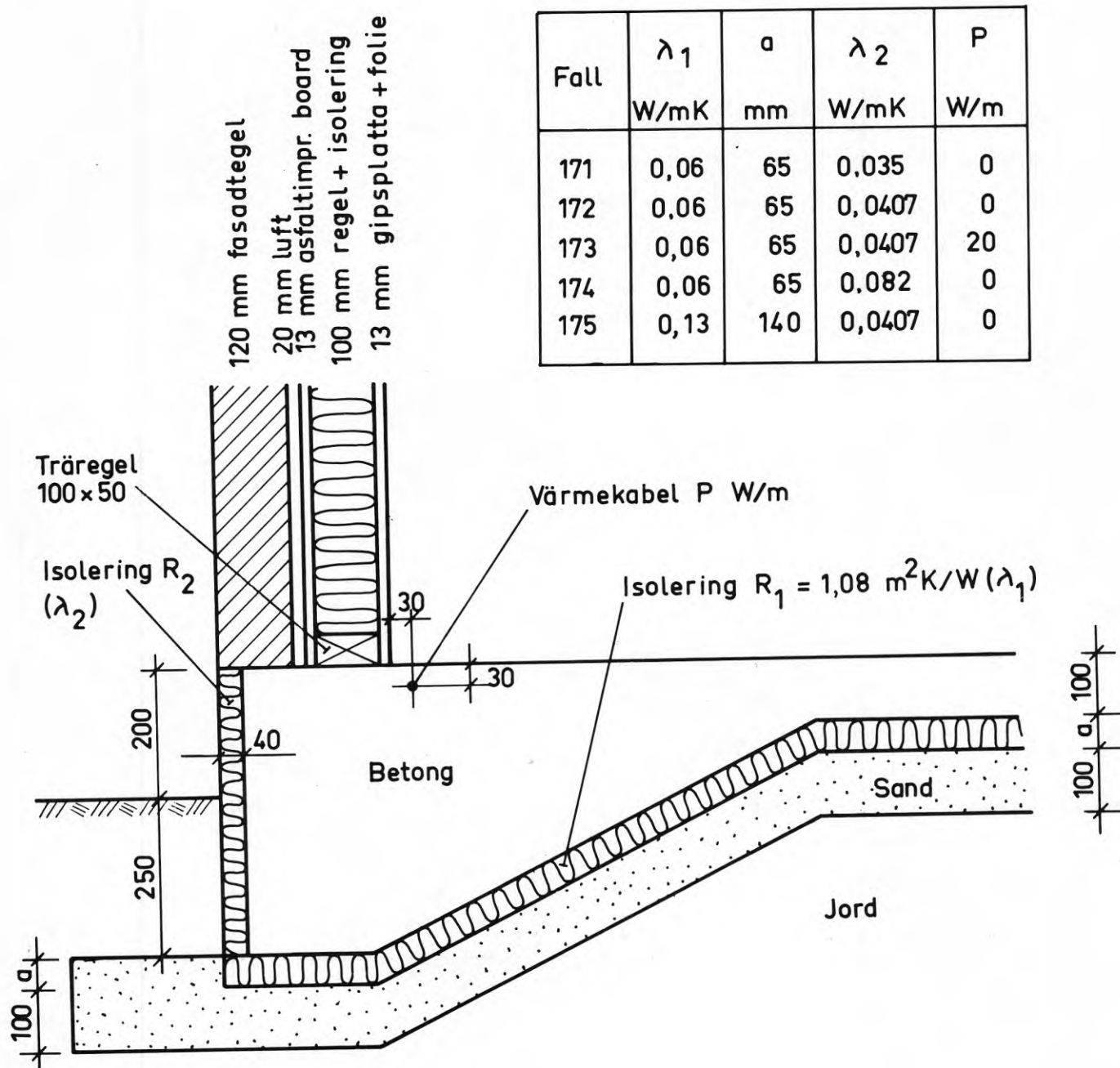


FIG. 3.7 Konstruktionsalternativ serie 170

TAB.3.13 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.7

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avstånd från vägg x_1 (mm)								
		$x_1=0$	$x_1=15$	$x_1=30$	$x_1=85$	$x_1=130$	$x_1=230$	$x_1=330$	$x_1=530$	$x_1=917$
171A	2.5	8.2	8.5	8.8	9.8	10.5	11.7	12.8	14.7	17.5
172A	"	7.9	8.2	8.6	9.6	10.3	11.5	12.6	14.6	17.5
173A	"	17.4	18.4	19.0	17.9	17.3	16.9	17.0	17.5	18.5
174A	"	6.7	7.0	7.4	8.5	9.2	10.7	11.9	14.1	17.3
175A	"	7.9	8.2	8.5	9.5	10.2	11.5	12.6	14.6	17.5
171B	3.5	9.7	10.1	10.4	11.4	12.1	13.4	14.4	16.2	18.6
172B	"	9.5	9.8	10.2	11.3	12.0	13.2	14.3	16.1	18.1
173B	"	18.0	19.0	19.6	18.6	18.0	17.6	17.7	18.3	19.2
174B	"	8.3	8.7	9.0	10.2	11.0	12.5	13.6	15.7	18.4
175B	"	9.4	9.8	10.1	11.2	11.9	13.2	14.3	16.1	18.5
171C	7.0	12.5	13.0	13.4	14.5	15.2	16.3	17.1	18.5	19.9
172C	"	12.3	12.8	13.2	14.3	15.0	16.2	17.1	18.4	19.9
173C	"	18.9	19.9	20.6	19.6	19.1	18.8	19.0	19.5	20.1
174C	"	11.3	11.8	12.2	13.5	14.3	15.6	16.6	18.2	19.8
175C	"	12.2	12.7	13.1	14.3	15.0	16.2	17.1	18.4	19.9

TAB.3.14 Värmotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.7

Fall	α_j W/m ² K	Värmotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_1 (mm)									Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=15$	$x_1=30$	$x_1=85$	$x_1=130$	$x_1=230$	$x_1=330$	$x_1=530$	$x_1=917$	
171A	2.5	0.60	0.62	0.65	0.75	0.83	1.00	1.19	1.70	3.47	inkl.kabel
172A	"	0.58	0.60	0.63	0.73	0.80	0.98	1.16	1.66	3.43	
173A	"	3.34	4.80	6.49	3.95	3.19	2.85	2.92	3.44	5.07	
174A	"	0.49	0.51	0.53	0.62	0.69	0.85	1.03	1.51	3.24	
175A	"	0.57	0.60	0.62	0.72	0.80	0.97	1.16	1.66	3.42	
171B	3.5	0.51	0.54	0.57	0.69	0.75	0.93	1.13	1.66	3.62	inkl.kabel
172B	"	0.50	0.52	0.55	0.65	0.73	0.90	1.10	1.63	3.59	
173B	"	2.90	4.52	6.79	3.63	2.84	2.53	2.63	3.21	5.02	
174B	"	0.42	0.44	0.46	0.55	0.63	0.79	0.97	1.48	3.39	
175B	"	0.49	0.52	0.54	0.64	0.72	0.90	1.10	1.64	3.58	
171C	7.0	0.37	0.40	0.43	0.54	0.63	0.83	1.05	1.71	4.16	inkl.kabel
172C	"	0.36	0.39	0.42	0.52	0.61	0.81	1.03	1.68	4.13	
173C	"	2.18	4.40	11.43	3.25	2.31	2.04	2.20	2.93	5.13	
174C	"	0.30	0.32	0.35	0.45	0.52	0.70	0.91	1.51	3.95	
175C	"	0.35	0.38	0.41	0.52	0.60	0.80	1.02	1.68	4.13	

