



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**

**R71:1973**

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

# **Justerbar grundläggning på sättningsbenägen mark**

**Gunnar Franzén**

**Byggforskningen**

# Justerbar grundläggning på sättningsbenägen mark

Gunnar Franzén

*Hus på stödpålar i sättningsbenägen mark står stilla medan marken sjunker med sina ledningar och vägar. Om man i stället gör grundkonstruktionen så styv att huset kan flyta på torrskorpan kan huset komma att luta. Denna rapport beskriver en metod att bygga in justeringsmöjligheter under grundplattan till småhus.*

Med "sättningsbenägen mark" avses här i regel sådana förhållanden, att marknivån ändras, utan att belastningar från grundkonstruktioner behöver vara orsaken. Sådan mark är vanligt t. ex. i Stockholmstrakten.

Anledning till rörelserna kan t. ex. vara grundvattensänkningar, belastning från uppfyllnader eller ofullständig konsolidering.

Extrema fall av "ofullständig konsolidering" kan vara uppfyllda moss- eller kärrmarker, dy, sottippar etc.

Stödpålning för hus är under sådana förhållanden ingen särskilt god lösning, eftersom marken med ledningar, entrétytor etc. sjunker medan husen står kvar på sina pålar. I extrema och mycket uppmärksammade fall har detta lett till sidoknäckning av pålarna, då jordmassorna under inverkan av successiva

uppfyllningar kommit i rörelse inåt under huset.

Även där pålning i och för sig är en tillfredsställande lösning, finns det kostnadsskäl till att finna andra metoder. Pålning till stora djup blir särskilt dyrbar för småhus, bl. a. därför att tillåten last ofta inte kan utnyttjas.

Nackdelarna och kostnaderna för pålning undviks, om hus grundlägges på marken, och får följa dennas rörelser så länge inga olägenheter uppstår.

Om grundkonstruktionen göres tillräckligt styv, så är det endast vid oacceptabla lutningar som åtgärder erfordras. Om justeringarna förberedes redan under byggnadstiden, så att de blir billiga och enkla att utföra, bör den här skisserade principen vara konkurrenskraftig.

## Metoder för lyftning och uppallning

I rapporten diskuteras olika använda och tänkbara system, vilket leder fram till att en metod, som kan kallas "rastergrundläggning", har stora fördelar jämfört med andra alternativ. Denna bygger på uppfinningar av B Algers, och innebär att huset grundläggs på raster (FIG. 1) och har förberedda utrymmen för domkrafter i form av gummikuddar.

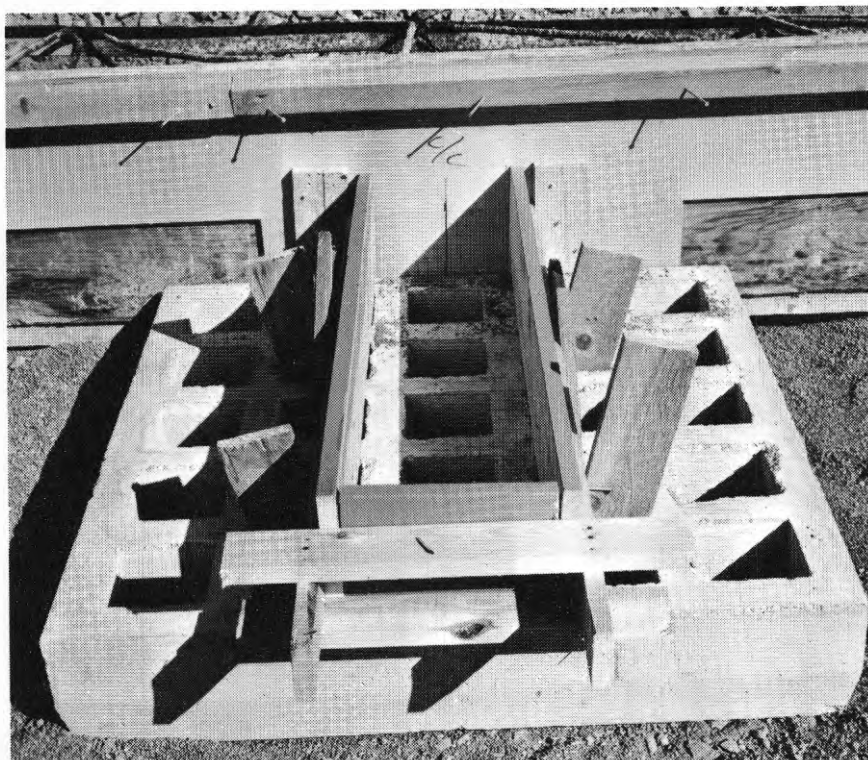


FIG. 1. Foto av raster med formsatt plintskajt

## Bygghorsningen Sammanfattningar

### R71:1973

Nyckelord:

grundläggning (justerbar), "rastergrundläggning", småhus-provhus (källarlöst), marksättning, grundkonstruktion (styv), ekonomi

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag C 830 från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska Industribyggen AB.

UDK 728.3  
69.025.1  
624.156  
SfB (16)  
ISBN 91-540-2216-9

Sammanfattning av:

Franzén, G, 1973, *Justerbar grundläggning på sättningsbenägen mark*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R71:1973, 110 s., ill. 21 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403  
111 84 Stockholm

Grupp: Konstruktion

## Rastereffekten

Denna effekt har provats vid laboratorieförsök, och betecknar "... det fysikaliska fenomenet, att ett raster, som lätt kan dras upp genom ett löst kornformigt fyllnadsmaterial, icke med samma kraft kan pressas ned genom detsamma, utan då i samverkan med fyllnadsmaterialet förmår upptaga avsevärda tryck".

Med ledning av laboratorieförsöken valdes materialkombinationen betong-raster/årtsingel som lämpligast.

## Provhuset

Detta är ett fristående källarlöst enfamiljshus med rektangulär planform. Det är grundlagt på berg, så att systemet som sådant kan studeras utan inverkan av undergrunden.

Det uppfördes 50 cm under stadsplanenivå, för att sedan kunna lyftas till rätt höjd. Tyngd c:a 120 t inkl. nyttigt last och grundkonstruktioner.

## Konstruktionsprinciper

Betongplattan under huset har längsgående balkar med centrum knappa 2 m innanför fasaden samt tvärgående balkar, som dels verkar avstyvande, dels bär upp lasten från bärande hjärtvägg. Såväl lyftkuddar som raster med plintskafv ligger utanför de längsgående balkarna och är alltså åtkomliga (sedan sockelskivor av ytbelagd plast avlägsnats).

Överbyggnadens väggar består av storelement i träregelkonstruktion med gipsskivor invändigt och träfiberskiva + träpanel utvändigt.

## Vatten och avlopp

har anslutits rörligt (slinga respektive teleskopkoppling) och fungerat oklanderligt.

## Lyftning

6 lyftkuddar kopplades 2 och 2 till 3 tryckluftsuttag, vardera med avstängningsventil och manometer. På så sätt erhöles en sorts "trepunktsuppläggning", d.v.s. ett statiskt bestämt system. Vid varje prov gjordes höjjustering med 5–10 cm. Inställningsnoggrannheten var c:a 1 cm. Viss återsjunkning erhålles

innan rastrens bärförmåga fullt utbildas. Den är av storleksordningen 1–2 cm. Även horisontalförskjutningar kunde åstadkommas genom att anbringa kud-darna mot balksidor. Långtidsdeformationerna är hittills försumbara (1–3 mm efter sista lyftet). Sammanlagt gjordes 11 st provlyft. Även dubbla kuddar och följden av brott på kuddar provades. Några som helst skador uppstod inte på eller i huset.

## Inverkan på undergrund

Om provhusets konstruktion exakt följes, blir den dimensionerande belastningen 1,9 kp/cm<sup>2</sup> på 1,0 m<sup>2</sup> yta, som sprides genom dräneringslager, ev. uppfyllnad och torrskorpa.

Sakkunnig beräkning av bärförmåga och deformationer erfordras givetvis i varje särskilt fall med kännedom om skjuvhållfastheter och kompressibilitet hos aktuella jordlager.

En sammanlagd tjocklek på 2 m hos nämnda fasta lager torde alltid vara betryggande. Även tunnare lastfördelande lager kan dock, efter beräkningar, visa sig acceptabelt. I annat fall kan givetvis större eller flera raster tillgripas.

## Kostnader

Provhuset gav underlag för beräkning av dels investeringskostnader, dels "driftskostnader" (framtida justeringar).

I 1972 års penningvärde kan investeringen beräknas bli c:a 5 000:— större än för vanlig "platta på mark". (Detta

gäller gruppbyggda enfamiljshus utan att vidareutveckla eller förenkla provhusets konstruktion.) Samma investering erhålles vid c:a 6 m långa pålar.

Kostnaden för ett lyft blir överraskande låg, högst 500:—, om ej stora rese- och traktamentskostnader för personal tillkommer.

Om justeringskostnaderna kapitaliseras, får man, beroende på den beräknade framtida utvecklingen, en totalkostnad motsvarande 6–10 m långa pålar.

Även pålgrunder kan dock i vissa fall föranleda mycket stora framtida åtgärder (jfr inledningen).

## Administrativa frågor m.m.

I rapporten diskuteras statlig belåning, fri finansiering, försäkring, garantier m.m.

Inga problem tycks finnas att finansiera investeringen (förutsatt givetvis godkännande av metoden från resp. byggnadsnämnd och Statens Planverk).

Justeringskostnaderna skulle inte idag påverka finansieringen nämnvärt. D.v.s. lånen skulle varken höjas eller sänkas.

I vissa mindre vanliga fall kan justeringen täckas av försäkring, men i regel bör den betraktas som en normal åtgärd, som i förekommande fall betalas ur fond för reparation och underhåll. Kostnaden är också tämligen liten, väsentligt mindre än för t. ex. ommålning. I ett inledningsskede kan vissa utökade garantier vara lämpliga för att få metoden accepterad.

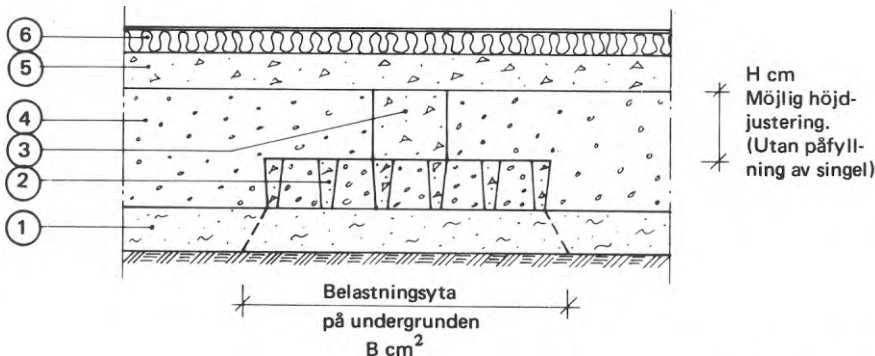


FIG. 2. Principen för hur rastren arrangerats. 1. Dränerings- och förstärkningslager (grus). 2. Prefabricerat betongraster. 3. Plintskafv, förankrat i raster och golvplatta. 4. Årtsingel 4–8 mm. 5. Golvplatta av platsgjuten betong. Vid lyftning ansättes "domkrafterna" under golvplattan, som är försedd med förstärkningsbalkar. 6. Isolering och övergolv.

# Adjustable foundations on soils prone to settlements

Gunnar Franzén

*Houses supported by piles in soils prone to settlements remain stationary while the ground settles taking with it all pipes, cables and roads. If instead the foundations are made so rigid that the house floats on the soil's crust, it may end up by tilting. This report describes a method of building to provide a measure of flexibility under the foundation slabs of single-family houses.*

In this context soils prone to settlement as a rule imply conditions when changes in the ground level occur without necessarily being caused by loads from foundations. These soil conditions are rather common, for instance around Stockholm. Such movements in the ground can be caused by lowering of the groundwater table, loads from fills or incomplete consolidation.

Extreme cases of incomplete consolidation can occur in fills of mossy or boggy soils, mud, refuse dumps etc.

Under these conditions piling to a depth where soil conditions are firm is not a particularly good solution as the ground including piping, entry levets etc., subsides while the houses remain set on the piles.

In extreme and much publicized cases lateral buckling of the piles has occurred when the soil under influence of suc-

cessive fills has started to move inwards under the house.

Even when piling in itself is a satisfactory method, other methods may have to be chosen for reasons of cost. Deep piling will be particularly expensive for single-family houses as the allowable load often can not be utilized.

The disadvantages and costs of piling can be avoided if the house is set directly on the ground and this is allowed to follow the ground movements insofar as no hazards are entailed.

If the foundation structure is made sufficiently rigid special measures will only be required when unacceptable tilting occurs. If provisions for the adjustments are made in the course of construction when such provisions are simple and inexpensive the method outlined in this report should prove competitive.

## Methods for lifting and blocking up

In the report various practised or conceivable methods are discussed. The conclusion reached is that a method which might be called "grid foundation" proves to have distinct advantages over other alternatives.

This is based on inventions by Mr B Algers and implies that the house is founded on grids (FIG. 1) and is provided with recesses for jacks consisting of rubber cushions.

# National Swedish Building Research Summaries

R71:1973

Key words:

*foundations (adjustable), "grid foundations", single family test house (no basement), settlement, foundation design (rigid), economics*



FIG. 1. Photo showing a grid with formwork for the pedestal.

This report was financed through research grant C 830 made by the Swedish Council for Building Research to Svenska Industribyggen AB.

UDC 728.3  
69.025.1  
624.156  
SfB (16)  
ISBN 91-540-2216-9

## Summary of:

Franzén, G, 1973, *Justerbar grundläggning på sättningsbenägen mark*. Adjustable foundations on soils prone to settlements. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R71:1973, 110 p., ill. Sw. Kr. 21.

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

## Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden

## The grid effect

The grid effect has been tested in the laboratory and is defined as: "The physical phenomenon implying that a grid which readily can be lifted up through a locker granular filling material can not be pressed down through the material with the same force, but can in fact, inter-acting with the filling material, sustain a considerable pressure". Guided by the laboratory tests the combination concrete grid and pea gravel was chosen as the most suitable.

## The test house

The test house is a detached one-family, rectangular house without a basement. It is founded on bedrock in order facilitate the study of the system irrespective of the sub-soil. It was built 50 cm under the town planning level in order to be lifted to the correct elevation. The weight of the building including dead load, foundation and useful load was 120 tons.

## Design features

The concrete slab under the house was provided with longitudinal beams with their centerlines barely 2 m inside the building face and crossbeams which, apart from their stiffening effect, also carried the load from a load-bearing wall.

Lifting cushions as well as grids with footing pedestals are placed outside the longitudinal beams and are thus accessible (after removal of base panels of coated plastic sheets). The walls of the superstructure consist of large timber frame units with plaster board on the inside and fibre board plus weatherboarding on the outside.

## Water and sewerage

Water and sewerage had flexible connections (loop and telescopic coupling respectively) which have functioned perfectly.

## Lifting

6 lifting cushions were connected two by two to three air pressure nozzles each with a stop valve and pressure gauge. In this way a sort of 3-point support or in other words a statically determinate system was obtained. During each test a vertical adjustment of 5–10 cm was made. The degree of accuracy was about 1.0 cm. A certain recession takes

place before the full bearing capacity of the grids is developed. This recession is 1–2 cm. Even lateral displacements could be effected by applying the cushions against the beam sides. The long-term deformations have so far been negligible (1–3 mm after the last lifting operation).

All together 11 test lifting operations were carried out. Double cushions and the effect of cushion breakdowns were also studied. No damages to the house either inside or out occurred.

## The effect on the sub-soil

If the design of the test house is exactly followed the dimensioning load will be 1.9 kgf/cm<sup>2</sup> over an area of 1.0 m<sup>2</sup> spread by drainage layer, possible fill and dry crust. Competent calculation of the bearing capacity and deformations based on the shearing strength and compressibility of the soils in question is of course essential in each individual case.

A total thickness of the firm layers of soil of 2.0 m would always be on the safe side. Subject to calculations thinner load distributing layers can however prove acceptable. Otherwise larger or more grids can of course be resorted to.

## Costs

The test house provided a basis for calculation of investment and maintenance costs (future adjustments).

Based on the price level in 1972 the calculated investment will be about 5,000 Sw. kronor higher as compared to a house with a conventional foundation slab on the ground (this applies to fami-

ly houses built in series without any further development or simplification in the design of the test house). The same additional investment applies to foundation on 6 m piles.

The cost of one lifting operation is surprisingly low and will not exceed 500 Sw. kronor unless large additional travelling expenses and daily allowances for personnel should arise.

Subject to unforeseen future developments the capital value of the adjustments correspond to the cost of 6–10 m piles. Some piling foundations may however also give cause to considerable future measures (please compare introduction).

## Aspects on financing

In the report Government loans, independant financing, insurance, guarantees etc. are discussed. There seems to be no problem in financing the additional investment (provided of course that the approval of the method by the local housing committee and the National Board of Planning is obtained).

The costs of the adjustments should not in the present situation materially influence the financing. The loans would thus neither be raised nor lowered.

In some rare cases the adjustment can be covered by insurance but as a rule it should be considered as a normal measure which when required should be defrayed from the repair and maintenance funds. The cost is also rather low and considerably less than for e. g. repainting. In an introductory period some extended guarantees may be opportune in order to get the method accepted.

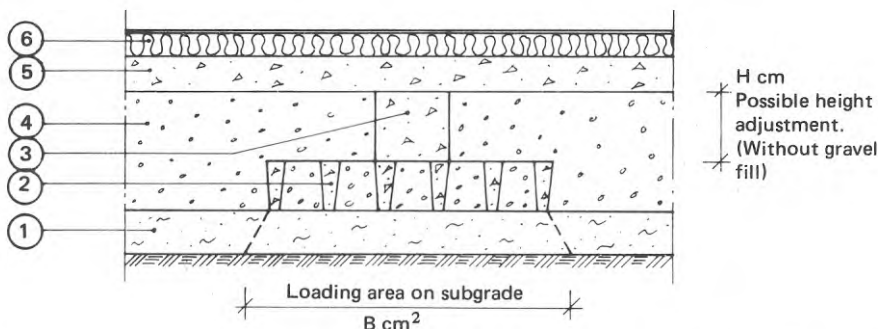


FIG. 2. Basic principles for positioning of the grid. 1. Drainage and reinforcement. 2. Prefabricated concrete grid. 3. Footing pedestal anchored in grid and floor slab. 4. Pea gravel, 4–8 mm. 5. Floor slab of in-situ cast concrete. When lifting the jacks were inserted under the floor slab which is reinforced with beams. 6. Insulation and floor covering.

Rapport R71:1973

JUSTERBAR GRUNDLÄGGNING PÅ SÄTTNINGSBENÄGEN MARK

ADJUSTABLE FOUNDATIONS ON SOILS PRONE TO  
SETTLEMENTS

av Gunnar Franzén

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag C 830 från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska Industribyggen AB, Stockholm. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2216-9

Rotobekman AB Stockholm 1974



## FÖRORD

I denna rapport anvisas en okonventionell väg att reducera kostnader och olägenheter då det gäller svåra grundförhållanden. Arbetet har till c:a 2/3 finansierats genom anslag från BFR och i övrigt av Svenska Industribyggen AB, SIAB.

Tidigare har bl.a. Skånska Cementgjuteriet och Sven Tyrén AB genomfört vissa prov och studier, som främst avsett metodens ena del, lyftning av konstruktioner med lyftkuddar.

Huvudvikten i arbetet har därför lagts på den andra delen, "rastertekniken", medan resultaten vad gäller lyftkuddarna som sådana huvudsakligen bekräftar tidigare gjorda (men ej publicerade) erfarenheter. Arbetets målsättning har varit att utforma, testa och dokumentera en praktiskt och ekonomiskt användbar konstruktion.

Försök har däremot inte gjorts att t.ex. uppställa de geotekniska ekvationer, som beskriver stenmaterialets funktion i och omedelbart under ett lastöverförande raster.

I ett så praktiskt inriktat arbete har möjligheten till samverkan med olika personer inom och utom SIAB varit en utomordentlig tillgång, och till alla som deltagit framföres härmed ett varmt tack.

Slutligen, men framför allt, skall framhållas de insatser som gjorts av Börge Algiers, vars uppfinningar ligger bakom de tillämpade konstruktionerna, och som mycket aktivt deltagit i undersökningarna och lämnat värdefulla bidrag till rapporten.

Stockholm i maj 1973

# INNEHÅLL

1	INLEDNING . . . . .	5	7	KOSTNADER . . . . .	51
1.1	Bakgrund och problem . . .	5	7.1	Allmänt . . . . .	51
1.2	Principlösning. . . . .	6	7.2	Investeringskostnad . . . . .	51
2	OLIKA SÄTT FÖR JUSTERING . . . . .	7	7.3	Driftskostnad . . . . .	54
2.1	Allmänt . . . . .	7	7.4	Total kostnad . . . . .	56
2.2	Kuggstångs- och skruv- domkrafter . . . . .	7	8	ADMINISTRATIVA, LÅNE- OCH FÖRVALTNINGSTEK- NISKA FRÅGOR. . . . .	57
2.3	Hydrauliska domkrafter . .	7	8.1	Statlig belåning . . . . .	57
2.4	Pneumatiska domkrafter . .	8	8.2	Fri finansiering . . . . .	58
2.5	Injektering . . . . .	9	8.3	Försäkring. . . . .	58
3	UPPALLNING (UNDER- STOPPNING) . . . . .	10	8.4	Ägaransvar - underhålls- åtgärder. . . . .	59
4	LABORATORIEFÖRSÖK AVSEENDE "RASTER- EFFEKTEN" . . . . .	13	8.5	Garantier o. dylikt . . . . .	60
4.1	Rastereffekten. Defini- tion. . . . .	13	9	ANVÄNDBARHET UNDER OLIKA FÖRUTSÄTTNINGAR . .	61
4.2	Rastereffekten. Kvalitativ beskrivning. . . . .	13	9.1	Inverkan på och av under- grunden. . . . .	61
4.3	Mätetal. . . . .	17	9.2	Användningsområden. . . . .	62
4.4	Provningsförfarande . . . .	17	10	SLUTSATSER. FORTSATT UTVECKLINGSSARBETE . . . .	65
4.5	Försöksserie 1 . . . . .	18	BILAGOR 1	Resultat av försöks- serie 1 (prov 1-10) . . . .	66
4.6	Slutsatser av försöks- serie 1 . . . . .	19	2	Resultat av försöks- serie 2 (prov 11-16). . . .	81
4.7	Försöksserie 2 . . . . .	21	3	Användningsområden för justerbara grunder. . .	108
4.8	Referat av försöks- serie 2 . . . . .	22	4	Statens Planverks tillstyrkande vad avser provet . . . . .	109
4.9	Slutsatser av försöks- serie 2 . . . . .	28	LITTERATURREFERENSER . . . . .	110	
5	PROVHUS . . . . .	29			
5.1	Utformning och konstruk- tion. . . . .	29			
5.2	Beräkningar. . . . .	31			
5.3	Vatten och avlopp. . . . .	35			
6	EXPERIMENT MED PROV- HUS . . . . .	36			
6.1	Anordningar. . . . .	36			
6.2	Förfarande och normalt förlopp . . . . .	40			
6.3	Redovisning av försöken. . .	40			
6.4	Långtidsobservation. . . .	47			
6.5	Horisontalförskjutning (vridning). . . . .	47			
6.6	Kommentarer till statistiska verknings sättet vid lyftning	49			

## 1 INLEDNING

### 1.1 Bakgrund och problem

Urbaniseringen och de mål i fråga om markanvändning, som man har i dagens stadsplanearbete, har gjort det önskvärt att kunna bebygga områden med mindre tjänliga grundförhållanden.

Nu vanliga grundförstärkningar i form av pålning blir kostsamma, och kan dessutom medföra stora nackdelar. Inte sällan inträffar det nämligen, att marken sjunker med anledning av grundvattensänkning eller belastande uppfyllningar. Husen blir däremot stående på sin fixerade nivå, varvid anslutningsproblem uppstår vid socklar, entréer, infarter och ledningar. I värsta fall har det inträffat, att pålar knäckts på grund av jordmassornas sidotryck. Anledning till grundvattensänkningarna är byggandet av ledningar och tunnlar för olika ändamål, minskad infiltration av dagvatten samt landhöjningen.

Ofta reserverar man de sämsta, låglänta områdena för småhusbebyggelse i syfte att därigenom minska kostnaderna för grundförstärkning. Det är dock diskutabelt om detta uppnås, bl.a. därför att pålarnas bärförmåga sällan kan utnyttjas till fullo under ett småhus. Flyttningen av pålkran från hus till hus bidrar också till att pålningen per uppburet ton, eller per m<sup>2</sup> lägenhetsyta, blir dyrbarare för småhus än för större byggnader. Dessutom kan förfarandet ibland ha karaktären av en övervältring av kostnader och risker på småhusägarna. I vissa fall har kostnaderna blivit så stora, att det allmänna måst stå för pålningen för att få områden bebyggda.

Det är alltså fördelaktigare om husen kan grundläggas direkt på marken, och i förekommande fall följa dennas rörelser. JÄMNA sättningar innebär härvid sällan några olägenheter. Det problem man har, och som ofta föranleder pålning "för säkerhets skull", är risken för OJÄMNA SÄTTNINGAR. Dessa kan dels medföra att huset lutar oacceptabelt mycket, dels att grunden och överbyggnaden skadas.

## 1.2 Principlösning

Den principiella lösning på problemet, som behandlas i denna rapport, är ATT GRUNDLÄGGA Huset DIREKT PÅ MARKEN PÅ ETT SÅDANT SÄTT, ATT DET SNABBT OCH ENKELT KAN JUSTERAS OM SKADLIGA SÄTTNINGAR SKULLE UPPSTÅ. Kriteriet för en ekonomiskt godtagbar lösning blir då, att anläggningskostnaden plus kapitaliserade värdet av framtida justeringskostnader skall vara lägre än anläggningskostnaden för en traditionell lösning såsom pålning. I många fall bör emellertid även den traditionella lösningen belastas med kostnader för framtida åtgärder betr. mark och ledningar. Ett känt fall, där till och med utrymning av en pålad fastighet tillgripits, är givetvis exempel på ett exceptionellt misslyckande, som inte kan tas med i en rationell analys. Det visar dock, att tilliten till stödpålning som en i alla lägen säker grundläggningsmetod kan vara omotiverad.

## 2 OLIKA SÄTT FÖR JUSTERING

### 2.1 Allmänt

Samtliga "de enkla maskinerna", nämligen hävstången, kilen, blocket, hydrauliska domkraften och skruven, har vi olika tillfällen tillgripits för lyftning av hus och för justering efter OFÖRUTSEDDA sättningar. Mindre vanlig men dock förekommande är den princip, som behandlas i denna rapport, nämligen att från början förbereda en byggnad för framtida justeringar, då sättningar kan förutses. Nedan förtecknas och diskuteras en del tänkbara och ibland praktiserade metoder.

### 2.2 Kuggstångs- och skruvdomkrafter

För att dessa skall kunna användas erfordras i regel att ok eller genomgående balkar anbringas under huset, samt omfattande underpallning för att fördela lasten på undergrunden. Det senare erfordras inte, om byggnaden kan lösgöras från grundkonstruktionen och domkrafterna kan insättas mellan t.ex. grundplatta och överbyggnad. Dessa anordningar lyfter i manuellt utförande c:a 15 ton per styck. Efter lyftning erfordras pallning och i regel någon form av återställning. Jämn lyftning är svår att erhålla utan omfattande arrangemang, (t.ex. drift av skruvdomkrafter med gemensam kedja).

### 2.3 Hydrauliska domkrafter

Mycket stora lyftkrafter är möjliga. Konstruktionen kan bestå av kolv + cylinder, teleskoperande cylindrar eller elastiska dosor (små lyfthöjder). Med dessa utföranden erfordras ok och underpallning under samma förutsättning som gäller för typen 2.2.

Jämn lyftning eller annan reglering går bra att anordna, jfr. t.ex. glidformstekniken.

Okonventionellt kan man använda gummiblåsor, varvid trycket till ringa kostnad kan fördelas på en stor yta, så att underpallning av domkrafter ej erfordras. Lyftkraften blir då stor trots litet vätsketryck.

T.ex. kan vattentrycket på ordinarie ledningsnätet vara tillräckligt. Påfrestningen på gummiblåsan minskar, om denna inneslutes i ett utrymme, som tar upp de utåtriktade krafterna medan blåsan endast tjänstgör som tätning. Om blåsan i stället arbetar mellan två plan, medan utrymmet är öppet åt sidorna, så blir membranspänningen direkt proportionell mot avståndet mellan planen.

