



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

R127:1979

**Flerbostadshus, grund-
läggningsalternativ på lös
jord**

**En teknisk och ekonomisk
jämförelse**

Johan Belfrage m fl

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R127:1979

FLERBOSTADSHUS, GRUNDLÄGGNINGSSALTERNATIV PÅ LÖS JORD
En teknisk och ekonomisk jämförelse

Johan Belfrage
Nils Lija
Bertil Nord
Per-Lennart Svensson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770640-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till HSBs Riksförbund samt
Statens geotekniska institut.

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

R127:1979

ISBN 91-540-3126-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 958074

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
2	SAMMANFATTNING	7
3	GRUNDLÄGGNINGSALTERNATIV PÅ LÖS JORD	15
3.1	Teknisk beskrivning	15
3.1.1	Förbelastning med överlast	15
3.1.2	Förbelastning med överlast genom vakuum	17
3.1.3	Grundläggning på kalkpelare	18
3.1.4	Urgrävning och återfyllning med packad lättklinker, kompensa- tionsgrundläggning	19
3.1.5	Urgrävning och återfyllning med packat friktionsmaterial	20
3.1.6	Grundläggning på pålar	20
3.2	Teknisk jämförelse, förbelast- ning med överlast genom vakuum - förbelastning med överlast av jord	22
4	BOSTADSOMRÅDET BJÖRKSKATAN I LULEÅ	29
4.1	Beskrivning av projektet	29
4.2	Utförande	32
4.3	Resultat	34
5	TIDIGARE UTFÖRDA PROJEKT DÄR JORDFÖRSTÄRKNING GENOM FÖRBE- LASTNING ANVÄNTS	37
5.1	Bostadsområdet Skäggetorp, Linköping	37
5.2	Provbekastning av svartmocka, Luleå	38
5.3	Philadelphia International Airport	39
6	EKONOMISK JÄMFÖRELSE MELLAN GRUNDLÄGGNINGSALTERNATIV PÅ LÖS JORD	41
6.1	Förutsättningar	41
6.2	Kostnadsjämförelse	41
6.2.1	Jordförstärkning med överlast ..	41
6.2.2	Jordförstärkning med överlast genom vakuum	42
6.2.3	Grundläggning på kalkpelare	42
6.2.4	Urgrävning samt återfyllning med packad lättklinker	42
6.2.5	Urgrävning samt återfyllning med packat friktionsmaterial	43
6.2.6	Grundläggning på pålar	44
7	VAL AV GRUNDLÄGGNINGSALTERNATIV: GEOTEKNISK UNDERSÖKNING, PROJEK- TERINGSANVISNINGAR SAMT KON- TROLLÅTGÄRDER	45

7.1	Val av grundläggningsalternativ	45
7.2	Vilka uppgifter skall tas fram i olika skeden?	45
7.3	Jordförstärkning med överlast .	46
BILAGA 1	Geotekniskt utlåtande, Björskateområdet, Luleå	49
BILAGA 2	Program för geoteknisk dag- kontrollant, Björskateområdet, Luleå	59
BILAGA 3	Sammanfattning av och utdrag ur dagbok förd av geoteknisk dag- kontrollant, Björskateområdet, Luleå	63
BILAGA 4	Sättnings- och portryckskurvor	71
LITTERATURFÖRTECKNING	85

1 INLEDNING

Utgångspunkten för denna rapport är en uppföljning av ett projekt i Luleå. HSB:s Riksförbund har där i bostadsområdet Björkskatan utfört en jordförstärkning av lös jord med överlast.

Resultatet av den i Luleå utförda jordförstärkningen visar att det finns tekniskt och ekonomiskt intressanta grundläggningsalternativ till de mer konventionella metoderna vid grundläggning på lös jord av flerbostadshus.

Vid sidan av uppföljningen av projektet i Luleå har därför i denna rapport gjorts en teknisk och ekonomisk jämförelse mellan nedanstående grundläggningsalternativ på lös jord för flerbostadshus.

- Förbelastning med överlast, med eller utan vertikaldränering
- Förbelastning med överlast genom vakuum med eller utan vertikaldränering
- Grundläggning med kalkpelare
- Urgrävning och återfyllning med packad lättklinker
- Urgrävning och återfyllning med packat friktionsmaterial
- Grundläggning på pålar

Som typhus för kostnadsberäkningen har valts ett källarlöst tvåvånings flerbostadshus med planmått 10 x 34,5.

För att en valmöjlighet mellan ovanstående beskrivna metoder skall komma till stånd erfordras geoteknikerns medverkan i ett tidigt stadium. Ett förslag till projekteringsgång redovisas därför också i rapporten.

En viss tonvikt har i rapporten lagts på metoderna med förbelastning då dessa i dag kanske är de mest intressanta vid grundläggning av byggnader.

2 SAMMANFATTNING

Sammandrag

Grundläggningsalternativ på lös jord för flerbostadshus

En teknisk och ekonomisk jämförelse mellan följande metoder:

- Förbelastning med överlast, med eller utan vertikaldränering
- Förbelastning med överlast genom vakuum, med eller utan vertikaldränering
- Grundläggning med kalkpelare
- Urgrävning och återfyllning med packad lättklinker
- Urgrävning och återfyllning med packat friktionsmaterial
- Grundläggning på pålar.

Utgångspunkt

Utgångspunkten för uppsatsen är uppföljningen av ett projekt i Luleå, där HSB utfört jordförstärkning med överlast i bostadsområdet Björkskatan. En viss tonvikt har därför lagts på metoderna med överlast. Som typhys för kostnadsberäkningen har valts ett källarlöst tvåvånings flerbostadshus med planmåtten 10 x 34,5 m.