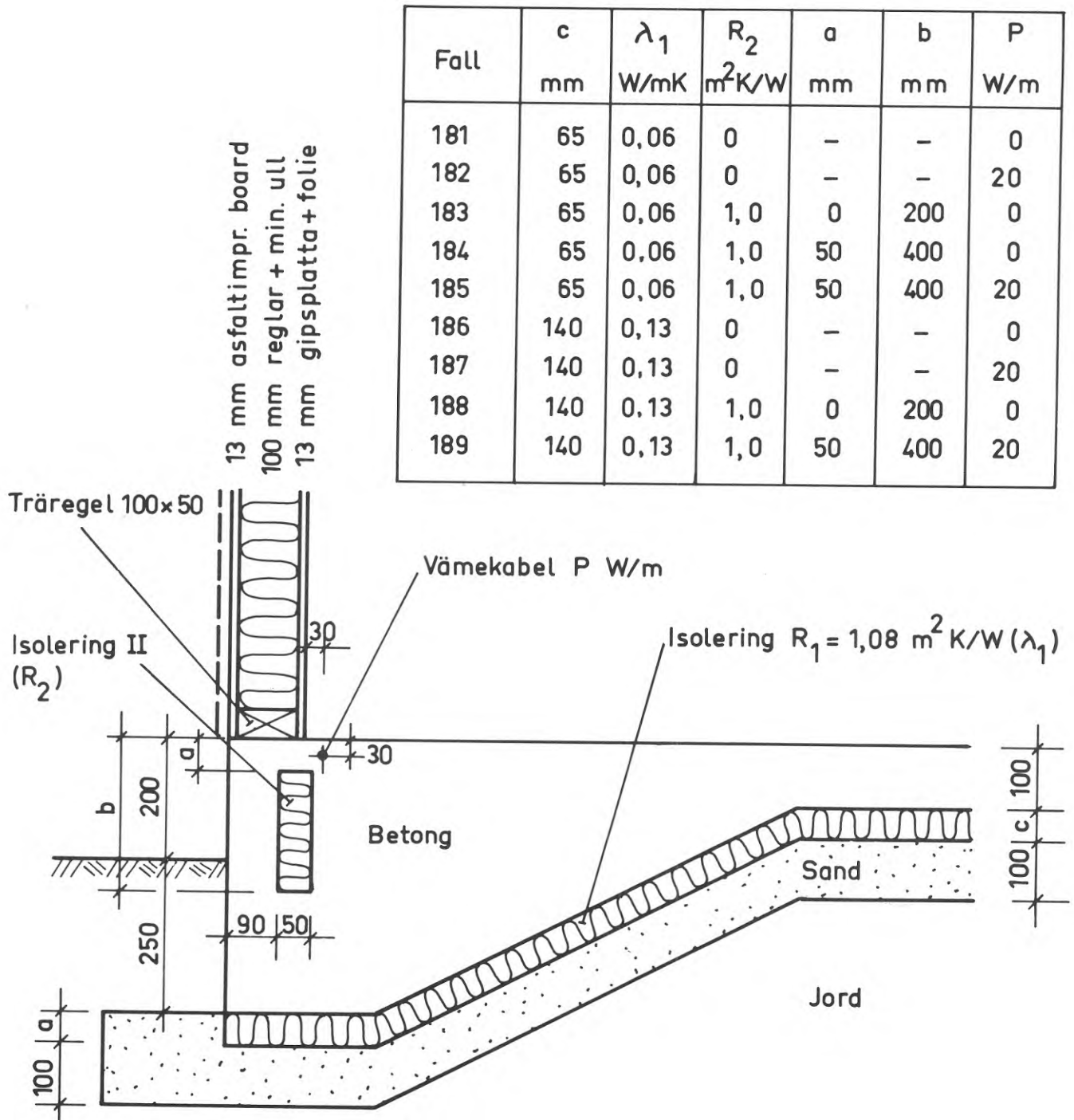


FIG.3.8 Konstruktionsalternativ serie 180

TAB.3.15 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.8

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_l (mm)							
		$x_l=0$	$x_l=9$	$x_l=32$	$x_l=88$	$x_l=200$	$x_l=300$	$x_l=500$	$x_l=937$
181A	2.5	-0.3	0	+0.8	2.6	5.4	7.3	10.5	16.1
182A	"	5.9	6.7	8.3	8.3	8.9	10.0	12.3	16.7
183A	"	7.6	10.2	7.1	7.4	8.6	9.7	12.1	16.6
184A	"	1.7	2.4	4.0	6.5	9.0	10.4	12.7	16.8
185A	"	9.1	10.4	12.9	13.5	13.6	14.0	15.2	17.7
186A	"	-0.3	0	+0.8	2.6	5.4	7.3	10.5	16.1
187A	"	5.9	6.7	8.3	8.2	8.9	10.0	12.3	16.7
188A	"	7.5	10.2	7.1	7.4	8.6	9.8	12.1	16.6
189A	"	9.1	10.4	12.9	13.5	13.6	14.1	15.2	17.7
181B	3.5	+1.3	1.7	2.6	4.6	7.5	9.5	12.5	17.5
182B	"	7.1	8.0	9.6	9.7	10.5	11.7	14.0	17.9
183B	"	9.7	12.4	9.1	9.4	10.5	11.7	13.9	17.9
184B	"	3.3	4.0	5.6	8.4	10.9	12.3	14.5	18.0
185B	"	10.1	11.4	13.9	14.6	14.8	15.3	16.4	18.6
186B	"	1.3	1.7	2.6	4.6	7.5	9.5	12.6	17.5
187B	"	7.1	8.0	9.6	9.7	10.5	11.7	14.0	17.9
188B	"	9.7	12.4	9.1	9.4	10.5	11.7	13.9	17.9
189B	"	10.0	11.4	13.9	14.6	14.8	15.3	16.4	18.6
181C	7.0	4.8	5.3	6.5	8.7	11.7	13.5	16.1	19.4
182C	"	9.6	10.6	12.4	12.7	13.8	14.9	16.8	19.6
183C	"	13.7	16.3	12.7	13.0	14.1	15.1	16.9	19.6
184C	"	6.4	7.3	9.3	12.1	14.5	15.7	17.4	19.7
185C	"	11.9	13.3	15.9	16.8	17.0	17.4	18.4	19.8
186C	"	4.8	5.3	6.5	8.7	11.7	13.5	16.1	19.4
187C	"	9.6	10.5	12.4	12.7	13.8	14.9	16.9	19.6
188C	"	13.7	16.3	12.7	13.0	14.1	15.1	16.9	19.6
189C	"	11.9	13.3	15.9	16.8	17.0	17.5	18.4	19.9

TAB.3.16 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.8

Fall	α_j W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_j (mm)								Anm.
		$x_j=0.5$	$x_j=9$	$x_j=32$	$x_j=88$	$x_j=200$	$x_j=300$	$x_j=500$	$x_j=937$	
181A	2.5	0.18	0.19	0.21	0.28	0.41	0.53	0.83	2.30	inkl.kabel
182A	"	0.44	0.49	0.61	0.60	0.66	0.78	1.10	2.70	
183A	"	0.61	0.82	0.52	0.54	0.63	0.75	1.06	2.64	
184A	"	0.25	0.27	0.34	0.47	0.67	0.82	1.18	2.80	
185A	"	0.69	0.82	1.21	1.35	1.37	1.48	1.86	3.62	
186A	"	0.18	0.18	0.21	0.28	0.41	0.53	0.84	2.30	
187A	"	0.44	0.49	0.61	0.60	0.66	0.78	1.11	2.72	
188A	"	0.60	0.82	0.52	0.54	0.63	0.75	1.07	2.65	
189A	"	0.69	0.82	1.21	1.35	1.38	1.50	1.89	3.68	
181B	3.5	0.15	0.15	0.18	0.24	0.37	0.49	0.80	2.40	inkl.kabel
182B	"	0.35	0.40	0.51	0.51	0.58	0.70	1.03	2.77	
183B	"	0.58	0.83	0.47	0.49	0.58	0.69	1.02	2.74	
184B	"	0.20	0.23	0.29	0.42	0.62	0.77	1.15	2.92	
185B	"	0.55	0.66	1.02	1.18	1.26	1.35	1.75	3.67	
186B	"	0.15	0.15	0.18	0.24	0.37	0.49	0.80	2.41	
187B	"	0.35	0.40	0.51	0.51	0.58	0.70	1.04	2.79	
188B	"	0.58	0.82	0.47	0.49	0.58	0.69	1.03	2.76	
189B	"	0.55	0.66	1.03	1.18	1.23	1.36	1.78	3.74	
181C	7.0	0.09	0.10	0.13	0.19	0.32	0.45	0.78	2.83	inkl.kabel
182C	"	0.22	0.26	0.36	0.38	0.47	0.59	0.96	3.15	
183C	"	0.56	0.89	0.38	0.40	0.50	0.62	0.99	3.15	
184C	"	0.13	0.15	0.21	0.34	0.55	0.72	1.15	3.40	
185C	"	0.33	0.43	0.75	0.94	1.02	1.16	1.63	3.99	
186C	"	0.09	0.10	0.13	0.19	0.32	0.45	0.79	2.85	
187C	"	0.22	0.26	0.36	0.38	0.47	0.59	0.97	3.19	
188C	"	0.56	0.89	0.38	0.40	0.50	0.62	0.99	3.20	
189C	"	0.33	0.42	0.75	0.94	1.02	1.17	1.67	4.09	

Fall	λ_1 W/mK	a mm	λ_2 W/mK	P W/m
191	0,06	65	0,035	0
192	0,06	65	0,0407	0
193	0,06	65	0,0407	20
194	0,06	65	0,082	0
195	0,13	140	0,0407	0