#### 2.4 Pneumatiska domkrafter

Dessa skiljer sig från de hydrauliska på det principiellt viktiga sättet, att arbetsmediet är kompressibelt, varigenom tvångsdeformationerna och -krafterna i den lyfta konstruktionen blir mindre vid ojämna reglering eller stödbortfall. Domkrafterna utgör fjädrande, eftergivliga upplag. I övrigt gäller samma konstruktionsprinciper och möjligheter som beskrivs i 2.3. En fördel är, att läckage medför mindre praktiska olägenheter än då man använder vatten eller olja, likaså blir tömningen av domkrafterna enklare. Användning av (gummi-) blåsor som hydrauliska eller pneumatiska domkrafter i byggnadssammanhang är patenterad (B Algiers, Sv. Patent 31202, 346133)

## 2.5 Injektering

Vid injektering av utrymmet under byggnad, golv eller vägbana så att lyftning uppstår tillämpar man vanliga hydrostatiska principer ("makrodomkraft"). Cement, asfalt, plastemulsion m.m. kan användas. Metoden ställer vissa krav på det material som injekteras. Injekterar man t.ex. ett dräneringslager så upphör givetvis dess ursprungliga funktion. Åtgången av injekteringsvätska är svår att förutse. Reglering av t.ex. en byggnad till horisontalläge förefaller svårt att genomföra på ett säkert sätt. Ett misslyckande torde vara tämligen oåterkalleligt. Skadegörelse och nedsmutsning förefaller oundvikliga. Exempel på lyckade justeringar med injektering under golv uppges dock finnas.

## 3 UPPALLNING (UNDERSTOPPNING)

Flera av de ovan nämnda domkrafterna kan i och för sig installeras PERMANENT i byggnaden, varvid uppallning är överflödigt. När det gäller injektering ingår givetvis "uppallningen" i metoden. I övrigt blir det en kostnads- och livslängdsfråga, huruvida permanenta lyftanordningar är möjliga.

Kravet på livslängd för byggnadsdelar är mycket starkt, jämfört med förhållandet inom andra grenar av tekniken. Allra störst är kravet just för grundkonstruktioner, som är oåtkomliga för inspektion och underhåll. Att garantera funktionen för en hydraulisk anordning efter t.ex. 50 år utan underhåll torde vara vanskligt. En förekommande konstruktion är skruvar med muttrar för höjdjustering. Denna lösning är främst lämpad för grundläggning av pelare och används mest för sekundära konstruktioner som skärmtak o.dyl. Total lyfthöjd blir begränsad, jämn lyftning erhålles sällan. Resultatet blir lätt, att vissa pelare "hänger" i takkonstruktionen utan att någon justering kommit till stånd.

I övrigt är man hänvisad till att PALLA ELLER STOPPA UNDER byggnaden i sitt nya läge för att därefter avlägsna domkrafterna. Härvid kan plåtar av varierande, avpassad tjocklek användas, om lasterna kan tas upp punktvis.

Ett sätt att fixera en byggnad grundlagd på platta på mark är att spruta in sand under plattan. Fördelen med detta är, att lasten fördelas på stor yta. Åverkan och nedsmutsning kan dock knappast undvikas, och metoden är förhållandevis tidsödande (FIG. 1).

Då målet är att förenkla hela lyftningsförfarandet, är det idealiskt om "underpallningen", d.v.s. fixeringen i nytt läge, kan ske automatiskt. Detta ger även maximal säkerhet, eftersom lasten hela tiden kan upptagas, om någon domkraft skulle sluta fungera.

En sådan metod bygger på den s.k. rastereffekten, beskriven av B Algors (Sv. Patent nr 338950).



Andra exempel på sådant funktionssätt är snedställda spärrbrickor (t.ex. på patentstämp) och fjädrande spärrhake mot kuggstång. Den senare är dock inte steglös, vilket måste betraktas som ett krav. Ingentida torde heller fullständigt uppfylla krav på säkerhet och underhållsfrihet. Mot denna bakgrund har den ovannämnda metoden med raster enligt B Algors ansetts intressant nog att prövas närmare.



FIG. 1. Bilder från tidigare experiment, utförda av Skånska Cementgjuteriet.

Pictures from earlier tests, carried out by the firm "Skånska Cementgjuteriet".

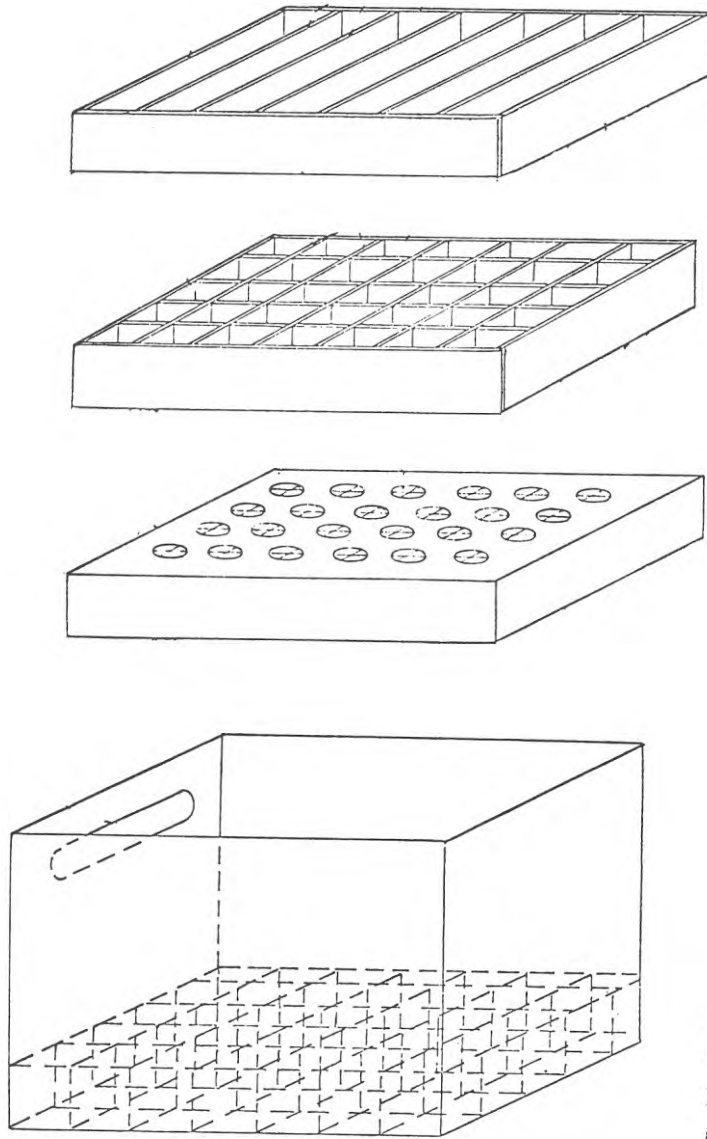


FIG: 2. Olika former  
av raster.

Different kinds of  
grids.

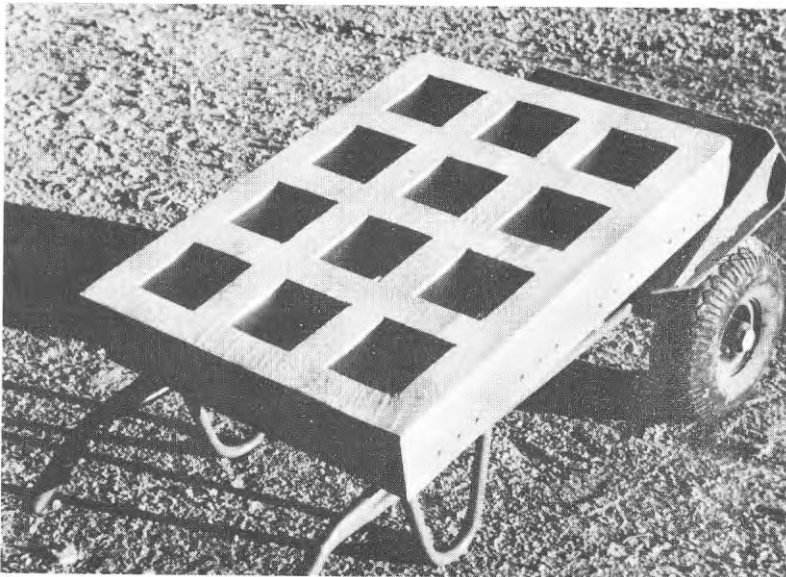


FIG. 3. Betongraster använt i laboratorieförsök  
nr 13-16.

Concrete grid used in laboratory tests No. 13-16.

#### 4 LABORATORIEFÖRSÖK AVSEENDE " RASTEREFFEKTEN "

SIAB har under ledning av författaren i samarbete med B Algers låtit genomföra två försöksserier vid Statens Provninganstalt, varav den senare serien med stöd av BFR.

##### 4.1 Rastereffekten. Definition

Med den av Algers beskrivna rastereffekten "... förstås det fysikaliska fenomenet, att ett raster, som lätt kan dras upp genom ett löst kornformigt fyllnadsmaterial, icke med samma kraft kan pressas ned genom detsamma, utan då i samverkan med fyllnadsmaterialet förmår uppta avsevärda tryck".

##### 4.2 Rastereffekten. Kvalitativ beskrivning av funktionen.

Med "raster" förstås här ett system av lameller i en, två eller flera korsande riktningar, men även system av hål av olika form i en platta eller ett block (FIG. 2). Effekten är dock likartad i samtliga fall, och här avses oftast ett system av lameller i ett kvadratisk rutmönster (FIG. 3).

Algers (1971) beskriver effekten på följande sätt:

"När ett raster lyftes upp genom ett löst kornformigt fyllnadsmaterial i viloläge, upplöses materialets inre friktion, varefter det lösa materialet genom tyngdkraftens inverkan rasar ned under rasterdelarnas underkanter och bildar stöd för dessa underifrån. Är omröringen av materialet fullständig, bildar fyllnadsmaterialet sina naturliga rasvinklar under rasterdelarna. Hålrums bildas därför under dessa, vilka hålrums är triangulära, om rasterdelarnas underyta är horisontell och om lyftet är så stort, att rasvinklarna kunnat fullt utbildas.

Är rasterväggarna relativt höga, bildar ett grovt fyllnads-material i viss mån "kallmurar" utmed rastersidorna. Är rasterväggarna relativt låga, rörs materialet effektivt om och "kallmurar" utbildas aldrig. En viss upphängnings-verkan genom friktionen mellan "kallmurssidor" och raster-sidor kan också inträda (siloeffekt).

De nämnda hålbildnings- och upphängningsfenomenen gör, att man måste räkna med en viss primär initialsjunkning redan på grund av rastrets egenvikt, liksom med en sekundär initialsjunkning vid påföring av även låg nyttolast. När hålrummen under rastret utfyllts, blir den vid fortsatt belastningsökning uppkommande sjunkningen mera beroende av speciella egenskaper hos fyllnadsmaterial och undergrund, vilka inte har särskilt samband med rasterkonstruktionen.

Vid olika belastning, rastertyp, fyllnadsmaterial, fyllnads-höjd och undergrund samt kombinationer härav inträder olika grad och art av samverkan, vilket medvetet kan utnyttjas för olika ändamål.

När ett på fyllnadsmaterial direkt vilande raster belastas med en successivt ökande last, sker först en begränsad tryckutbredning från rastermönstret direkt till fyllnadsmassan. När belastningen sedan ökar, ökas tryckutbredningen genom att valv utbildas i materialet. Denna valvverkan täcker till slut, under förutsättning att fyllnadslagrets höjd medger detta, helt maskorna i rastret, varigenom en låsning sker av hela fyllnadsmassan under rastret och en del av angränsande fyllnadsmassor.

När denna samverkan mellan raster och fyllnadsmaterial fullt utbildats, utgör rastret jämte den låsta delen av fyllnads-materialiet en sammanhållen, tryckfördelande kropp, som till undergrunden överför en jämnt fördelad last.

Tryckfördelningskroppen blir olika utformad och spänningsfördelningen i densamma olika, beroende av om belastningen påföres helt vertikalt uteslutande genom rastermönstret eller genom inverkan av egenvikt vid hög fyllnadshöjd i rastret eller genom siloverkan eller om belastningen helt eller delvis påföres sidoriiktat, t.ex. genom snedställda eller fasade rasterväggar.

Överföring av tryck från rastret till fyllnadsmassan kan ske genom direkt balkverkan i rasterväggarna men också genom ett enbart av dragspänningar påverkat uppåt konvext nät eller genom ett enbart av tryckpåkänningar påverkat nedåt konvext nät (bågsystem). Ett från början plant raster kan efter deformation, förorsakad av stor belastning, komma att verka som nät (membran) vid överförandet av påkänningarna.

Vid helt eller delvis fyllda raster uppträder samverkan mellan rastret och fyllnadsmaterialet på grund av att verkan av fyllnadsmaterialets inre friktion förstärks genom fackindelningen av materialet. Vid lämplig kornstorleks- och fackindelning kan verkningarna blir av sådan styrka, att punktbelastningar, som annars skulle helt genomtränga materialet, efter fackindelningen inte förmår detta. Denna effekt kan utnyttjas, t.ex. för beläggningar av markytor, även om inte rastrets direkt tryckfördelande verkan tas i anspråk. Rastret kan i sådana fall vara av tunt material, eftersom fyllnadsmassorna som bidrag till samverkan håller rasterväggarna i läge och motverkar vippning och knäckning."

Ytterligare synpunkter på funktionen ges i avsnitt 4.6 och 4.9, med erfarenhet av försöksserierna.

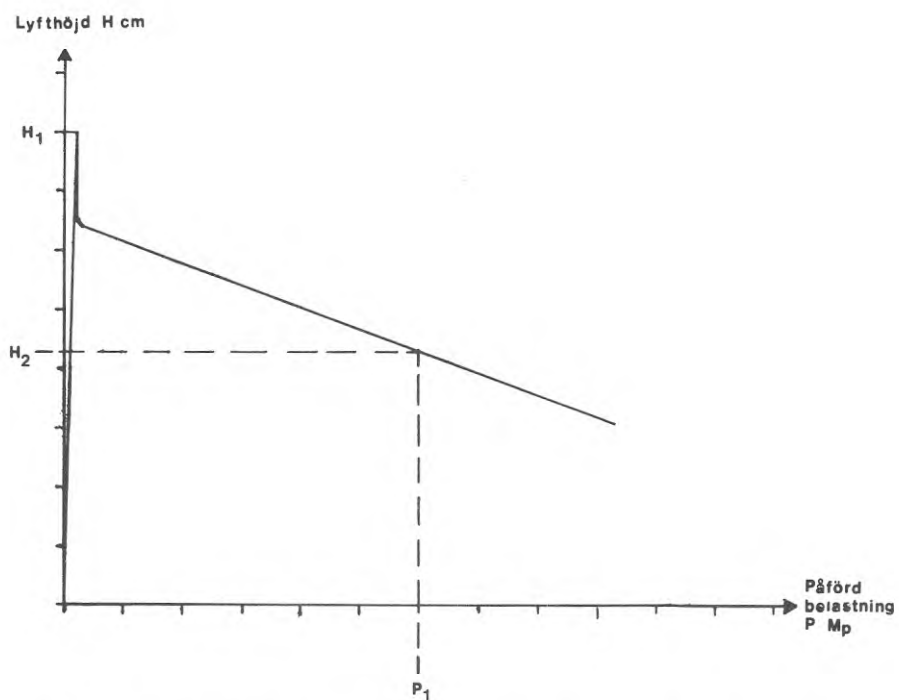


FIG. 4. Definition av "rastereffekten". Vid lyfthöjden  $H_1$  och belastning  $P_1$  är rastereffekten definierad som  $H_2/H_1$  (%).  
Definition of the "grid effect".

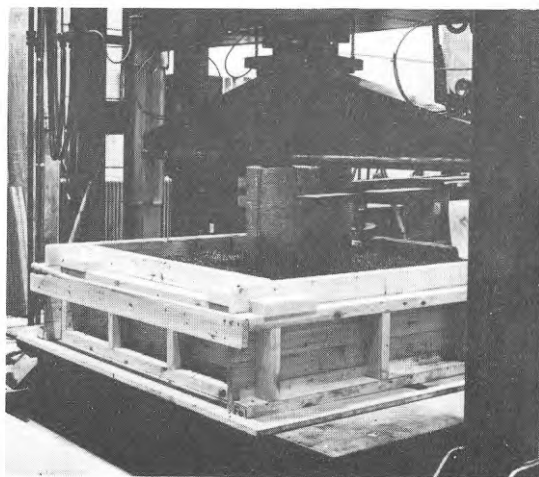


FIG. 5. Anordningar för laboratorieförsök.

Equipment for laboratory tests.



FIG. 6. Betongblock med hål, som i sig själva utgör raster.

Concrete blocks with holes which constitute grids.

### 4.3 Mätetal

I samband med den första provserien uttrycktes rastereffekten som den efter viss belastning kvarstående uppdragningshöjden, dividerad med den ursprungliga uppdragningshöjden (FIG. 4). Rastereffekten  $K$  anges då dimensionslöst som en verkningsgrad i form av en koefficient eller ett procenttal. Emellertid varierar denna koefficient såväl med höjden som med påförd last, och i fortsättningen kommer till stor del att i stället redovisas återsjunkningen i absolut tal, varvid sambandet med lyfthöjden antas vara ungefär av formen

$$\delta = a + c \times p \times h$$

$a$  = återsjunkning innan last påförts

$p$  = belastning per ytenhet av rastrets bruttoyta

$h$  = lyfthöjden

$c$  = koefficient beroende av kornmaterial, underbädd, rasterstorlek och rastertyp.

$\delta$  = total återsjunkning

### 4.4 Provningsförfarande

För provningarna utnyttjades en hydraulisk press som kan utveckla 60 Mp (600 N), uppställd i Statens Provningsanstalts betongrörlaboratorium. På domkraftsbordet placerades en kraftig trälåda 1,5 x 1,5 x 0,45 m. I denna anordnades en bädd av aktuellt stenmaterial, på vilken rasterproverna inledningsvis placerades (FIG. 5).

Rastren utgjorde i regel botten i betonglådor eller betongrör med måtten 60 x 80 cm resp. diameter 50 cm. Höjden var omkring 60 cm. I några fall utgjordes rastren i sin helhet av betongblock med hål, som framgår nedan. I samtliga fall försågs lådorna (proverna) med genomgående, utstickande rundjärn för lyftning. (FIG. 6).

Vid provens genomförande förinställdes lyfthöjden genom att hydraulpressens ok låstes på önskat avstånd ovanför betonglådans (provets) överkant.

Denna inställning kunde ske på millimetern när.

Därefter lyftes provet upp mot okets underkant

med en gaffeltruck, vars gafflar fördes in under de ovannämnda rundjärnen. Höjden avvägdes före och efter lyftningen samt omedelbart efter att gaffeltrucken avlägsnats, varigenom primärsjunkningen kunde avläsas. Därefter sänktes oket mot provet, och last påfördes stegvis omväxlande med avvägningar så som framgår av protokoll och diagram i det följande. I flera fall provades även rastrets bärförmåga genom belastning innan någon lyftning skett. Provningsanordningarna och det praktiska genomförandet illustreras av FIG. 5.

#### 4.5 Försöksserie 1 (februari 1971)

Serien omfattade försök nr 1-10.

Med dubbelprov och varianter blev totala antalet prov i denna serie 21 stycken.

Provföremål (mått i mm):

Ett rasterblock av betong 550 x 550 x 600 med fyrkantiga hål 200 x 200

Ett rasterblock av betong 550 x 550 x 600 med runda hål  $\varnothing$  210 (FIG. 6)

Ett falsat betongrör  $\varnothing_y$  510,  $\varnothing_1$  = 400.

Betonglåda av två stycken kanalblock 600 x 700 x 350 samt utbytbar botten av gallerdurk, tre olika typer. (FIG. 7).

Som fyllningsmaterial anskaffades

Makadam	32-64 mm	("grov")
Makadam	16-21 mm	("medelgrov")
Makadam	8-16 mm	("fin")



FIG. 7. Betonglåda med botten av utbytbar gallerdurk.

Concrete box with a bottom consisting of steel grating.



"Singel"	16-32 mm	(makadamliknande kornform)
Fingsingel	8-16 mm	(rundad kornform)
Ärtsingel	4-8 mm	( - " - )
Mursand		

Avsikten med denna inledande serie var att så snabbt som möjligt finna praktiskt användbara konstruktioner. Detta lyckades utan att pröva alla tänkbara kombinationer.

Resultaten av denna försöksserie beskrives i bilaga 1, som med obetydliga ändringar hämtats ur Algers rapport (1971).

#### 4.6 Slutsatser av försöksserie 1

Först och främst dokumenterades med dessa försök rasterprincipens användbarhet.

Den gynnsammaste av de provade kombinationerna, särskilt med hänsyn till initialsättningarna, visade sig vara att använda gallerduk med 50 mm maskor och 3 mm lamelltjocklek i kombination med "ärtsingel" 4-8 mm.

Tjockare rasterlameller ger större initialsättningar. Detta har sin naturliga förklaring i de "kratrar" med i huvudsak naturlig rasvinkel, som bildas under lamellerna vid lyftningen. Vill man ha små initialsättningar bör man alltså använda raster med liten lamellbredd i underytan.

Grovt stenmaterial ger mera ojämna initialsättningar, vilket försvårar eller omöjliggör fininställning av höjdläget.

Singel rinner lättare i rastret och packar sig sedan mindre och på ett jämnare sätt än vad makadam gör. Singel påverkas mindre av vibrering (Forsblad 1963).

Vibrering av jordmassan hade ingen nämnvärd skadlig inverkan i form av sättningar eller minskad bärförmåga hos rastret.

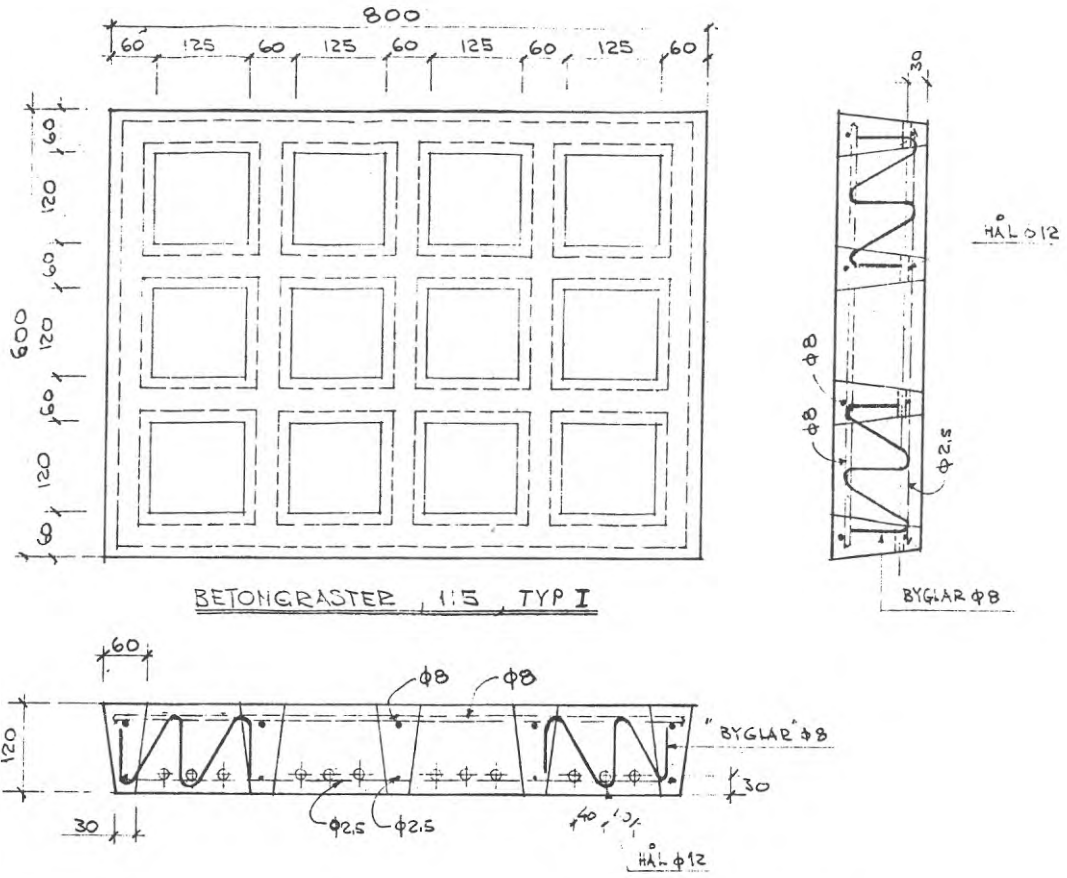


FIG. 8. Konstruktion av betongraster för laborieförsök.  
Design of concrete grid for laboratory tests.

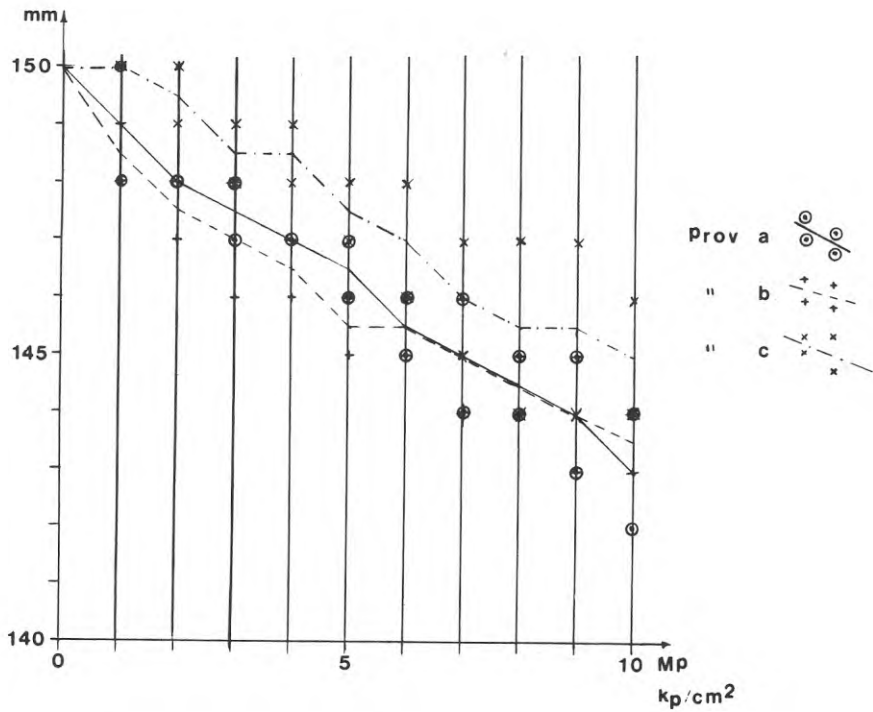


FIG. 11. Resultat av försök nr 11.  
Result of test No. 11.

Vibrering av själva rastret med innehåll i samband med lyft minskar initialsättningarna och är så tillvida gynnsam. Att tillämpa detta i praktiken vore dock en onödig komplikation, som i allmänhet bör undvikas.

#### 4.7 Försöksserie 2

Eftersom provningsanordningarna beskrivna under 4.4 visat sig ändamålsenliga, användes de utan ändring i försöksserie 2. Serien omfattade försök nr 11 - 16. Med dubbelprov och varianter blev totala antalet prov i denna serie 41 stycken. Avsikten var dels att mera i detalj studera rastereffekten med användning av gallerdurk av stål, dels att prova ett nytt raster av betong, ändamålsenligt utformat för praktisk tillverkning och användning. Om ett sådant betongraster kunde fungera tillnärmelsevis lika bra som gallerdurken, skulle det ha vissa fördelar, därigenom att betong är ett traditionellt material i grundkonstruktioner, vars livslängd och motståndskraft inte ifrågasättes. Se dock Arrhenius (1970) som påvisar stor livslängd hos varm-förzinkade konstruktioner i jord även vid ogynnsamma (men ej extrema) förhållande.

Provföremål (mått i mm):

Betonglåda 600 x 800 x 600, vägg tjocklek 60.

Botten bestående av gallerdurk 35 x 35 mm (prov 11-12)

Botten bestående av betongraster (prov 13-16)

Utförande och mått se FIG. 8 och 3.

Observera att hålen i rastret gjorts svagt koniska.

Detta har det primära syftet

- a) att få smala underytter på rasterlamellerna (30 mm) och därmed små initialsjunkningar se 4.6, samtidigt som man har tillräckligt böjmotstånd och enkel tillverkning. Dessutom vinner man att valvbildning i hålen främjas.