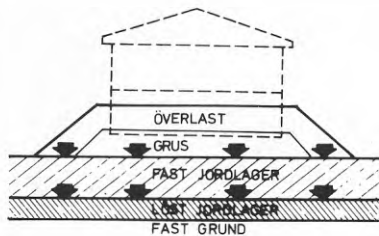
Slutsats

Slutsatsen av den tekniska och ekonomiska jämförelsen samt uppföljningen av Luleåprojektet är:

- med en geoteknisk undersökning som bl a klargör sättningsegenskaper hos jorden såsom förkonsolideringstryck och portryck i ett tidigt skede finns det tekniskt och ekonomiskt intressanta grundläggningsalternativ till de mer konventionella metoderna.
- geoteknikerna skall komma in tidigt i projekteringsstadiet för att vara med och välja grundläggningsmetod samt att planera masshanteringen och föreslå höjdsättning, samt delta i byggskedet.

Flerbostadshus, grundläggningsalternativ
på lös jord

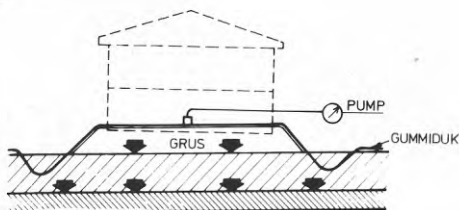
I



FÖRBELASTNING MED
ÖVERLAST AV JORD
KOSTNAD CA 14.000 KR
(lerdjup 5 m)

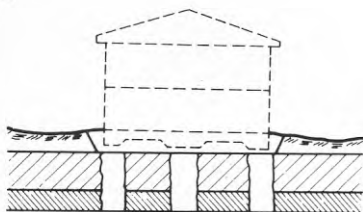
Om lerdjupet uppgår till 10 m kan en komplettering med dräner vara nödvändig. Kostnaderna för grundläggning på 10 m lera, med vertikaldränering, blir härvid ca 49.000 kr.

II



FÖRBELASTNING MED
ÖVERLAST GENOM
VAKUUM
KOSTNAD?

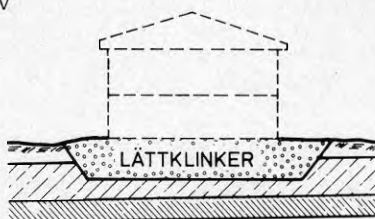
III



GRUNDLÄGGNING PÅ
KALKPELARE
KOSTNAD?

Kalkpelare kostar
installerad på
plats ca 25 kr/m
pelare.

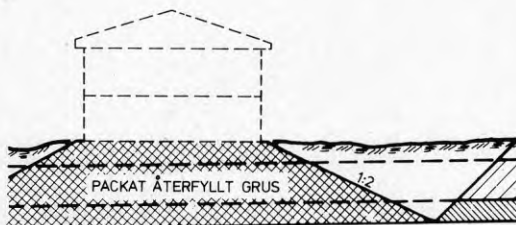
IV



URGRÄVNING SAMT
ÅTERFYLLNING MED
PACKAD LÄTTKLINKER
KOSTNAD CA 23.500 KR
(lerdjup 5 m)

Kostnaderna påverkas av mängden ytstabilisering som används. Den redovisade kostnaden inkluderar den enklaste ytstabiliseringen.

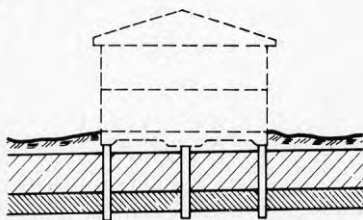
V



URGRÄVNING SAMT
ÅTERFYLLNING MED
PACKAD FRIKTIONS-
JORD
KOSTNAD CA 241.000 KR
(lerdjup 3 m)

Kostnaderna påverkas av tillgång på massor inom området, dvs om de eventuellt måste hämtas från sidotag. Kostnaden ovan är beräknad för massor hämtade från närbeläget sidotag.

VI



PÅLGRUNDLÄGGNING
KOSTNAD CA 31.000 KR
(lerdjup 5 m)

I den redovisade kostnaden har medräknats den fördyring av betongkonstruktionen som pålgrundläggning innebär. Skulle det vara nödvändigt att eventuellt använda bergsko medför detta en merkostnad på ca 6.000 kr. Bortslagning i blockrik terräng kan också öka kostnaderna. I ett fall med 10 m lera skulle motsvarande grundläggningkostnader utan bergsko vara ca 42.000 kr.

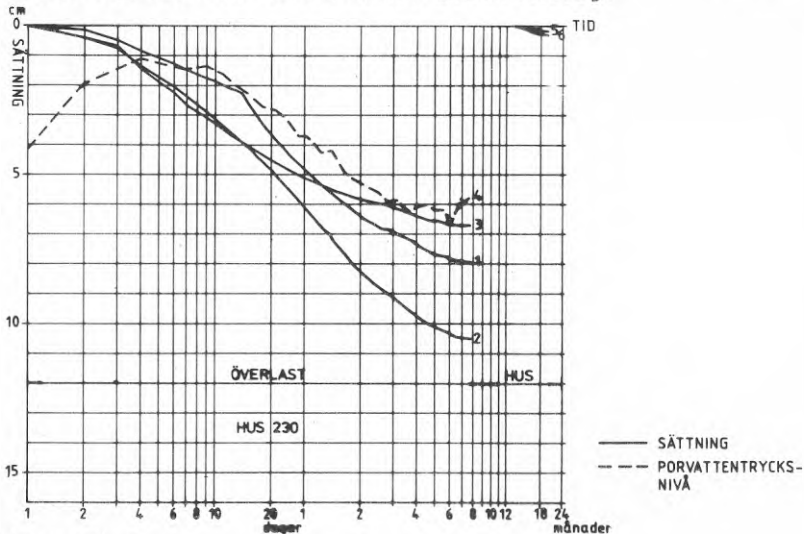
Det typhus som använts vid beräkning av ovanstående kostnader är ett tvåvånings flerbostadshus utan källare med bottenyta $10 \times 34,5 = 345 \text{ m}^2$. Huset ingår som ett av flera liknande i ett större bostadsområde. Vidare förutsätts vid kostnadsberäkningen att respektive grundläggningsmetod valts redan i projekteringsstadiet, så att inga stilleståndstider eller hinder för produktionen föreligger.

