



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

R20:1973

TEKNISKA HOGSKOLEN I GÖTEBORG
SEKTIONEN FÖR VA- OCH VÄRME
BIBLIOTEK

**Samband mellan tjälning
och rörelser hos grund-
murar i småhus
Inverkan av markisole-
ring med mineralull**

Lars Fyrhake

Byggforskningen

Samband mellan tjälning och rörelser hos grundmurar i småhus Inverkan av markisolering med mineralull

Lars Fyrhake

Betydande tjältryck uppstår i en tjälände jordmassa. De resulterande rörelserna i en grundkonstruktion är dåligt kända. Sprickbildningar i grundmurar har undersökts i ett skadefall, som antogs ha samband med horisontella tjälrörelser.

Undersökningen avsåg sex hus och pågick under vintrarna 1965–67. I fyra av dessa mättes vertikala rörelser i grunden, sprickornas breddvariationer, intryckning av grundmuren, temperaturen i jorden utanför grundmuren och lufttemperaturen utomhus.

Vintern 1965–66 isolerades marken framför grundmurarna vid två hus för att styra tjälens inverkan. Följande vinter togs isoleringen bort vid dessa hus, och i stället isolerades de hus som vintern före använts som referenshus.

Mätresultatet tyder på ett samband mellan grundmurens intryckning och tjälens avstånd från grundmuren. Dessutom ger jordtemperaturmätningarna en bild av markisoleringens inverkan.

Undersökningen är ett led i det arbete att återföra byggnadstekniska erfarenheter, som påbörjades inom Statens institut för byggnadsforskning 1963. Av en skadeinventering (Carlsson, A, 1966) framgick att det fanns många skador bestående av sprickbildningar i grundmurar. För undersökningen valdes en grupp på sex hus med intressanta, likartade sprickbildningar i grundmurarna.

Förberedande mätningar visade att en del sprickor hade breddvariationer, som kunde antas ha samband med tjälning i jorden utanför grundmuren.

Den fortsatta undersökningen koncentrerades till att söka ett samband mellan rörelserna i grundmuren och tjälning. Som ett led i detta ingick också att undersöka verkan av s.k. markisolering bestående av mineralull. Problemet accentuerades av att det i mitten av 60-talet blev allt vanligare att göra utrymmen i källarvåningar med vanligt rumsklimat. Därtill används grundmurar med god värmeisoleringsförmåga vilket leder till att tjälens kan komma ganska nära grundmuren.

Avsikten med denna typ av undersökning är inte att helt klarlägga orsakerna till de inträffade skadorna utan att redovisa allmänna iakttagelser om tjälning och rörelser i grunder. Sådana iakttagelser kan i kombination med uppföljande undersökningar komma till nytta i det angelägna normarbetet på området.

Hus, skador och mätprogram

De sex husen (figur 1) byggdes 1960–61 och är envånings enfamiljshus av trä med källare. Grundläggningsdjupet är 1,7 m, och grunden utgörs av en armerad betongplatta under hela huset med grundmurar av betonghålblock. Mur runt soptunnan saknades vid hus 1. Återfyllningsmaterialet består till stor

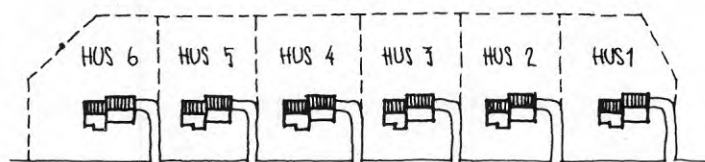
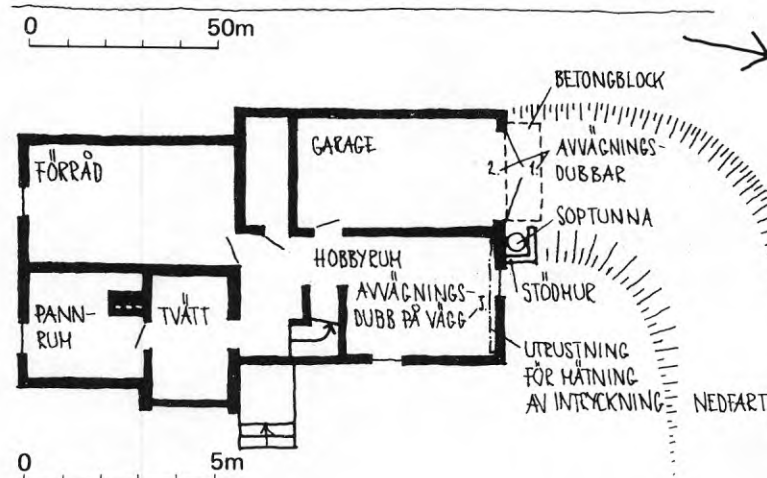


FIG. 1.



Bygghorsknngen Sammanfattningar

R20:1973

Nyckelord:

småhus, grundmursskada, tjälning, markisolering (mineralull)

Rapporten avser projekt 273 inom Statens institut för byggnadsforskning.

UDK 69.059.2
624.131.436
69.022.2:728.3
SfB (16)
ISBN 91-540-2122-7

Sammanfattning av:

Fyrhake, L, 1973, *Samband mellan tjälning och rörelser hos grundmurar i småhus. Inverkan av markisolering med mineralull.* (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R20:1973, 26 s., ill. 13 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

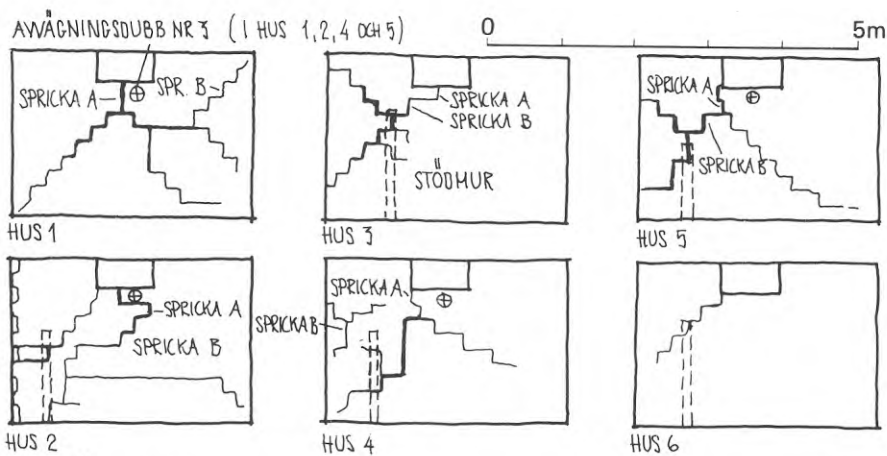
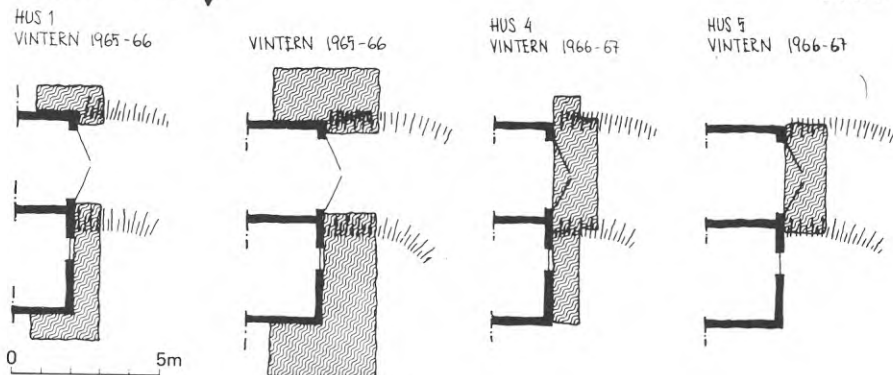


FIG. 2 ↑ FIG. 3 ↓



del av schaktmassor som i viss utsträckning är tjälfarliga. Vid hus 2 och 4 byttes dock återfyllningen närmast grundmuren efter något år till sandig moig morän. I samtliga hus har sprickor uppstått bl.a. i gavelgrundmuren mot norr (figur 2). Undersökningen har omfattat mätning av

- vertikala rörelser i grunden med avvägningsinstrument
- sprickornas breddvariationer med mätmikroskop
- intryckning av gavelgrundmuren med speciell utrustning
- temperaturen i jorden utanför gavelgrundmuren med termistorer
- lufttemperaturen utomhus med max-mintermometer.

Mätningarna utfördes vid hus 1, 2, 4 och 5 vintrarna 1965-66 och 1966-67. För att undersöka tjälens inverkan på rörelserna i grunden gjordes försök att minska tjälningen. Kring gavelgrundmuren med garagedfarten täcktes marken med isoleringsmattor av mineralull (figur 3). Isoleringen kring hus 1 och 2 utfördes vintern 1965-66 och kring hus 4 och 5 vintern 1966-67. Mätningarna genomfördes båda vintrarna i alla fyra husen.

Resultat

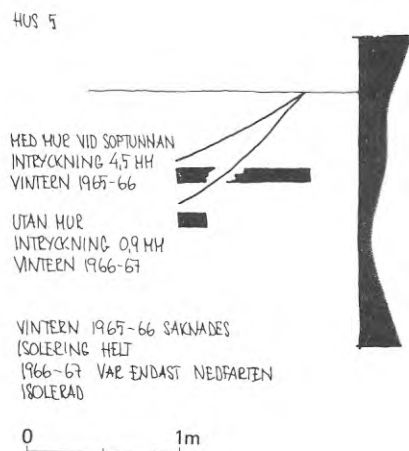
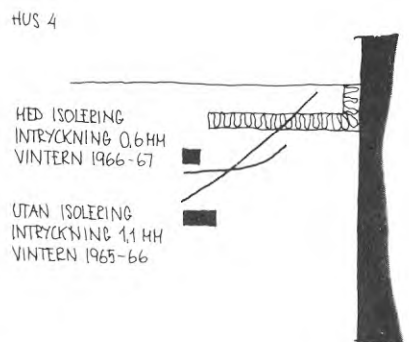
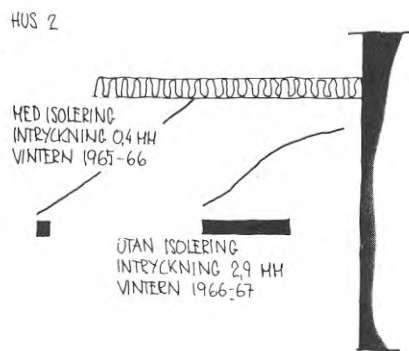
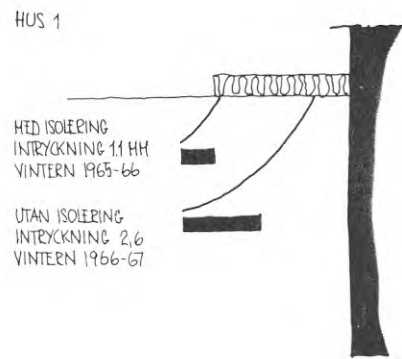
Erfarenheterna från mätningarna vin-

tern 1965-66 visar att i hus 1 och 2, med markisolering, var intryckningen liten och avståndet mellan 0-isotermen och grundmuren större än vid de oisolerade husen 4 och 5. Intryckningen var också liten i hus 4 trots att 0-isotermen låg relativt nära. Orsaken kan vara att återfyllningen var av icke tjälfarligt material. Under vintern 1966-67 låg 0-isotermen nära grundmuren i hus 1 och 2 utan markisolering och intryckningen blev där kraftig. I hus 4 och 5 med isolering var intryckningen liten (figur 4).

De båda vintrarnas mätningar visar alltså att grundmurarna utsatts för en kraft som förorsakat en intryckning, vars storlek kan antas sammanhånga med 0-isotermens avstånd till grundmuren.

Vid hus 4 visade sig 0-isotermens läge vara oberoende av markisoleringen. Intryckningen var dock mindre med isolering, troligtvis beroende på att mineralullsmattorna delvis dragits upp mot grundmuren med en tryckutjämning som följt. Vid hus 5 låg 0-isotermen ungefär lika de båda vintrarna (isolering endast i garagedfarten). Intryckningen var dock mindre 1966-67 då muren vid soptunnan var borttagen.

Rörelser i sidled på grund av markens tjälning har hittills föga beaktats.



Inträffade skador på grundmurar motiverar att ytterligare undersökningar kommer till stånd på detta område.