- b) att stenmaterialets rörelse nedåt vid lyft underlättas

Rastersidornas snedställning bör dock vara liten och får ej närma sig materialets rasvinkel.

Resultaten av försöksserie 2 redovisas i bilaga 2.

#### 4.8 Referat av försöksserie 2

Serien omfattade försök nr 11 - 16.

Vid ett tomt raster betingas bärförmågan endast av yttrycket under själva lamellerna samt de valvbildningar och motsvarande som underbädden bildar mellan dessa.

Då rastret är fyllt tillkommer friktion mellan material och hålens väggar, inre friktion och valvbildning i materialet samt, om hålens väggar lutar, en vertikal komponent av normaltrycket mot väggarna.

Fyller man dessutom material ovanpå rastret tillkommer detta materials egenvikt och den effekt detta kan ha på valvbildning m.m.

PROV 11 Med detta avsågs att undersöka ovannämnda effekter vid användning av gallerdurk med maskvidd 35 x 35 mm. Belastning påfördes utan föregående lyftning på en 15 cm djup bädd av ärtsingel. Nedträngningen samt höjden av uppträngande vallar utanför gallret mättes.

Försöken utfördes som dubbelprov

- a) med rastret ofyllt
- b) med rastret fyllt till sin överkant
- c) med lådan fylld till sin överkant

Nedsjunkningen som funktion av belastningen visas i diagram FIG. 11.

Sjunkningen visar sig vara en rätlinjig funktion av belastningen ända till det högsta använda värdet  $2,1 \text{ kp/cm}^2$  ( $0,21 \text{ MPa}$ ) då nedträngningen i fall a) var 7 mm.

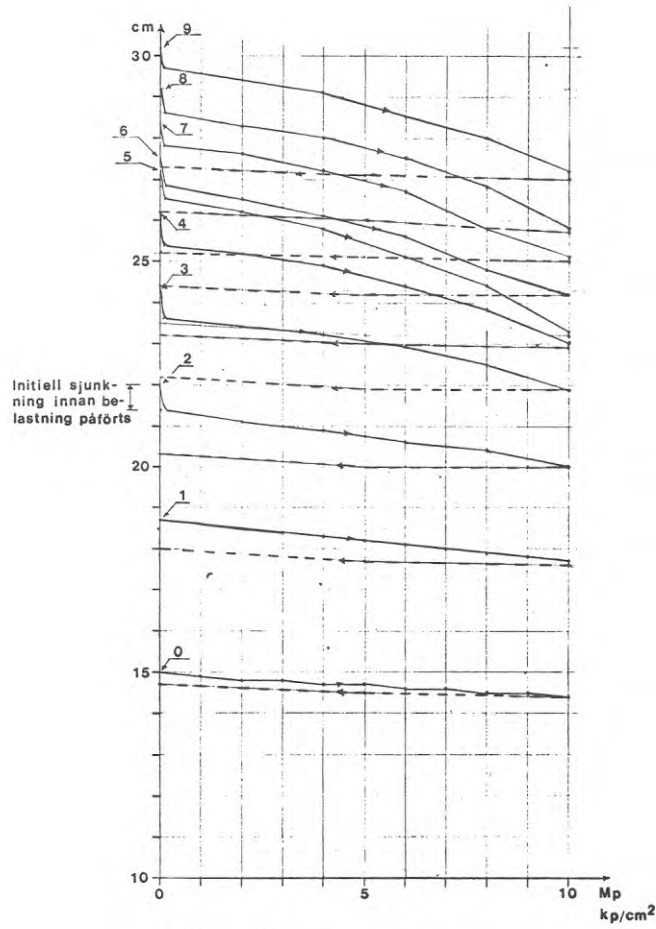
I fall a) och b) kunde även nedträngningen av rastrets mittpunkt mätas. Den var 2-3 mm mindre, representerande rastrets deformation.

Försöket visar ingen förbättring av bärförmågan i fall b) jämfört med a). Däremot gav fall c) (fylld låda) c:a 30% mindre nedträngning än de båda förra.

Detta resultat avser alltså ett prov där maskvidden är c:a 6 x stenstorleken.

PROV 12 I detta försök genomfördes (med anordning som i prov 11) succesiva lyftningar med mellanliggande pålastningar till 10 Mp (100 N) motsvarande  $2,1 \text{ kp/cm}^2$  ( $0,21 \text{ MPa}$ ). Vid seriens början var lådan fylld med singel. Serien började med ett rent belastningsprov på 15 cm tjock bädd. Sjunkningen blev 6 mm, i god överensstämmelse med prov 11 c). Därefter lyftes varje gång 40 mm från slutläget efter föregående belastning, varvid 300 mm lyftning uppnåddes efter 9 lyftningar. Av diagram FIG. 12 framgår hur den efter pålastning kvarstående höjddökningen med varje nytt lyft avtog. Detta kan dock inte huvudsakligen tillskrivas raster-effekten, utan beror på de skred som uppkom då rastret mer och mer kom att stå på toppen av en kon av singel. Det är ju nämligen välkänt, att uppkomna slänter med naturlig rasvinkel ej är stabila för överlast, vilket även medfört den "terassbildning" som visas i fig. i bilaga 2. (Dennas stegvisa utseende är ett intressant fenomen, vars förklaring dock ej efterforskats närmare). Större delen av de visade sättningarna skulle alltså erhållits även vid provbelastning av en massiv platta under i övrigt samma förutsättningar.

Slutsatsen blir alltså, att på sidorna om rastret erfordras tillräckligt med material för att stabilisera slänterna. Mätvärdena i prov 12 har dock sitt intresse i de fall detta ej kan åstadkommas.



Kraft/deformationskurvor efter successiva lyft om vardera 4 cm

FIG. 12. Resultat av försök nr 12.  
Result of test No. 12.

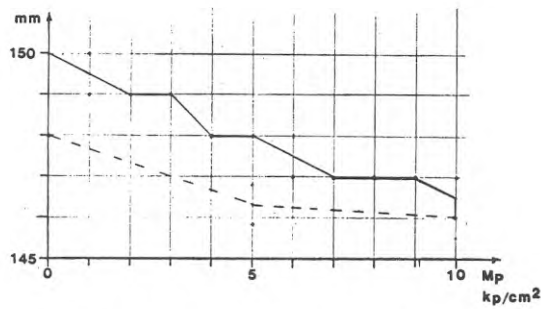
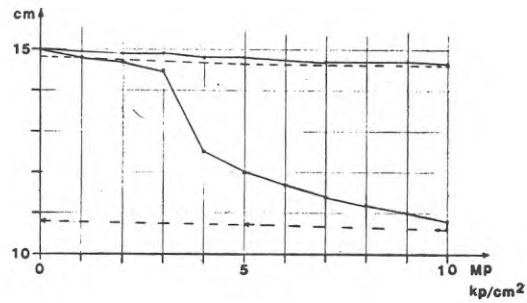


FIG. 13. Resultat av försök nr 13.  
Result of test No. 13.

Initialsjunkningen, hänförlig till själva rastereffekten, visade inget samband med lyfthöjden. Den varierade mellan 5 och 8 mm.

Efter avslutad serie konstaterades en permanent deformation hos rastret av c:a 20 mm. Detta har dock ej motsvarats av någon fortgående plastisk nedsjunkning av provet under de 10 minuter som lasten varje gång hölls konstant vid 10 Mp (100 N). Efter utböjning har rastret tydligen fått ökad förförmåga genom membraneffekt.

PROV 13 Här användes betongrastret enligt FIG. 8 Prov 13 var analogt med 11 a), d.v.s. rastret var ofyllt. Vid belastning uppstod utpräglad markbrott under rasterlamellerna vid lasten 4 Mp (40 N), vilket är naturligt. T.ex. skulle TILLÅTEN last enligt SBN 23:53221 vara

$$\sigma_m = 0,02 \times 2,7 = 0,08 \text{ kp/cm}^2 \text{ (0,008 MPa)}$$

för en lång grundsula med 30 mm bredd på grus.

Då yttrycket under lamellerna vid brottet var i genomsnitt

$$\frac{4000}{1600} = 2,5 \text{ kp/cm}^2 \text{ (0,25 MPa)}$$

så är dock en kraftig valvbildning i underbädden påvisad.

I prov 13 b) kompletterades rastret med tvärgående rundstål  $\emptyset$  10 c/c 40 mm. För detta ändamål var rastret försett med hål, och avsikten var att på detta sätt förtäta rastret och binda stenmaterialet, varigenom bärförmågan borde öka, samtidigt som stängerna bör ge en gynnsam "omrörning" vid lyftningen.

Stängernas dimension innebär, att stålspänningen uppnår flytgränsen först vid en belastning av  $3,5 \text{ kp/cm}^2$  (0,35 MPa) på rastrets bruttoyta, d.v.s. de "klarar" den aktuella lasten  $2,1 \text{ kp/cm}^2$  (0,21 MPa).

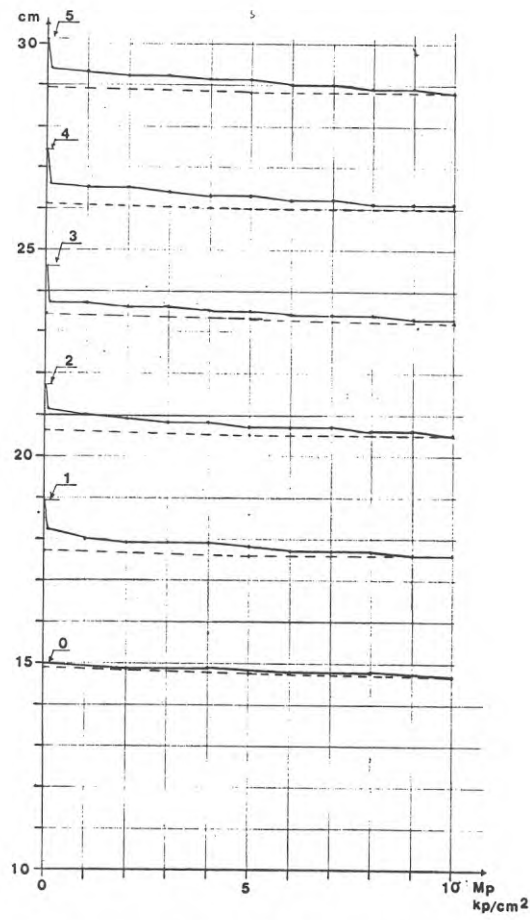


FIG. 14. Resultat av försök nr 14.  
Result of test No. 14.

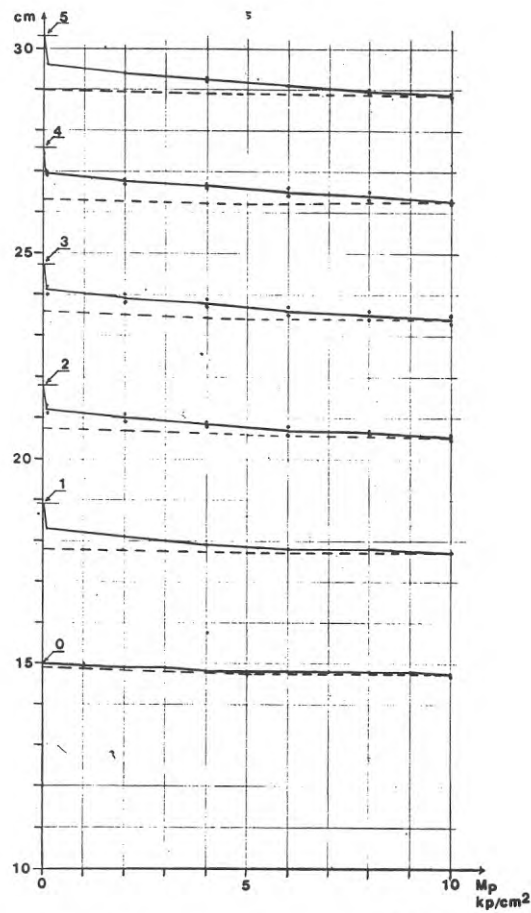


FIG. 15. Resultat av försök nr 15.  
Result of test No. 15.



Det visade sig också att stängerna, trots sin vekhet, helt förhindrade markbrottet enligt försök 13 a), trots att genomsnittliga yttrycket under lameller + stänger vid 10 Mp (100 N) var  $4,6 \text{ kp/cm}^2$  (0,46 MPa)

$$\left( \frac{10.000}{1600 + 12 \times 3 \times 15 \times 1} = 4,6 \right)$$

Nedsjunkningen var mindre än för gallerdurken i prov 11 (jfr. FIG. 11 och 13).

PROV 14 Med samma förtätade betongraster som i prov 13 b) genomfördes en provserie analog med prov 12, dock med den viktiga skillnaden att material lades upp utanför rasterlådan, så att de under lyftningen uppkommande slänterna stabiliserades.

Därvid lyckades det att med lyft à 40 mm + pålastningar uppnå 30 cm lyfthöjd efter 5 lyft att jämföra med 9 lyft i prov 12. Jfr. FIG. 14 och 12. Initialsättningarna var inte signifikant större än i prov 12, och sättningsarna vid pålastning radikalt mindre.

PROV 15 Detta var en upprepning av prov 14, denna gång UTAN de förtätande rundstålen. Resultaten av prov 14 och 15 visar total överensstämmelse, och rundstålen hade alltså ingen annan effekt än att öka bärförmågan hos tomt raster (prov 13). Jfr. FIG. 14 och 15.

PROV 16 Här undersöktes effekten, då man med provningsanordning enligt prov 15 lyfte 20 cm i ett enda lyft. Se FIG. 16. Man konstaterar, att initialsättningen före pålastning behåller sitt vanliga värde ( $\approx 7 \text{ mm}$ ), men att nedsjunkningen sedan som väntat är större, 15 mm, mot 9 mm då samma lyfthöjd uppnåtts med succesiva lyft (5 st, prov 15). Packningseffekten av succesiva lyft och pålastningar är alltså mycket tydlig, vilket i praktiken bör observeras, då stora lyft kommer i fråga. Inställningsnoggrannheten på önskad höjd kan ökas på detta sätt.

## 4.9 Slutsatser av försöksserie 2

Ett betongraster av provad typ (FIG. 8), där de lutande hålsidorna särskilt bör observeras, är lika effektivt som tidigare provad gallerduk. En förutsättning är att rastret hålls fyllt med material, varvid fyllningshöjden = maskvidden kan vara ett riktvärde (FIG. 24 ). Om detta villkor i vissa fall skulle vara svårt att uppfylla, kan rastret bringas att fungera genom att det förtätas med t.ex. tvärgående rundstänger.

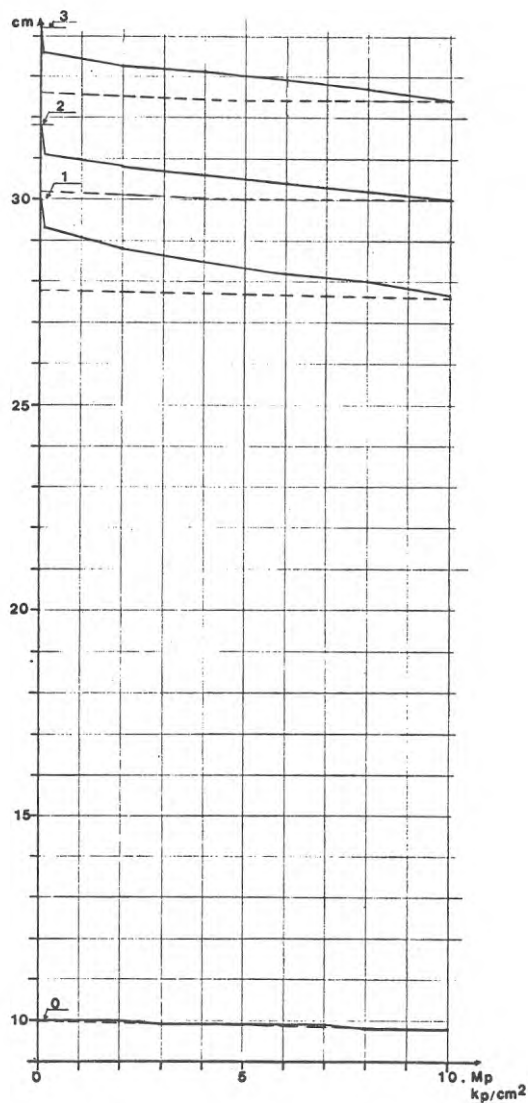


FIG. 16. Resultat av försök nr 16.  
Result of test No. 16.

## 5 PROVHUS

### 5.1 Utformning och konstruktion

Med god ledning av laboratorieförsöken övervägdes flera alternativa system att tillämpa metoden lyftkuddar + raster på ett provhus. Några önskemål var från början klara.

- 1) Ett fristående källarlöst enfamiljshus av standardtyp med rektangulär planform.
- 2) Möjlighet jämföra med samma hustyp dels i pålat utförande och dels grundlagd med normal platta på mark.
- 3) Undergrund av berg, så att systemets rörelser och funktion kunde studeras utan att obekanta inverkningar av undergrunden skulle förrycka mätvärdena.
- 4) Möjlighet till flera lyft i storleksordning 5-10 cm. Sammanlagd höjning c:a 50 cm.

Det visade sig möjligt att använda ett typhus ingående i pågående produktion i Järfälla. Fastighetsbeteckning: Viksjö 2:585, adress AVSTYCKNINGSVÄGEN 35. Hustypen visas på FIG. 17.



FIG. 17. Bild av provhuset vid en visning..

The house with which the full scale tests were carried out.

FIG. 18 se sid. 32-33.

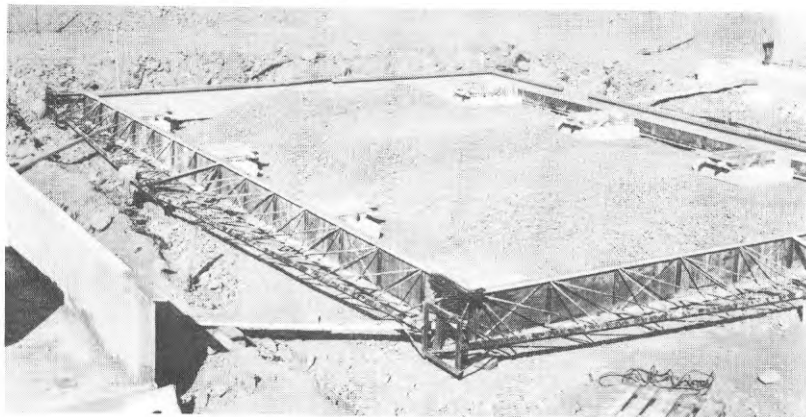


FIG. 19. Grundplattan formsatt med rastren utlagda.  
Formwork and grids arranged for the foundation slab.

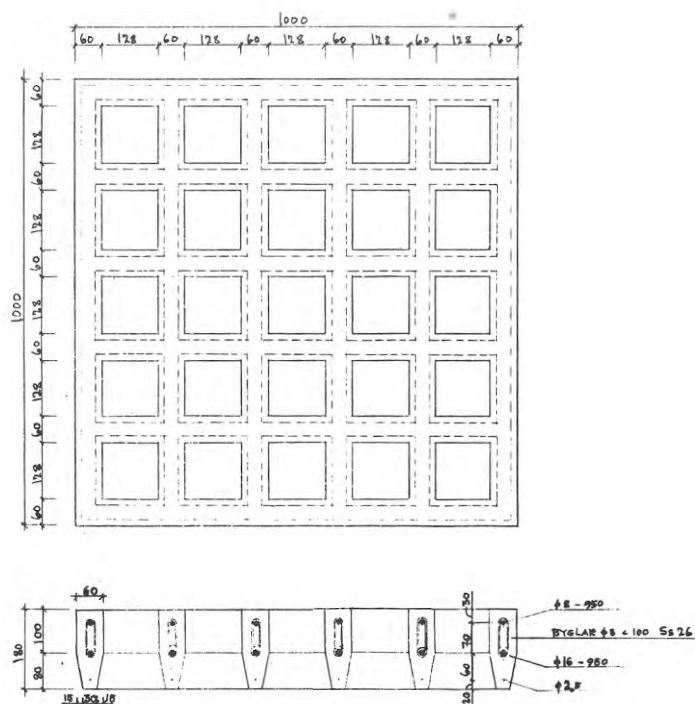


FIG. 20. Konstruktionsritning för rastren.  
The design of the grids.

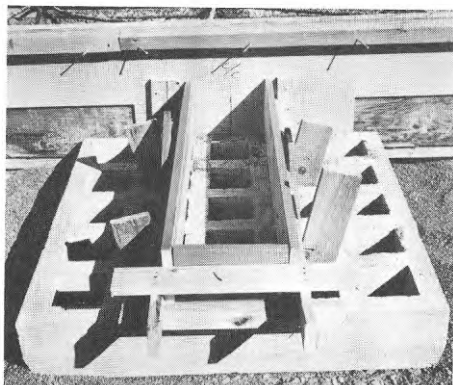


FIG. 21. Foto av raster med  
formsatt plintskåft.

Photo showing a grid with  
formwork for the pedestal.

Huset byggdes av storelement med väggar bestående av regelstomme + invändigt 13 mm gipsskiva, utvändigt träfiberskiva + liggande panel.

Efter vissa mindre lyckade konstruktionsansatser framkom följande kriterier för ekonomi, rimlig överensstämmelse med framtida praktikfall och goda försöksbetingelser.

- 1) Ett bärande system med likartad uppläggning vid lyftning och i vila. Det blir dyrbart att dimensionera för två väsentligt olika uppläggningssätt.
- 2) Möjlighet att införa lyftkuddar i utbrett skick under husets ränder genom förhållandevis stora luckor i sockel. Dessa hål kan knappast tas genom en konventionell sockelbalk.
- 3) Anordning som möjliggör en i praktiken realistisk justeringshöjd av c:a 20 cm, men där man sedan enkelt kan fylla på mera material för ytterligare lyft. Att anordna luckor i golv för detta ändamål vore tänkbart, men i praktiken mindre tilltalande för ett hus av aktuell typ.
- 4) Mot bakgrund av 3) bör raster ej ligga i botten av slutna lådor, utan hellre vara placerade som "grund-sulor" med plintskåft. Aktuella dimensioner förutsätter att rastren görs som prefabricerade element.

Den slutliga konstruktionen av provhusgrunden och dess raster framgår av FIG. 18 - 22.

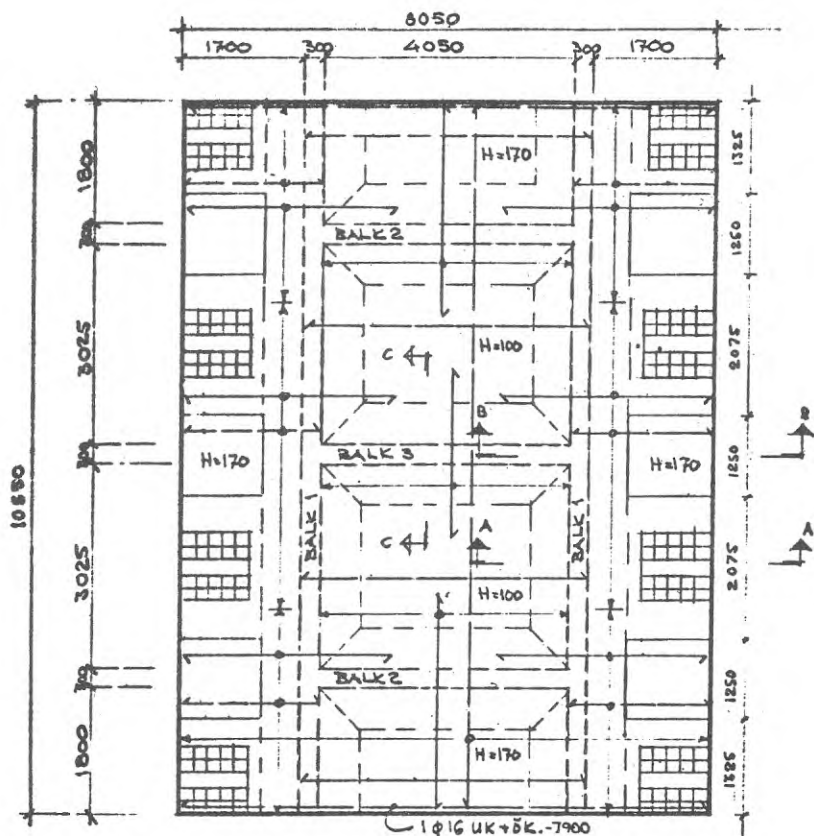
## 5.2 Beräkningar

HUSETS TYNGD är inkl. snö, nyttig last och bottenplatta mycket nära 120 Mp (1200 N)

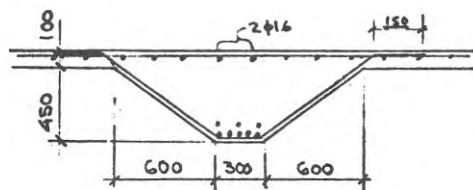
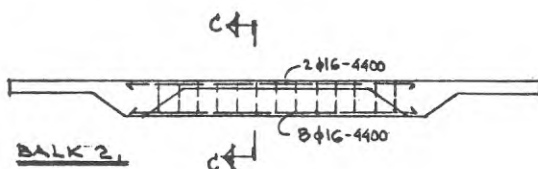
8 STYCKEN RASTER 1,0 x 1,0 M.

Vid jämn fördelning  $15 \text{ Mp/m}^2 = 1,5 \text{ kp/cm}^2$  (0,15 MPa)

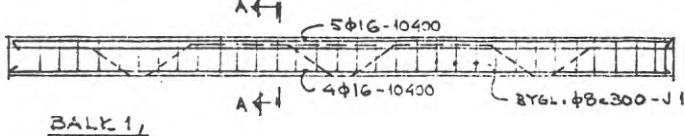
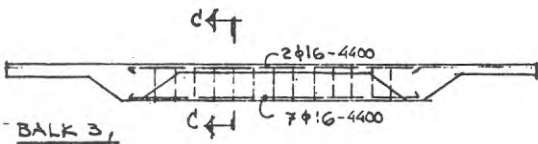
Vid beräkningsmässig fördelning max.  $18,7 \text{ Mp/m}^2 = 1,9 \text{ kp/cm}^2$  (0,19 MPa)



**PLAN**



**- C - C**



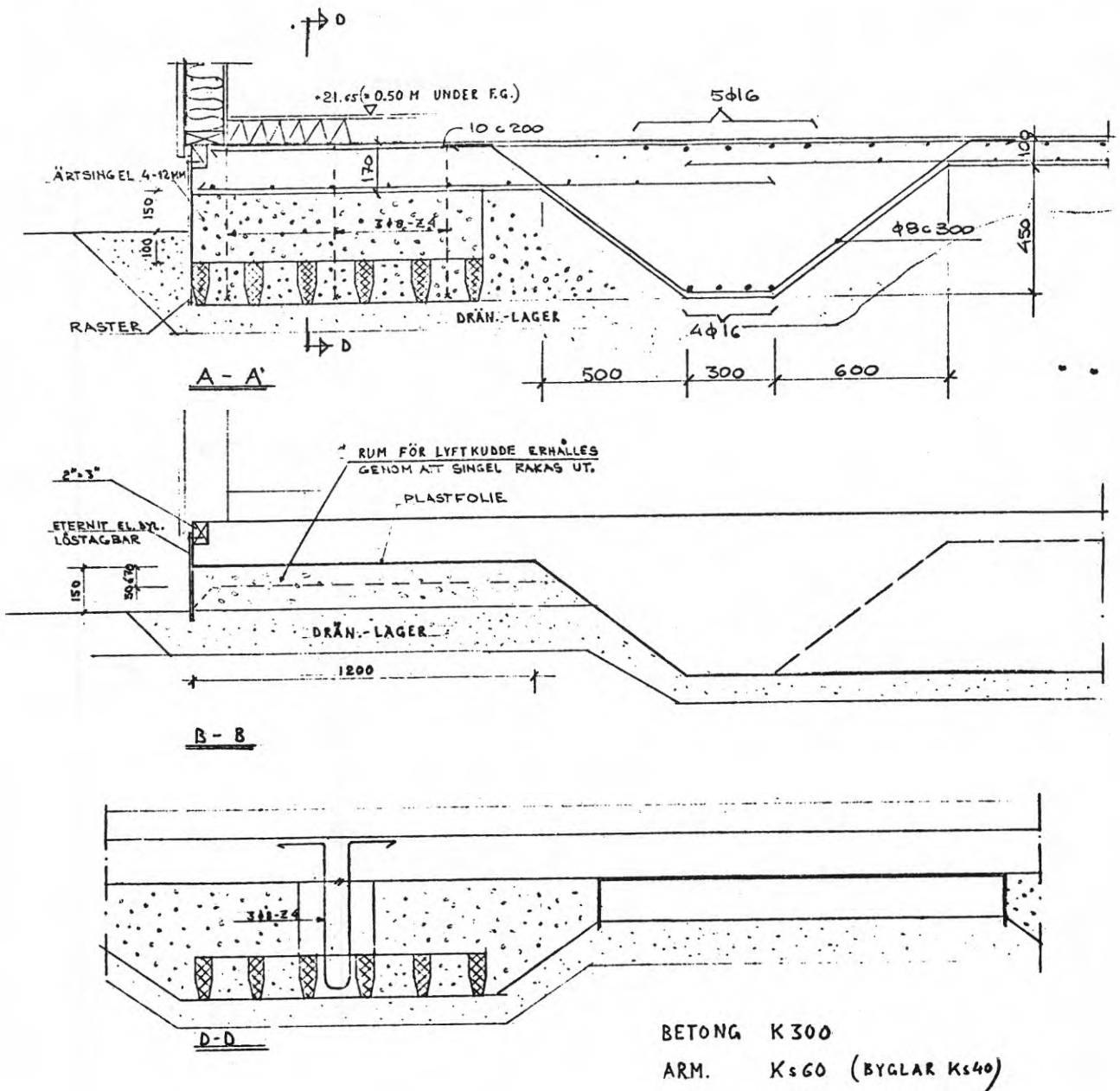


FIG. 18. Konstruktionsritning för grundplatta.  
 Design drawing for the concrete floor slab.