Kostnad för terrassering har ej medtagits i kostnaderna.

Bostadsområdet Björkskatan i Luleå

Utgångspunkten för rapporten är uppföljningen av en jordförstärkning med överlast som HSB utfört i bostadsområdet Björkskatan i Luleå. Uppföljningen av jordförstärkningen har gjorts med medel från BFR.

Området Björkskatan i Luleå har bebyggts med tvåvånings flerbostadshus. Jorden inom en del av området bestod bl a av ett ca 1 m tjockt skikt av lös svartmokka. Detta innebär att den jämnt fördelade belastningen från ett tvåvåningshus gav en beräkningsmässig sättning på 10-15 cm på ett metertjockt svartmockaskikt. De grundläggningsmetoder som här var aktuella är följande 1) pålning, 2) urgrävning till fast botten och 3) jordförstärkning med överlast. På grund av förväntade sättningar på kvartersmark uppstod problem med ojämna sättningsövergångar mellan anläggningar i kvartersmark och på grundlagda hus. Dessa olägenheter kan elimineras vid de båda andra förstärkningsmetoderna. En ekonomisk jämförelse mellan de två andra alternativen visade att jordförstärkning med överlast i detta fallet var ekonomiskt fördelaktigt.



Figur 2.1

Figur 2.1 visar sättningsförloppet och portrycksutjämnningen under överlastens liggtid samt sättningarna

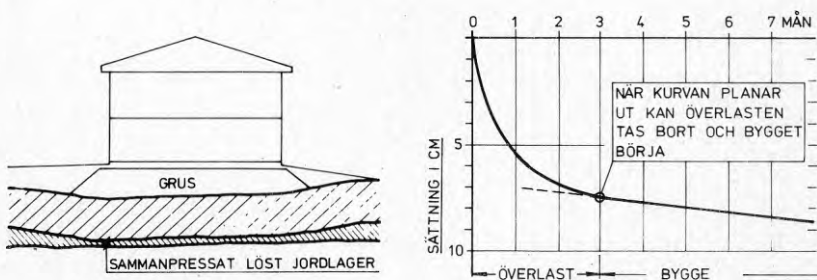
efter husets uppförande.

Erfarenheterna från det utförda projektet visar att metoden här var ett ekonomiskt och tekniskt lyckat alternativ till mer konventionella grundläggningsmetoder.

Beskrivning och jämförelse av metoderna

I Förbelastning med jord

Den metod med överlast som användes i Luleå innebär att sättningarna i jorden tas ut före byggandet av huset. Detta sker genom att en jordfyllning motsvarande husets vikt påförs den aktuella byggnadsytan. Denna fyllning får sedan ligga erforderlig tid för att sättningarna skall uppkomma. Fyllningen avschaktas sedan till önskad grundläggningsnivå innan huset byggs.



Figur 2.2

För att påskynda sättningsförloppet kan överlasten kombineras med vertikaldränering. Detta innebär att dräner av sand eller plast sätts ned i jorden. Därvid kan de porvattenövertryck som bildas vid överlastens påförande utjämnas snabbare och sättningarna tas ut snabbare.

II Förbelastning med vakuum

Förbelastning med överlast genom vakuum beskrevs av Kjellman 1952. Metoden innebär i korthet att man genom att anbringa ett vakuum på markytan åstadkommer en fiktiv överlast. Vakuomet kan alltså användas för att "förbelasta" grunder för att ta ut sättningar. Vakuomet kan åstadkommas genom att en plast- eller gummiduk placeras över ett lager av sand eller grus som lagts ut på leran. Runt kanterna förseglas duken i leran under grundvattenytan och en vakuumpump ansluts till duken och luft och vatten pumpas ur det porösa filtret.

Metoden har såvitt känt inte använts i den utformning som Kjellman beskrev den, utom vid några enstaka försök. Vid dessa försök åstadkomms en tryckskillnad på 0,6 à 0,7 atm, vilket skulle motsvara lasten av en ca 4 à 5 m tjock sandfyllning. Metoden kan i likhet med den föregående kompletteras med vertikaldränering för

att påskynda sättningsförloppet, men även för att nå djupare med effektivtryckshöjningen.

Metoden är ej prövad i någon större utsträckning med den materiel som i dag finns tillgänglig. Önskvärt vore att få den prövad vid ett större projekt för att få teknisk-ekonomisk utvärdering.

III Grundläggning på kalkpelare

Kalkpelare är ytterligare ett sätt att förstärka lös jord. Metoden tillgår så att osläckt kalk blandas i leran med ett speciellt blandningsredskap. Den kalkblandade leran bildar därvid pelare i den omgivande leran. Pelarna har en max längd av 10 m och en diameter av 0,5 m. Efter det att kalken blandats i leran måste hållfastheten tillväxa under en viss tid innan pelarna belastas.

Metoden som är ganska ny beskrevs av Kjeld Paus 1977, och har hitintills mest använts för att förstärka lera vid ledningsschakter och vägbankar. Såvitt känt har metoden ej använts vid något större husbyggnadsprojekt i Sverige. Ett försök med grundläggning av en tvåvånings villafastighet på kalkpelare pågår emellertid utanför Eskilstuna.

Metoden är ej ännu tillräckligt prövad vid husbyggnad. Med dagens dimensioneringsmetoder är den ej aktuell vid ovanstående referensobjekt. Metoden lämpar sig bättre vid lättare byggnader samt vid byggnader som ej är sättningskänsliga.

IV Återfyllning med packad lättklinker

Vid urgrävning och återfyllning med lättklinker åstadkoms egentligen en kompensationsgrundläggning. Detta innebär att all den lösa jorden inte behöver grävas ur. Endast så mycket behöver grävas ur att den last som skall påföras i byggskedet kompenseras av den lastminskning som motsvarar skillnaden i vikt hos den urgrävda jorden och den återfyllda lättklinkern.