13 mm asfaltimpr. board
100 mm reglar + isolering
13 mm gipsplatta + folie

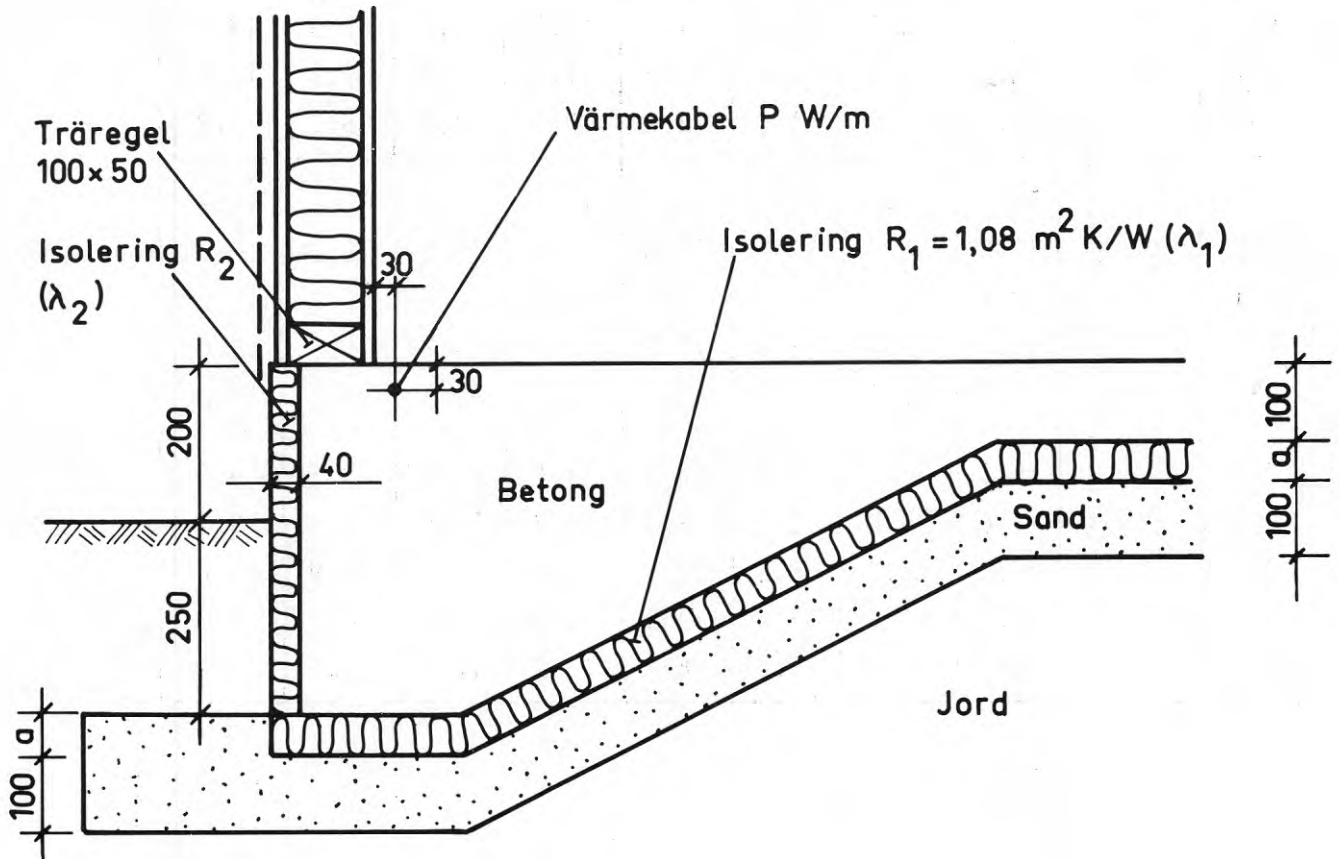


FIG.3.9 Konstruktionsalternativ serie 190

TAB.3.17 Golvtemperatur vid $\psi_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.9

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperaturen ψ_g (°C) på avstånd från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=9$	$x_1=32$	$x_1=88$	$x_1=200$	$x_1=300$	$x_1=500$	$x_1=937$
191A	2.5	11.6	11.7	12.0	12.7	14.3	14.9	15.5	17.8
192A	"	11.2	11.3	11.6	12.3	13.3	14.0	15.3	17.7
193A	"	21.9	22.5	23.3	21.7	19.8	19.3	18.9	19.0
194A	"	8.7	8.9	9.3	10.2	11.6	12.6	14.2	17.4
195A	"	11.1	11.2	11.5	12.2	13.3	14.0	15.3	17.8
191B	3.5	13.0	13.1	13.5	14.1	15.1	15.7	16.8	18.7
192B	"	12.6	12.7	13.1	13.8	14.8	15.5	16.6	18.7
193B	"	22.1	22.6	23.5	21.9	20.1	19.6	19.3	19.5
194B	"	10.3	10.5	11.0	11.9	13.3	14.2	15.8	18.4
195B	"	12.5	12.6	13.0	13.7	14.7	15.5	16.7	18.7
191C	7.0	15.3	15.5	15.9	16.6	17.4	17.9	18.7	19.9
192C	"	15.0	15.2	15.6	16.3	17.2	17.8	18.6	19.9
193C	"	22.2	22.7	23.5	22.0	20.4	20.1	19.9	20.2
194C	"	13.1	13.4	13.9	14.9	16.2	17.0	18.1	19.8
195C	"	14.9	15.1	15.5	16.2	17.2	17.8	18.7	19.9

TAB.3.18 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.9

Fall	α_j W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)								Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=9$	$x_1=32$	$x_1=88$	$x_1=200$	$x_1=300$	$x_1=500$	$x_1=937$	
191A	2.5	0.98	1.00	1.06	1.17	1.59	1.77	2.00	3.78	inkl.kabel
192A	"	0.92	0.94	0.99	1.10	1.49	1.69	1.92	3.70	
193A	"	-14.7	-9.76	-6.30	-20.5	7.44	6.46	6.09	6.29	
194A	"	0.65	0.66	0.70	0.80	1.15	1.34	1.55	3.28	
195A	"	0.91	0.93	0.98	1.09	1.48	1.69	1.93	3.74	
191B	3.5	0.86	0.88	0.94	1.06	1.49	1.70	1.95	3.89	inkl.kabel
192B	"	0.80	0.83	0.88	1.00	1.41	1.62	1.87	3.81	
193B	"	-8.98	-6.32	-4.26	-11.7	6.61	5.73	5.45	5.98	
194B	"	0.56	0.58	0.62	0.72	1.08	1.28	1.51	3.41	
195B	"	0.79	0.81	0.87	0.98	1.40	1.63	1.89	3.88	
191C	7.0	0.65	0.68	0.75	0.89	1.38	1.63	1.93	4.31	inkl.kabel
192C	"	0.61	0.63	0.69	0.83	1.31	1.56	1.85	4.24	
193C	"	-4.23	-3.10	-2.15	-5.27	5.04	4.46	4.38	5.61	
194C	"	0.41	0.43	0.48	0.59	1.00	1.22	1.49	3.88	
195C	"	0.59	0.62	0.68	0.81	1.30	1.57	1.88	4.34	

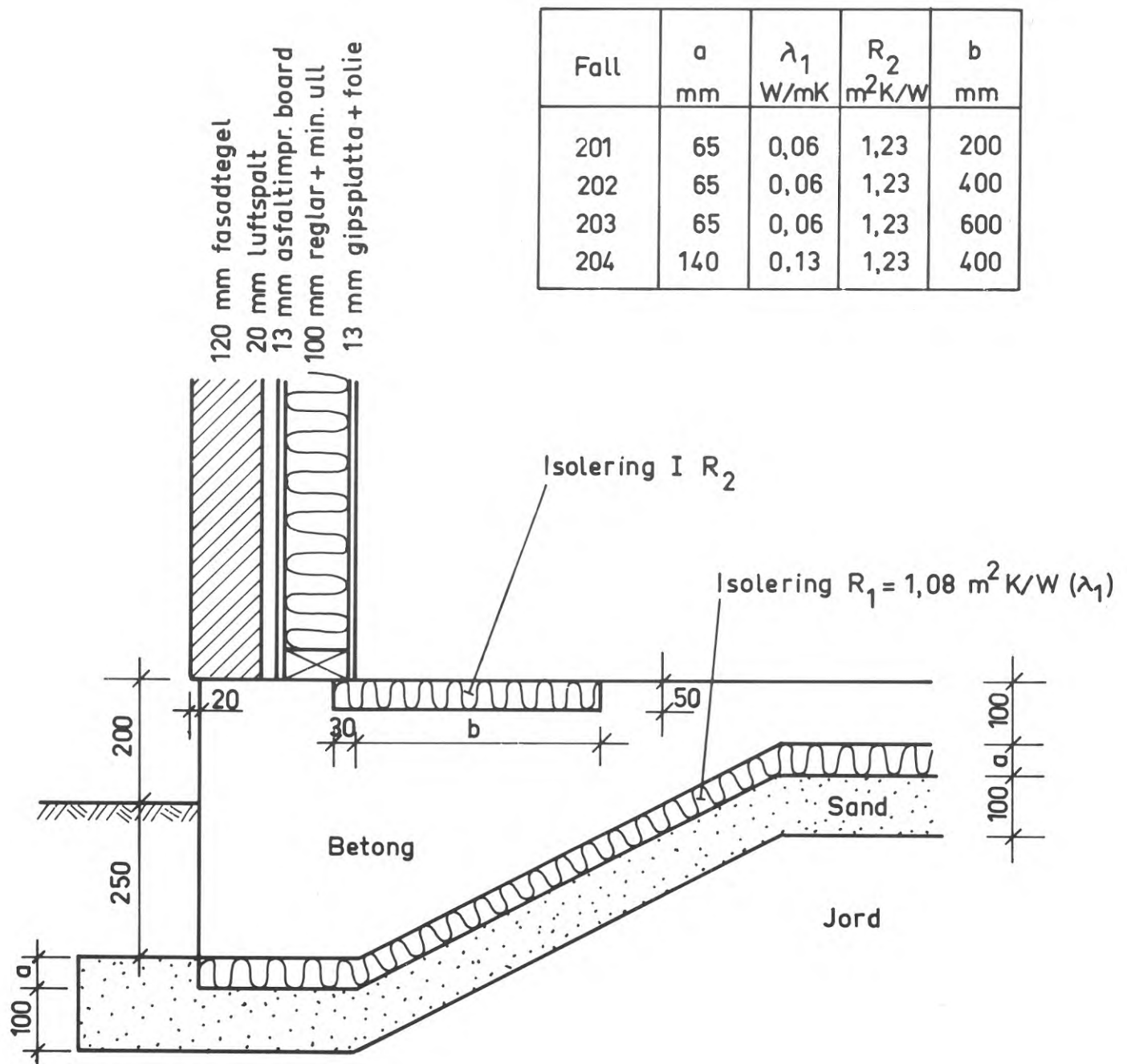


FIG.3.10 Konstruktionsalternativ serie 200

TAB.3.19 Golvtemperatur vid $\psi_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.3.10