Tillåten last på grus ( $\varphi = 35^\circ$  uppmätt på laboratoriet) enligt SBN 23:53221:

$$\sigma_m = 1 \times 2,7 \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 1,80 \text{ kp/cm}^2 \text{ (0,18 MPa)}$$

då rastret står UPPE PÅ underbädd ( $D = 0$ )

Om rastrets underkant nedbäddas 15 cm ( $D = 0,15$ ) fås

$$\sigma_m = 1 \times 2,9 \times \frac{2}{3} = 1,94 \text{ kp/cm}^2 \text{ (0,19 MPa)}$$

Vid laboratorieproven uppgick lasten till  $2,1 \text{ kp/cm}^2$  (0,21 MPa) på ett raster  $0,8 \times 0,6 \text{ m}$ , (motsvarande  $3,1 \text{ kp/cm} = 0,31 \text{ MPa}$  på grundsula  $1,0 \times 1,0 \text{ m}$ ). Man ligger alltså under de på laboratoriet provade belastningarna.

Rastren som sådana dimensionerades för grundtrycket  $2,0 \text{ kp/cm}^2$  (0,20 MPa). Med de i FIG. 20 visade dimensionerna erhålles (med hänsyn tagen till tryckarmering)  $\sigma_b = 165$  (16,5);  $\sigma_j = 1800 \text{ kp/cm}^2$  (180 MPa).  $\tau = 25 \text{ kp/cm}^2$  (2,5 MPa) tas helt av inlagda byglar  $\emptyset 8 \text{ c } 100 \text{ Ss } 26$  vid beräkning enligt B7 "Metod A". Rastren beställdes i K 600 för att utan närmare kontroll säkerställa att erforderliga K 550 uppfylldes.

UNDERGRUNDEN för provhuset är berg.

BETONGPLATTAN karakteriseras av längsgående balkar med centrum 1,85 m innanför fasaden samt tvärgående balkar som dels verkar avstyvande, dels upptar lasten från husets hjärtvägg. (Ett hus anpassat till grundläggningsmetoden skall med fördel ha all bärning på fasaderna). Såväl lyftkuddarna som rasterplintarna angriper under den från de längsgående balkarna utkragande plattan. Dessa fungerar alltså effektivt som lastfördelare, och har för säkerhets skull dimensionerats för stödbortfall avseende raster eller lyftkudde.

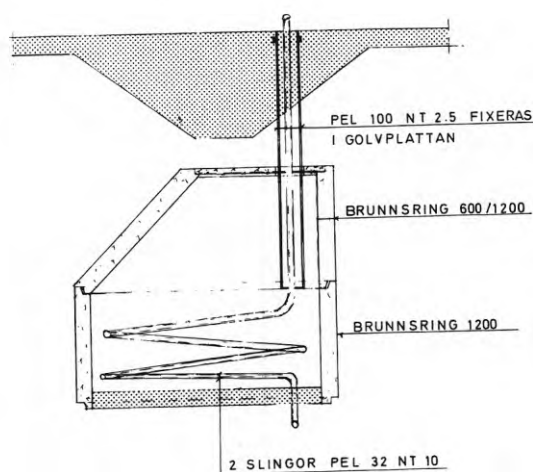
(Denna säkerhetsåtgärd kan med erfarenhet av provhuset möjligen anses onödig och ersättas med en antagen, tämligen liten, stödsjunkning. Därigenom kan armering och/eller dimensioner minskas). Plattor och balkar



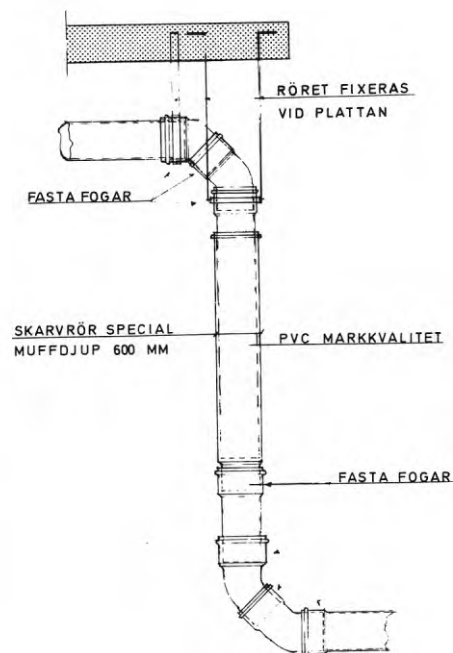
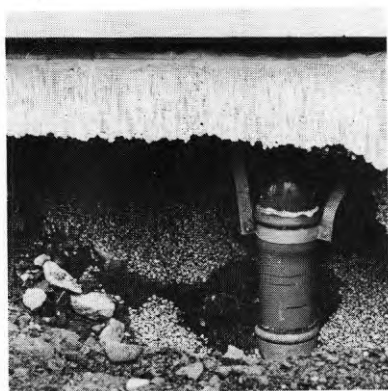
har med dessa förutsättningar beräknats på konventionellt sätt, som inte redovisas här. Lyftning betraktas som exceptionellt belastningsfall, och antas ej kombinerat med snölast. FIG. 18.

### 5.3 Vatten och avlopp.

Anslutningen av serviser har måst lösas för 50 cm rörelse, mot kanske 20 cm i ett normalfall. Det kan dock vara av värde att notera, att denna fråga kunnat lösas tämligen enkelt, och att anordningarna fungerat oklanderligt under hela försöksperioden. Se FIG. 22.



RÖRLIG VATTENANSLUTNING



TELESKOPISK AVLOPPSANSLUTNING

FIG. 22. Vatten- och avloppsanslutningar.  
Water and sewer connections.

## 6 EXPERIMENT MED PROVHUS

### 6.1 Anordningar

FÖR LYFTNINGEN 6 st "godsskyddskuddar" tillverkade av Trelleborgs Gummifabriks AB. Materialet är kloropren-gummibelagd nylonväv. De är alltså oelastiska, och elasticiteten kommer av den inneslutna luften.

Format 1,20 x 1,20 m.

Vid normal användning tillåtet lufttryck:

0,4 kp/cm<sup>2</sup> (fri kudde)

0,6 " (kudde mellan gods, max. avstånd  
40 cm)

I experimentet använt max tryck:

2,3 kp/cm<sup>2</sup>

(varvid brott uppstod i 3 fall, då kudden fått svälla till 25-35 cm höjd, jfr. 6.3, "lyft 4")

FIG. 23 c.

Som nämnts i avsnitt 2.3 blir membranspänningen i kudden direkt proportionell mot lyfthöjden (tjockleken). Om 0,6 kp/cm<sup>2</sup> tillåtes vid 40 cm höjd bör alltså  $4 \times 0,6 = 2,4$  kp/cm<sup>2</sup> kunna tillåtas vid 10 cm höjd.

TRYCKLUFT erhöles från en liten kompressor, Atlas Copco FE4EA31 kapacitet 102 l/m vid 6 atö  
max. tryck 10 atö.

Mått L x B x H = 1065 x 350 x 665 mm

Vikt 72 kg + kärra.

REGLERING skedde från en manövertavla enl. FIG 23 b.

Den är utrustad med reduktionsventil med manometer samt 12 uttag i tre grupper, vardera med manometer och avstängningsventil. Varje uttag är avsett för snabbkoppling och kan även proppas. Ett av uttagen i varje grupp försågs med ventil för utsläppning av luften.

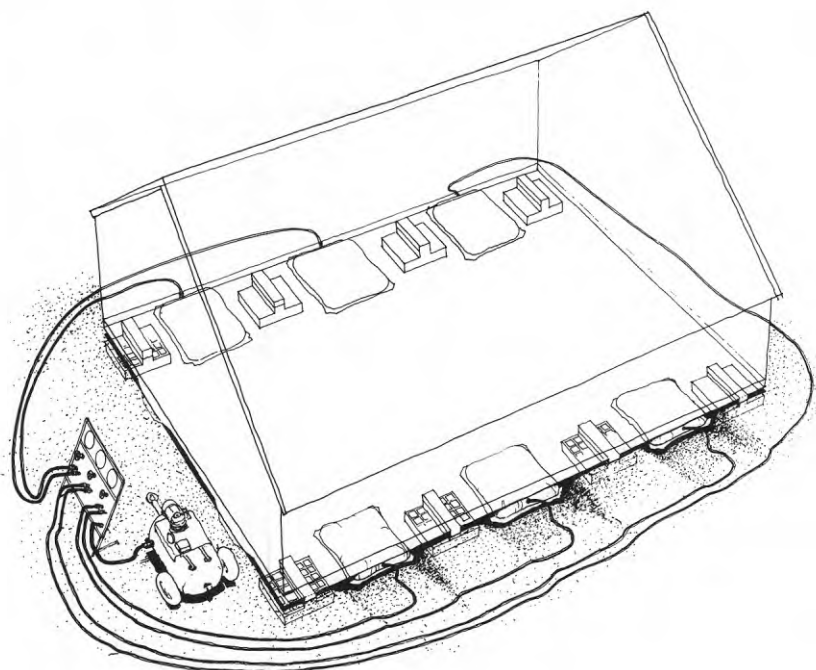


FIG. 23a. Lyftanordningarna inkopplade under provhuset.  
The lifting equipment arranged under the test house.

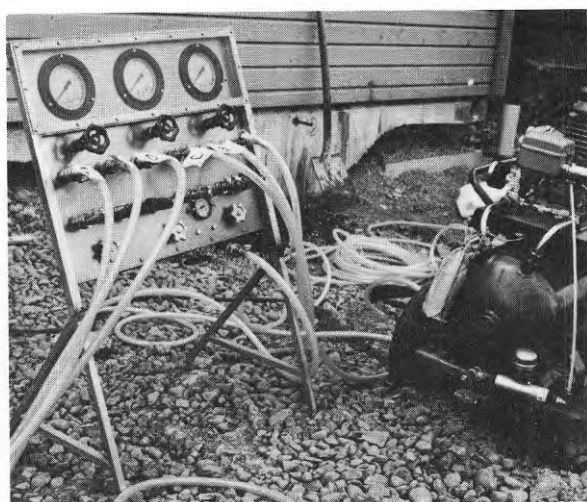


FIG. 23b. Manövertavla och kompressor.

Control panel and compressor.

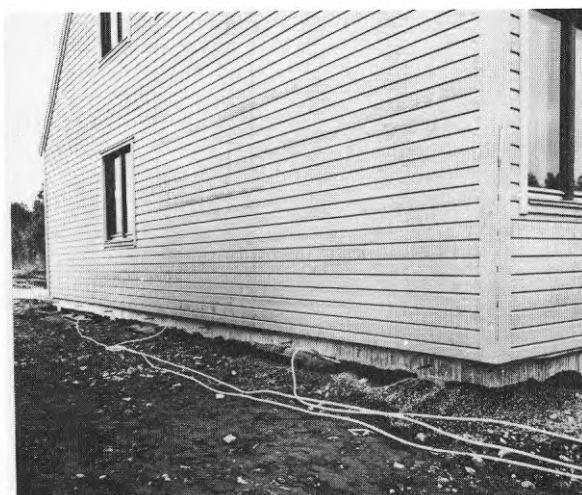


FIG. 23c. Tre lyftkuddar under ena långfasaden. Obs! måttstock på hushörnet och avvägningspunkter på sockeln.

Three lifting cushions under one of the facades. Note mm-rule at the corner and seven protruding steel bars for measurements.

FÖRBINDELSELEDNINGAR utgjordes av plastslangar med teryleninlägg och kopplades i regel så, att två lyftkuddar anslöts till vardera av de tre grupperna på manövertavlan (mera härom i avsnitt 6.7).

MÄTANORDNINGAR. I socklarna insattes 18 st avvägningssdubbar av armeringsstål, varav 14 st mitt för de 6 lyftkuddarna och de 8 rasterplintarna. På trähusets hörn uppsattes kontrollerade tumstockar. Diagonalt mot varandra på 6-10 m avstånd från huset uppställdes avvägningssinstrument. Två av hushörnen kunde alltså observeras från båda instrumenten, och det kunde på så sätt konstateras att skillnaden i avläst höjd på de båda instrumenten ej överskred 1 mm.

UPPKOPPLING. Arrangemangen vid provhuset framgår bäst av FIG. 23.

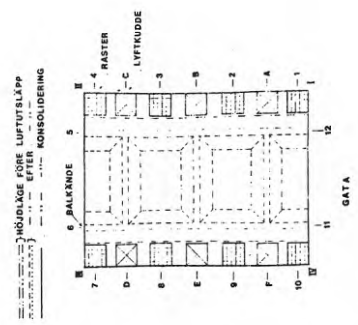
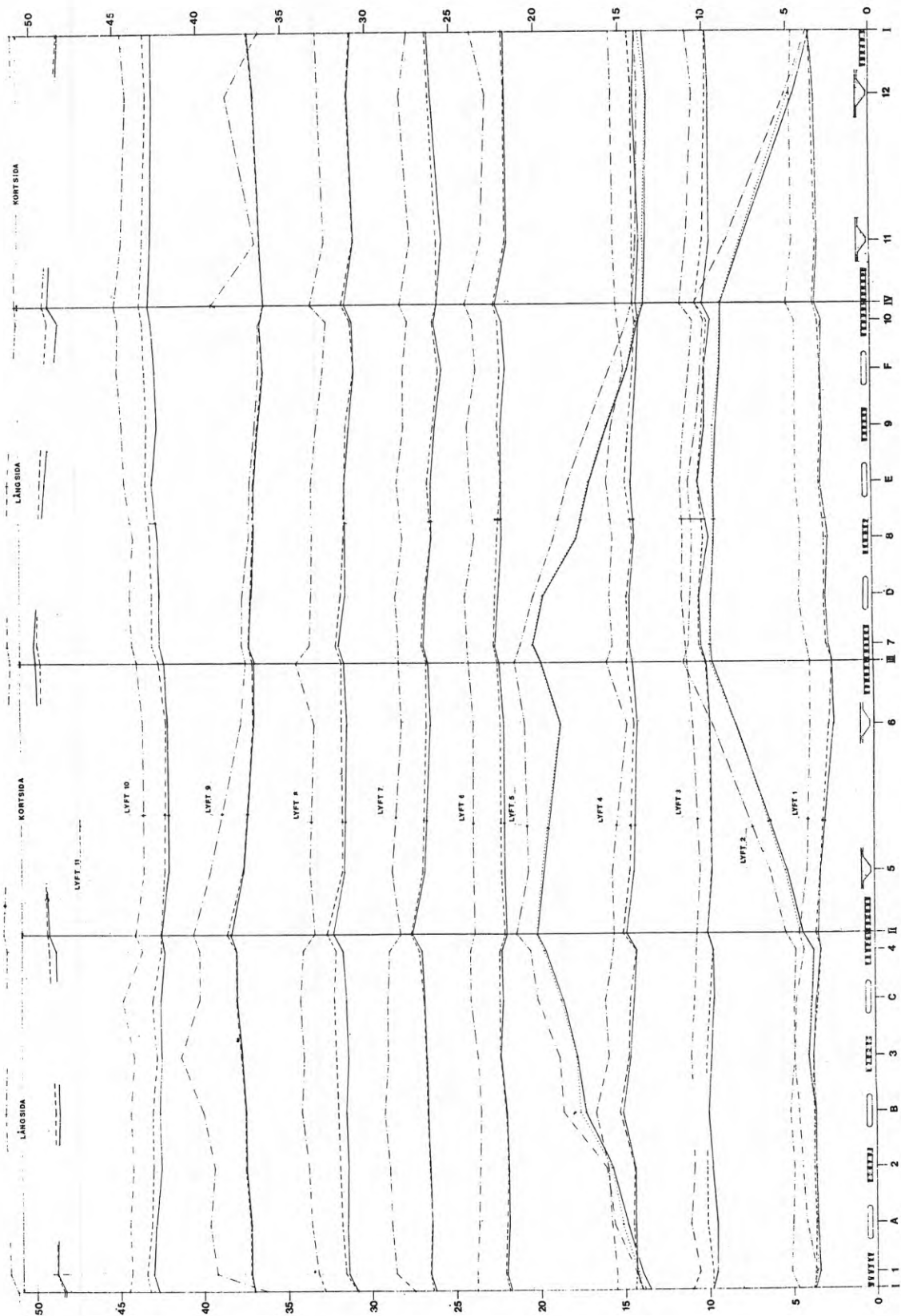


FIG. 24. De sammanlagt 11 lyftningarna av huset. Höjdlägena med lyftkuddar fyllda, omedelbart efter tömning samt en eller flera dagar senare. The lifting of the test house, in all 11 tests. Levels with the lifting cushions filled, immediately after emptying and one or several days later.

## 6.2 Förfarande och normalt förlopp

Före varje lyftning avvägdes samtliga mätpunkter.

Utrymmet för lyftkuddarna kontrollerades och justerades vid behov med singel så att fria höjden blev 5 - 7 cm.

Kuddarna applicerades och kopplades till manövertavla och kompressor. Reduceringsventilen inställdes på c:a  $2,0 \text{ kp/cm}^2$  och luft släpptes på till samtliga 3 grupper. Efter 10 - 15 min. kunde rörelser iakttagas. Luftrycket var då

$$1,5 - 1,6 \text{ kp/cm}^2 \text{ (0,15 - 0,16 MPa)}$$

Lyftningen gick sakta och odramatiskt - det fanns tid att observera hushörnen genom avvägningsinstrumenten.

Om någon sida gick för snabbt upp stängdes ventilen till aktuella lyftkuddar och öppnades åter då huset stod ungefär i våg. Per lyftning om c:a 6 cm åtgick 20-30 min. (inkl. kontrollavläsningar) sedan rörelserna börjat.

Då avsett läge nåtts stängdes samtliga ventiler och alla mätpunkter avvägdes. Fyllnadsgraden i rastren kontrollerades, varefter luften släpptes ut.

Ny avvägning gjordes sedan luftrycket gått ned till noll, sedan efter 1 timme och ytterligare i intervall om c:a 2 timmar till dagens slut. Varje dag under försöksperioden skedde en avvägning på morgonen för kontroll av ev. långtidssättningar.

## 6.3 Redovisning av försöken

Hela försöksserien har lagts in i gemensamt diagram, FIG. 24, ur vilket nedanstående observationer kan göras.

LYFT 1 Lyfthöjd 4 - 5 cm.

Återsjunkning omedelbart: 0,8 - 1,6 cm

Återsjunkning totalt efter 0,75 dygn: 0,8 - 1,7 cm

Speciell horisonteringsnoggrannhet eftersträvades inte.

Kvarstående avvikelse mellan högsta och lägsta punkt: 1,2 cm

Luftrycket på de 3 grupperna under lyftning var 1,9 - 1,5 - 1,7  $\text{kp/cm}^2$ .

LYFT 2 Avsåg att snedställa huset i tvärriktningen, för att i nästa lyft horisontera det på realistiskt sätt. Lyftkuddarna kopplades om för ändamålet, med kuddar ABC till en grupp och DEF till en annan. Under den långsida som lyftes var lufttrycket  $2,0 \text{ kp/cm}^2$  ( $0,20 \text{ MPa}$ ). På den sida som endast lättades för att medge vinkeländring var lufttrycket  $1,7 \text{ kp/cm}^2$  ( $0,17 \text{ MPa}$ )

Lyfta sidan:

Lyfthöjd: (från slutläge lyft 1).	7,2 - 8,8 cm
Återsjunkning omedelbart:	1,2 - 1,6 cm
Återsjunkning totalt efter 0,1 dygn:	1,2 - 1,6 cm

Kvarliggande sidan:

Lyfthöjd: (från slutläge lyft 1):	1,1 - 1,7 cm
Återsjunkning omedelbart:	0,9 - 1,5 cm
Återsjunkning totalt efter 0,1 dygn:	0,9 - 1,5 cm

Kvarstående avvikelser mellan högsta och lägsta punkt: 6,0 cm. Alltså en storleksordning, som i verkligheten skulle föranlett åtgärder.

LYFT 3 Avsåg att så noggrant som möjligt horisontera huset efter snedställningen i lyft 2.

Lyfta sidan:

Lyfthöjd (från slutläge lyft 2):	7 - 7,5 cm
Återsjunkning omedelbart:	0,9 - 1,0 cm
Återsjunkning totalt efter 0,75 dygn:	1,0 - 1,6 cm

Kvarliggande sidan:

Lyfthöjd (från slutläge lyft 2):	1,5 - 2,0 cm
Återsjunkning omedelbart:	0,8 - 1,2 cm
Återsjunkning totalt efter 0,75 dygn:	1,0 - 1,5 cm

Kvarstående avvikelse mellan högsta och lägsta punkt (= resultat av horisonteringen): 0,9 cm.

Då alltför stort (högt) utrymme fanns under två lyftpunkter, kunde kuddarna ej lyfta tillräckligt innan de blev fulla, varvid trycket steg utan ytterligare expansion. De tömdes då, och dubbla kuddar lades in (två lager, FIG. 25) under lyftpunkterna A och B.

Detta byte kunde ske oförhindrat, då belastningen under tiden övertogs av rastren. Trots att det var oförberett, tog bytet inkl. koppling av slangar endast 15 min.

LYFT 4 Avsåg en ren lyftning, med huset så väl som möjligt i våg.

Lyfthöjd (från slutläge lyft 3):	5,1 - 6,7 cm
Återsjunkning omedelbart:	0,6 - 1,4 cm
Återsjunkning totalt efter 0,75 dygn:	0,7 - 1,6 cm

Kvarstående avvikelse mellan högsta och lägsta punkt:  
1,2 cm.

Efter 30 min. uppstod brott i kudde A, sannolikt på grund av dålig fyllning under kuddens inre kant, varigenom den kunnat expandera till för stor höjd (jfr. 2.3, 6.1). Oförberett byte till hel kudde tog 10 min. och föranledde inga olägenheter, då lasten under tiden övertogs av rastren.

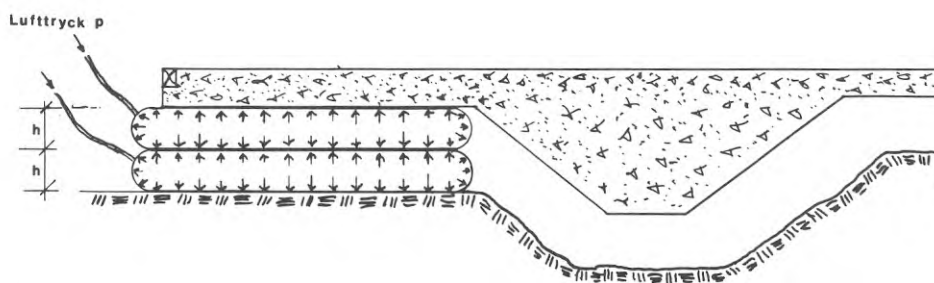


FIG. 25. Funktionen av två kuddar på varandra. Membranspänningen blir hälften jämfört med om en enda kudde användes för samma lyfthöjd.

Two lifting cushions on top of each other. The tension in the membranes is half of the one that will occur if one cushion is used for the same height.



LYFT 5 Avsåg att snedställa huset i längdriktningen, för att i nästa lyft horisontera det på realistiskt sätt.

Lyfta sidan:

Lyfthöjd (från slutläge lyft 4):	6,3 - 7,0 cm
Återsjunkning omedelbart:	0,9 - 2,1 cm
Återsjunkning totalt efter 7 dygn:	0,8 - 2,1 cm

Kvarliggande sidan:

Lyfthöjd (från slutläge lyft 4):	0,2 - 0,3 cm
Återsjunkning omedelbart:	0,2 - 0,6 cm
Återsjunkning totalt efter 7 dygn:	0,5 - 0,6 cm

Kvarstående avvikelse mellan högsta och lägsta punkt: 7 cm.

Alltså en storleksordning som i praktiken skulle föranlett åtgärder.

LYFT 6 Avsåg att så noggrannt som möjligt horisontera huset efter snedställningen i lyft 5.

Lyfta sidan:

Lyfthöjd (från slutläge lyft 5):	9,5 - 10,3 cm
Återsjunkning omedelbart:	1,1 - 1,9 cm
Återsjunkning totalt efter 11 dygn:	1,2 - 2,0 cm

Kvarliggande sidan:

Lyfthöjd (från slutläge lyft 5):	3,7 - 5,2 cm
Återsjunkning omedelbart:	1,8 - 1,9 cm
Återsjunkning totalt efter 11 dygn:	1,9 - 1,9 cm

Kvarstående avvikelse mellan högsta och lägsta punkt = resultat av horisonteringen 0,8 cm.

LYFT 7 - 10 I och med lyft 6 kunde man anse justeringsmetoden entydigt dokumenterad. Totala lyfthöjden (efter återsjunkning) var då 22 cm.

Lyft 7 - 10 användes för demonstrationer samt justering av sidläge enligt beskrivning nedan. Härvid trädde ibland noggrannheten i höjdinställning i bakgrunden. Avläsningarna är dock redovisade i diagrammet, FIG. 24.

LYFT 11 Avsåg att lyfta huset resterande 7,5 cm (genomsnitt) samt ställa in det i sitt slutläge, 50 cm över den ursprungliga.

Observationerna övertogs här av Statens Provningsanstalt. Socklarna hade byggts in på slutligt sätt, varvid alla mätpunkter utom 6 st fått utgå.

Efterhand som försöken fortskridit hade nytt singel fyllts ovanpå rastren, och sedan runnit ned och belastats under dessa. Mest arbetskrävande var att fylla på rastrens insidor. För att testa konstruktionens okänslighet tilläts visst slarv i detta avseende. Dessa två faktorer, tjockare singelbädd och delvis bristfällig fyllning, torde bidragit till den något större återsjunkningen och något större svårighet att ställa in huset exakt i våg i detta försök. (Se laboratorieförsök 3 och 11). Lyft 1 - 6 är alltså mera representativa.

Lyfthöjd (från slutläge lyft 10): 8,0 - 9,2 cm

Återsjunkning omedelbart: 1,8 - 3,0 cm

Återsjunkning totalt (se långtidsprotokoll fig. 27.)

Kvarstående avvikelse mellan högsta och lägsta punkt: 1,8 cm (diagonalt motsatta hörn)

Därvid ligger den högsta punkten på exakt avsedd höjd (= stadspanehöjd).