Resultatet blir alltså att underliggande lager ej erhåller någon lastökning, eller eventuellt den lastökning som kan godtas ur sättningsynpunkt, dvs en belastning som ligger under förkonsolideringstrycket.

V Återfyllning med sprängsten eller friktionsjord

Vid urgrävning och återfyllning med friktionsjord måste all den lösa jorden grävas ur och ersättas med packad friktionsjord. De underliggande lagren kommer ju i motsats till föregående alternativ att erhålla en avsevärd lastökning i förhållande till ursprungligt stadium.

VI Grundläggning på pålar

Den vanligast förekommande grundläggningsmetoden är pålning.

En klar nackdel för pålning gentemot andra metoder är sättningssprånget mellan hus och mark som kan orsaka ledningsbrott och som kan medföra att även markförstärkning runt byggnaderna måste tillgripas för att minska dessa olägenheter.

Dessutom tar man ej hänsyn till SBN:75 81:23 där maximalt sättningssprång får vara 30 mm vid vissa entréer.

3 GRUNDLÄGGNINGSSALTERNATIV PÅ LÖS JORD

3.1 Teknisk beskrivning

Här nedan skall några olika metoder för grundläggning på lös jord beskrivas. Några av dem är så vitt känt ej använda i husbyggnadssammanhang.

De aktuella metoderna kan indelas i två grupper, dels en grupp där den befintliga lösa jorden "förstärks" och därefter belastas samt en grupp där den lösa jorden "ersätts" av ett annat material för lastnedföring till fastare lager.

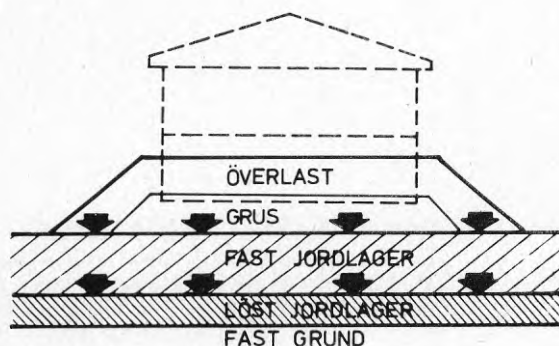
I den första gruppen skall följande metoder beskrivas:

- Förbelastning med överlast, med eller utan vertikaldränering
- Förbelastning med överlast genom vakuum, med eller utan vertikaldränering
- Grundläggning med kalkpelare.

Ur den andra gruppen skall följande metoder tas upp:

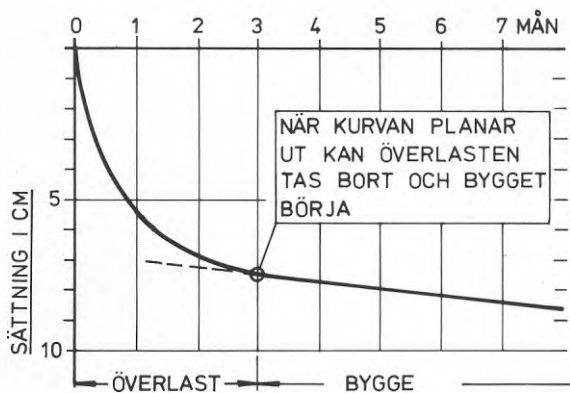
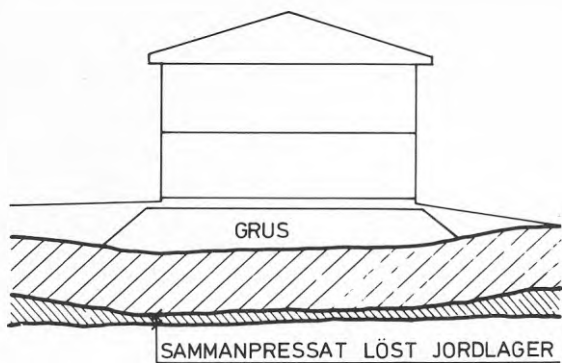
- Urgrävning och återfyllning med packad lättklinker, kompensationsgrundläggning
- Urgrävning och återfyllning med packat friktionsmaterial
- Grundläggning på pålar.

3.1.1 Förbelastning med överlast



Figur 3.1

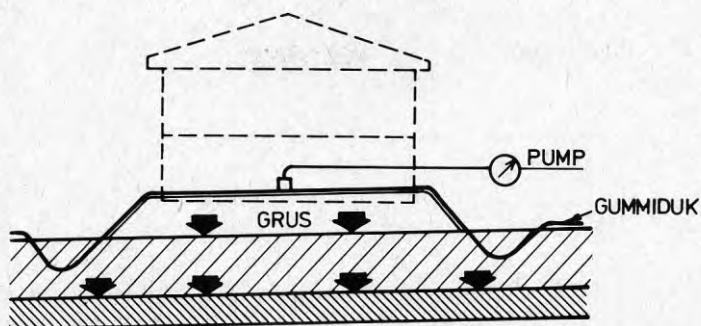
Denna metod innebär att man före byggandet av ett hus tar ut sättningarna i jorden genom att påföra en jordfyllning motsvarande det blivande husets vikt. Denna fyllning får ligga erforderlig tid för att sättningarna skall uppkomma. Fyllningen avschaktas sedan till önskad terrassnivå innan huset byggs, se Figur 3.2.



Figur 3.2

Överlasten kan kombineras med vertikaldränering för att påskynda konsolideringen. Vertikaldränering innebär att dräner av sand eller plast sätts ner i jorden. Effekten av dessa blir då att det porvattenövertryck som bildas då överlasten förs på utjämnas snabbare. Detta i sin tur innebär att sättningarna uppkommer snabbare, och liggtiden för överlasten kan förkortas.