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ψ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)								
		$x_1=0$	$x_1=18$	$x_1=43$	$x_1=78$	$x_1=125$	$x_1=225$	$x_1=425$	$x_1=625$	$x_1=927$
201A	2.5	8.9	14.0	15.1	15.7	16.1	6.9	9.8	13.1	16.5
202A	"	8.5	13.6	14.8	15.4	15.7	16.3	9.2	12.4	16.2
203A	"	8.2	13.4	14.5	15.1	15.4	15.9	16.9	11.9	15.9
204A	"	8.5	13.6	14.8	15.4	15.7	16.3	9.2	12.4	16.2
201B	3.5	10.9	15.7	16.6	17.1	17.4	8.6	11.7	14.8	17.8
202B	"	10.4	15.4	16.3	16.7	17.0	17.5	10.8	13.9	17.5
203B	"	10.1	15.1	16.1	16.5	16.8	17.2	18.0	13.2	17.1
204B	"	10.4	15.4	16.3	16.8	17.0	17.5	10.8	13.9	17.5
201C	7.0	14.3	18.1	18.7	19.0	19.2	12.0	15.0	17.5	19.5
202C	"	13.9	17.9	18.4	18.7	18.9	19.2	13.6	16.6	19.3
203C	"	13.6	17.7	18.3	18.5	18.7	18.9	19.4	15.5	18.9
204C	"	13.9	17.9	18.4	18.7	18.9	19.2	13.7	16.6	19.3

TAB.3.20 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.3.10

Fall	α_j W/m ² K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_1 (mm)									Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=18$	$x_1=43$	$x_1=78$	$x_1=125$	$x_1=225$	$x_1=425$	$x_1=625$	$x_1=927$	
201A	2.5	0.74	1.53	1.92	2.19	2.37	0.50	0.76	1.26	2.59	
202A	"	0.70	1.44	1.79	2.02	2.18	2.51	0.69	1.11	2.39	
203A	"	0.67	1.38	1.71	1.91	2.04	2.28	2.95	1.03	2.19	
204A	"	0.70	1.44	1.79	2.02	2.19	2.52	0.69	1.11	2.38	
201B	3.5	0.70	1.55	1.97	2.25	2.46	0.44	0.69	1.21	2.66	
202B	"	0.66	1.44	1.80	2.03	2.20	2.55	0.60	1.03	2.40	
203B	"	0.63	1.38	1.71	1.91	2.04	2.28	2.98	0.90	2.12	
204B	"	0.66	1.44	1.80	2.03	2.20	2.56	0.60	1.02	2.39	
201C	7.0	0.65	1.64	2.08	2.40	2.68	0.33	0.60	1.20	3.04	
202C	"	0.60	1.48	1.85	2.08	2.26	2.67	0.46	0.91	2.61	
203C	"	0.56	1.40	1.73	1.91	2.04	2.30	3.08	0.68	2.11	
204C	"	0.60	1.48	1.85	2.08	2.26	2.67	0.46	0.91	2.60	

- 11 BILAGA 4: BETONGPLATTA OCH GRUNDMUR - TABELLER ÖVER GOLVTEMPERATURER OCH VÄRMOTSTÅND VID OLIKA KONSTRUKTIONSLTERNATIV.

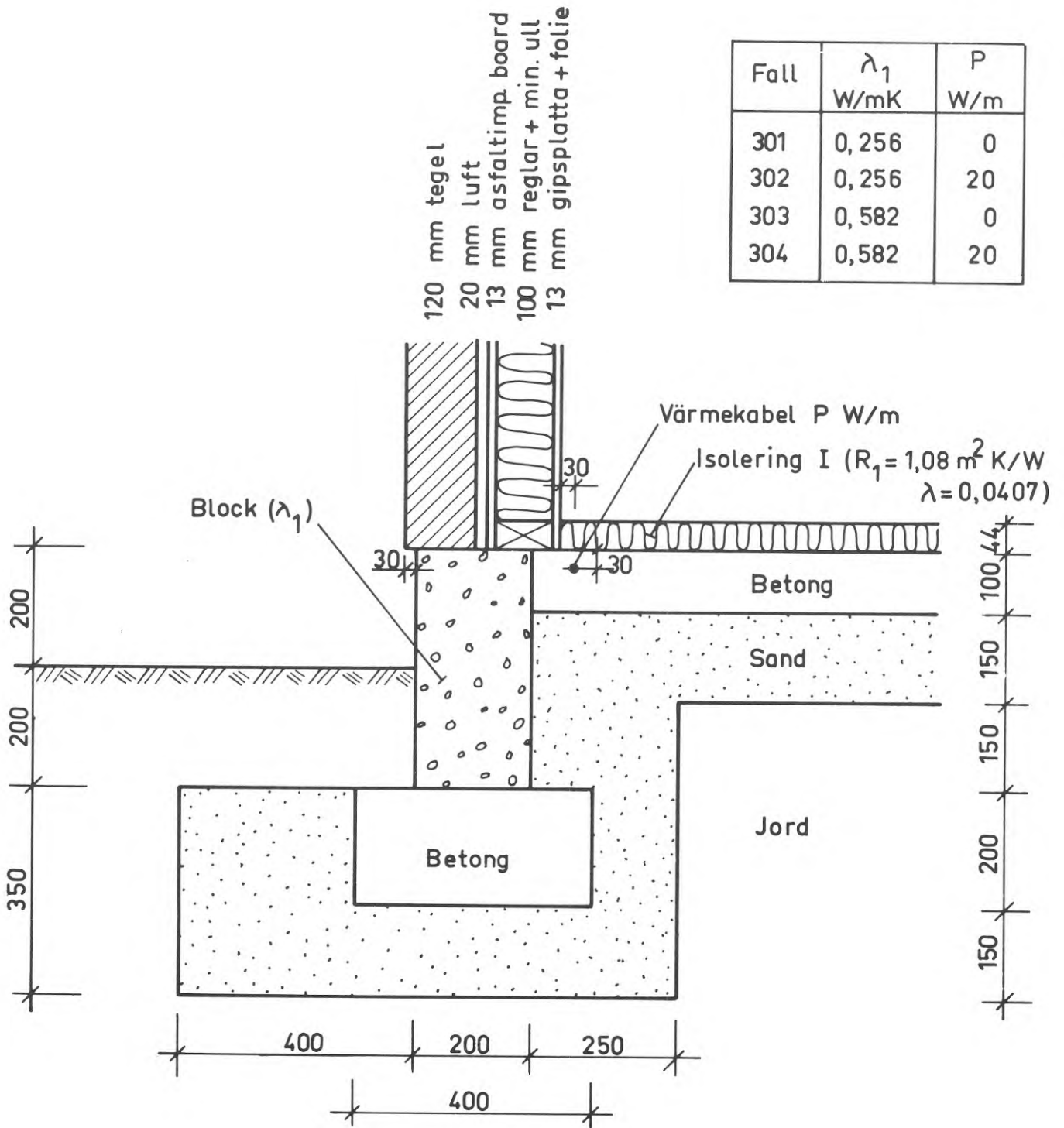


FIG.4.1 Konstruktionsalternativ serie 300

TAB.4.1 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13$ °C för beräkningsfall enligt FIG.4.1

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=102$	$x_1=189$	$x_1=289$	$x_1=514$	$x_1=939$
301A	2.5	10.1	13.7	15.6	16.3	16.6	16.8	17.3	18.1
302A	"	16.7	18.7	19.8	19.7	19.2	19.0	18.8	18.9
303A	"	8.8	12.8	14.9	15.7	16.0	16.4	17.0	17.9
304A	"	14.4	17.0	18.5	18.7	18.3	18.2	18.2	18.6
301B	3.5	11.4	15.2	16.9	17.4	17.6	17.8	18.2	18.8
302B	"	17.3	19.2	20.2	20.1	19.7	19.5	19.3	19.4
303B	"	10.2	14.4	16.3	17.0	17.2	17.5	18.0	18.6
304B	"	15.3	17.9	19.1	19.2	19.0	18.9	18.9	19.2
301C	7.0	13.8	17.6	18.7	19.0	19.1	19.2	19.5	19.8
302C	"	18.4	20.0	20.6	20.5	20.3	20.1	20.1	20.1
303C	"	12.9	17.1	18.4	18.7	18.9	19.0	19.3	19.7
304C	"	16.8	19.2	20.0	20.0	19.9	19.8	19.8	20.0