Något samband mellan rasterfyllnadsgraden efter lyftningen och återsjunkningen kan ej avläsas. Fyllningen inspekterades nämligen och noterades följande:

Raster	Fyllnadsgrad	Anmärkning
1	98 %	Största sjunkning
2	100 %	
3	75 %	
4	100 %	
7	100 %	Minsta sjunkning
8	98 %	

Datum	Kl.	Händelse	Tid tim dygn	SOCKELPUNKTER_NR						HUSHÖRN						
				1 mm	B mm	4 mm	7 mm	E mm	10 mm	1 mm	4 mm	7 mm	10 mm			
1972	1/12	13.00 Före lyft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14.45	Efter lyft	0	95 (-26)	92 (-30)	86 (-22)	80 (-18)	87 (-20)	91 (-18)	95 (-27)	84 (-17)	80 (-17)	80	92 (-18)	80	92 (-18)
	15.00	Efter luftutsl.	0	69	62	58	62	67	73	68	57	63	63	74	63	74
	16.00	-	1h	68	62	58	62	66	73	67	56	62	62	74	62	74
	17.00	-	2h	68	61	(55)	62	(64)	71	67	56	63	63	74	63	74
	9.00	-	18h	68	(64)	57	62	66	73	67	56	62	62	74	62	74
2/12	9.00	-	2d 18h	68	62	58	61	66	74	67	56	63	63	74	63	74
4/12	9.00	-														
7/12	15.00	SP instr. + stång	6d	65 -1	60 -2	58 -4	56 -2	64 -2	75	67	56 -2	60 -3	60	77	60	77
21/12	14.00		20d	64 -2	58 +0	54 +1	54 +2	62 +2	73 +1	67 +0	54 -1	57 -1	57	76	57	76
1973	23/1	14.00	53d	62 +0	58	55 -1	56 -1	64 -1	74 +0	67 +1	53 -1	56 +1	56	76	56	76
22/2	14.00		83d	62 +0	-x)	54 +2	55 -1	63 -1	74 +0	68 -1	52 +2	57 +1	57	77	57	77
21/3	14.00		110d	62 +0	-	56 -1	54 +1	62 +1	74 +0	67 +0	54 -2	58 -2	58	76	58	76
25/4	14.00		145d	62 -2	-	55 -2	55 -1	63 +0	74 -1	67 +1	52 +1	56 +1	56	76	56	76
21/5	10.00		171d	60	-	53	54	63	73	68	53	57	57	76	57	76

x) ej längre åtkomlig på gr av nymonterat trappsteg.

FIG. 27. Tabell över långtidsobservationer, utförda av Statens Provvningsanstalt.  
Table showing the long term settlement, observed by an official institute ("Statens Provvningsanstalt").

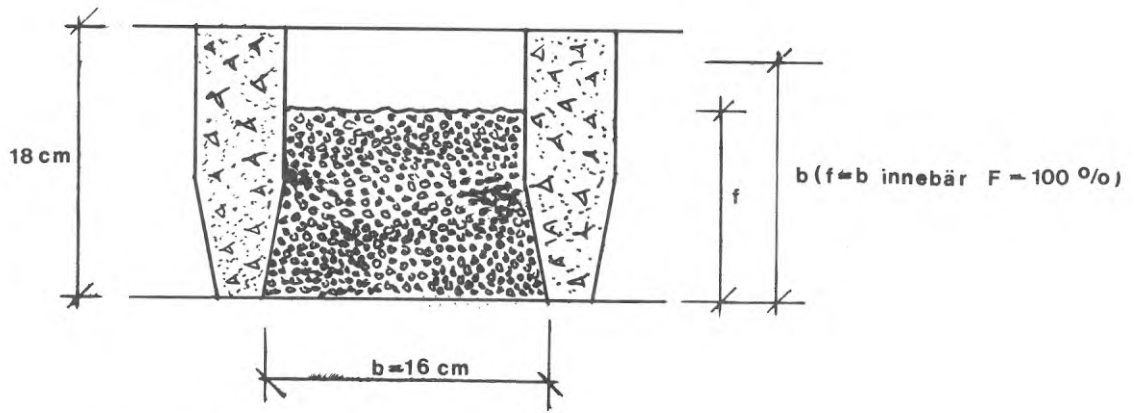


FIG. 26. Definition av fyllnadsgraden.

Definition of the degree of filling in the grids.

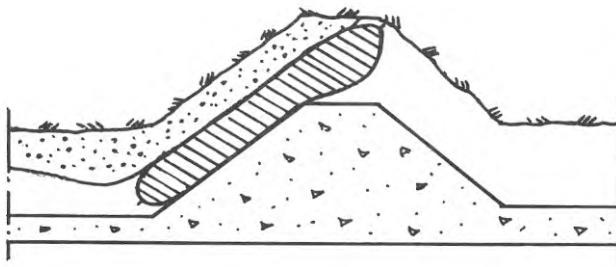


FIG. 28. Kudde insatt för horisontaljustering.

Cushion arranged for horizontal movement of the building.

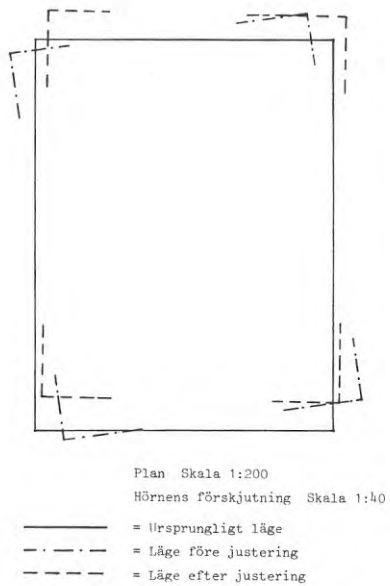


FIG. 29. Horisontella förflyttningar.

Horizontal movements.

9	98 %	
10	100 %	Största sjunkning

Fyllnadsgraden definierad enligt FIG. 26.

Med aktuell rastertyp synes alltså 75 % fyllnadsgrad vara tillräcklig. Inför långtidsobservationerna påfylldes dock rastren till 100 %.

#### 6.4 Långtidsobservation

Efter lyft 11 (1/12-72) observerades huset med växande tidsintervall som sedan fixerats till en månad.

Återsjunkningen för de fyra hörnen (till den dag då detta skrives) framgår av tabell FIG. 27.

Som synes är långtidssättningarna från kvällen den 1/12 små, t.ex.  $0,6 \pm 2,8$  mm t.o.m. den 21/3 (medelvärde och medelavvikelse för de 10 mätpunkterna).

#### 6.5 Horisontalförskjutning (vridning)

Under lyftförsöken vred sig byggnaden på ej planerat sätt, så att ett av hörnen flyttade sig som mest 22 cm från ursprungligt läge.

Att viss rörelse inträffat förvånar inte, då ingen stabiliserande kraft funnits under lyftningen, bortsett från avloppsröret samt en obetydlig friktion och motfyllning vid gavlarna. Förskjutningens storlek torde dock ha berott på, att lyftkuddarna i vissa fall legat an mot de lutande balksidorna under huset.

Genom insättning av kuddar enligt FIG. 28 var det möjligt att samtidigt med en lyftning c:a 6 cm (lyft 9) vrida tillbaka huset något, så som framgår av FIG. 29.

Med kännedom om detta bör sidoförskjutningar dels kunna förhindras, dels återställas, om de skulle inträffa i ett praktikfall, där dock lyfthöjderna och därmed risken för horisontalrörelser är väsentligt mindre.

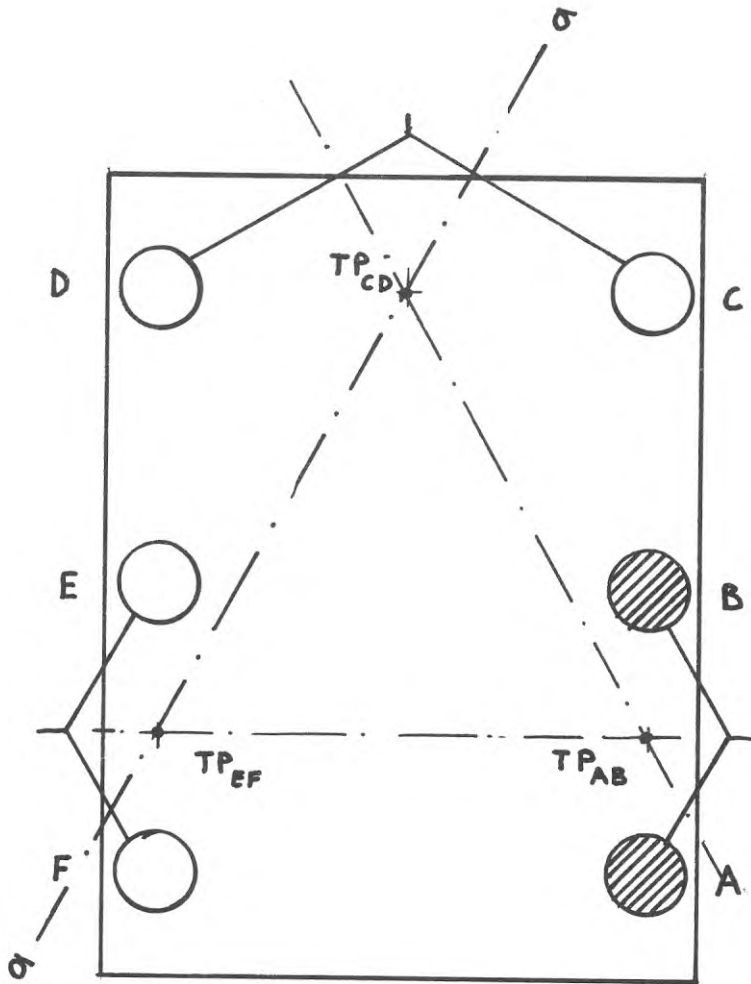


FIG. 30. Lyftpunkter och rotationsaxlar. Om t.ex. luftmängden ökar i kuddarna A och B så sker rotation kring axeln a-a.

Lifting centers and axles of rotation. With increasing amount of air in e.g. cushions A + B the slab will rotate around the axle a-a.

## 6. 6           Kommentarer till statistiska verknings- sättet vid lyftning

Som tidigare nämnts, kopplas lyftkuddarna samman i tre grupper. På provhuset blir det då två i varje, men i princip kan flera kuddar kopplas på samma sätt. Idén bakom detta är, att husets uppläggning blir (yttre) statistiskt bestämd, d.v.s. upplagskrafterna kan bestämmas med enbart jämviktsekvationer. (FIG. 23a, 30)

I varje grupp blir nämligen lufttrycket konstant, och vid samma anliggningsyta likaså lyftkraften per kudde. Vid deformationer eller vinkeländringar i platta och mark kan luft fritt passera mellan kuddarna, och resultanten ligger alltså kvar i gruppens tyngdpunkt.

Husets hörnpunkter kan på så sätt lyftas till önskad nivå, genom att ventilerna öppnas och stängs med ledning av fortgående mätningar. Man måste endast beakta hur vridningsaxlarna ligger (FIG. 30 ). Förutsättning är naturligtvis en styv konstruktion, som kan fördela lasterna. Automatisk reglering med givare och magnetventiler bör vara relativt enkel att ordna. Det långsamma förloppet gör dock den manuella regleringen fullt tillfredställande.

Vid vridning kring exempelvis axeln a-a i FIG. 30 kommer hörnet D att röra sig NEDÅT. Då huset är försett med raster kan detta förefalla problematiskt. Här kommer emellertid den initialsjunkning utan bärförmåga, som tidigare konstaterats i laboratoriet, väl till pass. Dess begränsade storlek gör dock, att man i regel bör räkna med några cm total lyftning av huset, även när avsikten endast är att upphäva uppkommen lutning.

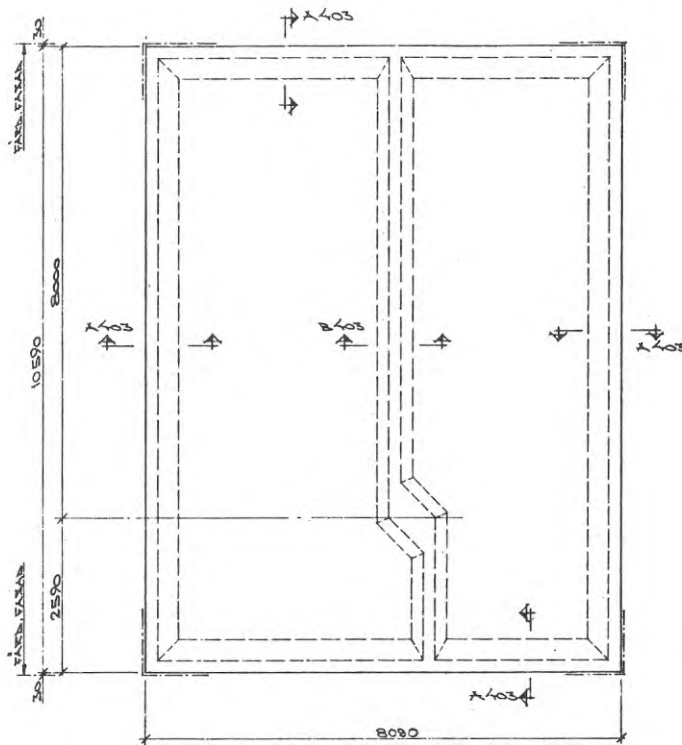
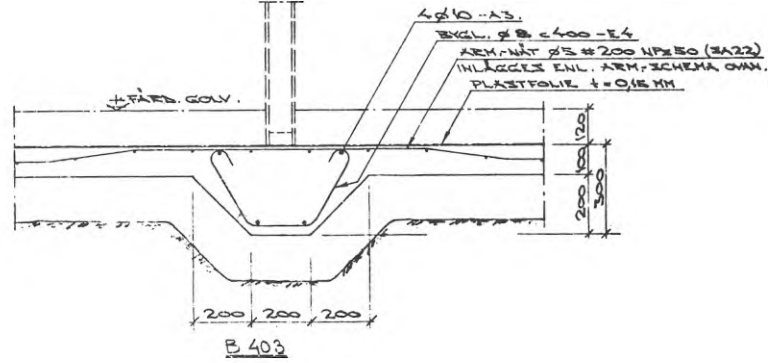
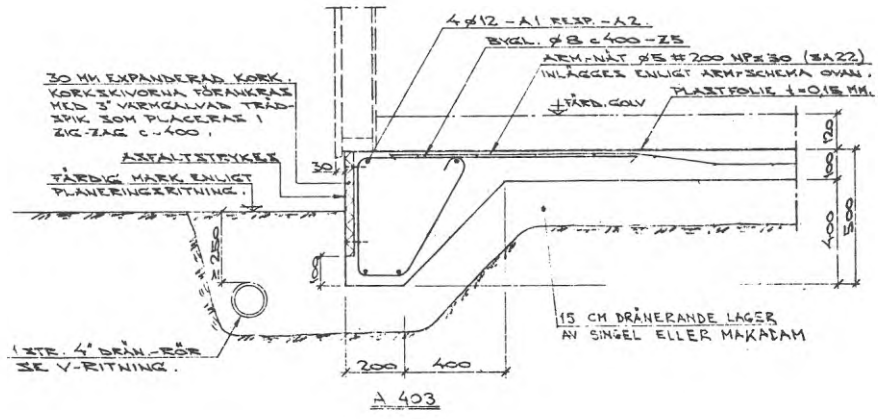


FIG. 31. Platta "på mark" för samma hustyper.  
Slab for the same house, intended for foundation directly on the subsoil.



## 7 KOSTNADER

### 7.1 Allmänt

Till skillnad mot vad som är vanligt för grundkonstruktioner, har man att beakta dels investeringskostnader, dels driftskostnader avseende erforderliga justeringar under byggnadens livstid.

Huruvida sådana justeringar blir nödvändiga kan endast grovt bedömmas från fall till fall.

Även under sådana grundförhållanden, att man tämligen säkert kan förutse behovet av en eller annan justering, så återstår frågan hur många dessa kommer att bli. Yttre omständigheter, som byggandet av tunnlar eller andra anläggningar i grannskapet, kan medföra opåräknat stort antal justeringar.

Som visas nedan är dock kostnaden för en justering (lyftning) synnerlingen måttlig, av samma storleksordning som smärre underhållsåtgärder. Investeringskostnaden tilldrar sig därför det största intresset.

### 7.2 Investeringskostnad

Lämpligt är, att beräkna merkostnaden jämfört med enkel "platta på mark". Såväl pålning som rastergrundläggning medför, att plattan måste göras fribärande. Om bärande hjärtvägg finnes, blir rastergrunden dessutom fördyrad genom att rastren till skillnad från pålar med fördel koncentreras till plattans ytterkanter. Vidare fördyras plattan av, att kantbalkarna inte som vid pålning samtidigt utgör sockelbalkar, och inte heller går mitt över stödpunkterna (FIG. 32, 18).

Helt säkra kalkyler kan endast erhållas med data från reell produktionen vilket är omöjligt med ett nytt konstruktionssystem och en enstaka prototyp.

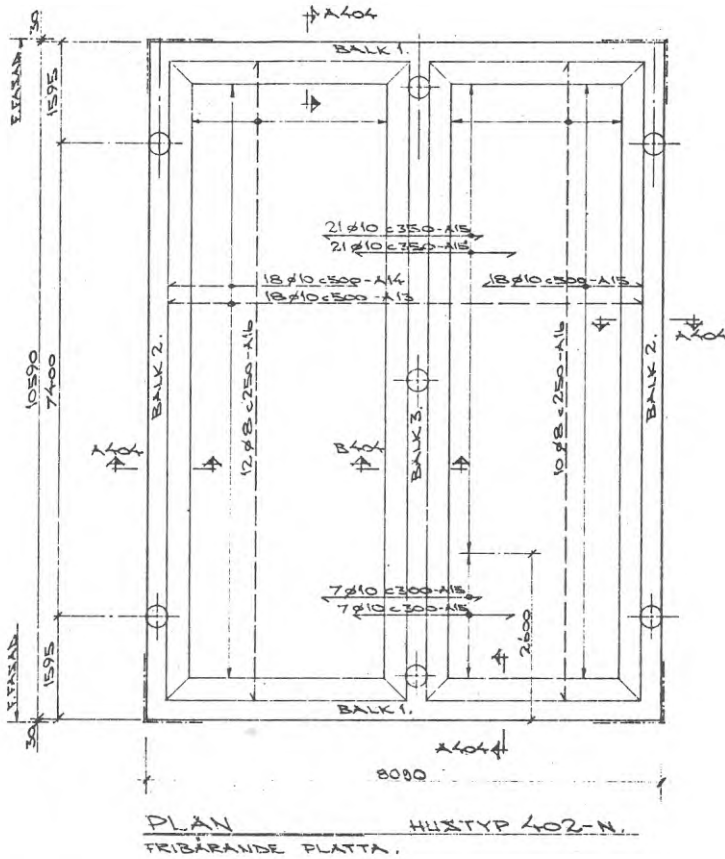
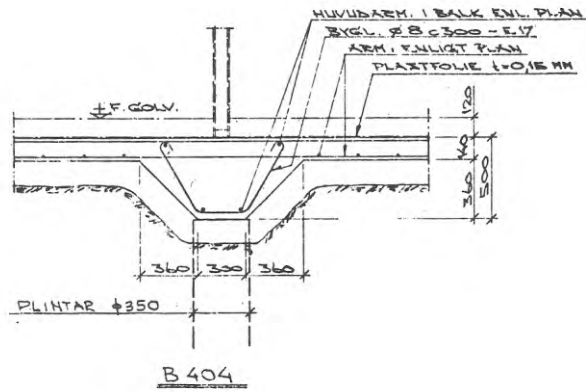
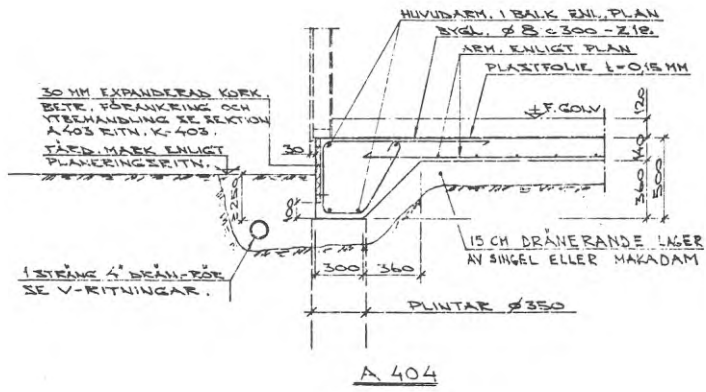


FIG. 32. Pålad grund för samma hustyp.  
Slab for the same house, intended for pile foundation.

Nedanstående bygger därför vad gäller rastergrunden på traditionellt utförd å-priskalkyl, med tillhörande osäkerhetsmarginaler. Beräkningen avser utförande lika provhuset, i serieproduktion (minst 20 hus). Redovisat är producentens merkostnader jämfört med enkel "platta på mark".  
Kostnadsläge: 1/1-72.

	"Platta på mark"	Pålgrund med pållängd				Lyft- grund
		6 m	8 m	10 m	15 m	
Betongplatta inkl. armering och formsätt- ning	0	—	1.485:-	—		3.810:-
Pålar	0	3.290:-	3.920:-	4.550:-	6.150:-	
Raster	0					800:-
Sockelinkläd- nad	0					450:-
Ledningsan- x) slutningar	0	60:-	60:-	60:-	60:-	60:-
	0	<u>4.835:-</u>	<u>5.465:-</u>	<u>6.095:-</u>	<u>7.695:-</u>	<u>5.120:-</u>

x) Vid aktuella markförhållanden blir rörlig anslutning nödvändig även för pålgrunder. Så omfattande anordningar som i provhuset erfordras ej för mindre lyfthöjder.

I en verklig produktion kan materialåtgången för lyftgrunden reduceras jämfört med provhuset. Bl.a. behöver balkar ej dimensioneras för stödbortfall, varigenom armering och dimensioner kan minskas något. Konsolbalkar vid gavlar kan göras med avtagande sektion. Vidare bör observeras, att den ovan kalkylerade pålgrunden och plattan på mark konstruerats och producerats med stöd av mångårig erfarenhet, medan lyftgrunden utförts för första gången. Beträffande investeringskostnaden gäller alltså, att KOSTNADEN I DAG BLIR DENSAMMA SOM FÖR PÅLAD GRUND VID PÅLLÄNGD C:A 6 M, men denna gräns kan i framtiden sänkas med några meter. Jämföres i stället med enkel platta på mark fås, att MERKOSTNADEN FÖR RASTERGRUNDEN BETRAKTAD SOM SÄKERHETSÅTGÄRD VID OSÄKRA GRUNDFÖRHÅLLANDEN ÄR AV STORLEKSORDNINGEN KRONOR 5.000:- ELLER MINDRE.  
(1972 års penningvärde)

## 7.3 Driftskostnad

Kostnaden för ett lyft bestäms av

- 1 erforderlig personalstyrka
- 2 räntor och avskrivning på utrustning
- 3 resor
- 4 "etablering" (rekognosering, kontakt med ägare etc.)
- 5 montage av utrustning och mätdon
- 6 tid för själva lyftet
- 7 demontering
- 8 återställning

7.31 Erforderlig personalstyrka är 2 man, varav den ene ansvarig arbetsledare. Gemensamt demonterar dessa sockelluckorna, och installerar lyftkuddarna. Arbetsledaren sätter upp mätutrustning och förbereder protokoll, medan andre mannen kopplar slangar till mätartavla och kompressor. Under lyftningen sköter en man manövertavlan, och en man avläser instrument.

I fortsättningen räknas med en timkostnad av  $45 + 30 = 75$  kr.

## 7.32 Utrustningen kan bestå av

Kompressor med kringutrustning	c:a	2.500:-
Manövertavla m.m.	c:a	3.000:-
Gummikuddar 8 st (2 reserv)	c:a	2.300:-
Slangar, kopplingar	c:a	<u>200:-</u>
		8.000:-
Räntekostnad 7%		370:-
Avskrivning på 3 år		<u>2.670:-</u>
Anuitet	~	3.000:-
Antas 20 användningar per år fås		150:-/gång

7.33	Resor och restid torde sällan underskrida 2 x 20 km och 2 x 30 min., om ej en serie hus i samma område skall justeras	100:-/gång
7.34	Etablering, inräknat tidsöverenskommelse, kvittering av arbetet och spilltid. ("snack"). 1 timme	75:-
7.35	Montage av utrustning och mättdon. Enligt erfarenhet på provhuset 15 min. Säg 30 min. i "okänd terräng".	40:-
7.36	Lyfttid om 5-10 cm snedställning skall justeras. På provhuset 30-40 min. Säg 60 min.	75:-
7.37	Demontering 20 min.	25:-
7.38	Återställning av sockel och obetydlig markjustering. 20 min.	25:-
7.39	Justering av rabatter, entrétrappa o.dyl. är under inga omständigheter större, än vad motsvarande hus i pålat utförande skulle föranleda (visserligen ev. fördelat i tiden). Tas därför ej upp här	<u>          </u> <u>490:-</u>

Då inga poster ovan torde ha underskattats kan konstateras en medelkostnad på c:a 500:-/lyft, mindre vid kontinuerlig verksamhet, mera om utrustningen endast användes enstaka gånger eller på stort avstånd från förråd och personalens stationeringsort.

7.4 Total kostnad kapitaliserad till investerings-  
tillfället. Ränta 7%. 4 alternativ studeras.

	1:a lyft efter	2:a lyft efter	3:e lyft efter
A:	2 år	-	-
B:	1 år	3 år	10 år
C:	17 år	18 år	-
D:	lyft vart 7:e år under 49 år		

A representerar alltså en initiell ojämnhattning

B " " en initieilt + en avtagande  
ojämnhattning

C representerar en plötslig händelse, t.ex.  
grundvattensänkning vid tunnelbygge

D representerar kontinuerlig ojämnhattning under  
hela livslängden.

Investeringskostnad 5.000:-

	A	B	C	D
Nuvärde	437:-	467:-	158:-	310:-
framtidiga kostnader		408:-	148:-	194:-
		254:-		18:-
<b>Totalkostnad</b>	<b>5.437:-</b>	<b>6.129:-</b>	<b>5.306:-</b>	<b>5.794:-</b>

Om framtida kostnader vid ojämna sättningar kapitaliseras till nuvärdet, flyttas alltså lönsamhetsgränsen för metoden. Den pållängd som ger samma kostnader ökar till 8-10 m., men denna gräns kan i framtiden sänkas med några meter. Förutsättningen är, att pålad grund ej föranleder några framtida kostnader. Så väl förhåller det sig dock inte, om marken uppför sig enligt alternativen A-D, som beskrivits ovan. Vid stora men jämna sättningar medför rastergrunden inga åtgärder medan pålade grunder i vissa fall medfört kostnader på 10.000:- - 100.000:-/hus (småhus).

## 8 ADMINISTRATIVA, LÅNE- OCH FÖRVALT- NINGSTEKNISKA FRÅGOR

Den gängse uppfattningen är, inte minst känslomässigt, att ett hus måste stå på fast, stabil grund. Då man föreslår en grundläggning, som kan medföra åtgärder under husets livslängd, finns det alltså skäl att överväga de frågor som rubriken ovan anger. Det bör hela tiden beaktas, vilka låga justeringskostnader det här gäller - storleksordningen 500 kr/gång.

### 8.1 Statlig belåning

Lånevärderingen sker enligt bostadslånekungörelsen, vilken utformas av bostadsstyrelsen. Enligt denna ges tillägg för grundförstärkningsåtgärder, vilket ofta sker genom schablonbelopp gällande för olika kommuner eller områden. Vid konsultation med bostadsstyrelsens expertis har förhandsvis uppgivits, att rastergrundläggning bör kunna belånas på samma sätt som andra förstärkningsåtgärder, t.ex. pålning. Bakgrunden är givetvis en positiv bedömning av de resultat, som framläggs i denna rapport. Härvid bör i förekommande fall schablonbeloppet för grundförstärkning gälla.

Någon möjlighet att belåningsvägen separat täcka framtida kostnader finns inte. Om investeringen blir lägre än schablonbeloppet uppstår dock ett överskott, som i princip skulle kunna sparas (fonderas) med tanke på framtiden. - Skulle justerbar grundläggning till låg kostnad bli standard inom ett område, kan dock schablonbeloppet komma att sänkas.

## 8.2 Fri finansiering

Långrundande är den värdering, som görs av bankens värderingsman. Den har föga med produktionskostnaden att göra, utan grundar sig på ett försiktigt beräknat marknadsvärde, snarast det belopp som fastigheten kan förväntas inbringa vid försäljning på exekutiv auktion. Följaktligen blir värderingen beroende på hur expertis och allmänhet bedömer resp. upplever systemet. Bedöms det som säkert, d.v.s. "godkännes" på marknaden, så torde värderingen bli densamma som för byggnader grundlagda på annat, godtagbart och gängse sätt. - Någon justering av belåningsvärdet med tanke på framtida åtgärder torde inte bli aktuell, eftersom värderingen inte har sådan skärpa, d.v.s. de förväntade kostnaderna ligger gott och väl inom felmarginalerna för värderingen. (Nuvärde mellan 0 och 1.200 kr vid investeringstillfället, jfr. 7.4).

## 8.3 Försäkring

Normala försäkringar avser skada på grund av "plötslig, oförutsedd händelse".

En ojämn sättnings av en styv grundplatta, med liknande konstruktion som provhusets, medför ej brott eller motsvarande skador vid aktuella sättnings (max 5-7 cm). Däremot innebär en sådan lutning andra olägenheter, bl.a. estetiskt, och detta är från försäkringssynpunkt att betrakta som skada. Inom begreppet allriskförsäkring skulle därför ersättning kunna erhållas för justeringskostnaden, om denna kan betraktas som oförutsedd.