Correlation between frost heave and movements in the foundation walls of one-family houses

Effect of ground insulation using mineral wool

Lars Fyrhake

The frost pressures which arise in a freezing earth mass are considerable. The movements which occur in a foundation structure as a consequence of these pressures are insufficiently known. Crack formation in foundation walls has been studied in one type of damage which was assumed to be related to horizontal frost movements.

The study related to six houses and was carried out during the winters in 1965–1967. The vertical movements in the foundation, the width variations of the cracks, the indentation of the foundation wall, the temperature of the soil outside the foundation wall and the air temperature outdoors were measured for four of these houses.

During the winter of 1965–66, the ground outside the foundation walls of two of the houses was insulated in order to control the effect of the frost. This insulation was removed at these houses the following winter and the insulation was applied instead at the houses which served as reference houses the previous winter.

The measurement results indicate that there is a relationship between the indentation in the foundation wall and the distance of the frozen ground from the wall. In addition, measurements of soil temperature provide an illustration of the effect of ground insulation.

The study is part of the project initiated in 1963 by the National Swedish Institute for Building Research in order to disseminate the results of practical experience in the field of building technology.

It had been found in the course of a survey of damage that there were many cases of damage consisting of cracking in foundation walls. A group of six houses with interesting and similar crack patterns in the foundation walls was chosen for the study. Preliminary measurements showed that some of the cracks varied in width, which could be assumed to be related to the depth of frost penetration in the soil in front of the foundation wall.

Continued study was concentrated on establishment of a relationship between the movements in the foundation walls and frost penetration depth, i.e. the position of the 0-isotherm. Investigation of the effect of ground insulation consisting of mineral wool was part of the study. The problem had been accentuated by the fact that in the middle of the sixties it was becoming increasingly common to give rooms in the basement ordinary room temperatures. This requires foundation walls with such good thermal insulation that frost can approach quite close to the wall.

The aim of this type of study is not to completely elucidate the reasons for damage which occurs, but to describe observations which, possibly in combination with similar observations, can form the basis of standardisation and future studies of a more comprehensive nature.

The houses, damage and the measurement programme

The six houses (FIG. 1) were built in 1960–61 and are one-family timber

National Swedish Building Research Summaries

R20:1973

Key words:

one-family houses, damage to foundation walls, frost heave, ground insulation (mineral wool)

This report relates to project 273 of the National Swedish Institute for Building Research.

UDC 69.059.2
624.131.436
69.022.2:728.3
SfB (16)
ISBN 91-540-2122-7

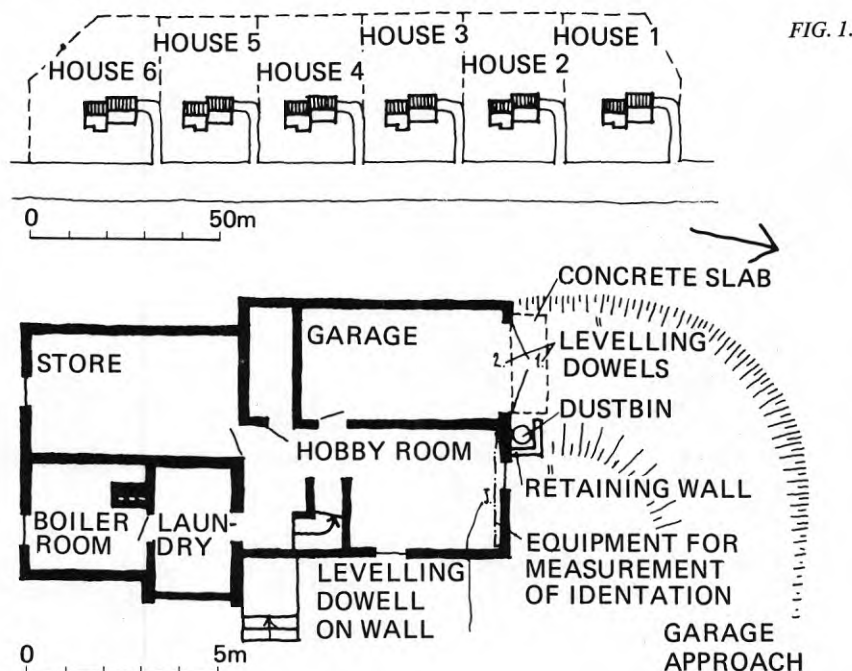
Summary of:

Fyrhake, L, 1973, *Samband mellan tjällning och rörelser hos grundmurar i småhus. Inverkan av markisolering med mineralull. Correlation between frost heave and movements in the foundation walls of one-family houses. Effect of ground insulation using mineral wool.* (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R20:1973, 26 p., ill. Sw. Kr. 13.

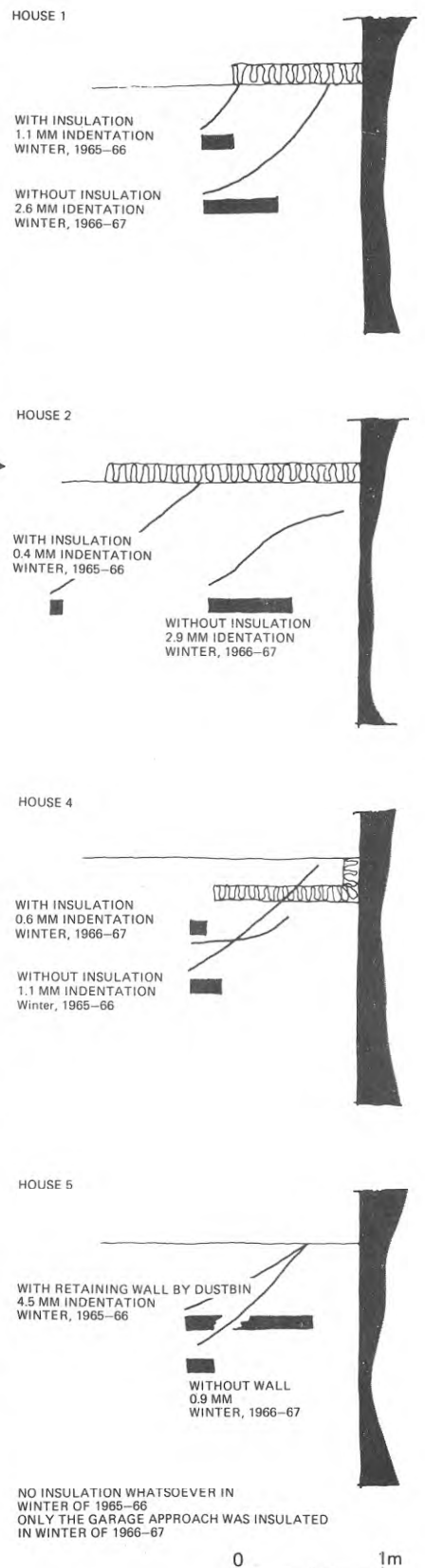
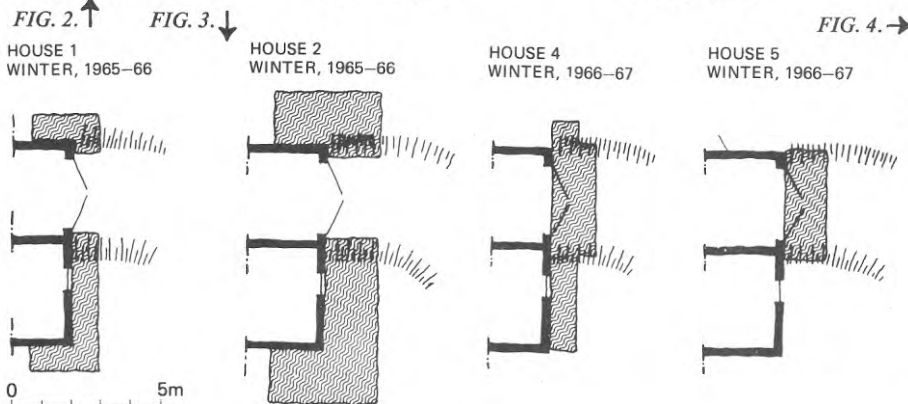
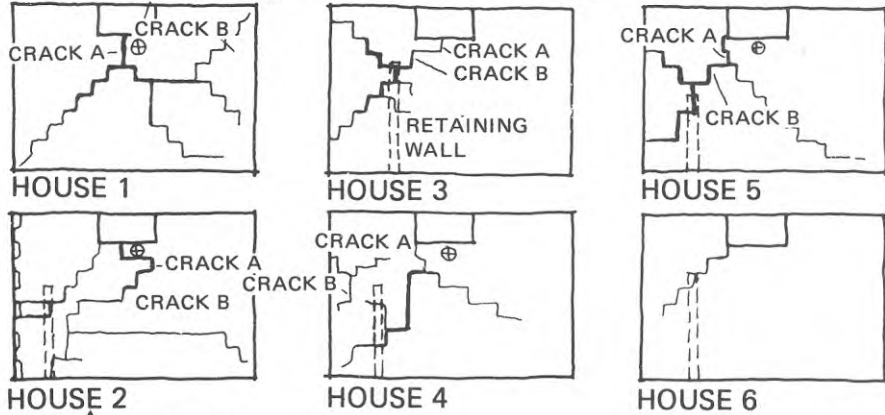
The report is in Swedish with summaries in Swedish and English.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden



LEVELLING DOWEL NO. 3
(IN HOUSES 1, 2, 4 AND 5)



bungalows with basements. Foundation depth is 1.7 m, the foundation consisting of a reinforced concrete slab underneath the whole building with foundation walls of hollow concrete blocks. House No. 1 had no wall around the dustbin. Backfill consisted mainly of soil which had been excavated and which may to some extent be assumed to be susceptible to frost damage. At houses Nos. 2 and 4, however, backfill next to the foundation wall was replaced after a year or two by sandy moraine. In all buildings, cracks occurred in the end foundation wall to the north (FIG. 2) as well as at other points. The study comprised measurements of

- vertical movements of the foundation by means of a level
- variations in width of the cracks with a measuring microscope
- indentation of the end foundation wall by means of special equipment
- soil temperature outside the end foundation wall with thermistors
- the outdoor air temperature with a maximum-minimum thermometer.

At houses Nos. 1, 2, 4 and 5, measurements were carried out during the winters 1965-66 and 1966-67. In order to study the influence due to frost on movements in the foundation, attempts were made to reduce the depth of frost penetration by covering the ground around the end foundation wall containing the garage access with mineral wool insulation slabs (FIG. 3). Insulation at houses Nos. 1 and 2 was applied during the winter 1965-66 and at Nos. 4 and 5 during the winter 1966-67. Measurements were carried out at all four houses during both winters.

Results

The measurements taken during the winter 1965-66 show that in houses 1 and 2 which were provided with ground insulation the indentation was small and the distance between the 0-isotherm and the foundation wall greater than in houses 4 and 5 which had no insulation. The indentation was also small in the case of house No. 4 in spite of the fact that the 0-isotherm was relatively near the wall. The explanation for this may be that the backfill consisted of material not susceptible to frost damage. During the winter 1966-67, the 0-isotherm was near the foundation walls in houses Nos. 1 and 2 which had no insulation, and the indentation was considerable. In houses Nos. 4 and 5, which had insulation, indentation was small (FIG. 4).

The measurements during the two winters thus show that the foundation walls had been subjected to a force which caused the indentation, the magnitude of which may be assumed to be related to the distance of the 0-isotherm from the foundation wall.

In the case of house No. 4, the position of the 0-isotherm was about the same with and without insulation, but the indentation was less when insulation had been applied. This was probably due to the fact that the mineral wool slabs had been pulled some way up the foundation wall, causing the pressure to become equalised. At house No. 5 the position of the 0-isotherm was about the same during both winters (insulation had been applied only on the garage access). The indentation was however less in

1966-67 when the wall around the dustbin had been removed.

Relatively little attention is paid to frost movements in the lateral direction, although it is probable that they have been instrumental in causing a lot of damage to foundation walls. It is therefore desirable that more information should be available on horizontal frost pressure.