TAB.4.2 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.4.1

Fall	α_i W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)								Anm.
		$x_1=0$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=102$	$x_1=189$	$x_1=289$	$x_1=514$	$x_1=939$	
301A	2.5	0.85	1.45	2.13	2.53	2.69	2.88	3.34	4.30	inkl.kabel
302A	"	2.91	5.55	11.4	10.5	7.39	6.37	5.86	6.24	
303A	"	0.71	1.24	1.83	2.19	2.36	2.56	3.04	4.01	
304A	"	1.74	3.06	5.16	5.49	4.74	4.51	4.61	5.34	
301B	3.5	0.74	1.40	2.11	2.49	2.64	2.83	3.28	4.22	inkl.kabel
302B	"	2.53	5.30	11.6	10.3	7.17	6.17	5.68	6.07	
303B	"	0.63	1.20	1.81	2.15	2.32	2.52	2.99	3.94	
304B	"	1.50	2.88	5.05	5.32	4.58	4.37	4.48	5.20	
301C	7.0	0.57	1.35	2.10	2.44	2.59	2.77	3.21	4.13	inkl.kabel
302C	"	1.93	5.11	12.2	10.1	6.88	5.92	5.46	5.86	
303C	"	0.48	1.15	1.80	2.11	2.28	2.46	2.92	3.85	
304C	"	1.12	2.70	4.99	5.13	4.40	4.20	4.32	5.04	

Fall	λ_1 W/mK	R_1 $m^2 K/W$	a mm	P W/m
321	0,256	1,08	44	0
322	0,256	1,62	66	0
323	0,256	1,08	44	20
324	0,582	1,08	44	0
325	0,582	1,62	66	0
326	0,582	1,08	44	20

13 mm asfaltmpr. board
100 mm reglar + min. ull
13 mm gipsplatta + folie

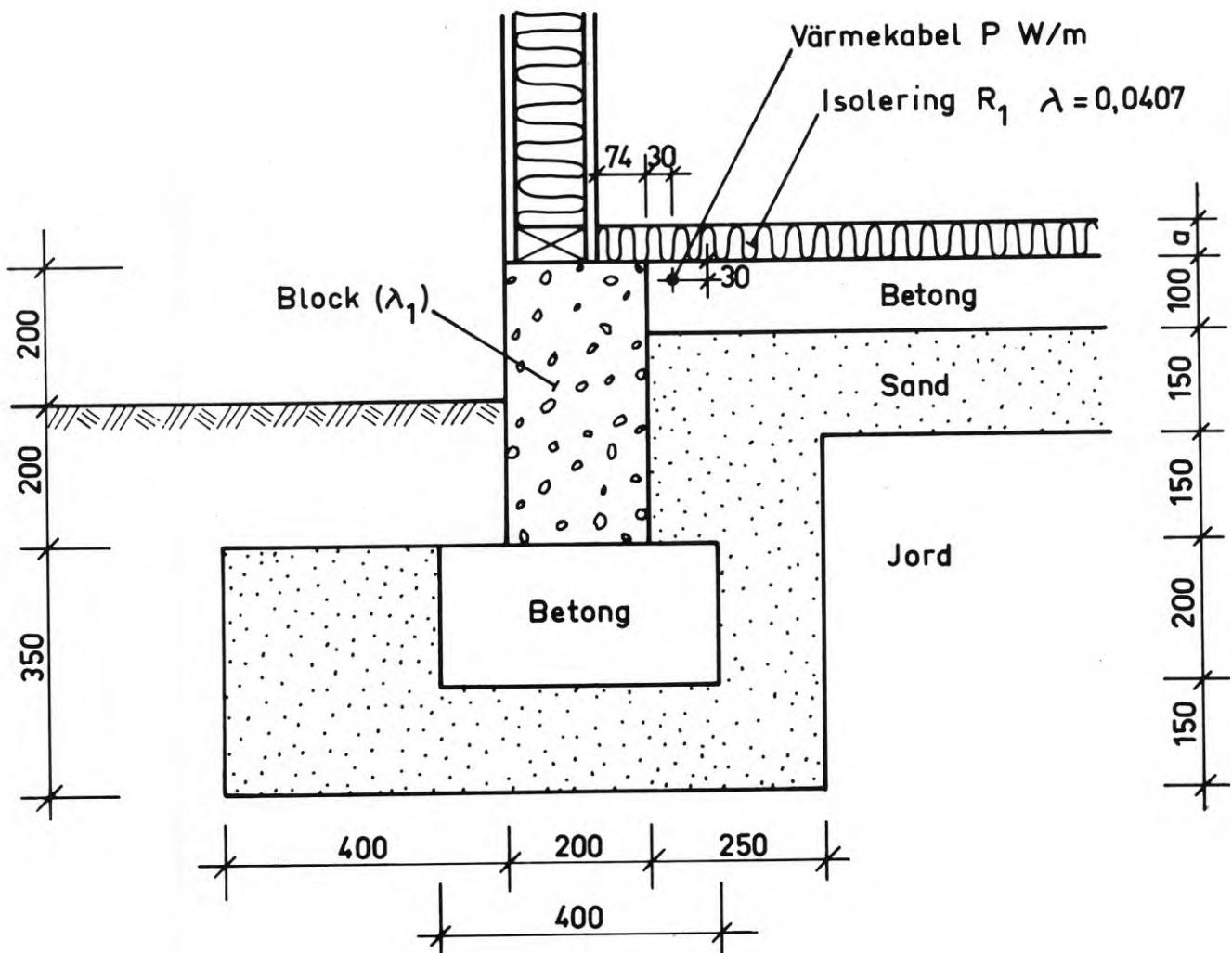


FIG.4.2 Konstruktionsalternativ serie 320

TAB.4.3 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.4.2

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g ($^\circ\text{C}$) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=104$	$x_1=199$	$x_1=299$	$x_1=524$	$x_1=924$
321A	2.5	8.0	12.5	14.7	16.3	16.5	16.7	17.2	17.9
322A	"	9.3	13.1	15.2	17.2	17.4	17.6	17.9	18.4
323A	"	11.1	15.2	17.5	20.7	19.9	19.4	18.9	18.9
324A	"	6.9	11.7	13.8	15.6	15.9	16.2	16.9	17.7
325A	"	8.6	12.5	14.6	16.7	17.0	17.2	17.6	18.3
326A	"	10.0	14.2	16.5	19.3	18.7	18.4	18.3	18.5
321B	3.5	9.7	14.3	16.2	17.4	17.6	17.8	18.1	18.7
322B	"	10.9	14.8	16.6	18.1	18.3	18.4	18.7	19.1
323B	"	12.3	16.4	18.4	20.8	20.2	19.8	19.4	19.4
324B	"	8.6	13.5	15.5	16.8	17.1	17.3	17.8	18.5
325B	"	10.2	14.3	16.1	17.7	18.0	18.1	18.5	19.0
326B	"	11.3	15.6	17.5	19.7	19.3	19.0	18.9	19.1
321C	7.0	12.5	17.1	18.3	19.0	19.1	19.2	19.4	19.7
322C	"	13.6	17.4	18.6	19.4	19.5	19.6	19.7	20.0
323C	"	14.5	18.3	19.6	21.0	20.6	20.3	20.1	20.1
324C	"	11.6	16.6	17.9	18.7	18.8	19.0	19.2	19.6
325C	"	13.0	17.1	18.3	19.2	19.3	19.4	19.6	19.9
326C	"	13.7	17.8	19.1	20.3	20.0	19.9	19.8	20.0

TAB.4.4 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.4.2

Fall	α_i W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)								Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=9$	$x_1=24$	$x_1=104$	$x_1=199$	$x_1=299$	$x_1=524$	$x_1=924$	
321A	2.5	0.65	1.20	1.75	2.54	2.67	2.83	3.25	4.11	inkl.kabel
322A	"	0.77	1.32	1.95	3.21	3.44	3.62	4.07	5.01	
323A	"	1.00	1.94	3.55	47.7	12.5	8.01	6.28	6.28	
324A	"	0.56	1.04	1.49	2.12	2.29	2.46	2.91	3.80	
325A	"	0.70	1.19	1.74	2.76	3.01	3.21	3.70	4.66	
326A	"	0.87	1.60	2.62	7.66	5.71	4.87	4.64	5.20	
321B	3.5	0.58	1.16	1.74	2.50	2.62	2.77	3.18	4.04	inkl.kabel
322B	"	0.69	1.28	1.95	3.18	3.40	3.57	4.02	4.94	
323B	"	0.87	1.84	3.47	62.1	12.3	7.77	6.09	6.11	
324B	"	0.50	1.01	1.48	2.09	2.25	2.42	2.86	3.73	
325B	"	0.62	1.16	1.74	2.74	2.97	3.17	3.65	4.60	
326B	"	0.73	1.52	2.54	7.56	5.53	4.72	4.51	5.07	
321C	7.0	0.50	1.14	1.76	2.45	2.56	2.71	3.11	3.95	inkl.kabel
322C	"	0.55	1.25	1.98	3.16	3.35	3.51	3.95	4.84	
323C	"	0.66	1.76	3.46	138	12.1	7.47	5.84	5.89	
324C	"	0.39	0.99	1.49	2.05	2.20	2.37	2.80	3.65	
325C	"	0.49	1.13	1.76	2.72	2.93	3.12	3.59	4.52	
326C	"	0.56	1.44	2.50	7.52	5.32	4.53	4.34	4.91	