(En annan sak är, att allriskförsäkring i dag är mindre vanlig på svenska marknaden. De flesta bolag har en positiv villkorsbeskrivning, som ej tar upp skador härrörande från mark och grund som ersättningsbara).

I en diskussion om justeringen varit förutsedd eller ej, måste bedömningen ske från fall till fall.



Har grundundersökning pekat på pålning för att moverka ojämna sättningar, eller har dessa beräknats i förväg, så torde försäkrings-skada ej föreligga. Har däremot jämna sättningar förväntats, och ojämna sättningar uppkommer, eller om t.ex. grundvattensänkning plötsligen inträffar, så kan rimligtvis ersättning utgå från allriskförsäkring.

I varje fall är inte inrättandet av lyftmöjligheter i och för sig bevis för "förutsedd händelse", d.v.s. att försäkring ej skulle kunna utbetalas.

Däremot kan man konstatera, att en ökning av försäkringspremien med 100 å 150 kr/år knappast är motiverad för att täcka enstaka gånger uppträdande åtgärder för c:a 500 kr/gång. Konventionell grundläggning (med eller utan pålar) innebär däremot, de gånger olyckan är framme, mycket dyrbara arbeten, där den övre gränsen endast tycks vara rivning av hela byggnaden och uppförandet av en ny.

#### 8.4 Ägaransvar - underhållsåtgärder.

Kapitel 7 och onvastående del av kapitel 8 tyder närmast på, att justering av grundläggningen med en beskrivna metoden bör hänföras till normala underhållsåtgärder. Kostnaden är långt mindre än för t.ex. en utvändig ommålning. Erforderliga markjusteringar minskar jämfört med pålat hus på samma mark. På verkligt dålig mark är skaderisken mindre än vid pålning. Att få detta betraktelsesätt accepterat av enskilda husköpare är snarast ett psykologiskt problem, att övervinnas genom information.

Förvaltare av hyresfastigheter eller kommunala instanser med speciellt ansvar bör lättare acceptera synsättet: Justering av rastergrund är en normal, inte särskilt kostsam underhållsåtgärd, som betalas ur fonden för reparation och underhåll.

Underlåter husägaren att genomföra lyftningen är konsekvenserna inte allvarliga, om husets stomkonstruktion tål den uppkomna lutningen, vilket i regel är fallet. Effekten av annat bristande underhåll kan vara betydligt större.

#### 8.5 Garantier o.dyl.

Vid försäljning kan köparnas trygghetskänsla ökas på olika sätt, t.ex.

- a) Säljaren svarar för grunden (d.v.s. gör erforderliga justeringar) under en förlängd garantitid av 5 eller 10 år. Kostnaden för denna garanti kommer givetvis att belasta huspriset med belopp, som kalkyleras enligt principer visade i kapitel 7.
- b) Säljaren eller annat engagerat företag lämnar offert med många års giltighet, avseende indexreglerat fast pris per lyftning.
- c) Kommun, som ställer mark till förfogande mot tomt-rätt, åtar sig att svara för erforderliga justeringar. Detta är en parallell till att kommuner i dag ibland svarar för erforderliga grundförstärkningsåtgärder.

Samtliga dessa arrangemang kan dock bli onödiga, sedan metoden ingått i allmänna medvetandet (jfr. 8.4.).

## 9 ANVÄNDBARHET UNDER OLIKA FÖRUTSÄTTNINGAR

### 9.1 Inverkan på och av undergrunden

Som konstruktionerna i försökshuset har utformats, får de följande inverkan på undergrunden.

9.11 FÖRE LYFTNING ligger plattan väsentligen som en vanlig platta på mark, med belastningen något koncentrerad under balkarna och, vad avser överbyggnadens laster, under rastren. Detta belastningsfall innebär ur bärighetssynpunkt sällan eller aldrig något problem.

9.12 EFTER LYFTNING vilar lasten helt på de 8 rastren, och detta innebär ett yttryck av  $1,9 \text{ kp/cm}^2$  på  $1,0 \text{ m}^2$  yta (avsnitt 5.2). Med ett 15 cm dräneringslager sprides lasten till  $1,15 \times 1,15 = 1,3 \text{ m}^2$  med trycket  $1,5 \text{ kp/cm}^2$ .

På en fast torrskorpa av 1 m tjocklek eller mera under dräneringslagret torde detta från bärighetssynpunkt ej medföra problem. Kontrollberäkning erfordras dock i varje enskilt fall med kännedom om skjuvhållfastheten i och under torrskorpan samt dennas tjocklek. I tveksamma fall kan provbelastning ingå i den geotekniska utredningen. Primära sättningar under de efter lyftningen koncentrerade lasterna kan däremot bli besvärande. När tjockleken hos torrskorpan + andra fördelande lager är liten, kan effekten bli, att ett lyft på t.ex. 8 cm neutraliseras efter några år, genom den lokala belastningsökningen på lerlagren. Detta kunde visserligen delvis kompenseras genom en viss överhöjning vid lyftningen. Det blir dock ibland nödvändigt att motverka denna effekt genom att från början öka fyllnadshöjden utöver erforderligt dräneringslager, så att grundtrycket sprides ytterligare. Fyllningen medför visserligen också sättningar, men dessa blir jämna. Lätt fyllningsmaterial kan övervägas. Vid en tjocklek hos fyllning + torrskorpa av 2 m eller mera torde problemet vara helt undanröjt. Genom armering av fyllningslagret med t.ex. fiberduk kan möjligen lastspridningen göras effektivare.

Andra lösningar är givetvis att minska belastningen per ytenhet med hjälp av större eller flera raster.

9.13 UNDER LYFTNING kommer lasten helt på lyftkuddarna. Grundtrycket blir = lufttrycket  $\approx 1,7 \text{ kp/cm}^2$  på  $1,4 \text{ m}^2$  yta. Produktionstekniken medför att detta sprides genom fyllning, så att belastningsytan i nivå med underkant raster är minst  $2 \text{ m}^2$  och yttrycket  $1,25 \text{ kp/cm}^2$ . Detta belastningsfall är alltså inte dimensionerande.

## 9.2 Användningsområden

En teknik som den här redovisade kan i många fall medföra fördelar.

9.21 Sättningsbenägen mark, som lös lera med torrskorpa, eller gjyttjeler, mossar och kärr med påfyllnad, som annars inte skulle kunna eller borde användas, kan bebyggas på ekonomiskt rimligt sätt, varvid kombination med "kompensationsgrundläggning" ibland kan erfordras. Till denna kategori kan också räknas utjämnad kuperad terräng. Med sprängmassor utfyllda dalar kan bebyggas, utan att dalarnas i allmänhet lösa bottnar behövt urschaktas. Här vore en möjlighet att justera även högre byggnadsverk värdefull, eftersom marken kan ges hög ytbärighet.

9.22 Snedställda och nedsjunkna byggnadsverk, små eller stora, kan stabiliseras på önskad nivå. Detta gäller såväl nyare hus som äldre monumentalbyggnader. Härvid blir visserligen anordningarna omfattande, men detta gäller i hög grad även konkurrerande metoder.

9.23 Vinterbyggen kan ske på tjälad mark genom att byggnadsverken lätt kan horisonteras, om snedställningar skulle inträffa, när tjälen har gått bort.

9.24 Byggandets industrialisering underlättas genom att samma standardgrunder kan användas för tomter med skiftande grundförhållanden.

9.25 Flyttbara hus kan göras flyttbara även med avseende på grunderna, som ev. görs integrerade med huskonstruktionen. Sådana flyttbara hus är användbara, t.ex. vid tillfälligt utnyttjande av med byggnadsförbud belagd mark, och för att för fritidsbebyggelse eller annat tillfälligt ändamål under en period kunna disponera framtida områden för permanentbebyggelse. Med fördel kan tekniken också användas för tillfälliga skolpaviljonger, bostäder för t.ex. byggnadsarbetare, kraftverksbyggare och andra, åldringsbostäder m.m.

9.26 Jordbävningssäkrare torde byggnader kunna bli genom att läggas på raster, där inom vissa gränser automatisk underfyllnad sker och där återstående horisonteringar och andra nivåförändringar lätt kan ske i den mån husens konstruktion i övrigt hållit vid katastrofen.

9.27 Snabbuppförda kan husen göras, om man använder förtillverkade byggnadselement för grunden. Även härigenom synes rastertekniken vara betydelsefull för katastrofområden.

9.28 Anläggningar av olika slag, såsom industrier, flygfält, ishockeyplaner, transformatorstationer osv. synes i många fall med en utvecklad teknik kunna placeras på mindre värdefull, sättningsbenägen mark.

9.29 Av det anförda framgår att en utvecklad teknik skulle få stor planekonomisk betydelse och betydelse för planutformningen.

Som framgår av exemplen ovan är användningsmöjligheterna stora och kan inte lätt preciseras och sammanfattas. En förteckning över alla större markområden och enskilda fall, då justerbar grundläggning kan komma ifråga, är inte möjlig att upprätta. Ett försök till en systematisk genomgång har i stället gjorts i form av tabell i bilaga 3.

Denna visar översiktligt byggnadstyper för vilka justerbar grundläggning är tänkbar. Uppställningen är gjord med sifferbetecknade byggnadstyper i rader och bokstavs- betecknade marktyper i kolonner. Genom att placera in en del kända fall i detta schema, kan man pröva översiktens fullständighet. Det kan dock finnas ytterligare användningsområden, särskilt där lyftkuddar eller raster har användning var för sig.

I tabellen görs gällande, att metoden är tillämplig i de flesta fall, som förtecknas i matrisen, ibland också när grunden utgöres av berg och annan fast mark.

Justerbarheten är då inte intressant, men däremot möjligheten att förenkla grundarbetet med hjälp av prefabricerade grundsulor i form av raster. Figuren anger också i vilka fall justerbar grundläggning lämpligen ersätter pålning.

## 10 SLUTSATSER. FORTSATT UTVECKLINGS- ARBETE

10.1 Det undersökta systemet för att lösa problemet enligt kapitel 1 består av träöverbyggnad - styv betonggrundplatta - betongraster - ärtsingel - lyftkuddar med luft som medium.

Detta system har visat sig fungera oklanderligt, och kan tillämpas till konkurrenskraftigt pris, jämfört med konventionella lösningar på aktuella marktyper.

10.2 Fortsatt utvecklingsarbete bör avse systemets samverkan med undergrunden.

Under förutsättning av en fackmässig geoteknisk behandling, är dock konstruktionen redan direkt tillämpbar på många marktyper, i första hand sådana med relativt tjock och bärkraftig torrskorpa eller fyllning ovanpå de eftergivliga jordlagren.

10.3 Undersökningen har närmast avsett småhusgrunder (fristående byggnader). Tillämpning på radhus, flervåningshus, industrigolv etc. är dock fullt möjlig - utvecklingsarbetet gäller därvid snarast att få fram de ekonomiskt lämpligaste konstruktionerna.

## BILAGA 1

### Resultat av försöksserie 1 (prov 1 - 10)

Nedan lämnas en kortfattad redogörelse för förloppet av de 10 laboratorieförsök, som i februari 1971 utfördes med rastereffekten (med smärre justeringar ur Algers rapport (1971)).

Provningsanordningarna jämte provföremålen har beskrivits i avsnitt 4.4 och 4.5.

#### Prov 1

Det första provet bestod i att ett grovt rasterblock (FIG. 6), av betong med kvadratiska hål, placerades ovanpå en 15 cm hög fyllnad av MEDELGROVT SINGEL (16 - 32 mm) och med en hastighet av 1 ton per minut belastades upp till 15 ton. En nedpressning av rastret på upp till 3,5 cm uppsattes. Vid konstanthållning av denna last i 5 minuter uppmättes ytterligare 1 mm sänkning. När belastningen togs bort, höjde sig rastret endast 2 mm. Formförändringen i fyllnadsmaterialet visade sig som väntat vara av nästan uteslutande plastisk karaktär. En viss uppträngning av material i rastermaskorna syntes. Försöksresultatet ansågs gynnsamt och provningsanordningarna lämpliga.

#### Prov 2

Vid nästa prov fylldes rasterblock och provlåda med medelgrovt singel. Rastret belastades därefter åter på samma sätt som i prov 1 upp till 15 ton. Härvid uppmättes en nedpressning på ytterligare 8 mm, varav 1 mm återgick vid avlastningen. Resultatet tyder på att upprepad på- och avlastning medför en viss packningseffekt.



Rasterblocket lyftes därefter i olika omgångar, 5, 10 och 15 cm med en gaffeltruck. Efter varje lyft belastades rastret upp till 15 ton. När rastret efter respektive lyft släpptes av gaffeltrucken, skedde en initialsättning på grund av enbart rastrets egenvikt med 7, 10 resp. 14 mm, dvs ca 10 % av lyfthöjden.

Vid påförandet av nyttig last hade en stor nedpressning (den sekundära initialsänkningen) skett redan vid belastningen 1 ton, motsvarande ca  $0,33 \text{ kg/cm}^2$ , nämligen 11, 17 resp. 15 mm. I fortsättningen blev nedpressningen ungefärligen proportionell mot belastningen. Sedan avlastning skett efter belastningarna vid de olika lyften kvarstod plastiska nedpressningar på 30, 38 resp. 54 mm. Uppträngningen av material i rasterfacken var då 21, 46 resp. 33 mm. Ojämnheten i sistnämnda serie torde vara en följd av att stenar i rastret vänt på sig.

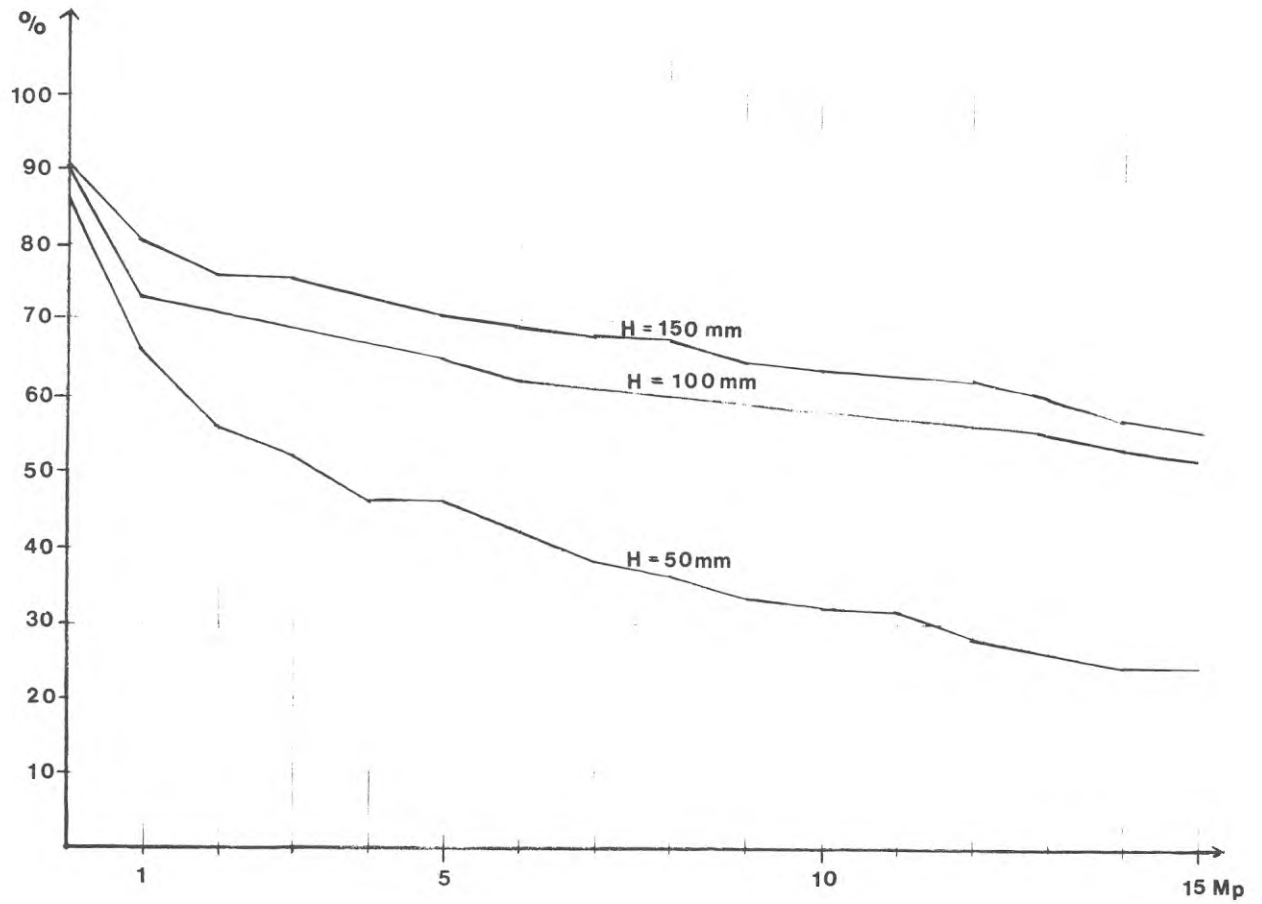
Prov 2 gav anledning att anta, att vid lyftningen hålrumsbildning skedde under de tämligen breda (3 - 6 cm) rasterväggarna, och att initialsänkningarna, både den primära till följd av egenvikt och den sekundära till följd av att nyttig last börjat påföras, berodde på att rastret och fyllnadspartiklar fyllde ut dessa hålrum. Fyllnadsmaterialet trängde vid högre belastningar upp i rastret i ungefär samma takt som nedpressningen. Knastrande ljud tydde vid högre belastningar på att därvid avtrubbnings av spetsiga kanter i fyllnadsmaterialet förekom.

Av diagrammet över rastereffekten i prov 2 framgår, att denna räknad i % av lyfthöjden blir allt större ju högre lyft som göres, vilket främst är en konsekvens av initialsättningarna.

Ingen upphängning av fyllnadsmaterial i rasterfacken kunde iaktas.

Försöket visade, att det är möjligt att genom upprepade lyft höja ett tungt belastat raster i ett fyllnadsmaterial och att därvid också en viss packning kan åstadkommas.

Prov 2. Diagram över rastereffekten vid olika lyfthöjd och last.



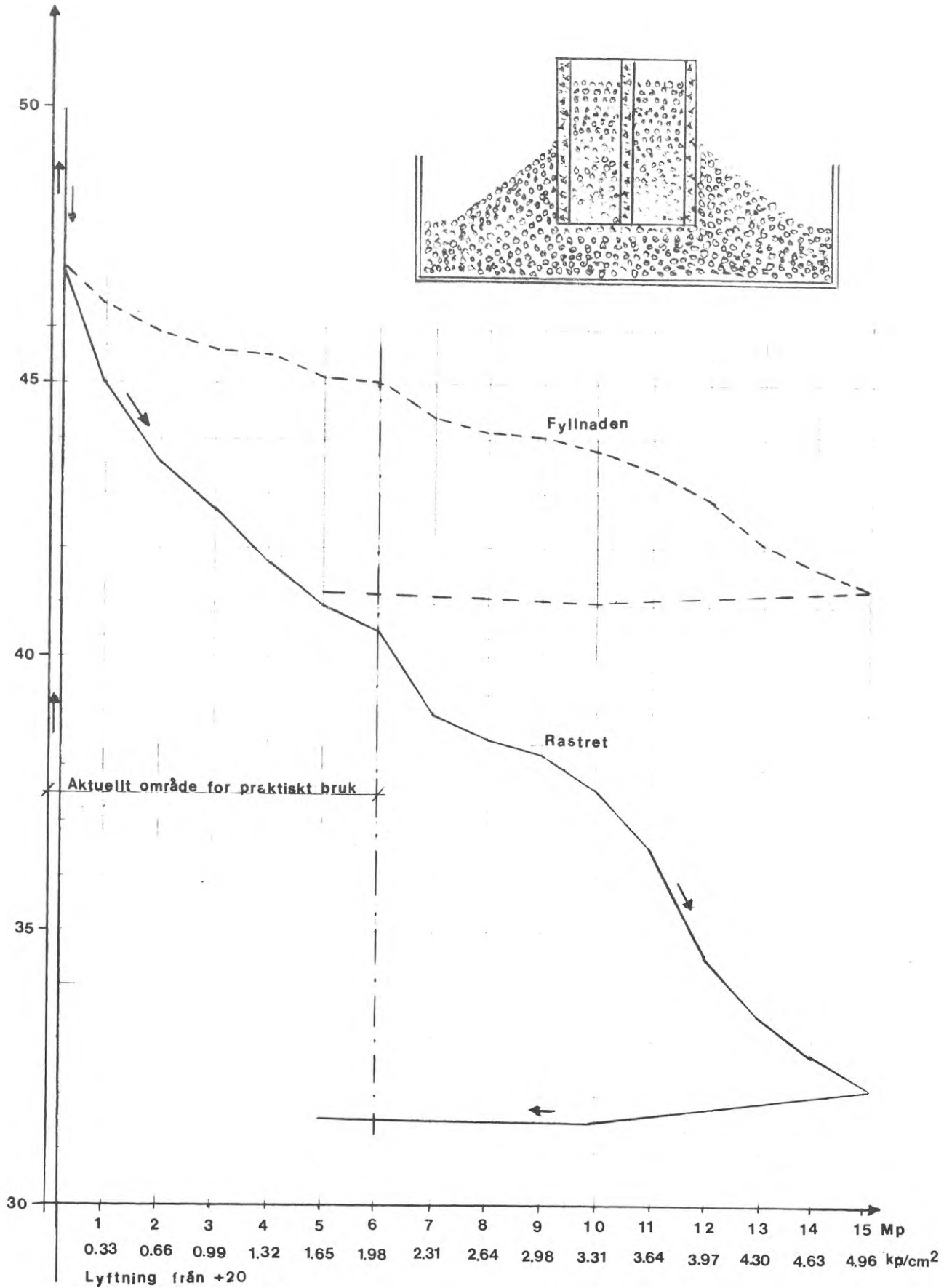
### Prov 3

Ett rasters verkningssätt och vad man bör vara uppmärksam på framgår synnerligen tydligt av observationerna från prov 3. Vid detta, som utfördes med samma raster och fyllnadsmaterial som i prov 1 och 2, lyftes rasterblocket 30 cm från ett utgångsläge, där det placerats på 20 cm fyllnad. Rastret hamnade härvid något över fyllningens överkant, varför fyllnadsmaterialet skottades upp mot rastret, som därvid kom att befinna sig på en relativt hög kulle. Rasterfacken fylldes med material till 10 cm från överkanten.

När rastret släpptes, blev den primära initialsjunkningen 29 mm, dvs liksom i prov 2 ca 10 % av lyfthöjden. Sedan en belastning av 1 ton, motsvarande  $0,33 \text{ kg/cm}^2$ , påförts, sjönk rastret ytterligare 20 mm och efter 2 tons last, motsvarande  $0,66 \text{ kg/cm}^2$  sjönk rastret ytterligare 15 mm och därefter i genomsnitt ungefär 10 mm per ton eller  $0,33 \text{ kg/cm}^2$  ökad last, så länge belastning påfördes, dvs till 15 ton eller  $5 \text{ kg/cm}^2$ . Lasten minskades därefter med ca 1 ton/min. Vid 10 tons återstående last kunde ytterligare en halv cm:s sänkning konstateras, under det att ingen vidare nivåändring hade skett vid 5 tons last.

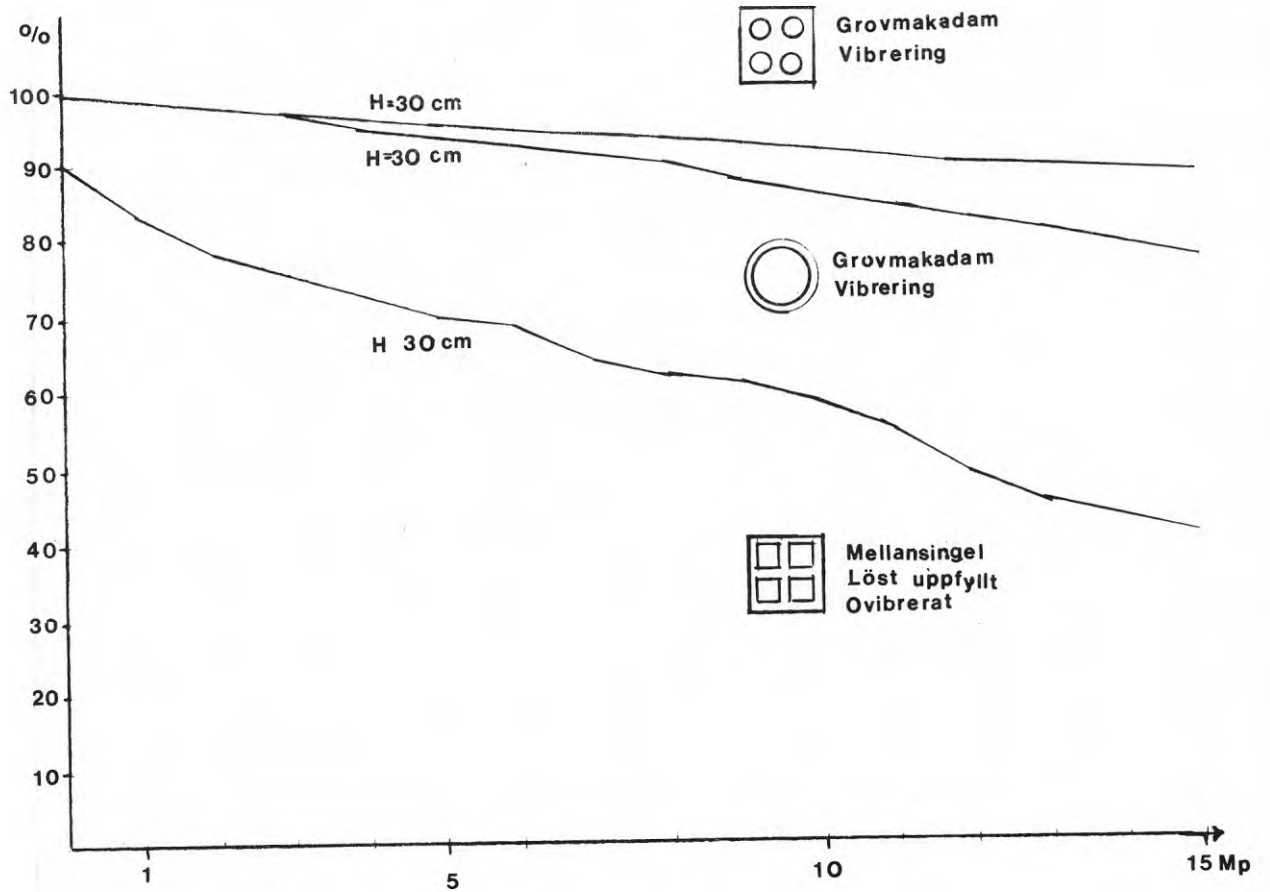
Försöket visade, att man även vid en hög lyftning av löst och opackat material upplagt som en kulle kunde nå en icke obetydlig rastereffekt. Av de utförda proven syntes det också framgå, att med hänsyn till den stora initialsättningen en fininställning i höjddled borde ske genom allt mindre lyft, varför beslöts att utföra nästa prov så. Försöket ansågs också visa betydelsen av viss packning, liksom att rastret borde vara nedsänkt i fyllnadsmaterial även utmed sidorna och alltså helst inte stå på en kulle.

Prov 3. Diagram över rastrets och fyllnadens sjunkning vid 30 cm lyfthöjd och varierande last.



Prov 3, 5 och 6.