Rapport R20:1973

SAMBAND MELLAN TJÄLNING OCH RÖRELSER HOS
GRUNDMURAR I SMÅHUS. INVERKAN AV MARK-
ISOLERING MED MINERALULL

CORRELATION BETWEEN FROST HEAVE AND MOVE-
MENTS IN THE FOUNDATION WALLS OF ONE-
FAMILY HOUSES. EFFECT OF GROUND IN-
SULATION USING MINERAL WOOL

av Lars Fyrhake

Denna rapport avser projekt 273 vid Statens institut för bygg-
nadsforskning. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för
byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2122-7

Rotobekman AB, Stockholm 1973

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
2	BESKRIVNING AV DE UNDERSÖKTA HUSEN. ÅTERFYLLNING	7
3	BESKRIVNING AV SKADOR	7
4	MÄTPROGRAM OCH MÄTUTRUSTNING	9
5	MÄTRESULTAT	11
5.1	Mätresultat vintern 1964-65	11
5.2	Mätresultat vintern 1965-66	11
5.3	Mätresultat vintern 1966-67	15
6	DISKUSSION AV MÄTRESULTATEN	21
7	HORISONTALRÖRELSER VID TJÄLNING	21
8	ÅTGÄRDER	23
8.1	Intryckning	23
8.2	Tjällyftning	25
9	SLUTORD	25
10	REFERENSER	26

1. INLEDNING

Av den inventering av byggsador som påbörjades 1963 inom statens institut för byggnadsforskning (Carlsson, A 1966) framgår att antalet skador var högst för ytterväggar och grundmurar och att sprickbildning var en av de vanligast förekommande typerna av skador. Problemet med sprickbildning i ytterväggar har delvis behandlats i en jämförande undersökning av olika ytterväggstypers funktion. (Lyng, O och Fyrhake, L 1969) För närmare undersökning av sprickbildning i grundmurar utvaldes ett skadefall som via länsbostadsnämnden i Örebro kommit till institutets kännedom. Undersökningen omfattar en grupp på sex hus belägna några mil norr om Örebro med likartade sprickbildningar i samtliga grundmurar. En del sprickor hade årstidsberoende breddvariationer som antogs vara orsakade av tjälbildning. Det antogs vidare bl a beroende på sprickbildningen, att dessa variationer orsakades av ett horisontellt tryck mot grundmuren. Problemet accentuerades av att det vid den tiden blev allt vanligare att göra utrymmen i källarvåningen med vanligt rumsklimat. Detta kräver att grundmurarna har relativt god värmeisoleringsförmåga med följd att tjälgränsen kan komma ganska nära grunden. Målsättningen var att med mätningar undersöka sambandet mellan rörelserna i grundmuren och frostnedträngningen, dvs 0-isotermens läge. Som en del i detta ingick också att undersöka inverkan av s k markisolering bestående av mineralull. Försök att med sådan isolering förhindra tjälrörelser i järnvägar hade påbörjats i början av 60-talet men erfarenheterna från isolering i samband med grundkonstruktioner var begränsade.

Det är sällan möjligt att renodla icke styrda fältmässiga förhållanden så att undersökningsresultatet blir generellt. Avsikten med denna typ av undersökning är således inte att, i varje enskilt fall, klarlägga orsakerna till de inträffade skadorna utan att redovisa sådana iakttagelser som belyser nya problem och som, eventuellt tillsammans med andra liknande iakttagelser, kan bilda underlag för mer omfattande undersökningar. Erfarenheter återförda från verkliga skadefall bör också vara värdefulla vid formulering av normer.

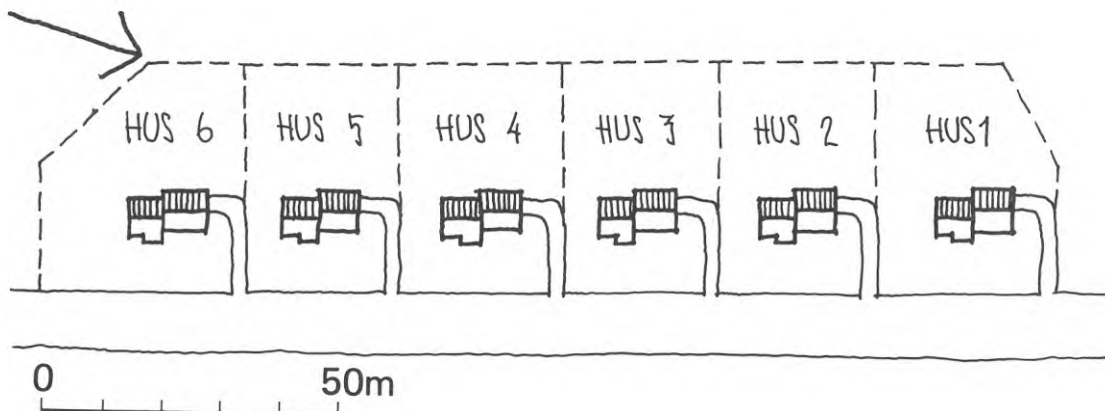


FIG. 1. Situationsplan över husgruppen.

Layout plan of the group of houses.

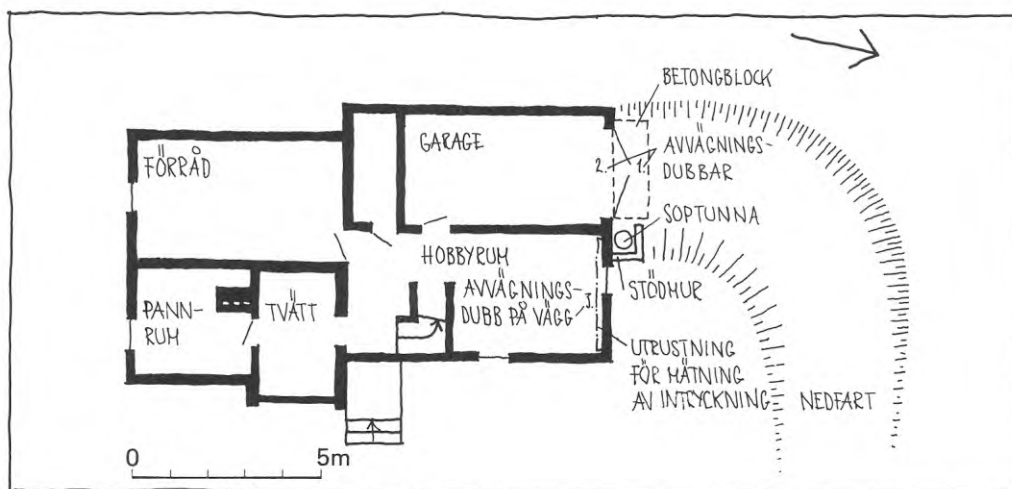


FIG. 2. Husplan med placeringen av avvägningsdubbar och utrustningen för mätningen av intryckningen utmärkt.

Plan of house showing siting of levelling studs and the equipment for measurement of the indentation.

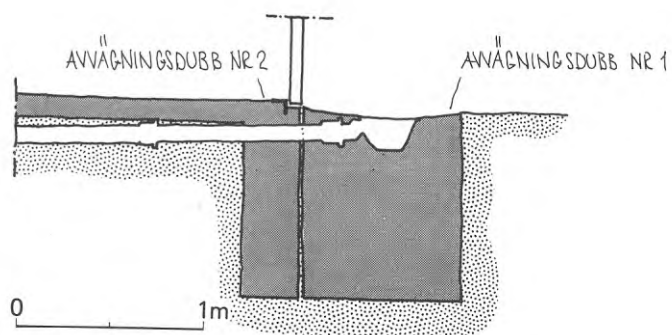


FIG. 3. Sektorn genom betongblocket framför garageporten.

Section through concrete block in front of garage door.

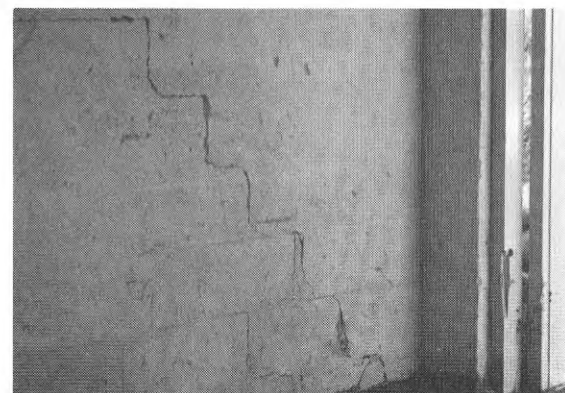


FIG. 4. Typisk sprickbild på yttergrundmuren vid garage.

Typical crack pattern on external foundation wall near garage.

2. BESKRIVNING AV DE UNDERSÖKTA HUSEN. ÅTERFYLLNING.

Husen byggdes 1960-61 och är enfamiljshus av trä med källare. De är samtliga orienterade med långsidorna mot en obetydligt trafikerad lokalgata, FIG 1.

Källarutrymmets norra del består av hobbyrum och garage med nedfart från gatan. I nedfartens slänt finns, utom vid hus 1, i anslutning till grundmuren ett utrymme för soptunna omgivet av en stödmur, FIG 2. Grundläggningsdjupet är ca 1,7 m och byggnadsgrunden utgörs av en armerad betongplatta under hela huset. Grundmuren består av betonghålblock samt är utvändigt och invändigt putsad. Den är också utvändigt asfaltstruken. Återfyllningsmaterialet består till största delen av schaktmassor, som till viss del kan antas vara tjälfarliga, utom vid hus 2 och 4, där återfyllningen närmast grundmuren efter något år byttes till sandig, moig morän. Under garageporten är grundkonstruktionen neddragen till ca 1 m djup under garagegolvet. Under nedfarten framför garaget finns ett betongblock, 1 m högt, 0,85 m brett och lika långt som nedfartens bredd. En dräneringsbrunn i betongblockets ovansida är ansluten till en golvbrunn i garaget, FIG 3.

3. BESKRIVNING AV SKADOR

I samtliga hus har sprickor uppstått i grundmuren mot norr och väster samt i den bärande innerväggen mellan garage och hobbyrum. I två hus har även grundmuren mot öster spruckit.

I västra grundmuren finns sprickorna i garagets främre del, mot garageporten. FIG 4 visar en typisk sprickbild. Sprickbredden är vanligen störst närmast porten.

I norra grundmuren har sprickor uppstått i garageportens omfattning, FIG 5, och i hobbyrummet där sprickbilden är likartad i samtliga hus. I de hus som har stödmur runt soptunnan är sprickbredden störst vid murens anslutning till grundmuren, FIG 6.

Väggen mellan garage och hobbyrum har i samtliga hus sprickor i



FIG. 5. Spricka i garageportomfattning.
Crack in garage doorway.

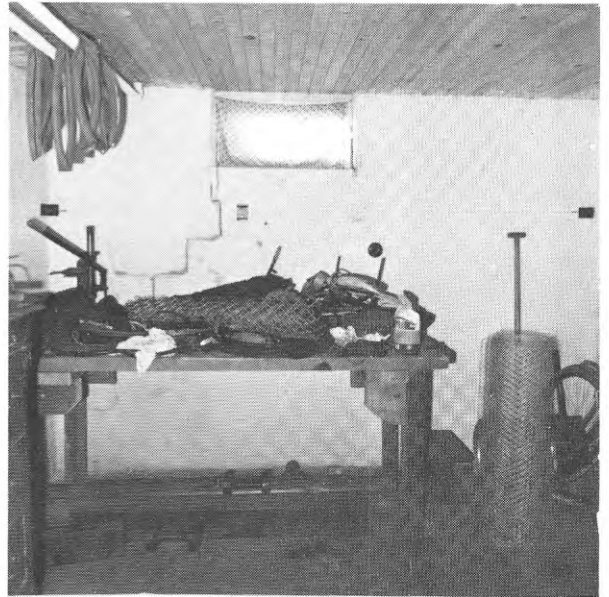


FIG. 6b. Sprickornas verkliga utseende i hus 5.
Actual appearance of cracks in house No. 5.

Actual appearance of cracks in house No. 5.