3.1.2 Förbelastning med överlast genom vakuuum



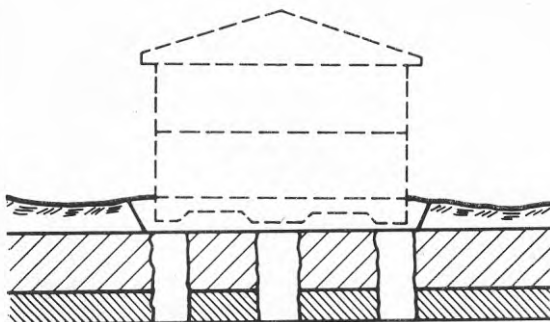
Figur 3.3

Metoden överlast genom vakuuum beskrevs bl a av Kjellman 1952. Den går ut på att genom vakuuum förbelastas lera för att ta ut eventuella sättningar. Liksom föregående metod kan även denna kompletteras med vertikaldränering för att påskynda konsolideringen. Metoden har på nedan beskrivet sätt så vitt känt aldrig använts vid något projekt vare sig i Sverige eller någon annan stans, men den har utförts som försök vid ett flertal tillfällen i Sverige.

Metoden tillgår så att en plast- eller gummiduk placeras över ett ca 30-50 cm tjockt lager av sand eller grus som lagts ut på leran. Runt kanterna förseglas duken i leran under grundvattenytan. En vakuumpump ansluts sedan till duken och luft och vatten pumpas ur det porösa filtret (se Figur 3.3). Tryckskillnaden som kan uppnås genom metoden ligger på ca 0,6 å 0,7 atm (60 å 70 kPa) vilket motsvarar en last av 4 å 5 m sandfyllning.

Fördelen med metoden är bland annat att pålastningen här vanligtvis kan ske i ett steg då risken för brott eller lokala skred är avsevärt mindre än vid konventionell förbelastning med bank. Detta beror på att inga större skjuvspänningar uppträder i botten på sandlagret vilket skulle skett vid en vanlig bankbelastning. Vidare är tiden för utläggande och borttagande ringa i förhållande till en konventionell bankbelastning.

3.1.3 Grundläggning med kalkpelare



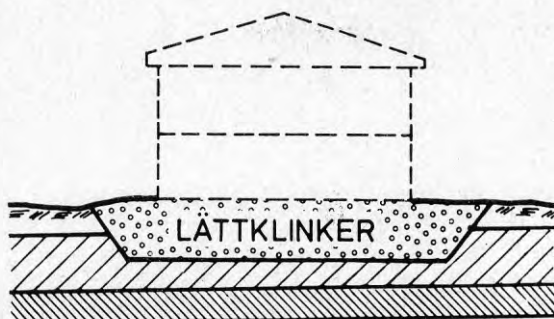
Figur 3.4

Vad beträffar kalkpelarmetoden har den så vitt känt ej använts vid något större husbyggnadsprojekt i Sverige. Ett försök med grundläggning av en tvåvånings villafastighet på kalkpelare pågår emellertid utanför Eskilstuna. Enligt Broms & Boman (1977) kan också metoden användas för att minska sättningarna hos lätta byggnader, se Figur 3.4. Metodens tidsbeständighet är ännu ej heller tillfredsställande utredd.

Metoden tillgår så att osläckt kalk blandas i leran med ett speciellt blandningsredskap. Den kalkblandade leran bildar därvid pelare i den omgivande leran. Pelarna har en maxlängd av 10 m och en diameter av 0,5 m. Sedan inblandningen slutförts skall erforderlig tid ges kalkpelarna för hållfasthetstillväxt innan dessa belastas. Hållfasthetstillväxten sker successivt med tiden genom kemiska reaktioner i jorden då kalken reagerar med leran. Denna reaktion tar lång tid, månader ibland år. En hög jordtemperatur och ett högt pH ($\text{pH} \geq 12$) påskyndar emellertid reaktionen. Enligt Broms & Boman (1977) har ungefär en tredjedel av ett-årshållfastheten uppnåtts efter en månad och tre fjärdedelar efter ca tre månader. Hållfasthetstillväxten är alltså starkt beroende av lerans sammansättning och kvalitet. Broms & Boman (1977) har gjort försök med kalkinblandning i olika typer av lera. Av dessa försök framgår att tillväxten varierade både i hastighet och i storlek. Det bästa resultatet erhöles med varvig lera utan organiskt innehåll. Vad beträffar organiska jordar såsom svartmocka var tillväxten låg. Även små mängder organiskt material kan ha stor inverkan på tillväxten.

I sin handbok har Broms & Boman (1977) redogjort för dimensioneringsmetoder för kalkpelare.

3.1.4 Urgrävning och återfyllning med packad lättklinker, kompensationsgrundläggning



Figur 3.5

Urgrävning och återfyllning med packad lättklinker kan egentligen ses som en kompensationsgrundläggning. Principen är den att lasten som skall påföras i byggnadsskedet, vikt av hus, uppfyllnad, grundvattensänkning osv skall kompenseras. Detta sker genom att befintlig tung jord schaktas bort och ersätts med en lättare fyllning av lättklinker, se Figur 3.5. Den påförda lasten kan kompenseras helt eller delvis, detta beroende på underliggande jordlager samt hur stora sättningar som kan tolereras.

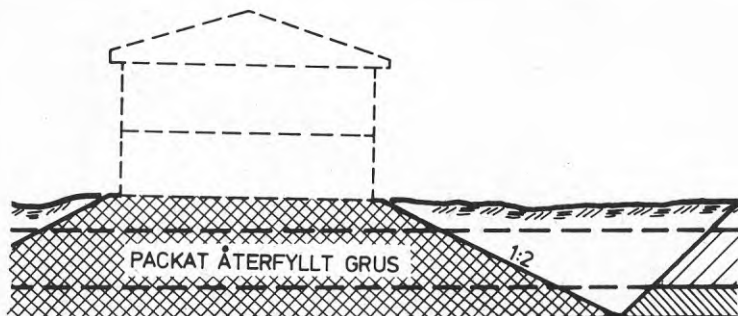
Vid normalkonsoliderad lera bör hela den påförda lasten kompenseras. Detta innebär att grundtrycket i underkant lättklinker ej skall överstiga det ursprungliga jordtrycket på samma nivå. Om denna fullständiga kompensation erhålls kommer sättningarna att minimeras.