Diagram över rastereffekt vid olika kombinationer och last. H = 30 cm



Prov 4

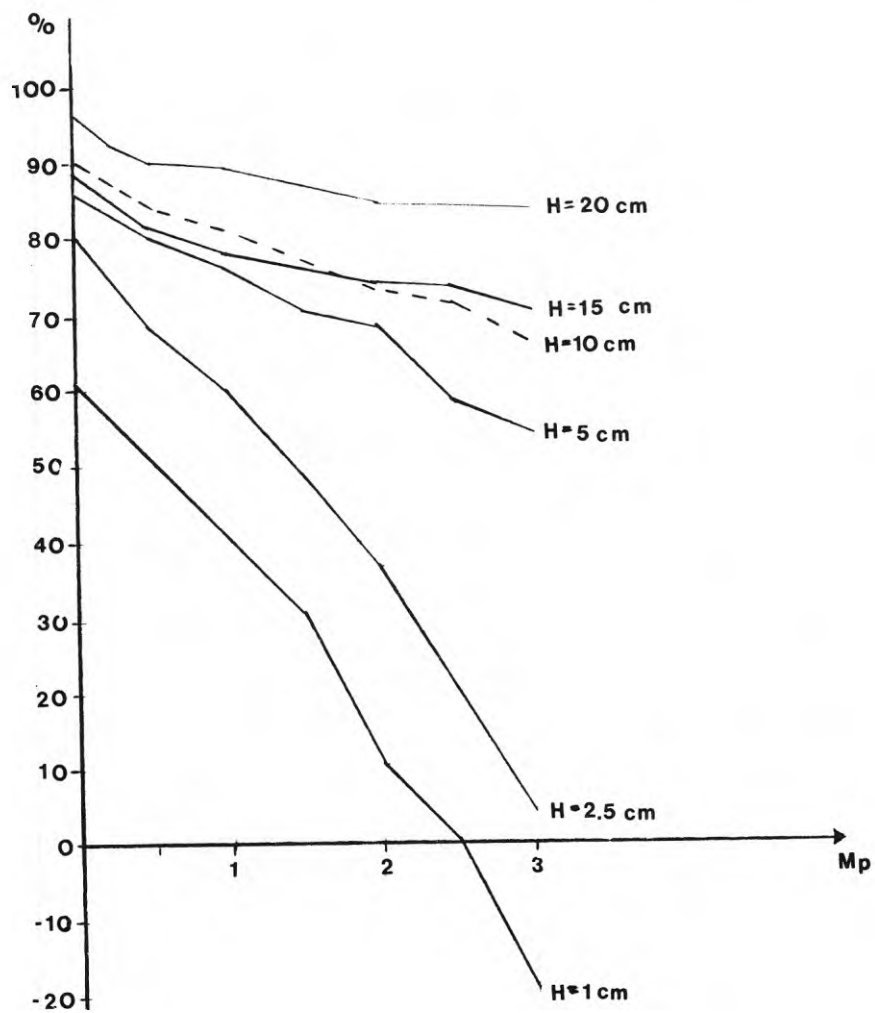
Vid det fjärde provet användes samma raster som i föregående försök men med GROVMAKADAM som fyllnads-material. Belastningen skedde endast till 3 ton, motsvarande ca  $1 \text{ kg/cm}^2$ , dvs hölls inom det för praktiskt bruk i första hand aktuella området. Rastret placerades på 10 cm hög fyllning och lyftes i tur och ordning 20, 15, 10, 5, 2 1/2 resp 1 cm från det läge det intagit vid föregående belastning.

Initialsänkningarna blev ojämna, de primära 8, 17, 9, 7, 5 resp 4 mm, de sekundära vid 1 tons last 12, 16, 10, 6, 5 resp 3 mm. I fortsättningen blev nedpressningen vid resp lyfthöjd ca 8, 5, 7, 5, 8 resp 3 mm per tons ökad last. Avläsning av nedpressningen hade införts för varje halvtons belastning. Härvid visade sig att den kraftigaste sekundära initialsänkningen inträtt redan vid 0,5 tons belastning, dvs vid ca  $0,17 \text{ kg/cm}^2$ . OJÄMNHETERNA I INITIALSJUNKNINGARNA MM ANSÅGS KUNNA FÖRKLARAS AV ATT ETT GROVT FYLLNADSMATERIAL ANVÄNTS.

Viss upphängning av fyllnads-material i rasterfacken förekom, varför beslöts att vid nästa prov rastret med runda hål skulle användas.

Försöket bekräftade, att det går att i etapper höja ett raster till allt finare inställning. En uppritning av försöksresultaten i ett höjddiagram visar emellertid också, att MED DET ANVÄNDA GROVA FYLLNADSMATERIALET LYFT UNDER 2,5 CM HÖJD BLEV I DET NÄRMASTE VERKNINGSLÖSA, SEDAN BELASTNINGAR PÅFÖRTS. Erfarenheterna från föregående prov bekräftades.

Prov 4: Diagram över rastereffekt vid olika lyfthöjd och last



Raster

Betongraster 550×550 mm kvadratiska hål

Fyllnad

Grovmakadam 32–64 mm

Undergrund

10 cm grovmakadam på domkraftsbord

Anm. Lyft 20, 15, 10, 5, 2.5, 1 cm utan nya utgångslägen

### Prov 5

Detta prov företogs med det rasterblock av betong, som hade fyra runda rasterfack och med GROVMAKADAM som fyllnadsmaterial. Rastret lyftes 30 cm med utgångsläge från 10 cm fyllning. Härvid konstaterades stark upphängning genom siloverkan i två av rasterfacken. Fortsatt försök i detta tillstånd skulle självfallet vara utan värde, varför fyllnadsmassan VIBRERADES. En stavvibrator användes härvid.

Det visade sig, att UTOMORDENTLIGA RESULTAT KUNDE NÅS GENOM VIBRERINGEN. Båda formerna av initialsjunkning försvann praktiskt taget fullständigt och nedpressningen blev så låg som i genomsnitt drygt 2 mm per ton. Detta ansågs bero dels på att hålrummen under rasterväggarna fylldes vid vibreringen, dels på att vibreringen medförde en viss packning av hela fyllnadsmaterialet under rastret. Rastereffekten låg över 95 % vid belastningar under  $2 \text{ kg/cm}^2$  och var vid belastningar på  $5 \text{ kg/cm}^2$  så hög som 88 %. Nedpressningen under 5 min konstanthållning vid 15 tons belastning var liten, ca 1 mm.

I övrigt ansågs försöket visa, att det använda fyllnadsmaterialet var för grovt för de höga rasterfack, som använts.

### Prov 6

Detta prov utfördes med det grova betongröret, som ställdes på 10 cm fyllning, varefter det kring- och ifylldes med grovmakadam. Ingen siloverkan konstaterades. Efter lyftning 30 cm VIBRERADES dock fyllnaden för att bättre jämförelser med prov 5 skulle kunna göras.



Upp till belastningar på 3 ton erhöles samma resultat som i prov 5, dvs praktiskt taget inga initialsjunkningar och obetydlig nedpressning vid ökande last. Vid större belastningar blev dock nedpressningen större än i prov 5 och gick vid belastning från 3 - 15 ton upp till i medeltal 7 mm per tons ökad belastning. Någon upphängning av material i röret skedde inte men däremot viss nedträngning av grovmakadamen, vilket tyder på att omvänt riktad siloverkan hade utbildats. Vid konstanthållning av lasten 15 ton under 5 min blev nedpressningen stor, 21 mm, och knastrande ljud tydde på att viss nedkrossning av fyllnadsmaterialet pågick.

Det bör observeras, att bruttoytan ca  $2.040 \text{ cm}^2$ , vid detta prov var mindre än i de övriga proven och ytbelastningen vid 15 ton så stor som  $7,4 \text{ kg/cm}^2$ . Rastereffekten blev dock så hög, att det är motiverat med närmare undersökning av grundkonstruktioner på betongrör utan underraster. Ytterligare prov beträffande konsekvenserna av hårdbelastning under lång tid bör företagas för att möjliggöra en sådan bedömning.

### Prov 7

Ändamålet med detta prov var att undersöka mindre dimensioner på rasterfacken och mindre kornstorlek på fyllnadsmaterialet. Till rasterlåda användes i handeln befintliga rektangulära betongelement (lagervara för ventilationstrummor) placerade ovanpå varandra. Rasterbotten var av tämligen grovmaskig gallerdurk 70 x 60 cm och med rektangulära sektioner på rasterväggarna. Lådelementen hölls samman av fyra i ändarna böjda plattjärn, som för provningsändamålet kilades fast med träklotsar. Fyllnadsmaterialet var ärtsingel.

Rasterlådan ställdes först på ett avjämnat, 10 cm tjockt singellager och belastades. Belastningen påfördes liksom i de föregående försöken med ett ca 20 cm brett ok. Detta lades tvärs över lådans kortväggar.

### Prov 8

Med prov 9 avsågs att konstatera verkan av den bindning av fyllnadsmaterialet, som inläggandet av ett tunt raster kunde medföra. För detta ändamål ställdes ett raster för belysningsarmaturer 62 x 62 cm, 45 mm högt och med fack 45 x 45 mm, av ca 0,5 mm plåt på 40 cm fyllning av ärtsingel, varefter rastret fylldes med ärtsingel till ca 1 cm ovanför rastrets överkant. Ovanpå detta ställdes det grova betongröret.

Belastningen påfördes till dess att brott inträffade, vilket skedde vid lasten 12,85 ton, motsvarande  $3,2 \text{ kg/cm}^2$ . Nedträngningen blev till en början mycket liten, upp till 4 ton, dvs ca  $1 \text{ kg/cm}^2$ , ca 4,2 mm per ton. Härfter ökade den upp till 11 ton, dvs ca  $2,8 \text{ kg/cm}^2$ , med ca 9 mm per ton, varefter en stor nedpressning inträffade, så att den totala nedpressningen vid 12 ton var 11,5 cm, och när avlastning skett, var den hela 16,3 cm. Efter provet konstaterades kraftig deformation och sönderslitning av gallret. Rastret bildade en kulle inuti betongröret, vilket visar, att det i slutskedet utsatts för starka dragpåkänningar och i huvudsak fungerat som en membran. Rasterhörnen hade vikts upp och torde i slutskedet inte ha burit upp någon last, vilken då helt torde ha tagits upp inom röret.

Försöket synes visa, att vid i första hand aktuella belastningar inverkan är mycket stor även av ett klint raster.

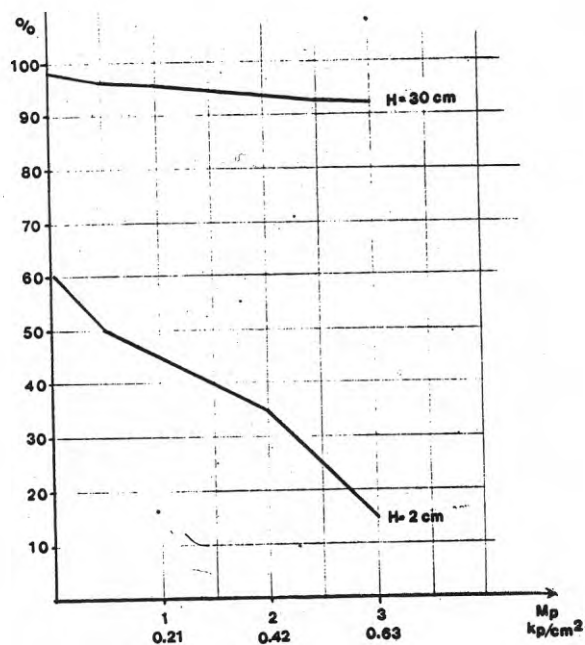
### Prov 9

Med detta prov avsågs att dra lärdomarna av de föregående försöken och ta fram värden för den fördelaktigaste kombinationen av de anskaffade objekten.

Den minsta initialsättningen utan vibrering hade uppnåtts med kombinationen ärtsingel och gallerdurk. Därvid hade ärtsinglet visat sig utan svårighet kunna genomströmma rastret. Detta hade visat sig besitta god hållfasthet, vilket också det grova betongröret hade gjort vid belastning med det befintliga domkraftsoket. Den nämnda kombinationen valdes därför, varvid golvrastret från prov 8 med ståltråd fästes vid betongröret och placerades på formbotten samt lyftes 20 cm. Förmodandena bekräftades av provningsresultaten. Den primära initialsjunkningen blev endast 3 mm. Någon sekundär nedsänkning framträdde inte, vilket tillskrevs den rundade formen på fördelningsjärnen på golvrastret. Nedpressningen blev därefter ca 7 mm per ton fram till 2 tons last och därefter ca 2 mm per ton. Vid 8 tons last, dvs ca  $1,9 \text{ kg/cm}^2$ , höll sig totala nedpressningen på 18 mm. Någon uppträngning av material inuti rastret kunde inte konstateras men däremot en sänkning, förmodligen beroende på fjädringsfenomen i järnrastret. Ingen upphängning skedde, utan fyllnadsmaterialet genomströmmade rastret perfekt.

Den provade rasterkombinationen ansågs motsvara högt ställda krav och resultaten från detta prov tjänade som utgångspunkt för det fortsatta arbetet.

Prov 7: Diagram över rastereffekt vid olika lyfthöjd och last.



Denna anordning visade sig olämplig för överföring av större belastningar och brott i betongelementen inträffade vid 4,8 tons belastning, dvs vid  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Lådkonstruktionen höll dock samman och provningen fortsattes, sedan ytterligare ärtsingel påfyllts, med ett lyft på 30 cm.

Den primära initialsänkningen var 6 mm, den sekundära, som inträffade för 0,5 tons belastning, var också 6 mm, oväntat små värden, eftersom en del av dem torde vara att hänföra till sammanpressning av den spruckna rasterlådan. Belastning skedde sedan till 3 ton, då nedpressningen blev ca 12 mm, eller i genomsnitt 5 mm per ton, motsvarande 23 mm per ytterligare belastning av  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

För att undersöka möjligheten till finjustering lyftes rastret ytterligare 2 cm. Den primära initialsänkningen blev 8 mm och nedpressningen vid 3 ton 10 mm. Det bedömdes, att inverkningsen av sprickorna i rasterlådan var stor, särskilt för initialsättningarna, varför inga ytterligare försök vidtogs med lådan.

Vid lyftningarna observerades inga upphängningsfenomen och ärtsinglet rasade perfekt ned genom rasterlådans botten.

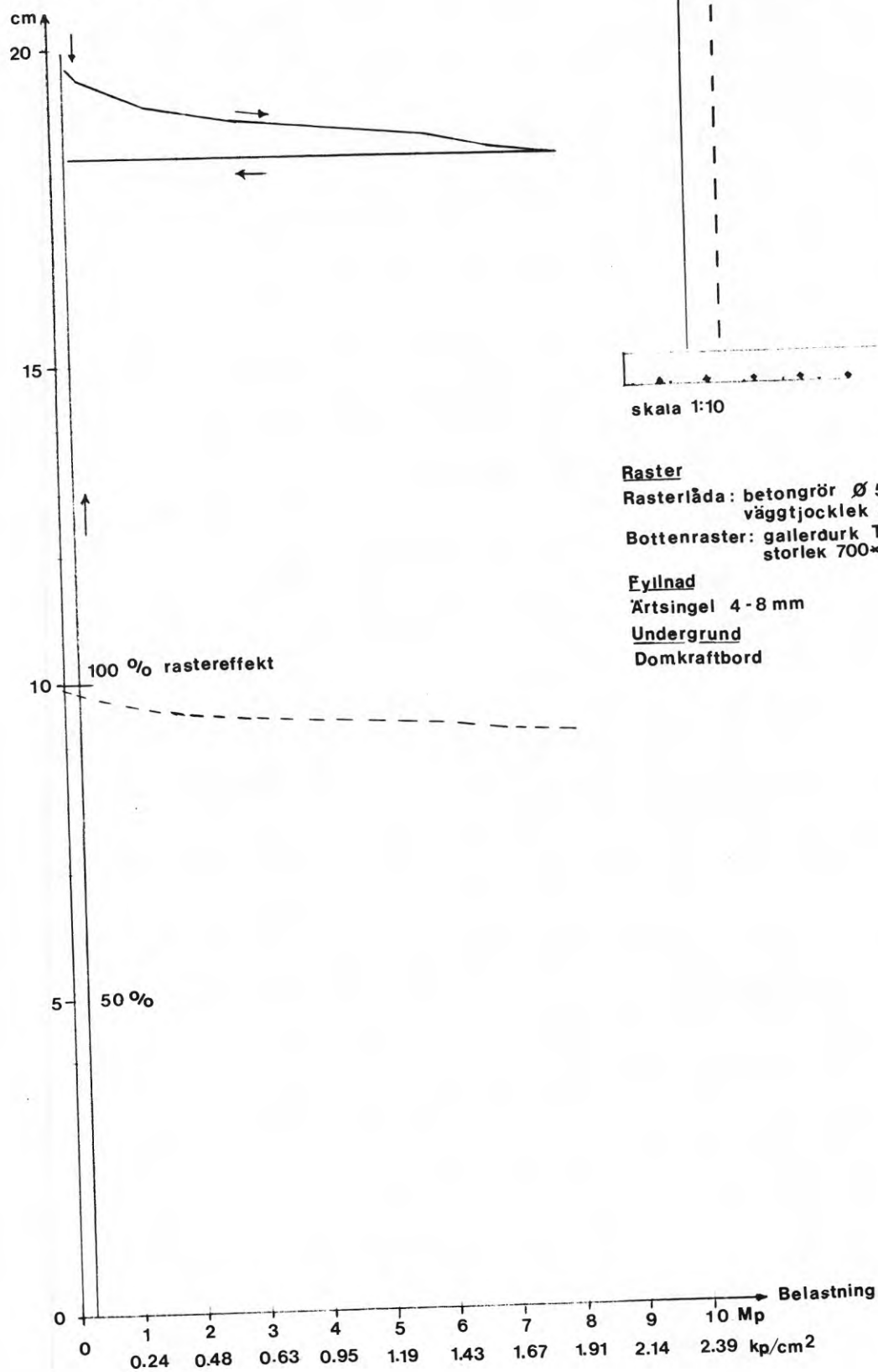
Försöket ansågs visa, att kombinationen (vid användning av starkare rasterlåda) bör vara synnerligen användbar för sitt ändamål, särskilt genom att initialsättningarna blir små även när vibrering inte tillämpas. Det beslöts att för de fortsatta försöken som "låda" använda det grova betongröret.

#### Prov 10

Med detta prov avsågs att skaffa information om VIBRATIONERS INVERKAN VID FINMASKIGA RASTER. För detta ändamål användes en gallerdurk 60 x 70 cm med 5 cm höga bärjärn och med fördelningsjärn av kamjärn  $\emptyset 6 \text{ mm}$ . Rastret lades ut på en 40 cm hög fyllning av ärtsingel. För vibreringen användes en elektriskt driven stavvibrator.

Prov 10. Diagram över nivåer och rastereffekt vid 20 cm lyfthöjd och olika last.

### Nivåer och höjningar



Första delen av provet utfördes utan annan belastning än egenvikten av rastret och betongröret och utan fyllning ovanför rastret. Först åstadkoms vibrationer i fyllnadsmassan genom att vibratorn under tillsammans 1 min trycktes i tur och ordning mot de yttre sidorna av provningslådan av trä. Vibrationerna kändes väl i fyllnadsmassan närmast provkroppen. Några sättningseffekter härav var knappast märkbara och låg inom gränserna för mätnoggrannheten. Därefter hölls vibratorn an mot rastret genom att den stacks ned genom betongröret. Efter 1 min hade rastret sjunkit ned 13 mm och efter ytterligare 1 min totalt 21 mm. Utvändigt uppmättes en sjunkning av fyllnadsmassan efter 1 min på 5 mm och efter ytterligare 1 min på ytterligare 6 mm. Inom rastret hade fyllnadsmassan sjunkit 5 mm.

Härefter påfördes rastret en belastning på 1,5 ton. Vibrering av provlådan av trä under 1 min medförde knappast mätbara förändringar. Gallervibrering samma tid medförde en nedträngning på 3 mm.

Därefter fylldes betongröret till hälften med ärtsingel, och detta sjönk 32 mm, när massan vibrerades. Härvid sjönk rastret ytterligare 2 mm.

Slutsatsen av dessa försök var, att INVERKAN AV YTTRE VIBRATIONER VIA MARKEN TORDE VARA RINGA. DIREKT-VIBRERING AV RASTER SYNES HA STOR INVERKAN och kan möjligen användas för finjusteringar nedåt, om rastret skulle vara för högt upplyft.

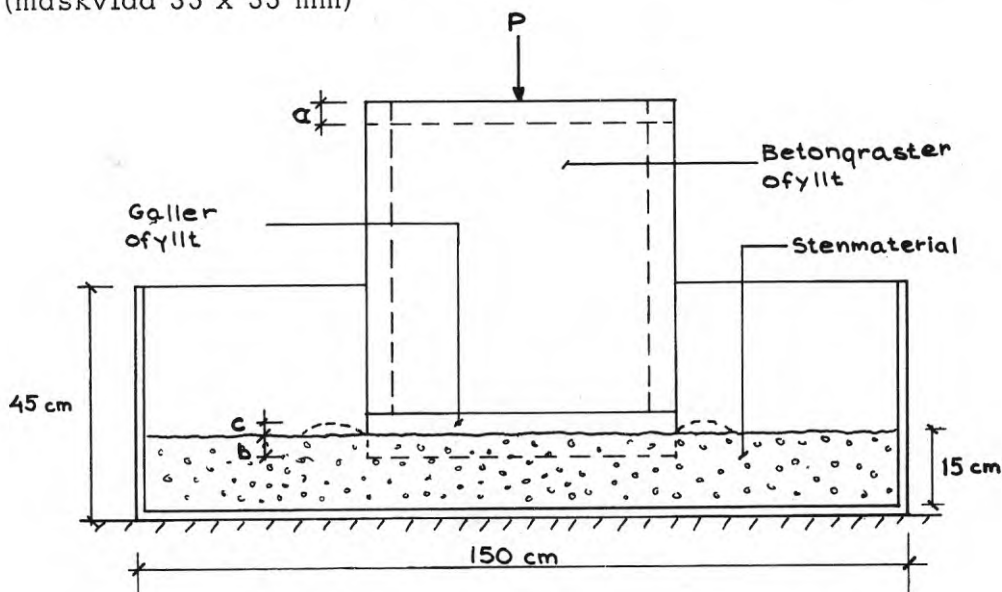
Rastervibrering kan möjligen också användas för packning och kan möjligen ske från plats ovanför grunden, t ex via ett fastsvetsat järn.

## BILAGA 2

Resultat av försöksserie 2 (prov 11 - 16)

Prov 11 a-c

Rasterlåda 4 + gallerdurk 1 A  
(maskvidd 35 x 35 mm)



Stenmaterial: Ärtsingel (löst lagrat)

Belastn.hast.: 1 Mp/min

Mått a enl. ovan = rastrets nedträngningsdjup -  
redovisas i tabellform som funk-  
tion av belastn.  $P$  Mp

Mått b enl. ovan = gallerets nedträngning -  
redovisas i tabellform <sup>1)</sup>

Mått c enl. ovan = stenmateriallets uppträngning  
intill gallerets utsida -  
redovisas i tabellform

---

1) För prov 11 c = stenmateriallets sjunkning vid  
lådans överkant

Prov 11 a nr 1

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	6	4	1
1	2	1	0	9	7	5	1
2	2	2	1	10	8	5	2
3	3	2	1	10 <sup>1)</sup>	8	6	1
4	3	3	1	10 <sup>2)</sup>	8	6	1
5	4	3	1	5	7	6	1
6	5	4	1	0	6	5	1
7	6	4	1	-	-	-	-

Prov 11 a nr 2 (dubbelprov)

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	5	3	2
1	0	0	2	9	5	3	2
2	2	1	2	10	6	4	2
3	2	1	2	10 <sup>1)</sup>	6	4	2
4	3	2	2	10 <sup>2)</sup>	6	4	2
5	3	2	2	5	5	4	2
6	4	2	2	0	4	4	2
7	4	3	2	-	-	-	-

1) Efter 5 min. konstanthållning av lasten (10 Mp)

2) " 10 " " " " "



Prov 11 b nr 1

Som prov 11 a men med stenmaterial till ö.k. raster.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- träng. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	6	2	0
1	2	0	0	9	7	3	0
2	3	1	1	10	7	3	0
3	4	1	0	10 <sup>1)</sup>	7	3	0
4	4	1	0	10 <sup>2)</sup>	7	3	0
5	5	2	1	5	7	3	0
6	5	2	1	0	4	2	0
7	6	2	0	-	-	-	-

Prov 11 b nr 2 (dubbelprov)

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- träng. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	5	2	5
1	1	0	5	9	5	3	6
2	2	0	5	10	6	3	6
3	2	1	5	10 <sup>1)</sup>	6	3	6
4	3	1	5	10 <sup>2)</sup>	6	3	6
5	4	1	5	5	5	3	6
6	4	2	5	0	2	2	6
7	4	2	5	-	-	-	-

1) Efter 5 min. konstanthållning av lasten (10 Mp)

2) " 10 " " " "

Prov 11 c nr 1

Som prov 11 a men med stenmaterial till ö.k. låda

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	6	6	1
1	0	1	0	9	6	6	1
2	1	1	0	10	6	7	2
3	2	2	0	10 <sup>1)</sup>	7	7	1
4	2	2	0	10 <sup>2)</sup>	7	7	1
5	3	2	1	5	6	7	1
6	4	5	1	0	3	6	0
7	5	5	1	-	-	-	-

Prov 11 c nr 2 (dubbelprov)

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	3	4	0
1	0	1	0	9	3	4	0
2	0	1	0	10	4	5	0
3	1	2	0	10 <sup>1)</sup>	4	5	0
4	1	2	0	10 <sup>2)</sup>	4	5	0
5	2	3	0	5	3	5	0
6	2	3	0	0	1	4	0
7	3	3	0	-	-	-	-

1) Efter 5 min. konstanthållning av lasten (10 Mp)

2) " 10 " " " "

Prov 12 a - k

Rasterlåda 4 + galler 1A

(maskvidd 35 x 35 mm)

Förutsättningar: Som för prov 11, dock var rasterlådan helt fylld med stenmaterialet

Stenmaterial: Ärtsingel (löst lagrat)

Belastn.hast.:  $\sim 1$  Mp/min

Mått a o. c enl. prov 11 (i princip)  
" b stenmaterialets sjunkning i rasterlådan

Prov 12 a

rent bel., prov utan lyftning

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	5	4	1
1	1	0	0	9	5	4	1
2	2	1	0	10	6	5	1
3	2	2	0	10 <sup>1)</sup>	6	5	1
4	3	2	0	10 <sup>2)</sup>	6	5	1
5	3	3	1	5	5	5	1
6	4	3	1	0	3	5	1
7	4	4	1	-	-	-	-

1) Efter 5 min. konstanthållning av lasten (10 Mp)

2) " 10 " " " "

Prov 12 b

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 a.

Initialsjunkning: 4 mm

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	α mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	8	8	2
1	1	1	0	9	9	9	2
2	2	3	1	10	10	10	2
3	3	4	0	10 <sup>1)</sup>	11	10	3
4	4	5	0	10 <sup>2)</sup>	11	11	3
5	5	5	2	5	10	11	3
6	6	6	2	0	7	9	2
7	7	7	2	-	-	-	-

Prov 12 c

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläge 12 b.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	α mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	20	20	4
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	7	1	5	20	20	5
2	9	9	1	0	17	19	4
4	11	12	2	-	-	-	-
6	14	14	2				
8	16	16	3				
10	20	19	4				
10	20	20	5				

1 o. 2) Se noter prov 12 a

3) Rasterlådans egenvikt ⇒ 4) initialsjunkning

Prov 12 d

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 c.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	24	22	6
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	6	1	10 <sup>1)</sup>	24	22	5
2	9	8	1	10 <sup>2)</sup>	24	23	6
4	11	11	1	5	24	24	7
6	14	14	2	0	21	22	6
8	18	17	4	-	-	-	-

Prov 12 e

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 d.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	32	31	10
0 <sup>3)</sup>	8 <sup>4)</sup>	8	0	10 <sup>1)</sup>	32	31	10
2	10	10	0	10 <sup>2)</sup>	33	32	9
4	13	14	1	5	32	32	10
6	18	18	3	0	30	31	10
8	24	24	3	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 12 a

3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 12 f

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 e.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	39	40	15
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	0	10 <sup>1)</sup>	40	40	15
2	10	11	2	10 <sup>2)</sup>	40	41	15
4	14	15	3	5	40	41	16
6	21	22	6	0	37	41	15
8	28	30	9	-	-	-	-

Prov 12 g

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 f.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	38	37	14
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	2	10 <sup>1)</sup>	38	38	14
2	10	4	2	10 <sup>2)</sup>	38	39	15
4	14	14	4	5	38	39	15
6	19	19	6	0	36	38	14
8	27	27	9	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 12 a

3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 12 h

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngtläge) i prov 12 g.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	33	32	11
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	5	0	10 <sup>1)</sup>	34	33	11
2	8	8	1	10 <sup>2)</sup>	34	33	11
4	12	12	2	5	33	33	11
6	17	16	4	0	32	33	10
8	26	25	8	-	-	-	-

Prov 12 i

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 h.

Last P Mp	Ned- träng. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	34	34	10
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	7	0	10 <sup>1)</sup>	35	35	10
2	9	10	1	10 <sup>2)</sup>	35	35	10
4	12	14	2	5	34	35	10
6	17	18	4	0	32	35	10
8	24	24	6	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 12 a

3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 12 k

Som prov 12 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 12 i.