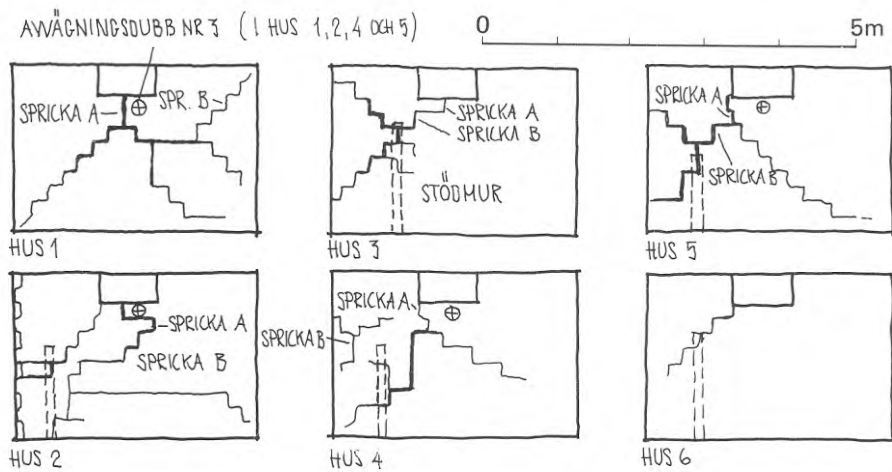


FIG. 6a. Schematisk redovisning av sprickornas orientering i hobbyrummets gavelgrundmur.
Schematic showing orientation of cracks in the end foundation wall adjacent to the hobby room.

Schematic showing orientation of cracks in the end foundation wall adjacent to the hobby room.



FIG. 7. Spricka i väggen mellan garage och hobbyrum.
Crack in wall between garage and hobby room.

Crack in wall between garage and hobby room.

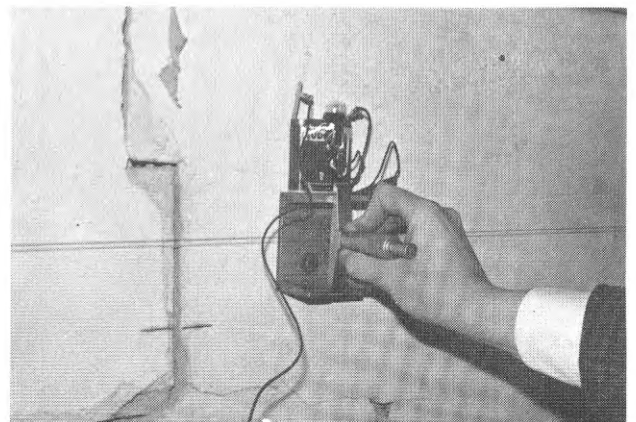


FIG. 8. Mätning av grundmurens intryckning.
Measurement of indentation in foundation wall.

Measurement of indentation in foundation wall.

anslutningen mot grundmuren. I fyra hus har även horisontella sprickor uppstått vid källargolvet. Dessa är störst vid väggens anslutning mot grundmuren, FIG 7. Enligt husägarna har de flesta sprickorna uppstått under husens första vintrar. Sprickbredden ansågs därtill vara störst under vinterhalvåret.

4. MÄTPROGRAM OCH MÄTUTRUSTNING

Undersökningen har omfattat mätningar av vertikala rörelser i grunden, sprickornas breddvariationer, intryckning av grundmuren samt temperaturen i jorden vid grundmuren.

För att mäta sättningar i grunden, avvägdes tre punkter med avvägningssinstrument. Mätpunkterna var:

Dubb 1 i betongblocket framför garageporten, FIG 3.

Dubb 2 i garagegolvet vid portens tröskeljärn, FIG 3.

Dubb 3 i hobbyrummets gavelvägg, ca 10 cm under fönstret, FIG 6a.

Som utgångspunkt för avvägningarna användes en dubb i grunden på ett hus som ligger på andra sidan gatan. Denna grund kunde antas vara helt utan rörelser.

Sprickornas breddvariationer mättes med ett mikroskop (20 ggr förstoring) med inbyggd mätskala. Grundmurens intryckning mättes på gavelväggen i hobbyrummet. Mellan rummets hörn vid gavelväggen och ca 1,5 m över golvet spändes en ståltråd horisontellt 3-4 cm från väggens insida. Mitt på väggen fastsattes en bygel med en skänkel på var sida om tråden. Bygelns och därmed också väggens läge i förhållande till tråden mättes med en djupmikrometer, som placerades mellan bygelns skänklar, FIG 8.

För att avläsningen skulle ske exakt lika för var gång och när mikrometers mätspets träffade tråden, seriekopplades en lampa och ett batteri mellan mikrometern och tråden. När mätskruven kom i kontakt med tråden, slöts kretsen och lampan tändes.

Jordtemperaturen registrerades med termistorer ingjutna i ett

HUS NR	DEN UPPHÄTTA SPRICKANS PLACERING	16.12-64	18.3-65	2.6-65
1	HOBBYRUMMETS GAVELVÄGG - - - -	2,5 MM 0,8	4,2 MM 2,8	3,5 MM 2,5
2	- - - -	0,5	0,8	0,7
4	- - - -		1,2	0,6
	GARAGETS YTERGRUNDMUR	1,0	0,6	1,4

TAB. 1. Sprickbreddsvariationer registrerade under de förberedande mätningarna vintern 1965-66.

Variations in crack width recorded during preliminary measurements in the winter 1965-66.

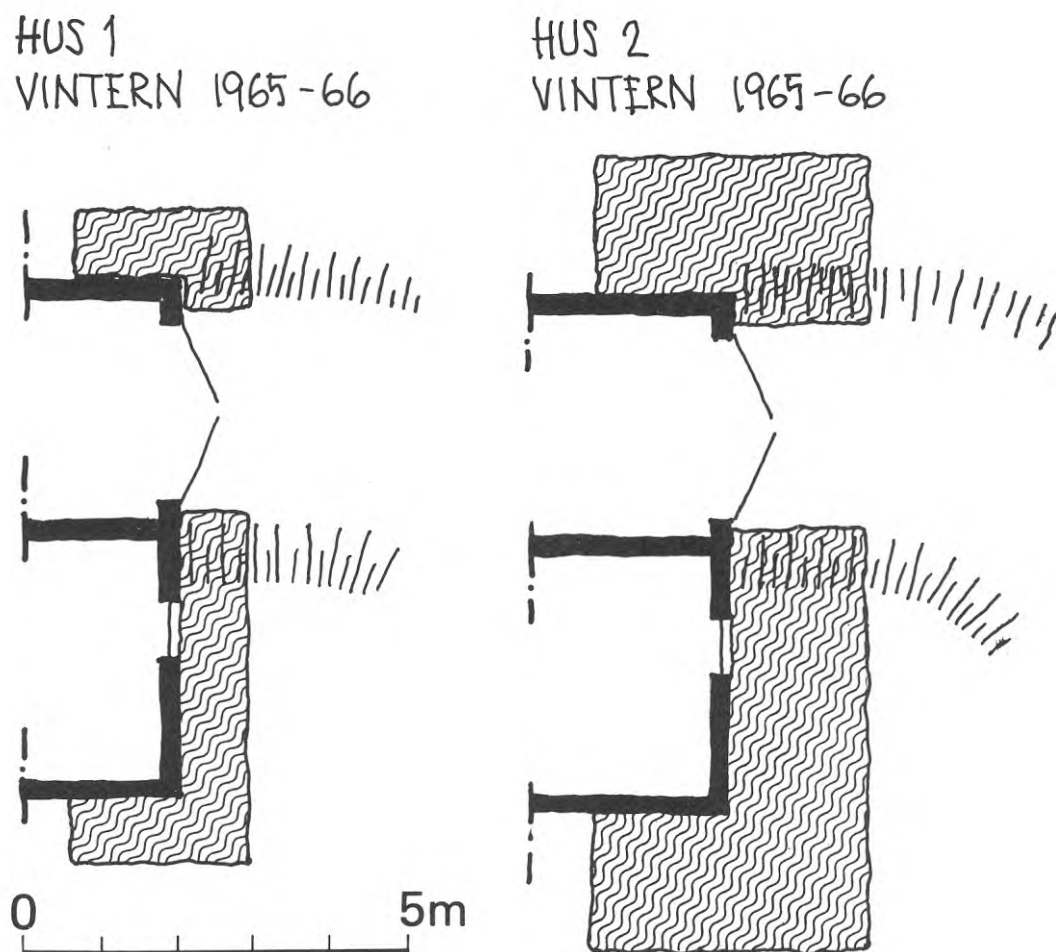


FIG. 9. Markisoleringens placering vintern 1965-66.

Placing of ground insulation during the winter 1965-66.

hölje av plast. (Termistorens resistans minskar vid ökad temperatur.) Varje termistor måste kalibreras beroende på inbördes skillnader. Kalibrering och utvärdering av temperaturvärdena skedde i samarbete med tekniker från AB Rockwool.

Lufttemperaturen mättes vintern 1965-66 med max-mintermometer som lästes av kl 16⁰⁰. Vintern 1966-67 användes en vanlig termometer som lästes av kl 08⁰⁰ och kl 17⁰⁰. De båda vintrarnas temperaturregistreringar är således inte helt jämförbara men torde ändå ge en viss vägledning för bedömning av de båda vintrarnas temperaturförhållanden. Av SMHI:s mätningar i närliggande orter framgår att vintern 1965-66 var mycket kall och började tidigt. Vintern 1966-67 var i stort sett normal med undantag för januari som var något kallare än normalt.

5 MÅTRESULTAT

5.1 Mätresultat vintern 1964-65

Under vintern och våren 1964-65 gjordes förberedande mätningar. Samtliga grunder avvägdes tre gånger. Spridningen på värdena är dock så stor att någon vertikal rörelse inte kan konstateras med säkerhet.

Sprickbredden på grundmurarnas insida mättes vid fyra tillfällen på tre av husen, TAB 1. Av dessa mätningar framgår att en rörelse har skett under den kalla perioden.

5.2 Mätresultat vintern 1965-66

För att undersöka orsaken till tjälens inverkan på rörelserna i grunden gjordes försök att minska tjälnedträngningen vid två hus under vintern 1965-66. Marken framför gavelgrundmurarna på båda sidor om garagedriften täcktes vid hus 1 och 2 med isoleringsmattor av mineralull inklädda med plastfolie. Isolertjockleken var 14 cm och isolerbredden var 90 cm vid hus 1 och 180 cm vid hus 2, FIG 9.

Mätningar gjordes förutom i de värmeisolerade husen även i hus 4 och 5. Vid hus 4 togs muren bort kring soptunnan.

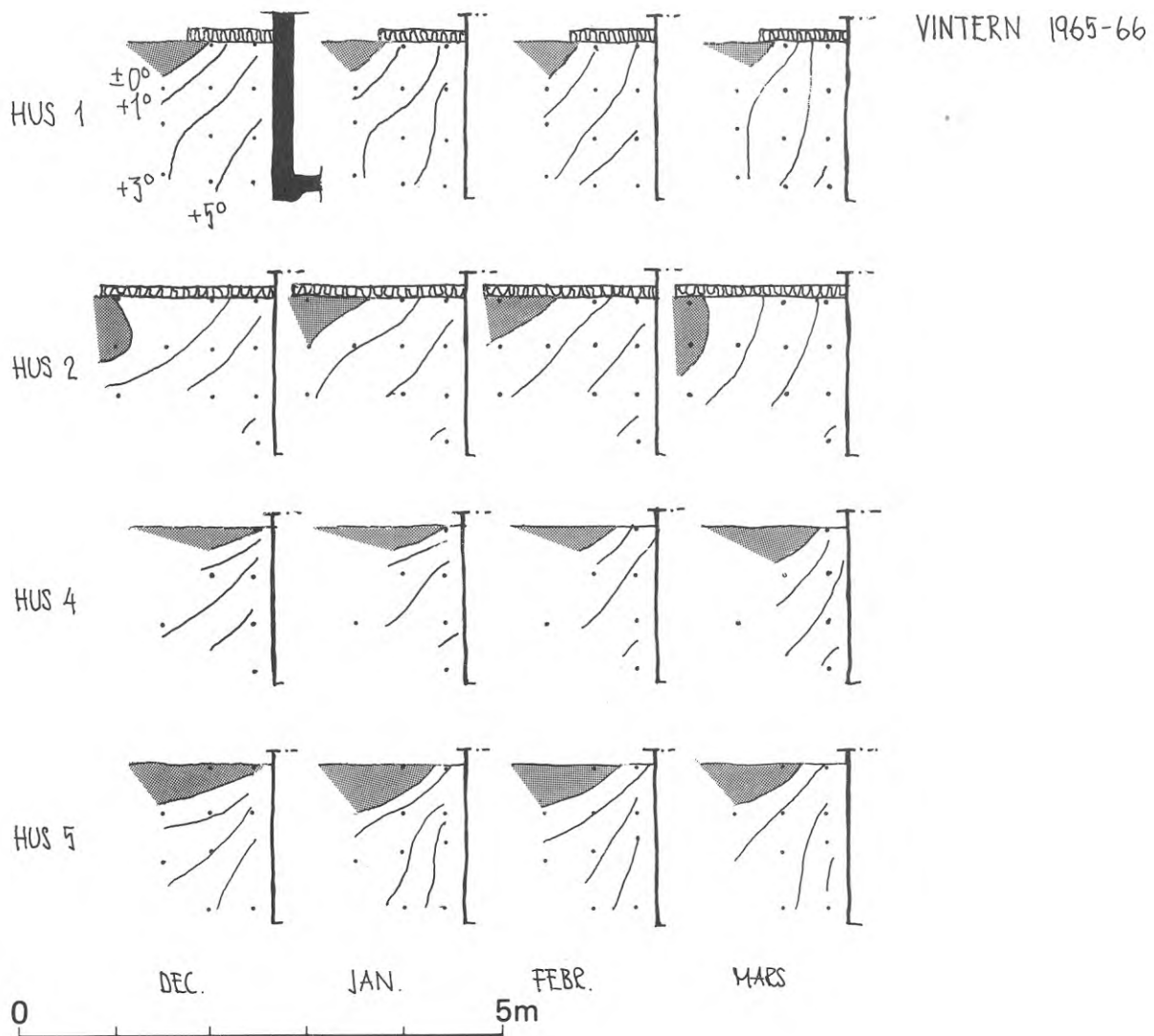


FIG. 10. Jordmedeltemperaturen per månad framför gavelgrundmurarna vid hus 1, 2, 4 och 5 vintern 1965-66.