I överkonsoliderad lera behöver kompensationen ej vara fullständig för att sättningarna skall bli små. Så länge lastökningarna i den överkonsoliderade leran ligger under förkonsolideringstrycket blir sättningarna i allmänhet små. Grundtrycket i lättklinkerns underyta kan alltså i detta fallet överstiga det ursprungliga jordtrycket på samma nivå. Det erhållna grundtrycket måste emellertid hela tiden ligga under förkonsolideringstrycket på den aktuella nivån.

Vid överkonsoliderade leror där förkonsolideringstrycket minskar med djupet måste grundtrycken kontrolleras på större djup än lättklinkerns yta eftersom utrymmet för lastökning minskar med djupet.

Vid vissa tillfällen såsom stora koncentrerade laster och normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad lera kan fullständig kompensation ej uppnås.

3.1.5 Urgrävning och återfyllning med packat friktionsmaterial



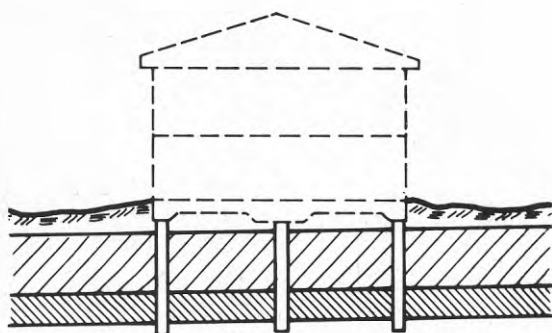
Figur 3.6

Urgrävning och återfyllning med packat friktionsmaterial tillgår så att all lös jord grävs bort och ersätts med packat friktionsmaterial, se Figur 3.6.

Urgrävningen måste ske ned till fastare jordlager som utan större sättningar kan ta den ökning av lasten som erhålls i förhållande till ursprungsstadiet. Den ökade lasten beror här förutom på husets vikt även på den sänkning av grundvattenytan som åstadkoms, samt återfyllningen med en jordart som har större volymvikt än den bortschaktade.

Metoden skiljer sig i förhållande till föregående när det gäller verkningssättet, men även då det gäller urgrävningsdjupet, som i det senare fallet kan bli betydligt större.

3.1.6 Grundläggning på pålar



Figur 3.7

Grundläggningen kan här ske på olika sätt beroende på jordarten och djupet till fast botten. Vid förhållandevis små till medelstora djup och mycket lösa

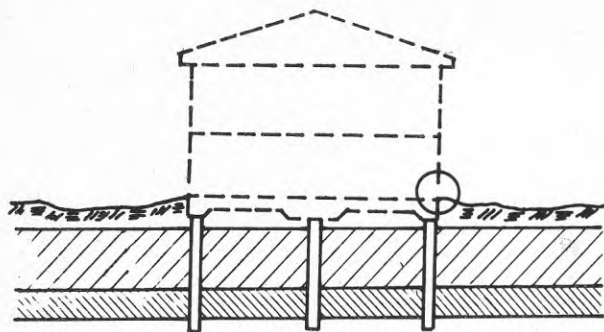
jordarter användes stödpålning. Pålarna slås ned till fast botten (berg eller morän), och lasten förs alltså direkt via pålen ner till den fasta botten. Den lösa jorden får i detta fallet alltså ingen tillskotts-
last från huset.

Är jordarten något fastare kan kohesion eller friktionspålning användas. I detta fall slås pålarna ej till fast botten utan endast till det djup som erfordras för att de skall kunna bära den aktuella lasten. Denna grundläggning fungerar så att lasten från huset förs ned i pålarna. Via pålarnas mantelyta överförs lasten sedan medels kohesion eller friktion till den omkringliggande jorden. Pålarnas längd beror här på dels hur stor last varje påle skall bära, dels hur stor kohesion eller friktion som kan tillgodoräknas längs mantelytan. Vidare kan det finnas skikt där ingen som helst kohesion eller friktion kan medräknas.

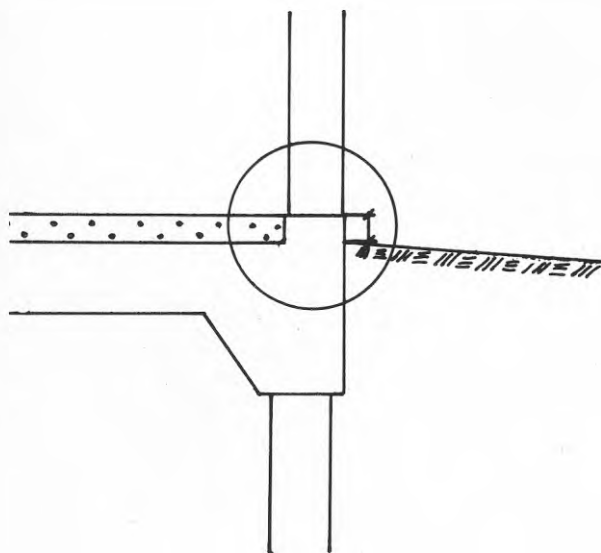
Pålar av olika material såsom betong, stål och trä kan användas. Dessa olika material ställer lite olika krav på de omgivande jordarterna. Betongpålen är den mest tåliga. Vad beträffar stålpålen måste en viss avrostning medräknas varför jordens ledningsförmåga (resistivitet) här har betydelse. Vid grundläggning på träpålar måste bl a tillses att dessa hela tiden befinner sig under grundvattenytan för att inte rutt-
na.