Fall	λ_1 W/mK	P W/m
331	0,256	0
332	0,256	20
333	0,582	0
334	0,582	20

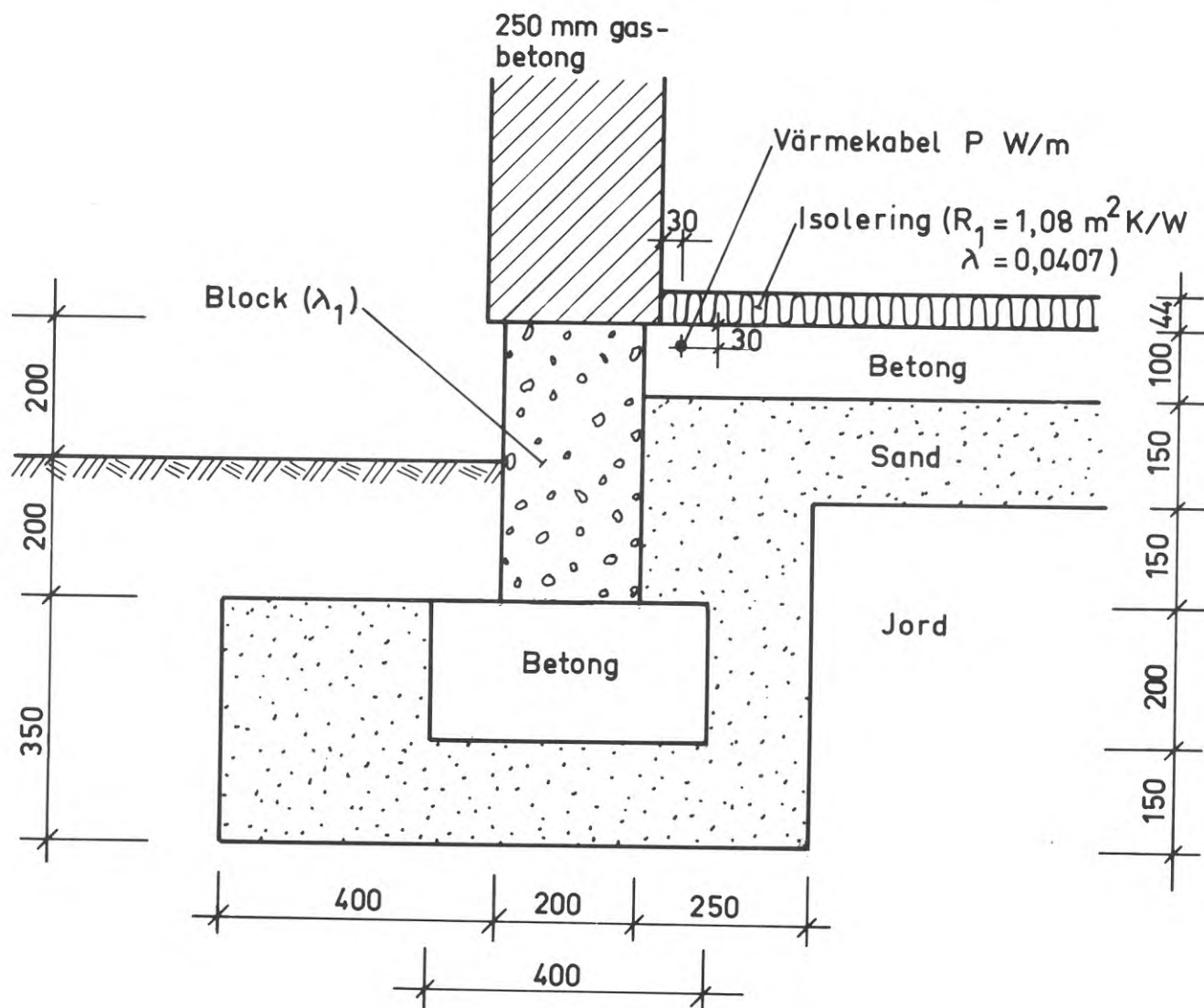


FIG.4.3 Konstruktionsalternativ serie 330

TAB.4.5 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13 \text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.4.3

Fall	α_j W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=10$	$x_1=30$	$x_1=100$	$x_1=200$	$x_1=300$	$x_1=525$	$x_1=950$
331A	2.5	9.8	13.9	15.6	16.4	16.7	16.9	17.4	18.1
332A	"	16.0	18.7	19.9	19.8	19.3	19.0	18.8	18.9
333A	"	8.6	13.0	14.8	15.8	16.1	16.5	17.1	17.9
334A	"	14.0	17.1	18.5	18.7	18.4	18.2	18.3	18.6
331B	3.5	11.4	15.5	16.9	17.5	17.7	17.9	18.3	18.8
332B	"	16.8	19.3	20.2	20.1	19.7	19.5	19.4	19.4
333B	"	10.2	14.7	16.3	17.0	17.3	17.5	18.0	18.7
334B	"	15.0	18.0	19.2	19.3	19.0	18.9	18.9	19.2
331C	7.0	14.0	17.8	18.7	19.1	19.2	19.3	19.5	19.8
332C	"	18.2	20.1	20.6	20.5	20.3	20.2	20.1	20.1
333C	"	13.1	17.4	18.4	18.8	18.9	19.1	19.3	19.7
334C	"	16.8	19.3	20.0	20.1	20.0	19.8	19.9	20.0

TAB.4.6 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.4.3

Fall	α_j W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_1 (mm)								Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=10$	$x_1=30$	$x_1=100$	$x_1=200$	$x_1=300$	$x_1=525$	$x_1=950$	
331A	2.5	0.83	1.51	2.11	2.58	2.76	2.94	3.40	4.35	inkl.kabel
332A	"	2.47	5.56	11.7	11.4	7.54	6.50	5.95	6.30	
333A	"	0.70	1.29	1.81	2.23	2.42	2.62	3.09	4.06	
334A	"	1.61	3.16	5.19	5.70	4.82	4.59	4.68	5.40	
331B	3.5	0.75	1.48	2.10	2.55	2.71	2.89	3.34	4.28	inkl.kabel
332B	"	2.21	5.51	12.3	11.3	7.34	6.31	5.78	6.14	
333B	"	0.63	1.26	1.79	2.20	2.39	2.58	3.04	3.99	
334B	"	1.41	3.05	5.15	5.55	4.75	4.46	4.55	5.27	
331C	7.0	0.60	1.46	2.11	2.50	2.66	2.83	3.27	4.19	inkl.kabel
332C	"	1.80	5.70	14.1	11.3	7.11	6.09	5.57	5.94	
333C	"	0.50	1.25	1.80	2.17	2.34	2.53	2.98	3.91	
334C	"	1.11	2.98	5.22	5.38	4.51	4.30	4.40	5.11	

Fall	λ_1 W/mK	R_2 m^2K/W	a mm	b mm	R_3 m^2K/W	c mm	P W/m
341	0,256	0	-	-	0	-	0
342	0,256	0	-	-	0	-	20
343	0,256	0	-	-	1,0	40	0
344	0,256	0	-	-	2,0	80	0
345	0,256	1,0	70	600	1,0	40	0
346	0,582	0	-	-	0	-	20
347	0,582	0	-	-	1,0	40	0
348	0,582	0	-	-	2,0	80	0
349	0,582	1,0	70	600	1,0	40	0