Mean monthly soil temperature during the winter 1965-66 in front of the end foundation walls at houses Nos. 1, 2, 4 and 5.

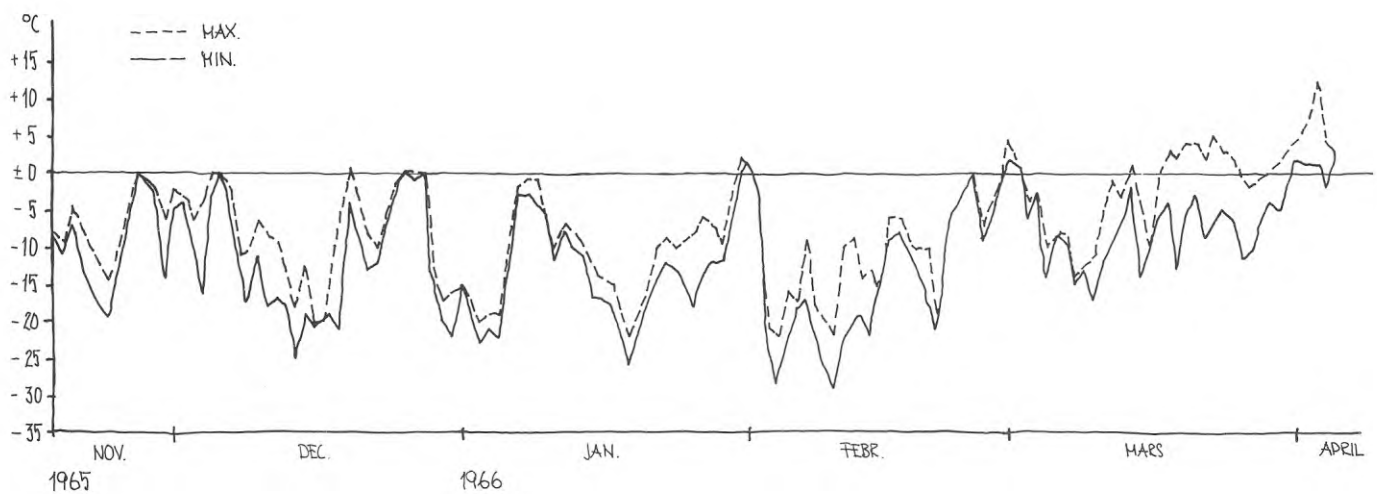


FIG. 11. Utvändigt lufttemperatur vintern 1965-66.
Outdoor air temperature during the winter 1965-66.

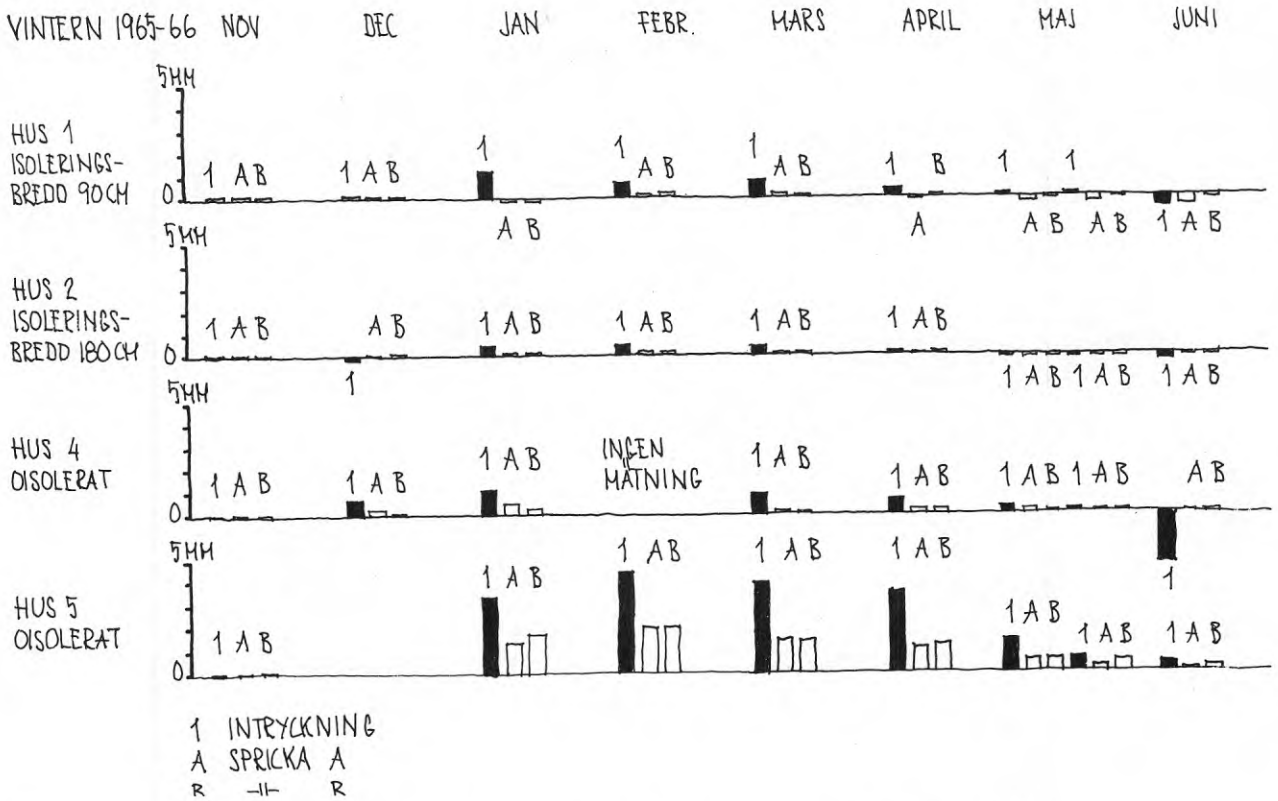


FIG. 12. Intryckning och sprickbreddsvariationer vintern 1965-66.
Indentation and crack width variations during the winter 1965-66.

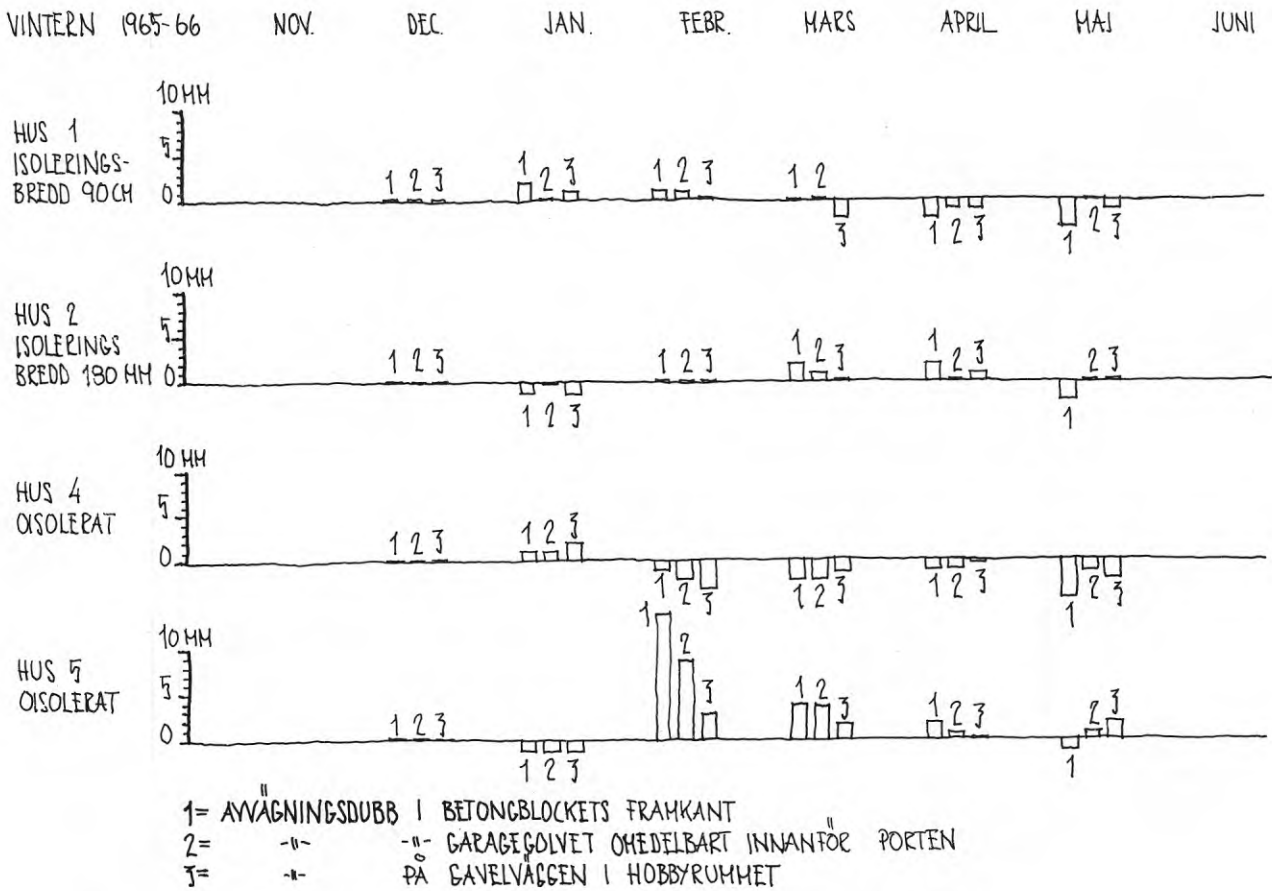


FIG. 13. Avvägningsdubbarnas vertikallrörelser vintern 1965-66.
Vertical movements of levelling studs during the winter 1965-66.

Jordtemperaturen mättes utanför hobbyrummets grundmur och vid hus 1 och 2 även framför betongblocket ungefär tre gånger per månad, FIG 2.

FIG 10 visar jordmedeltemperaturen per månad. Den utvändiga lufttemperaturen framgår av FIG 11. Intryckningen av hobbyrummets grundmur och bredden från två sprickor på väggens insidor avlästes ungefär en gång per månad. FIG 12 visar hur stor intryckningen var och hur sprickbredden varierade i förhållande till första mätningen i december.

På samma sätt visas i FIG 13 de tre avvägningssdubbarnas vertikalkrörelser. Avvägningarna gjordes omkring den femtonde varje månad.