En klar nackdel för pålning gentemot andra metoder är sättningssprånget mellan hus och mark som kan uppstå. Detta kan medföra att även viss markförstärkning för ledningar osv måste göras.

Man tar i dag ej hänsyn till SBN-75 81:23 vid pålgrundläggning. Vid vissa entréer får maximala sättningssprånget vara högst 30 mm.



Man struntar ofta i
SBN-75 81:23 vid
pågrundläggning.



Max 30 mm enligt
SBN-75.
Praxis 200 mm sätt-
ningar utan mark-
förstärkning.
Oftast tas ingen
hänsyn alls till
sättningar.

Hur skall vi ha det?

Figur 3.8

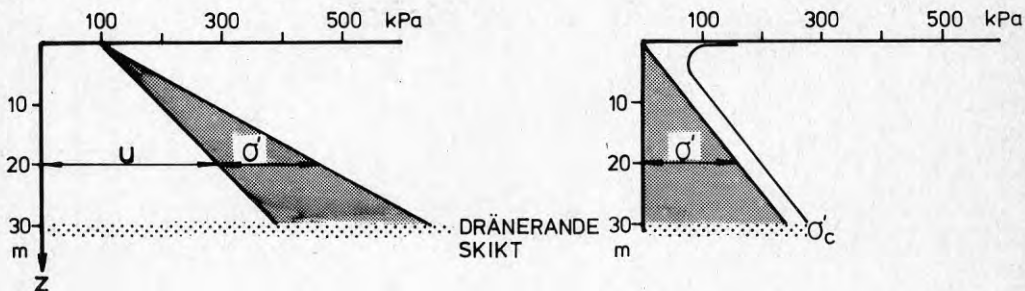
3.2 Teknisk jämförelse, förbelastning med överlast genom vakuum - förbelastning med överlast av jord

Den principiella skillnaden i verkningssätt mellan metoderna, förbelastning med överlast genom vakuum och förbelastning genom utläggande av överlast, framgår bäst genom att studera porvattentrycken och effektivtrycken i en homogen jordprofil med ett dränerande skikt över fast botten.

I figur 3.9-3.16 visas förändringarna i porvattentryck u , och effektivtryck σ' vid de två metoderna.

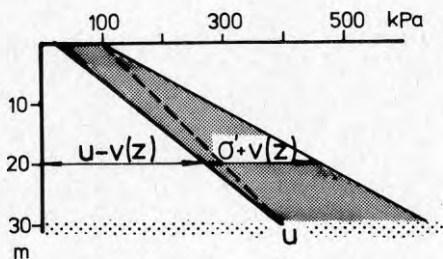
Porvattentrycken är härvid redovisade som *absoluta tryck*, dvs hänsyn har tagits till atmosfärtrycket. Detta innebär att porvattentrycket vid grundvattenytan motsvarar atmosfärtrycket, dvs 100 kPa.

Vakuummetodens verkningssätt redovisas nedan i figurerna 3.9-3.12.



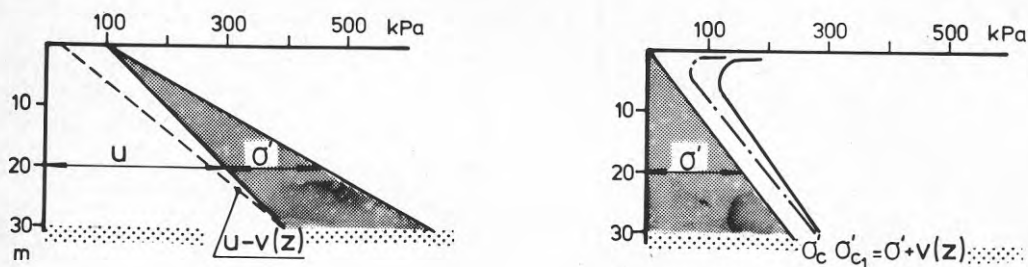
Figur 3.9

Ovanstående figur 3.9 visar porvattentryck och effektivtryck vid utgångsstadiet hos en homogen jordprofil med grundvattenytan i nivå med markytan.



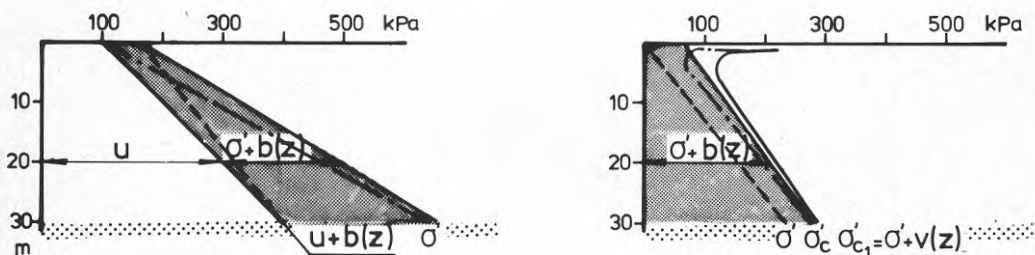
Figur 3.10

Antag härvid att den aktuella pumpen kan åstadkomma ett vakuum av v kPa i den aktuella jorden. Detta motsvarar en belastning av markytan med v kN/m². Då detta vakuum anbringas på markytan medför det en successiv sänkning av porvattentrycket, med motsvarande ökning av effektivtrycket. Porvattentryckssänkningen sker under samtidigt uttagande av sättningar. Då porvattentryckssänkningen uppgår till $v(z)$ kPa genom hela jordprofilen är sättningarna för den fiktiva lasten v kN/m² uttagna, figur 3.10.