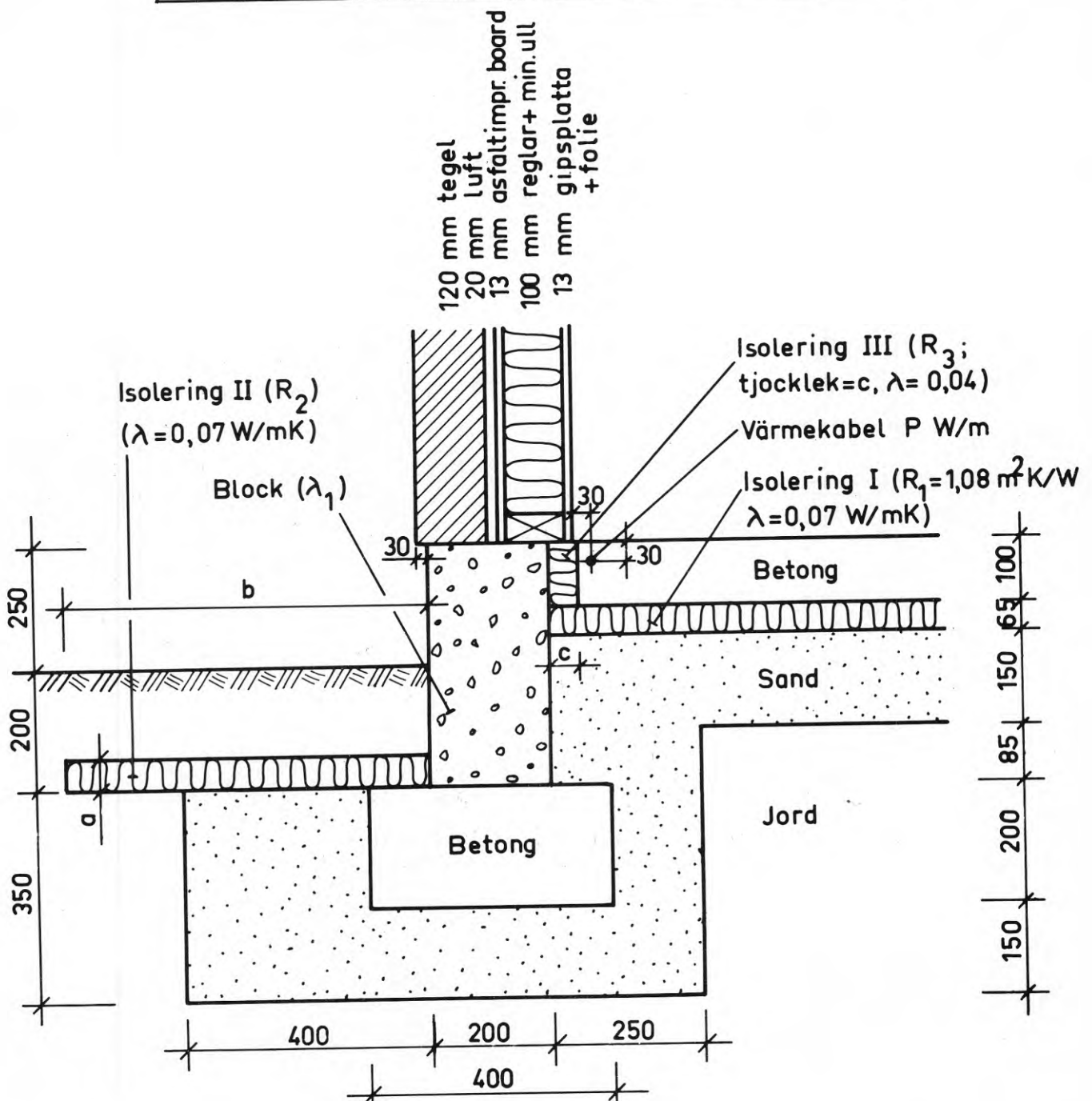


FIG.4.4 Konstruktionsalternativ serie 340

TAB.4.7 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13\text{ }^\circ\text{C}$ för beräkningsfall enligt FIG.4.4

Fall	α_i W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=101$	$x_1=189$	$x_1=289$	$x_1=489$	$x_1=814$
341A	2.5	11.3	11.5	12.0	13.0	14.1	15.1	16.4	17.6
342A	"	25.3	25.8	27.0	24.6	22.4	21.0	19.4	18.7
343A	"	13.3	14.7	14.9	15.2	15.7	16.2	16.9	17.8
344A	"	12.3	15.7	17.6	15.8	16.1	16.4	17.0	17.8
345A	"	13.5	15.1	15.2	15.6	16.1	16.5	17.2	18.0
346A	"	20.0	20.7	22.2	20.8	19.6	18.9	18.3	18.3
347A	"	12.3	14.0	14.1	14.6	15.2	15.7	16.6	17.6
348A	"	11.0	15.0	17.2	15.4	15.7	16.1	16.7	17.7
349A	"	12.3	14.3	14.4	14.9	15.5	16.0	16.8	17.8
341B	3.5	12.7	12.9	13.4	14.5	15.6	16.4	17.5	18.5
342B	"	25.0	25.5	26.6	24.3	22.3	20.9	19.7	19.2
343B	"	14.7	16.0	16.1	16.5	16.9	17.3	17.9	18.6
344B	"	13.9	17.1	18.6	16.9	17.2	17.5	18.0	18.6
345B	"	14.9	16.3	16.4	16.8	17.2	17.6	18.2	18.8
346B	"	20.2	20.9	22.5	21.1	20.0	19.4	18.9	18.9
347B	"	13.8	15.3	15.5	15.9	16.5	16.9	17.7	18.5
348B	"	12.7	16.5	18.4	16.5	16.9	17.2	17.8	18.5
349B	"	13.9	15.6	15.7	16.2	16.7	17.2	17.9	18.6
341C	7.0	15.2	15.4	15.9	16.9	17.9	18.5	19.2	19.8
342C	"	24.1	24.6	25.7	23.5	21.8	20.8	20.1	19.9
343C	"	17.1	17.9	18.0	18.3	18.7	19.0	19.4	19.8
344C	"	16.5	19.0	20.0	18.6	18.8	19.1	19.4	19.8
345C	"	17.2	18.1	18.2	18.5	18.9	19.1	19.5	19.9
346C	"	20.5	21.1	22.6	21.2	20.1	19.5	19.3	19.5
347C	"	16.4	17.5	17.6	18.0	18.4	18.8	19.2	19.7
348C	"	15.7	18.6	19.8	18.4	18.6	18.9	19.3	19.7
349C	"	16.5	17.6	17.7	18.1	18.6	18.9	19.4	19.8

TAB.4.8 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.4.4

Fall	α_j W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avståndet från vägg x_1 (mm)								Anm.	
		$x_1=0.5$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=101$	$x_1=189$	$x_1=289$	$x_1=489$	$x_1=814$		
341A	2.5	0.95	0.97	1.05	1.25	1.52	1.83	2.72	3.84	inkl.kabel	
342A	"	-3.62	-3.28	-2.74	-4.29	-9.98	300	8.18	5.33		
343A	"	1.47	1.71	1.75	1.90	2.10	2.35	2.85	3.76		
344A	"	1.24	2.21	3.67	2.17	2.31	2.51	2.95	3.80		
345A	"	1.54	1.85	1.90	2.07	2.30	2.57	3.12	4.11		
346A	"	13.7	43.1	-11.5	63.0	9.45	6.11	4.62	4.49		inkl.kabel
347A	"	1.23	1.48	1.52	1.67	1.87	2.11	2.62	3.55		
348A	"	1.02	1.87	3.27	1.95	2.10	2.30	2.74	3.60		
349A	"	1.27	1.56	1.61	1.77	1.99	2.25	2.80	3.79		
341B	3.5	0.83	0.86	0.94	1.15	1.44	1.77	2.45	3.59	inkl.kabel	
342B	"	-2.78	-2.51	-2.08	-3.34	-8.14	140	6.94	4.90		
343B	"	1.39	1.58	1.63	1.79	2.01	2.27	2.79	3.73		
344B	"	1.18	2.24	3.94	2.04	2.20	2.41	2.87	3.75		
345B	"	1.45	1.71	1.76	1.94	2.20	2.49	3.07	4.07		
346B	"	13.2	127	-7.03	-182	9.15	5.60	4.25	4.27		inkl.kabel
347B	"	1.16	1.36	1.41	1.56	1.79	2.05	2.57	3.53		
348B	"	0.97	1.89	3.49	1.83	2.00	2.21	2.67	3.56		
349B	"	1.19	1.44	1.49	1.66	1.90	2.18	2.75	3.76		
341C	7.0	0.63	0.66	0.75	0.99	1.34	1.75	2.52	3.68	inkl.kabel	
342C	"	-1.75	-1.55	-1.25	-2.19	-6.50	26.3	5.02	4.33		
343C	"	1.31	1.36	1.42	1.62	1.90	2.20	2.77	3.73		
344C	"	1.08	2.40	4.83	1.83	2.04	2.29	2.80	3.71		
345C	"	1.36	1.47	1.53	1.75	2.07	2.41	3.05	4.07		
346C	"	9.43	-46.4	-3.31	-26.2	5.47	3.03	2.58	3.08		inkl.kabel
347C	"	1.08	1.17	1.22	1.41	1.68	1.99	2.57	3.54		
348C	"	0.88	2.00	4.23	1.64	1.84	2.10	2.61	3.53		
349C	"	1.11	1.22	1.28	1.49	1.79	2.12	2.75	3.78		

Fall	1 W/mK	R_2 m^2K/W	a mm	b mm	R_3 m^2K/W	c mm	P W/m
351	0,256	0	-	-	0	-	0
352	0,256	0	-	-	0	-	20
355	0,256	0	-	-	1,0	40	0
354	0,256	0	-	-	2,0	80	0
355	0,256	1,0	70	600	1,0	40	0
356	0,582	0	-	-	0	-	20
357	0,582	0	-	-	1,0	40	0
358	0,582	0	-	-	2,0	80	0
359	0,582	1,0	70	600	1,0	40	0