Sammanfattning av betingelser och mätresultat 1965-66

- Hus 1. Jordisoleringen var 90 cm bred. Mur runt soptunnan saknades. Återfyllnaden tjälfarlig. 0-isotermen låg vid markytan ca 80 cm från grundmuren.
Grundmurens intryckning var max 1,1 mm.
Sprickbredderna ökade ca 0,1 mm.
Dubben i betongblocket höjdes 10 mm och de två övriga dubbarna 9 mm. Tjälen gick under betongblocket.
- Hus 2. Jordisoleringen var 180 cm bred, muren runt soptunnan var kvar. Återfyllnaden intill grundmuren var enligt uppgift icke tjälfarlig. 0-isotermen låg ca 110 cm från grundmuren. Grundmurens intryckning var max 0,4 mm.
Sprickbredderna ökade ca 0,1 mm.
Dubben i betongblocket höjdes 2 mm: någon höjning av de övriga dubbarna kunde inte konstateras. Tjälen nådde endast betongblockets underkant.
- Hus 4. Jordisolering och mur runt soptunnan saknades. Återfyllningen intill grundmuren var icke tjälfarlig.
0-isotermen låg ca 20 cm från grundmuren.
Grundmurens intryckning var max 1,1 mm.
Sprickbredderna ökade 0,3 resp 0,2 mm.
Dubben i betongblocket höjdes 10 mm; de övriga 8 resp 9 mm.

Hus 5. Jordisolering saknades, men muren runt soptunnan var kvar. Återfyllningen intill grundmuren var tjälfarlig. O-isotermen låg ca 10 cm från grundmuren. Grundmurens intryckning var 4,5 mm. Sprickbredderna ökade 2 mm. Dubben i betongblocket höjdes 9 mm; de övriga 3 mm.

Mätningarna vintern 1965-66 visar att i hus 1 och 2, där jorden utanför grundmuren isolerats, var intryckningen liten och avståndet mellan O-isotermerna och grundmurarna större än vid de oisolerade husen 4 och 5. Intryckningen var också liten i hus 4 och trots att O-isotermen låg relativt nära grundmuren. Orsaken kan vara att återfyllningen var av icke-tjälfarligt material. Vid hus 5 var muren runt soptunnan kvar, O-isotermen låg nära grundmuren och intryckningen var kraftig.

I hus 1 där tjälen nått under betongblocket höjdes detta mer än vid hus 2 där tjälen inte nådde under betongblocket.

5.3 Mätresultat vintern 1966-67

För att söka verifiera mätresultaten från vintern 1965-66 fortsattes mätningarna under vintern 1966-67. Förutsättningarna ändrades, isoleringen vid hus 1 och 2 togs bort för att undersöka om intryckningen blev större när tjälgränsen kom närmare grundmuren. De tidigare oisolerade husen 4 och 5 isolerades; vid hus 4 isolerades hela gaveln och vid hus 5 endast garage-nedfarten, FIG 14.

För att pröva en mer permanent isolermetod än den som tillämpades under vintern 1965-66 användes en speciell markskiva av mineralull med skrymdensiteten 150 kg/m^3 .

Framför gavelgrundmuren vid hus 4 lades isoleringen ca 20 cm under markytan, isolertjockleken var 2×5 cm och bredden 100 cm. 20 cm av betongblocket bilades bort och jorden 60 cm framför och 100 cm på sidorna av blocket schaktades bort till 20 cm djup. Isoleringen lades ut och över betongblocket göts en ca 10 cm tjock armerad platta. På sidorna återfylldes till plattans överkant.

HUS 4
VINTERN 1966-67

HUS 5
VINTERN 1966-67

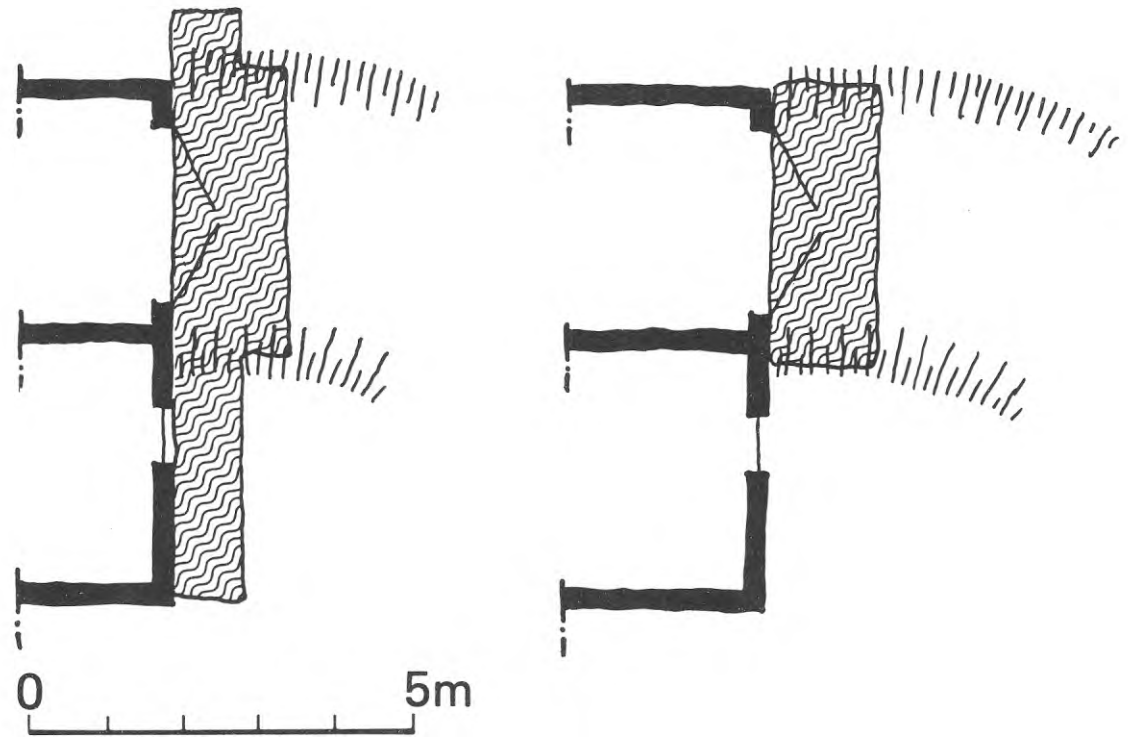


FIG. 14. Markisoleringens placering vintern 1966-67.
Placing of ground insulation during the winter 1966-67.

Vid hus 5 isolerades endast garagedfarten. Muren runt soptunnan togs bort.

Jordtemperaturen vid betongblockets framkant mättes nu i hus 4 och 5; i övrigt var mätprogram och mätutrustning samma som under föregående vinter. FIG 15, 16, 17, 18.

Sammanfattning av betingelser och mätresultat 1966-67

- Hus 1. Jordisolering och mur runt soptunnan saknades. Återfyllningen var tjälfarlig. 0-isotermen låg vid markytan 10-20 cm från grundmuren.
Grundmurens intryckning var max 2,6 mm.
Sprickbredden ökade 0,7 resp 0,2 mm.
Sättningarna var obetydliga.
- Hus 2. Jordisolering saknades. Muren runt soptunnan var kvar. Återfyllningen intill grundmuren var enligt uppgift icke-tjälfarlig. 0-isotermen låg intill grundmuren.
Grundmurens intryckning var 2,9 mm.
Sprickbredderna ökade ca 0,3 mm.
Sättningarna var obetydliga.
- Hus 4. Jordisoleringen var 100 cm bred. Muren runt soptunnan saknades. Återfyllningen var icke-tjälfarlig. Garagedfarten var isolerad. Jorden över isoleringen var helt tjälad. 0-isotermen låg ca 50 cm in under isoleringen.
Grundmurens intryckning var 0,5 mm.
Sprickbredderna ökade ca 0,1 mm.
Sättningarna var obetydliga.
Tjälen nådde endast till betongblockets underkant.
- Hus 5. Jordisolering och mur runt soptunnan saknas. Återfyllningen var tjälfarlig. Garagedfarten var isolerad. 0-isotermen låg ca 30 cm från grundmuren.
Grundmurens intryckning var 0,9 mm.
Sprickbredden ökade ca 0,1 mm.
Dubben i betongblocket höjdes 14 mm.
Sättningarna i garagegolvet och i hobbyrummet var 9 resp 3 mm. Tjälen nådde under betongblocket.

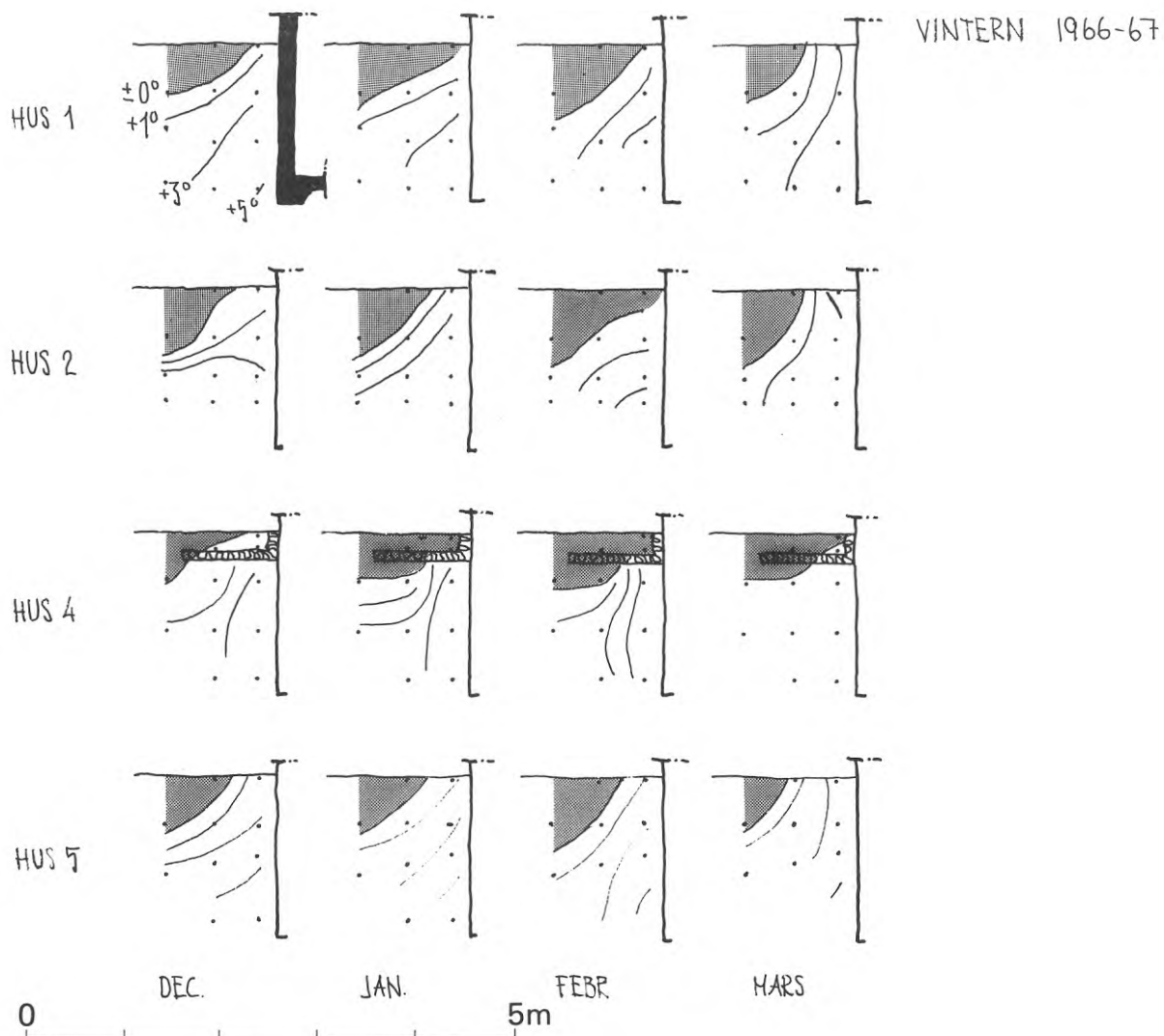


FIG. 15. Jordmedeltemperaturen per månad framför hus 1, 2, 4 och 5 vintern 1966-67.

Mean monthly soil temperature during the winter 1966-67 in front of houses Nos. 1, 2, 4 and 5.