Last P Mp	Ned-1 trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	30	30	8
0 <sup>3)</sup>	5 <sup>4)</sup>	6	0	10 <sup>1)</sup>	32	31	8
2	8	9	0	10 <sup>2)</sup>	32	32	8
4	11	12	1	5	31	32	8
6	16	17	3	0	29	31	7
8	22	22	5	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 12 a

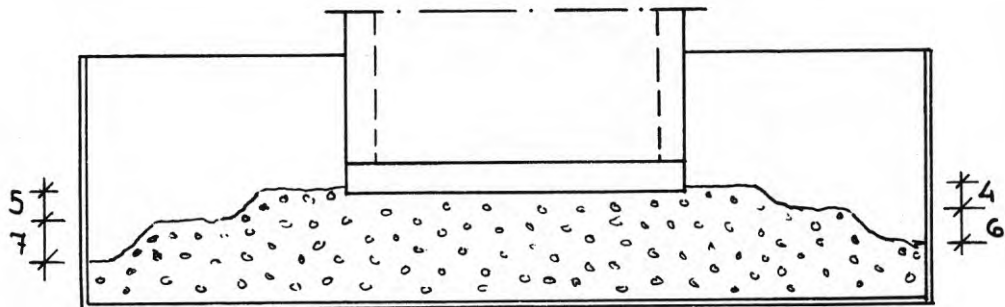
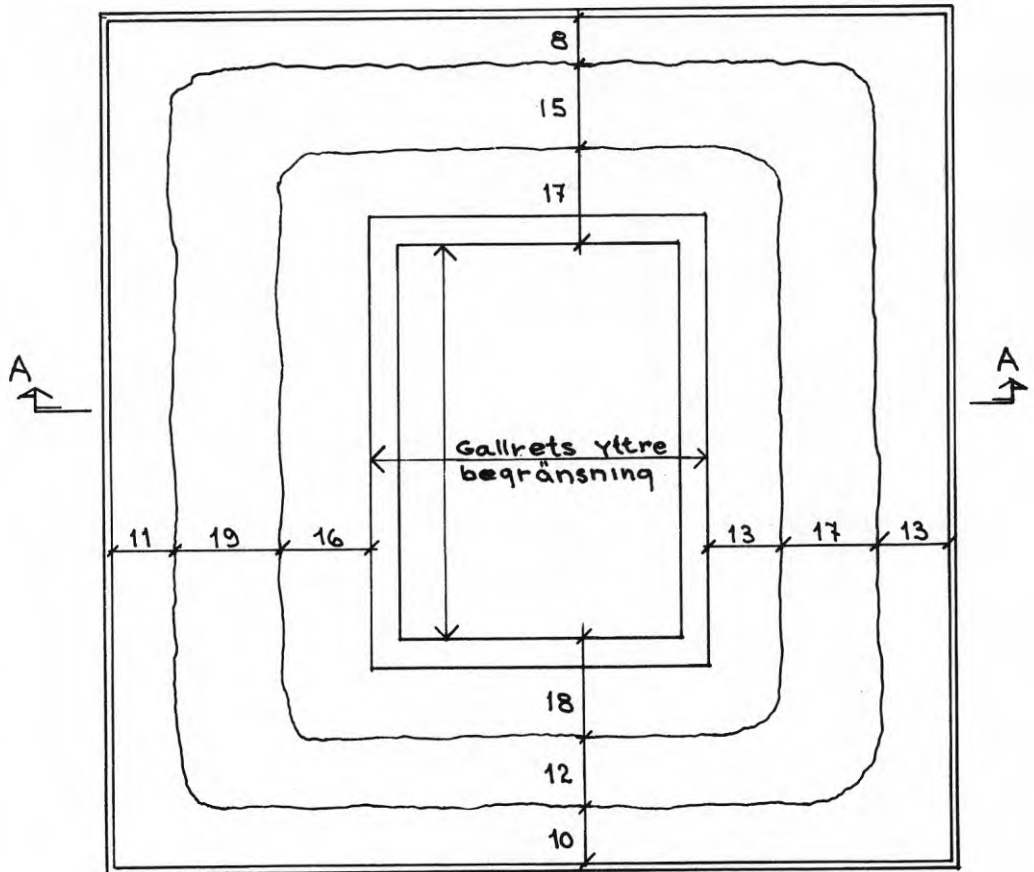
3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Anm.

Efter prov 12 h kunde en viss terrassbildning hos sten-  
materialet i ytterlådans konstateras. Utseendet och mått-  
angivelser på denna bildning framgår av skiss på nästa sida  
Efter avslutad provserie 12 a-k avmonterades rastret och  
därvid konstaterades att detta erhållit en uppbjörning som  
vid mitten uppgick till ca 20 mm.



Skiss över stenmaterialets terrassbildning uppmätt efter  
provserien 12 a - k

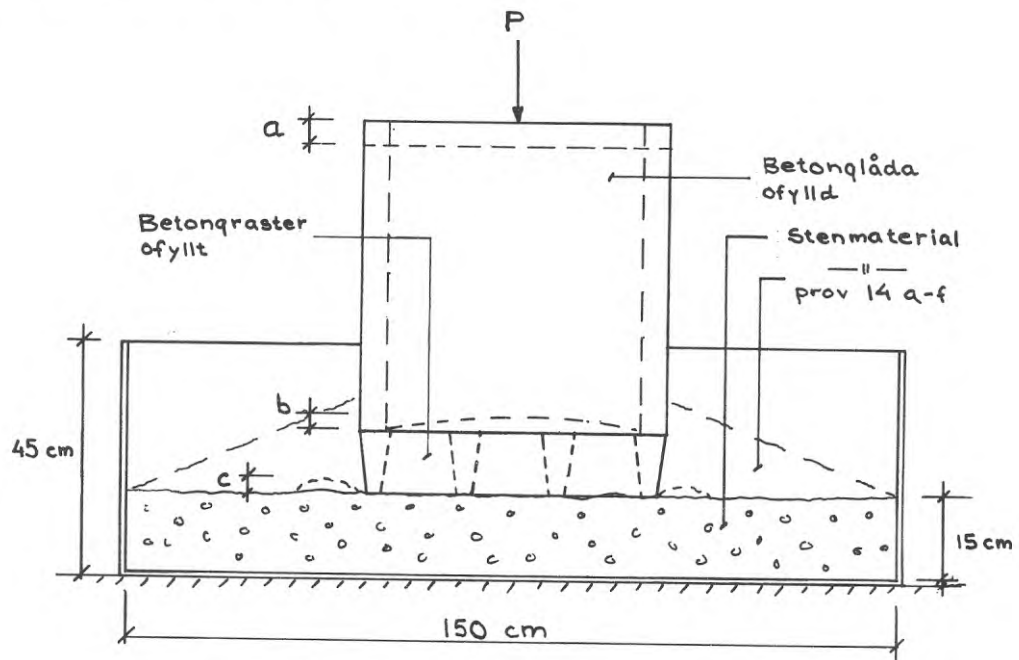


A - A

Mått i cm

Prov 13 a-b

## Rasterlåda 4 + betongraster



Stenmaterial: Ärtsingel (löst lagrat)

Belastn.hast.: 1 Mp/min

Mått a enl. ovan = rastets nedträngningsdjup - redovisas  
i tabellform som funktion av  
belastn. P Mp

Mått b<sup>1)</sup> " = betongrastrets uppbjörning på mitten-  
redovisas i tabellform

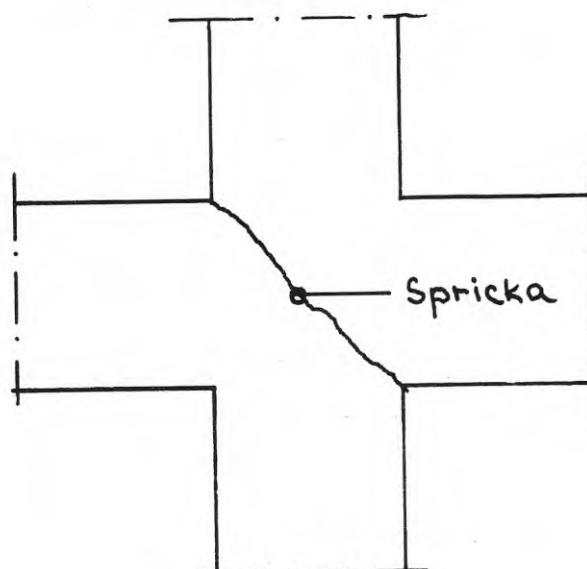
Mått c " = stenmaterialets uppträngning intill  
gallrets utsida - redovisas i tabellform

- 
- 1) För prov 13 b b-måttet = stenmaterialets nedträngning av  
betonggallret och stängerna.

Prov 13 a

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Upp- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	38	2	7
1	2	0	0	9	40	2	7
2	3	0	0	10	42	3	8
3	5	0	0	10 <sup>1)</sup>	44	3	8
4 <sup>3)</sup>	25	1	5	10 <sup>2)</sup>	44	3	8
5	30	2	6	5	43	3	8
6	33	2	6	0	42	3	6
7	36	2	7	-	-	-	-

- 1) Efter 5 min. konstanthållning av lasten (10 Mp)
- 2) " 10 " " " "
- 3) Sprickor i betongrastrets översida synliga. Sprickorna uppkom i samtliga gallerväggars korsningspunkter (se fig.)



Prov 13 b nr 1

Som prov 13 a men med 12 st  $\emptyset$  10 släta stänger inskjutna i betongrastret.

Stenmaterialet fyllt till ö.k. dessa stänger.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	3	2	1
1	1	1	0	9	3	2	1
2	1	1	0	10	3	2	1
3	1	1	0	10 <sup>1)</sup>	4	2	1
4	2	1	0	10 <sup>2)</sup>	4	2	1
5	2	2	0	5	4	2	1
6	3	2	1	0	2	2	1
7	3	2	1	-	-	-	-

Prov 13 b nr 2 (dubbelprov)

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	3	1	1
1	0	0	0	9	3	1	1
2	1	0	1	10	4	2	1
3	1	0	1	10 <sup>1)</sup>	4	2	1
4	2	1	1	10 <sup>2)</sup>	4	2	1
5	2	1	1	5	3	2	0
6	2	1	1	0	2	1	0
7	3	1	1	-	-	-	-

1 o. 2) Se noterprov 13 a

Prov 14 a - f

Rasterlåda 4 + betongraster med  $\emptyset$  10 mm stänger

Förutsättningar: Som för prov 13, dock var rasterlådan helt fylld med stenmaterial

Stenmaterial: Ärtsingel (löst lagrat)

Belastn.hast.:  $\sim$  1 Mp/min

Mått a och c enl. prov 13 (i princip)

Mått b stenmaterialets sjunkning i rasterlådan

Ytterlådan var fylld enl. fig. sid med "släntning" mot lådan.

Prov 14 a

rent bel. prov utan lyftning

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Upp- tryckn. c mm	3) P Mp	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	3	2	-1
2	1	0	0	10 <sup>1)</sup>	3	2	-1
4	1	1	-1	10 <sup>2)</sup>	3	2	-1
6	2	1	-1	5	2	2	-1
8	2	2	-1	0	1	1	-1

1 o. 2) Se noterprov 13 a

3) Minustecken anger nedsjunkning av stenmaterialet

Prov 14 b

Som prov 14 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 14 a.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	α mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	7	12	12	4
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	3	8	12	13	4
1	9	8	4	9	13	13	4
2	10	9	4	10	13	13	5
3	10	10	4	10 <sup>1)</sup>	13	13	4
4	10	11	4	10 <sup>2)</sup>	13	14	4
5	11	11	4	5	13	13	4
6	12	12	4	0	12	13	5

Prov 14 c

Som prov 14 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläge 14 b.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	α mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	7	10	11	2
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	7	2	8	11	12	2
1	7	8	2	9	11	12	2
2	8	9	2	10	12	13	2
3	9	9	2	10 <sup>1)</sup>	12	13	2
4	9	10	2	10 <sup>2)</sup>	12	13	2
5	10	10	2	5	12	12	2
6	10	11	2	0	11	12	2

1 o. 2) Se noter prov 13 a

3) Rasterlådans + rastrets egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 14 d

Som prov 14 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget  
(nedträngt läge) i prov 14 c.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	7	12	13	2
0 <sup>3)</sup>	9 <sup>4)</sup>	9	2	8	12	13	2
1	9	10	2	9	13	13	2
2	10	10	2	10	13	14	2
3	10	11	2	10 <sup>1)</sup>	13	14	2
4	11	11	2	10 <sup>2)</sup>	14	14	2
5	11	12	2	5	13	14	2
6	12	12	2	0	12	13	2

Prov 14 e

Som prov 14 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläge 14 d.

Last P Mp	Ned- träng. a mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	7	12	12	1
0 <sup>3)</sup>	8 <sup>4)</sup>	7	1	8	13	13	1
1	9	8	1	9	13	13	1
2	9	9	1	10	13	14	1
3	10	10	1	10 <sup>1)</sup>	14	14	1
4	11	10	1	10 <sup>2)</sup>	14	14	1
5	11	11	1	5	14	14	1
6	12	11	1	0	13	13	1

1 o. 2) Se noter prov 13 a

3) Rasterlådans + rastrets egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 14 f

Som prov 14 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 14 e.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	7	11	13	0
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	8	1	8	12	13	0
1	8	9	0	9	12	14	0
2	9	10	0	10	13	15	0
3	9	10	1	10 <sup>1)</sup>	13	15	0
4	10	11	1	10 <sup>2)</sup>	13	15	0
5	10	12	0	5	13	14	0
6	11	12	0	0	12	14	0

1 o. 2) Se noter prov 13 a

3) Rasterlådans + rastrets egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Anm. Vid lyftning mellan prov 14 d och 14 e konstaterades en 3-4 mm springa mellan låda och betongraster.

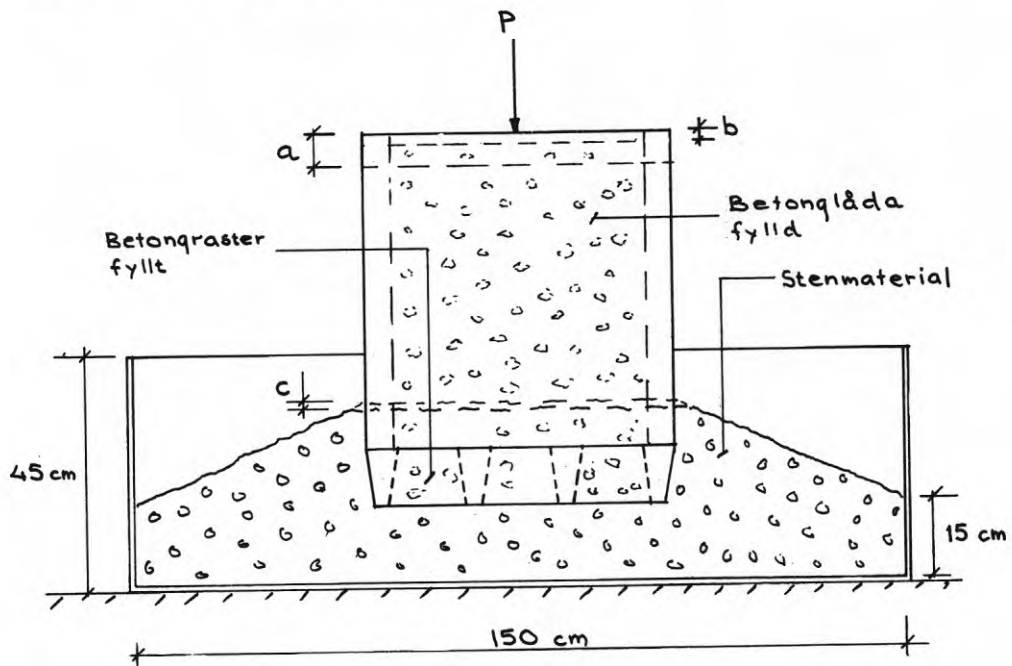
Vid 10 Mp last i prov 14e var springan ca 1 mm.

Det uppkomna "glappet" berodde förmodligen på viss deformation av infästningarna till betongrastret.



Prov 15 a-f

Rasterlåda 4 + betongraster.



Stenmaterial: Ärtsingel (löst lagrat)

Belastn.hast.:  $\sim 1 \text{ Mp/min}$

Mått a enl. ovan=rastrets nedträngningsdjup - redovisas  
i tabellform som funktion av belastn.

$P \text{ Mp}$

Mått b enl. ovan=stenmateriallets nedsjunkning i lådan -  
redovisas i tabellform

Mått c enl. ovan=stenmateriallets nedträngning intill  
gallrets utsida

Prov 15 a nr 1

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	α mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	2	3	3
1	1	1	1	9	2	3	3
2	1	1	1	10	3	3	3
3	1	1	1	10 <sup>1)</sup>	3	3	3
4	2	2	1	10 <sup>2)</sup>	3	3	3
5	2	2	2	5	3	3	3
6	2	2	2	0	1	2	3
7	2	2	2	-	-	-	-

Prov 15 a nr 2(dubbelprov)

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	α mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	8	2	2	1
1	0	0	0	9	2	2	2
2	1	1	1	10	2	2	2
3	1	1	1	10 <sup>1)</sup>	2	2	1
4	2	1	1	10 <sup>2)</sup>	2	2	2
5	2	1	1	5	2	2	2
6	2	1	1	0	1	2	2
7	2	2	1	-	-	-	-

1) Efter 5 min. konstanthållning av lasten (10 Mp)

2) " 10 " " " " "

Prov 15 b nr 1

Som prov 15 a. Rastet lyftes 40 mm från slutläget  
(nedträngt läge) i prov 15 a nr 1.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- trängn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	12	14	4
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	7	3	10 <sup>1)</sup>	12	14	4
2	8	10	3	10 <sup>2)</sup>	12	14	4
4	10	11	3	5	12	14	4
6	11	12	3	0	11	13	4
8	11	13	4	-	-	-	-

Prov 15 b nr 2 (dubbelprov)

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget  
(nedträngt läge) i prov 15 a nr 2.

Last P Mp	Ned- träng. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	12	14	4
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	7	3	10 <sup>1)</sup>	12	14	4
2	8	10	3	10 <sup>2)</sup>	12	14	4
4	10	11	3	5	12	14	4
6	11	12	3	0	11	13	4
8	11	13	4	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 15 a

3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 15 c nr 1

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 b nr 1.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	α mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	12	13	2
0 <sup>3)</sup>	5 <sup>4)</sup>	6	2	10 <sup>1)</sup>	12	13	2
2	7	8	2	10 <sup>2)</sup>	12	13	2
4	9	10	2	5	12	13	2
6	10	11	2	0	10	12	3
8	11	12	2	-	-	-	-

Prov 15 c nr 2 (dubbelprov)

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 b nr 2.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	α mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	13	7	1
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	0	1	10 <sup>1)</sup>	14	7	1
2	9	2	1	10 <sup>2)</sup>	13	7	1
4	10	4	1	5	12	7	1
6	12	5	1	0	11	6	1
8	12	6	1	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 15 a

3) Rasterlådans egenvikt

4) initialsjunkning

Prov 15 d nr 1

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 c nr 1.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	12	13	2
0 <sup>3)</sup>	5 <sup>4)</sup>	6	2	10 <sup>1)</sup>	12	13	2
2	7	8	2	10 <sup>2)</sup>	12	13	2
4	8	10	2	5	12	13	2
6	10	11	2	0	10	12	1
8	11	12	2	-	-	-	-

Prov 15 d nr 2 (dubbelprov)

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 c nr 2.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	14	14	1
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	2	10 <sup>1)</sup>	14	14	2
2	9	9	1	10 <sup>2)</sup>	14	14	2
4	10	11	2	5	14	14	1
6	12	12	2	0	12	13	2
8	13	13	1	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 15 a

3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

Prov 15 e nr 1

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 d nr 1.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	13	14	1
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	6	1	10 <sup>1)</sup>	13	14	2
2	8	9	1	10 <sup>2)</sup>	13	14	1
4	9	10	1	5	14	14	1
6	10	11	1	0	13	13	1
8	11	13	1	-	-	-	-

Prov 15 e nr 2 (dubbelprov)

Som prov 15 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 d nr 2.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	14	14	-1
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	0	10 <sup>1)</sup>	14	14	-1
2	9	9	-1 <sup>5)</sup>	10 <sup>2)</sup>	14	14	-1
4	10	10	-1	5	14	14	-1
6	12	12	-1	0	13	13	-1
8	13	13	-1	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 15 a

3) Rasterlådans egenvikt  $\Rightarrow$  4) initialsjunkning

5) Minustecken anger uppträngning

Prov 15 f nr 1

Som prov 15 α. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 e nr 1.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	α mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	15	15	-2
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	-2 <sup>5)</sup>	10 <sup>1)</sup>	16	16	-2
2	9	9	-1	10 <sup>2)</sup>	16	16	-3
4	11	11	-2	5	15	15	-2
6	12	12	-1	0	13	15	-3
8	14	14	-2	-	-	-	-

Prov 15 f nr 2 (dubbelprov)

Som prov 15 α. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 15 e nr 2.

Last P Mp	Ned- trängn. α mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	α mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	14	14	-1
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	0	10 <sup>1)</sup>	14	14	-1
2	9	9	-1 <sup>5)</sup>	10 <sup>2)</sup>	14	14	-1
4	10	10	-1	5	14	14	-1
6	12	12	-1	0	13	13	-1
8	13	13	-1	-	-	-	-

1 o. 2) Se noter prov 15 α

3) Rasterlådans egenvikt ⇒ 4) initialsjunkning

5) Minustecken anger uppträngning

Prov 16 a - d

Som prov 15. Fyllnadshöjden i ytterlådan dock 10 cm (tidigare 15 cm).

Prov 16 a

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P MP	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	8	2	1	1
1	0	0	0	9	2	2	1
2	0	0	0	10	2	2	1
3	1	1	0	10 <sup>1)</sup>	2	2	1
4	1	1	0	10 <sup>2)</sup>	2	2	1
5	1	1	0	5	1	2	0
6	1	1	0	0	0	1	0
7	1	1	0	-	-	-	-

Prov 16 b

Som prov 16 a. Rastret lyftes 200 mm från slutläget i prov 16 a.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp	a mm	b mm	c mm
				forts.	forts.	forts.	forts.
0	0	0	0	10	23	22	0
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	6	0	10 <sup>1)</sup>	23	22	0
2	12	11	0	10 <sup>2)</sup>	24	22	0
4	15	14	0	5	23	22	0
6	18	17	0	0	22	21	0
8	20	19	0	-	-	-	-

1 - 4) Se noter



Prov 16 c

Som prov 16 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 16 b.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	18	18	1
0 <sup>3)</sup>	7 <sup>4)</sup>	7	1	10 <sup>1)</sup>	18	18	1
2	10	10	1	10 <sup>2)</sup>	18	19	1
4	12	12	2	5	18	18	1
6	14	14	1	0	16	17	1
8	16	16	1	-	-	-	-

Prov 16 d

Som prov 16 a. Rastret lyftes 40 mm från slutläget (nedträngt läge) i prov 16 c.

Last P Mp	Ned- trängn. a mm	Ned- sjunkn. b mm	Ned- trängn. c mm	P Mp forts.	a mm forts.	b mm forts.	c mm forts.
0	0	0	0	10	18	14	1
0 <sup>3)</sup>	6 <sup>4)</sup>	1	0	10 <sup>1)</sup>	18	14	1
2	9	5	0	10 <sup>2)</sup>	18	14	1
4	11	7	0	5	18	14	1
6	13	9	0	0	17	12	0
8	15	11	0	-	-	-	-

1 - 4) Se noter

## ANVÄNDNINGSMÅRÅDEN FÖR IJSTERÄRA GRUNDER

Marktyp Byggnadstyp	Berg a	Fast jord b	Grund lera c	Djup lera d	Normal utfyllnad e	Avfalls- utfyllnad f	Utfylld mosse o. d. g	Tjälad mark h	Gruvom- råden i	Jordbäv- ningsomrd. k	Inträffad x) sättning l
1. Torn			-	(Kompensa- tionsgrund- läggning)	(Packad fyllning)	(Kompensa- tionsgrund- läggning)	Ej lämpligt över huvud taget				1
2. Monumentalbyggnad			-								(Pisatornet Orsa kyrka)
3. Skivhuv, punkthus			-								(Sthlns slott Venedig)
4. Låghus, större											(Huddinge C Grimsta)
5. Radhus, kedjehus	Vid vissa bergarter, t. ex. svällande skiffer (Östersund)	Svällande fast lera (Canada, London)	Mark med tunnlar o. tunnelbanor (Exempel i Stor-Stockholm: N. Botkyrka)	Mark med tunnlar o. tunnelbanor (Exempel i Stor-Stockholm: N. Botkyrka, Hässelby Järva)	Berg o. entreprenadmassor (Exempel i Stor-Stockholm: Malmö, Hall Sö Kovik)	Gamla tippar o. specialanlagda nya tippar (Exempel i Stor-Stockholm: Hall Sö Kovik)	Kompensationsgrundläggning	Vinterbyggen i Nordamerika Skandinavien Ryssland Sibirien m.m.	(Ruhr, Storbrittannien m.fl.)	Samtliga aktuella zoner	(Nälsta)
6. Friliggande småhus											(Frövi Bällsta)
7. Fritidsbostäder											
8. Mobila hus	All terräng	All terräng	Stockholm: N. Botkyrka	Stockholm: N. Botkyrka, Hässelby Järva	Exempel i Göteborg: Skandiahamnen	Exempel i Malmö: Lommahamnen	(Exempel i Stor-Stockholm: Tumba C K. kurva Järfälla C m.m.)				(Olika platser)
9. Provisoriska hus											
10. Befästningar											
11. Kolonihus, bodar											
12. Park- o. trädgårdshus											
13. Torg o. planer m.m.											(Huddinge t.)
14. Vägar o. flygfält				(T. ex. Skå)							(Arlanda Tullinge)

x) I denna kolumn har införts några för dagen kända exempel. Den innebär inte att raster teknik i dag vore omedelbart tillämpbar i alla dessa fall.

BILAGA 4

## STATENS PLANVERK

Tekniska byrån

25.4.1972

T 726/7

Bd S-E Rehnman, IW

Svenska Industribyggen AB

Delges: Byggnadsnämnden i

Fack

Järfälla

102 30 Stockholm 6

Provhus med justerbar grundläggning

Er ref G Fransén/SE, skrivelse 6.4.1972

I skrivelse den 6.4.1972 har Ni anhållit om utlåtande över ett provhus med justerbar grundläggning. Som underlag för framställan har Ni bifogat en preliminär rapport avseende försök med nivåregleringsraster (Börje Algers 15.3.1971) samt resultat av laboratorieprov utförda under hösten 1971.

Planverket är på grundval av föreliggande undersökningsmaterial inte berett att avge något allmänt omdöme över grundläggningsmetoden utan vill avvakta resultaten av de planerade försöken med provhuset. Den presenterade metoden är dock intressant och de hittills redovisade resultaten synes lovande varför planverket tillstyrker användning av justerbar grundläggning för ett provhus inom området VIKSJÖ B III under de förutsättningar som angivits i Er skrivelse den 6.4.1972 till planverket. Som ytterligare villkor gäller att provhuset skall kontrollavvägas ett år efter avslutade försök samt att rapporter från mätningar och observationer skall tillställas planverket. Vidare förutsätts att husägaren informeras om försöken och hålls skadeslös för ev. skador orsakade av försöken.

Detta ärende är avgiftsbelagt enligt planverkets instruktion. Faktura översänds separat.

För statens planverk

*Bertil Sundberg*  
Bertil Sundberg

*Sven-Erik Rehnman*  
Sven-Erik Rehnman

Planv. 0.3 (1970.08) 00

Postadress  
Box 22027  
104 22 STOCKHOLM 22

Gatuadress  
Kungsholms Hamnplan 3

Telefon  
08-54 09 40

Postgiro  
5 98 72-2

## LITTERATURREFERENSER

- Arrhenius, O, 1970, Korrosion på vägtrummor av korrugerad, varmförzinkad stålplåt.  
(Korrosionsinstitutet, Bulletin 6.6.) Stockholm.
- Algers, Börge, 1971, Försök med nivåregleringsraster. Preliminär rapport (stencilerad upplaga, opublicerad).
- Forsblad, Lars, 1963, Jordvibreringsundersökningar, Doktorsavhandling, KTH, Stockholm





**R71: 1973**

**Denna rapport avser anslag C 830 från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska Industribyggen AB, Stockholm.**

**Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.**

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

**Grupp: konstruktion**

**Pris: 21 kronor**