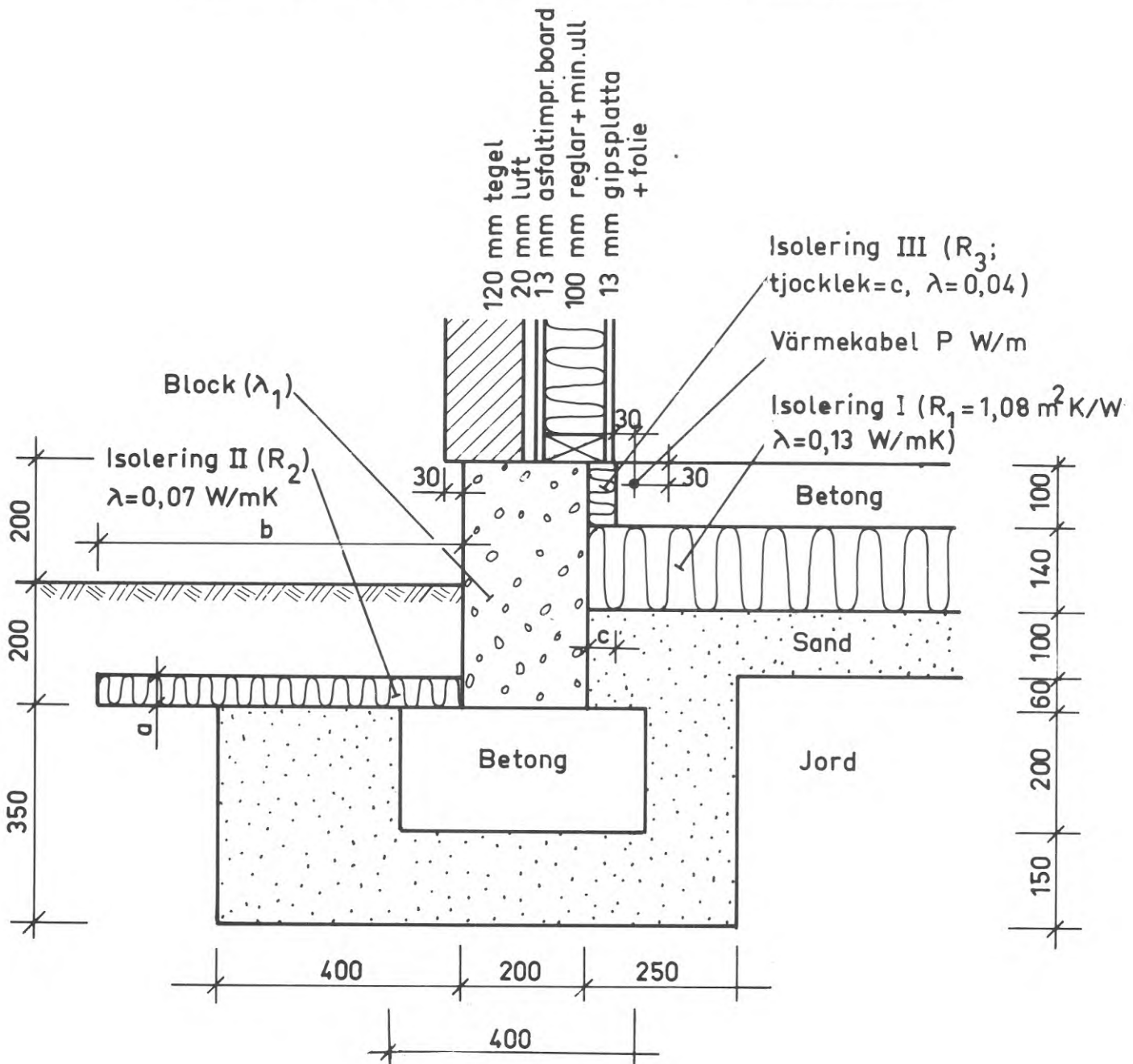


FIG.4.5 Konstruktionsalternativ serie 350

TAB.4.9 Golvtemperatur vid $\vartheta_u = -13$ °C för beräkningsfall enligt FIG.4.5

Fall	α_j W/m ² K	Golvtemperatur ϑ_g (°C) på avståndet från vägg x_1 (mm)							
		$x_1=0$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=101$	$x_1=189$	$x_1=289$	$x_1=514$	$x_1=939$
351A	2.5	11.2	11.4	11.9	13.0	14.1	15.1	16.6	18.0
352A	"	25.1	25.6	26.8	24.4	22.4	20.9	19.3	18.8
353A	"	13.1	14.4	14.5	15.0	15.6	16.1	17.1	18.1
354A	"	12.3	15.7	17.5	15.6	16.0	16.4	17.2	18.1
355A	"	13.4	14.8	14.9	15.4	15.9	16.5	17.4	18.3
356A	"	19.8	20.5	22.0	20.6	19.6	18.9	18.4	18.5
357A	"	11.9	13.6	13.8	14.3	15.0	15.7	16.8	18.0
358A	"	10.9	14.9	17.1	15.1	15.6	16.1	17.0	18.0
359A	"	12.1	13.9	14.0	14.6	15.3	16.0	17.0	18.1
351B	3.5	12.6	12.8	13.3	14.4	15.5	16.5	17.7	18.8
352B	"	24.8	25.3	26.5	24.1	22.2	20.9	19.6	19.3
353B	"	14.6	15.7	15.8	16.2	16.8	17.3	18.1	18.9
354B	"	13.9	17.0	18.6	16.7	17.1	17.5	18.1	18.9
355B	"	14.8	16.0	16.1	16.5	17.1	17.5	18.3	19.0
356B	"	20.0	20.7	22.2	20.9	19.9	19.3	18.9	19.1
357B	"	13.5	14.9	15.1	15.6	16.3	16.9	17.9	18.8
358B	"	12.7	16.4	18.3	16.3	16.8	17.2	18.0	18.8
359B	"	13.7	15.2	15.3	15.9	16.5	17.1	18.1	18.9
351C	7.0	15.0	15.3	15.8	16.9	17.8	18.5	19.4	19.9
352C	"	24.1	24.5	25.5	23.4	21.8	20.8	20.1	20.0
353C	"	17.0	17.7	17.8	18.2	18.6	19.0	19.5	19.9
354C	"	16.5	19.0	19.9	18.4	18.8	19.1	19.5	19.9
355C	"	17.1	17.9	18.0	18.3	18.8	19.1	19.6	20.0
356C	"	20.3	21.0	22.5	21.2	20.4	20.0	19.8	19.9
357C	"	16.3	17.2	17.3	17.8	18.3	18.8	19.4	19.9
358C	"	15.6	18.6	19.8	18.2	18.6	18.9	19.4	19.9
359C	"	16.3	17.3	17.4	17.9	18.5	18.9	19.5	19.9

TAB.4.10 Värmemotstånd R'' (m^2K/W) mellan golvyta och ytteryta för beräkningsfall enligt FIG.4.5

Fall	α_j W/m^2K	Värmemotstånd R'' (m^2K/W) på avstånd från vägg x_1 (mm)								Anm.
		$x_1=0.5$	$x_1=9$	$x_1=34$	$x_1=101$	$x_1=189$	$x_1=289$	$x_1=514$	$x_1=939$	
351A	2.5	0.93	0.95	1.02	1.23	1.51	1.85	2.64	4.04	inkl.kabel
352A	"	-3.76	-3.39	-2.81	-4.45	-10.5	191	7.64	5.60	
353A	"	1.42	1.60	1.64	1.80	2.04	2.32	2.99	4.21	
354A	"	1.23	2.18	3.54	2.06	2.27	2.50	3.09	4.25	
355A	"	1.48	1.72	1.77	1.95	2.22	2.54	3.27	4.58	
356A	"	11.2	25.7	-13.8	36.1	8.94	6.09	4.68	4.89	
357A	"	1.18	1.37	1.41	1.57	1.81	2.10	2.77	4.02	
358A	"	1.01	1.84	3.14	1.86	2.05	2.30	2.90	4.07	
359A	"	1.22	1.45	1.49	1.66	1.92	2.24	2.97	4.29	
351B	3.5	0.81	0.84	0.91	1.13	1.43	1.79	2.64	4.07	inkl.kabel
352B	"	-2.88	-2.59	-2.13	-3.46	-8.51	124	6.59	5.15	
353B	"	1.35	1.47	1.52	1.68	1.94	2.25	2.96	4.20	
354B	"	1.17	2.21	3.78	1.93	2.13	2.40	3.04	4.22	
355B	"	1.40	1.58	1.63	1.82	2.11	2.46	3.24	4.57	
356B	"	9.98	31.4	-8.32	64.1	8.09	5.44	4.30	4.68	
357B	"	1.11	1.26	1.30	1.46	1.72	2.03	2.75	4.02	
358B	"	0.95	1.85	3.35	1.73	1.94	2.21	2.86	4.05	
359B	"	1.14	1.32	1.37	1.55	1.83	2.17	2.94	4.29	
351C	7.0	0.61	0.64	0.73	0.97	1.33	1.77	2.74	4.19	inkl.kabel
352C	"	-181	-1.60	-1.28	-2.26	-6.72	28.4	4.99	4.71	
353C	"	1.27	1.25	1.30	1.50	1.82	2.19	2.98	4.23	
354C	"	1.08	2.37	4.60	1.70	1.96	2.29	3.01	4.22	
355C	"	1.31	1.34	1.39	1.62	1.98	2.40	3.28	4.60	
356C	"	7.65	1214	-3.48	-22.2	7.87	4.75	3.82	4.44	
357C	"	1.03	1.06	1.10	1.30	1.61	1.98	2.79	4.07	
358C	"	0.87	1.96	4.02	1.52	1.78	2.11	2.84	4.07	
359C	"	1.06	1.11	1.16	1.40	1.71	2.11	2.99	4.34	

R41:1973

**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: 24 kronor