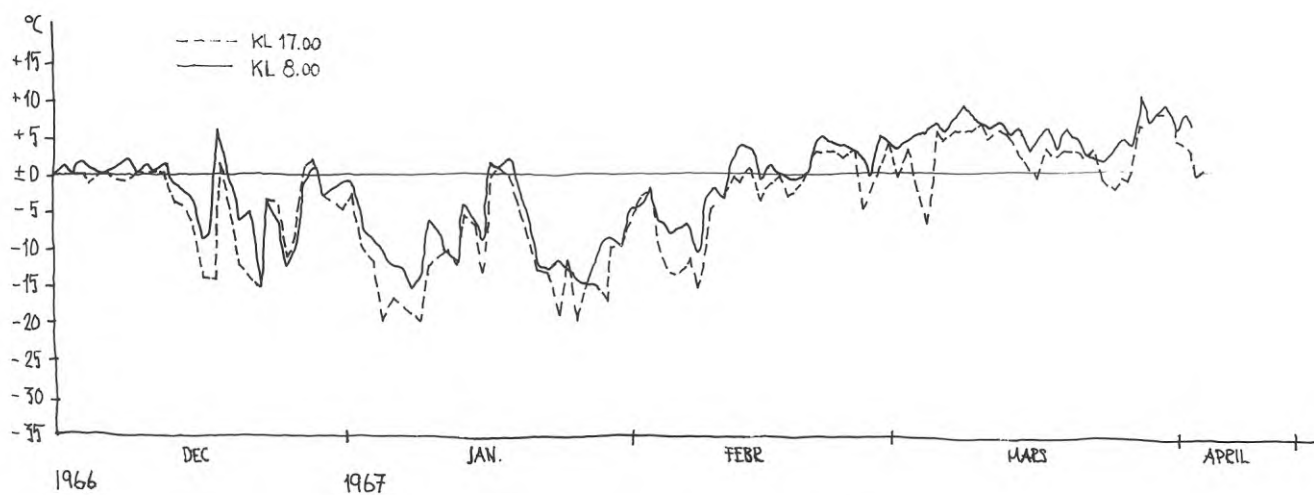


FIG. 16. Utvändig lufttemperatur vintern 1966-67.

Outdoor air temperature during the winter 1966-67.

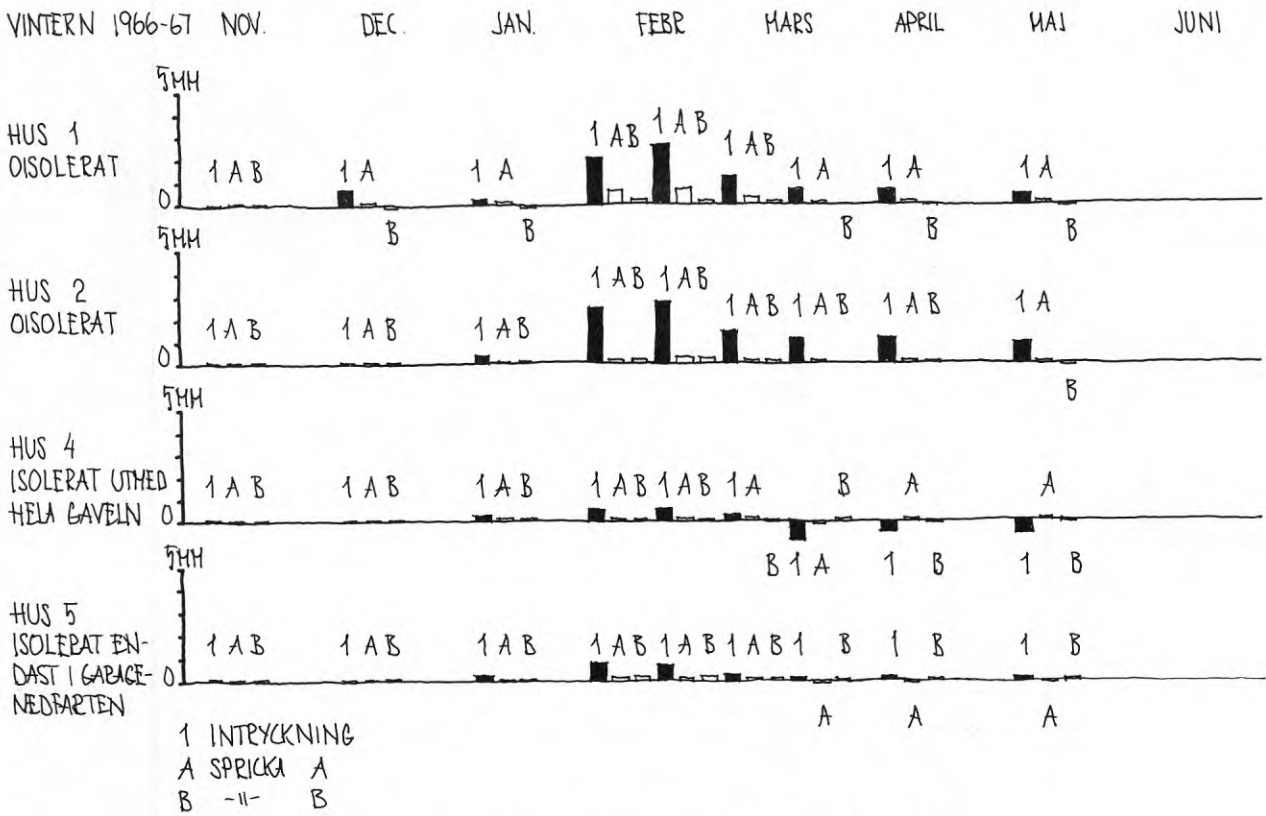


FIG. 17. Intryckning och sprickvariationer vintern 1966-67.
Indentation and crack width variations during the winter 1966-67.

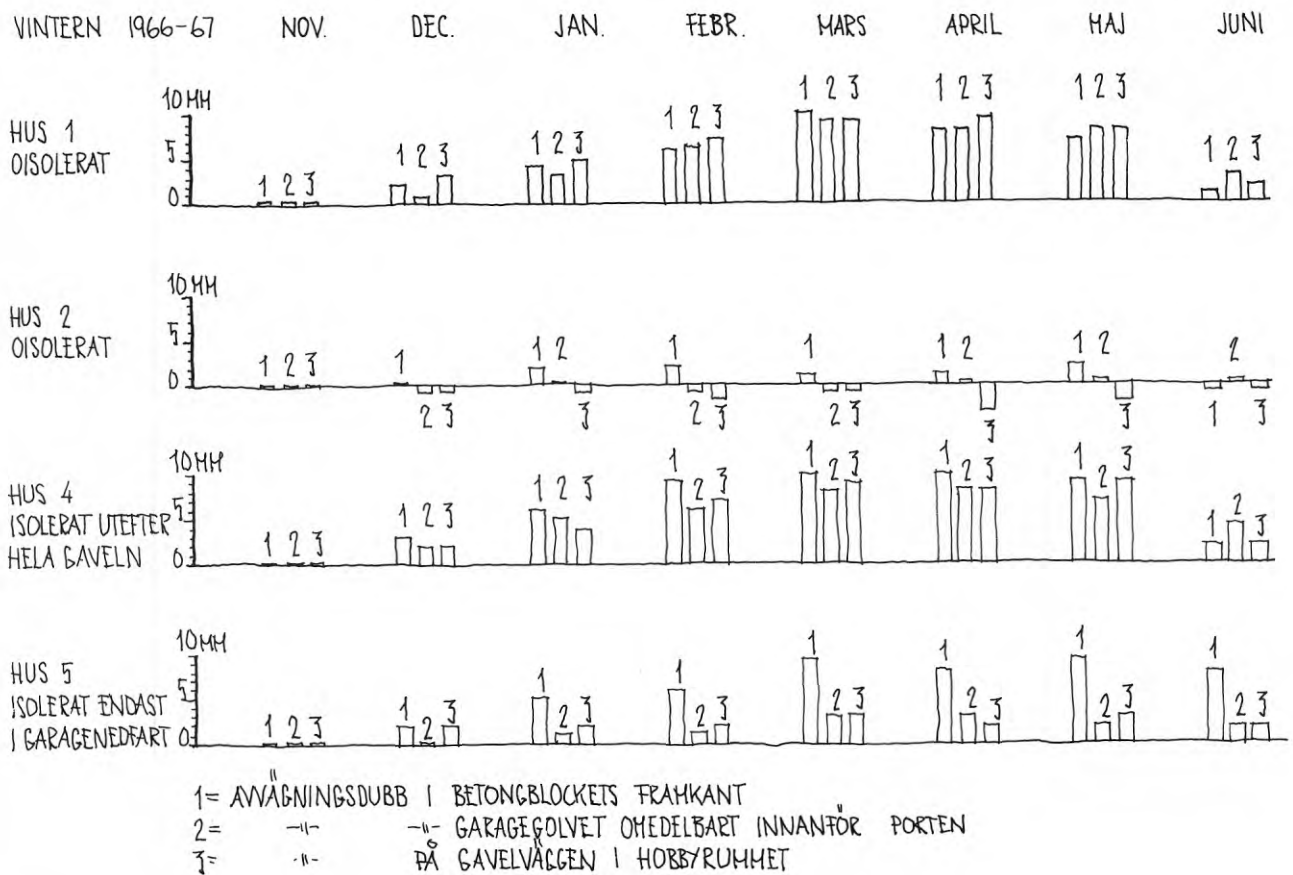


FIG. 18. Avvägningsdubbarnas vertikallrörelser.
Vertical movements of levelling studs.

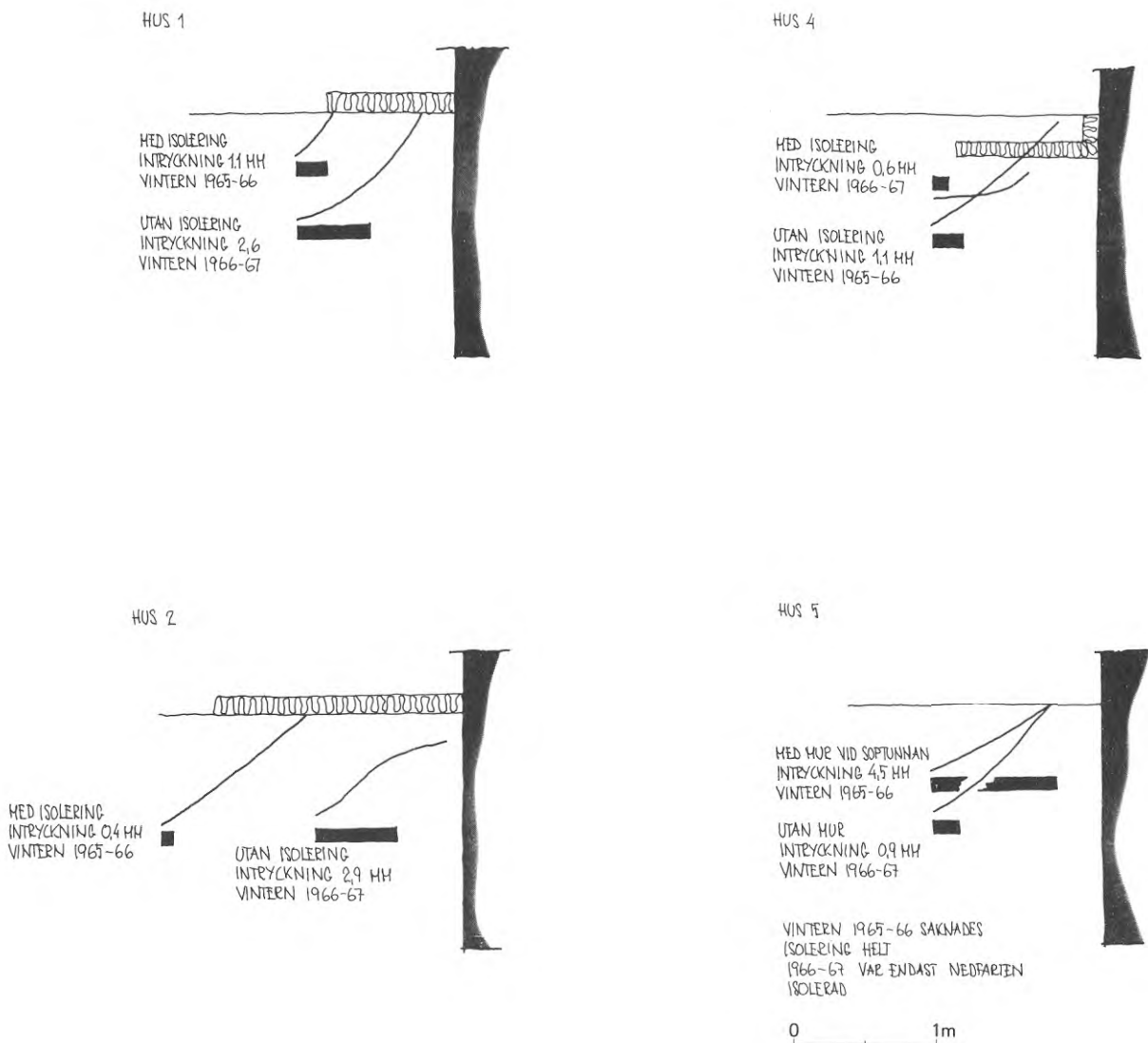


FIG. 19. 0-isotermens lägen och grundmurarnas maximala intryckning.

Positions of 0-isotherms and maximum indentation in foundation walls.

I hus 1 och 2 som båda saknade jordisolering och där 0-isotermen låg nära grundmuren var intryckningen störst. I hus 4 med isolering var intryckningen liten. I hus 5 som endast hade jordisolering i garagedfarten och dess slänter var intryckningen liten trots att tjälgränsen låg relativt nära grundmuren. Vid både hus 4 och 5 var garagedfarten isolerad. Lyftningen var dock relativt kraftig. Det kan bero på att dräneringen inte hunnit avleda smältvattnet som stått kvar i garagedfarten. Isolermattorna har troligen blivit utsatta för ett tryck av ca 100 mm vp ($1\ 000\ \text{N/m}^2$) med vatteninträngning som följt. Den ökade vattenmängden i mattorna har då reducerat värmeisolerförmågan så att tjälningen trängt ner under betongblocket.

6. DISKUSSION AV MÄTRESULTATEN

De båda vintrarnas mätningar visar att grundmuren utsatts för en kraft som förorsakat en intryckning vars storlek synes sammanhänga med 0-isotermens avstånd till grundmuren. FIG. 19

I hus 1 och 2 var intryckningen betydligt mindre när marken var isolerad och 0-isotermen låg långt från grundmuren.

Vid hus 4 låg med och utan isolering 0-isotermerna ungefär lika. Intryckningen var dock mindre med isolering, troligtvis beroende på att mineralullsmattorna mot grundmuren har en viss tryckutjämnande förmåga.

Vid hus 5 låg 0-isotermen ungefär lika de båda vintrarna. Intryckningen var dock betydligt mindre då muren kring soptunnan var borttagen.

Rörelserna i grundmurarna vid garagen har under båda vintrarna visat sig sammanhänga med tjälnedträngningen under betongblocket.

7. HORISONTALRÖRELSER VID TJÄLNING

Tjälningstryck i horisontalled kan antas uppstå på två sätt, dels genom den volymökning som sker när vatten övergår till is, dels genom islinsbildning i jorden.

För att volymökning vid övergång från vatten till is skall kunna ge krafter som orsakar intryckning, fordras sannolikt stort vattenöverskott i jorden. Vattnet måste då tillföras i form av nederbörd, smältvatten eller rinnande ytvatten. I det här fallet har vattenavrinningen från marken intill grundmuren varit relativt god och intryckningen har därför troligen orsakats av volymökning i samband med islinusbildning.

Islinserna bildas till största delen av kapillärt uppsuget grundvatten. Tillväxten är därför beroende av bl a vattentillgång och jordens kapillaritet. Islinsernas tillväxt sker till största delen i tjälriktningen. I plan mark med horisontell tjälgräns sker islinsernas volymökning således i vertikal led (lyftkraft). Om tjälgränsen viker av uppåt som vid värmetillskott från en husgrund torde kraftresultanten bli mer eller mindre riktad mot grunden. Trycket mot grundmuren blir då beroende på de tryckutjämnande egenskaper den icke tjälade jorden mellan grund och tjälgräns har och därmed även beroende av avståndet mellan tjälgräns och grund.

Intryckningen av gavelgrundmurarna utan stödmur kan ha berott på att tjälgränsen kommit för nära grundmuren och att ett tjältryck delvis riktat mot grunden har uppstått när kylan trängt ned i jorden, både uppifrån och från nedfartens slänt.

I husen med stödmur vid soptunnan sker ingen tryckutjämnning. Ett tryck på den del av stödmuren, som är parallell med grundmuren, kan överföras via stödmuren till grundmuren med en intryckning som följd. Liknande skador har även observerats på andra orter.

Sprickorna i garageytterväggarna och i de bärande mellanväggarna är sannolikt orsakade av tjällyftning. Kylan har trängt ned genom betongblocket, jorden under blocket och troligen även under grundmuren har tjälats. Betongblockets rörelser har delvis överförts till grunden genom avloppsröret mellan dräneringsbrunnen och golvbrunnen i garaget.

8. ÅTGÄRDER

8.1 Intryckning

Om sprickbildning uppstått som kan antas vara orsakad av tjältryck i horisontalled finns det i princip två typer av åtgärder. Antingen kan tjältrycket reduceras eller tjälgränsen flyttas så långt från grunden att en tryckutjämning sker. Tjältrycket reduceras om jorden intill grunden ersätts med icke-tjälfarligt material eller om vattentillförseln underifrån stoppas av ett kapillärbrytande skikt. Av praktiska skäl kan det dock i vissa fall vara bättre att undvika tjälning vid grunden med hjälp av markisolering.

Avsikten med horisontell markisolering vid en grundmur är att hindra värmeavgivning uppåt och därmed bättre tillvarata värmen från grunden för höjning av jordtemperaturen. Markisoleringen är således en värmeisolering och bör ha så lågt värmeledningstal som möjligt. Om mineralull används som isolermaterial, bör denna därför hållas så torr som möjligt.

Skall däremot horisontell isolering hindra tjälens nedträngning, t ex vid en stödmur, är torr isolering ej lika självklar. Tjälens nedträngning bromsas effektivast i material med stor frostkapacitet, t ex vatten. Detta förutsätter emellertid att mineralullen är i det närmaste vattenmättad. Om mineralullen endast är halvfuktig, är frostkapaciteten liten och värmeisoleringen relativt dåligt. Isoleringen fungerar då varken som frostisolering eller värmeisolering.

Av praktiska skäl är det dock bäst att använda torr isolering. Det är lättare att dränera så att isoleringen är torr än att tillföra vatten så att isoleringen alltid är vattenmättad. Därtill kommer att den våta isoleringen inte har någon effekt då tjälens en gång trängt igenom. Tjälnedträngningen fortsätter då ned i marken utan motstånd. Även vid kallmurar och liknande fungerar den torra isoleringen som värmeisolering, jordens värmeavgivning bromsas och värmen tillvaratas.

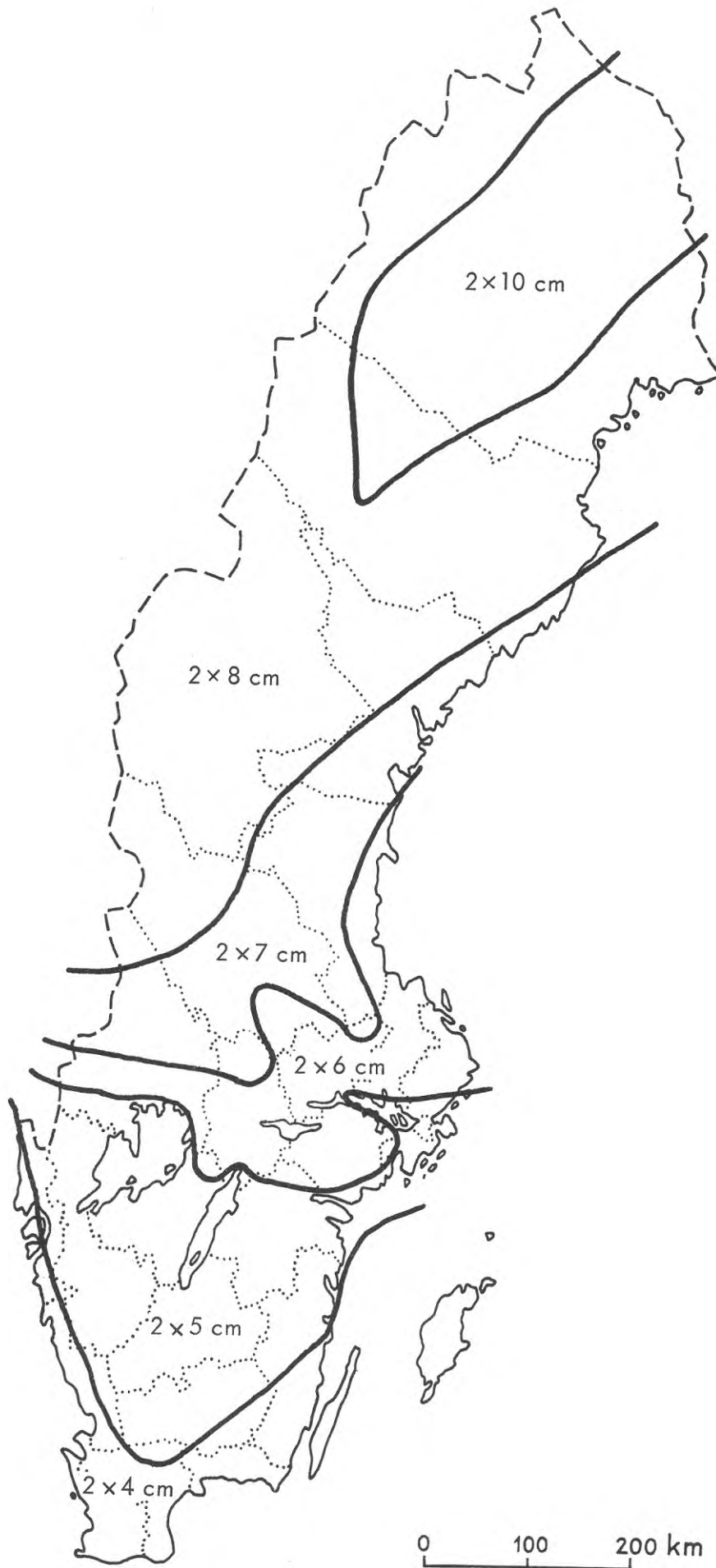


FIG. 20. Lämplig skivtjocklek för isolering med mineralull i olika delar av olika delar av Sverige.

Suitable thickness of mineral wool slab for ground insulation in different parts of Sweden.

Lämplig isolertjocklek för olika delar av landet rekommenderas av AB Rockwool, enligt FIG 20. Rekommendationen avser skiva 817 som är speciellt avsedd för markisolering. Skivorna bör läggas i två lag med förskjutna skarvar för att undvika köldbryggor.

Den erforderliga isolerbredden vid en husgrund är beroende av värmestillskottet från grunden och hur köldangreppet sker, exempelvis från ett eller två håll. Bredden bör sannolikt ej vara mindre än 1 m.

8.2 Tjällyftning

För att undvika tjällyftning vid garageinfarter bör djupt gående betongkonstruktioner undvikas i nedfarten utanför grunden; betongen har god värmeledningsförmåga och för ned tjälen under grunden. Djupare grundläggning under garageinfarten än under huset i övrigt kan undvikas, om jorden vid nedfarten isoleras.

9. SLUTORD

Tjälrörelser har konstaterats i horisontell och vertikal led. Tjällyftning är ett känt fenomen. Tjälrörelser i sidled är mindre beaktat men kan troligen orsaka skador på grundmurar.

Grundmurar har tidigare vanligen haft en ganska begränsad värmeisoleringsförmåga. Värmestillförseln till jorden intill grundmurarna har därför varit riklig vartill kommer att återfyllningen har varit av dränerande och icke-tjälfarligt material. Risken för tjälning har därför varit obetydlig.

Kravet på bättre boendeklimat i källare och på bättre bränsleekonomi, särskilt vid dyrbar eluppvärmning, har emellertid gjort att grundmurarnas värmeisoleringsförmåga på senare tid har förbättrats i nyuppförda hus. Samtidigt har rationellare byggmetoder medfört att schaktmassor allt oftare används till återfyllning även om de har tjälningsoaktiva egenskaper. Denna utveckling medför att risken för att horisontellt tjältryck skall uppkomma mot grundkonstruktioner ökar, främst vid slänter där köldangreppet kan ske från två håll. Bättre kunskaper om tjälrörelser och tjältryck i sidled är därför önskvärda.

10. REFERENSER

Carlsson, A, 1966, Inventering av byggsador. (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport 13. Stockholm.

Lyng, O & Fyrhake, L, 1969, Ytterväggar. Värmeisoleringsförmåga och sprickförekomst hos sju väggtyper inom två klimatområden. (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport 28. Stockholm.

R20: 1973

Denna rapport avser projekt 273 vid Statens institut för byggnadsforskning.

Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

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

Pris: 13 kronor