Figur 3.11

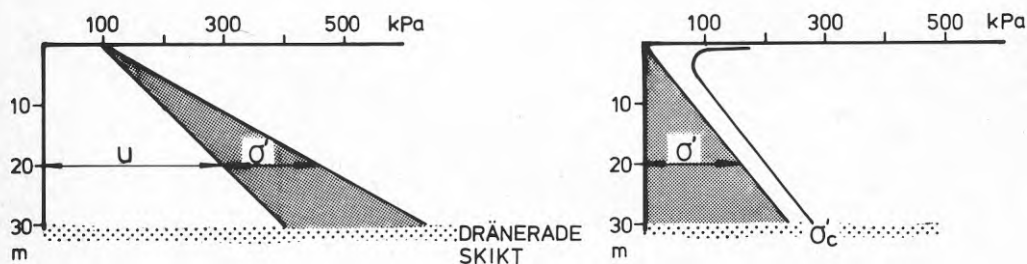
När vakuumlasten tas bort strävar porvattentrycket att återgå till utgångsläget, och gör så relativt snabbt. Effekten av vakuumbelastningen blir då en förbelastning av jordprofilen med lasten $v \text{ kN/m}^2$ och därmed en ökning av förkonsolideringstrycket σ'_c , figur 3.11.



Figur 3.12

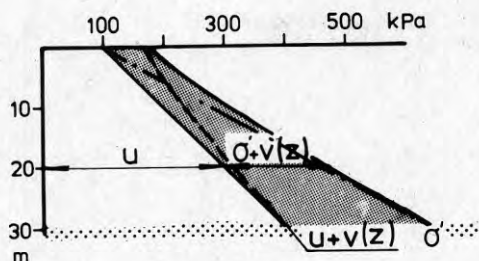
Belastas jorden sedan med en last $b < v \text{ kN/m}^2$ beter den sig som överkonsoliderad. En momentan ökning av porvattentrycket uppstår. Detta återgår emellertid snabbt till ursprungsstadiet utan att några sättningar uppstår. Dessa har tagits ut vid förbelastningen. Resultatet blir att effektivspänningarna ökar, figur 3.12.

Förbelastning genom utläggande av överlast redovisas i figur 3.13-16.



Figur 3.13

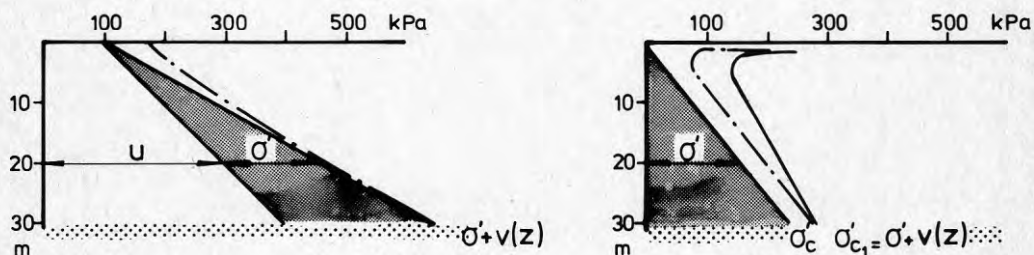
Utgångsstadiet, vilket är detsamma som för vakuummeteroden, dvs en homogen jordprofil med grundvattenytan i nivå med markytan, visas i figur 3.13.



Figur 3.14

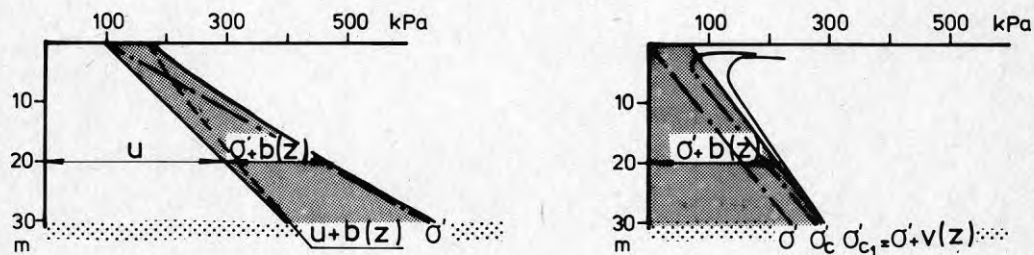
En last på $v \text{ kN/m}^2$ läggs ut på markytan. Porvattentrycket ökar härvid med $v(z) \text{ kPa}$ genom hela jordprofilen.

Detta övertryck strävar efter att återgå till ursprungstrycket och gör så successivt under motsvarande ökning av effektivspänningarna. Porvattentrycksutjämningen sker under samtidigt uttagande av sättningar. Då porvattentrycket är helt utjämnat är sättningarna för lasten $v \text{ kN/m}^2$ uttagna, figur 3.14.



Figur 3.15

Vid borttagandet av förbelastningen minskar effektivspänningarna och återgår till ursprungsstadiet. Effekten av förbelastningen blir då att jordprofilen blivit överkonsoliderad och erhållit en ökning av förkonsolideringsstrycket σ'_c , figur 3.15.



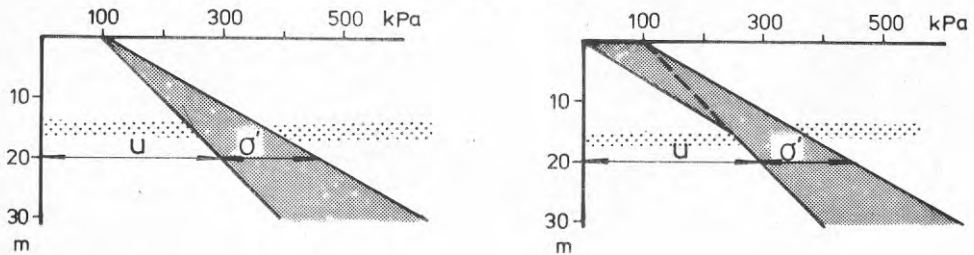
Figur 3.16

Belastas jorden sedan med en last $b < v$ kN/m² betar sig jorden här som överkonsoliderad, dvs analogt med vakuummotoden, figur 3.16.

Konsolideringsförloppet kan ibland behöva påskyndas, t ex för täta leror där konsolideringen kan ta avsevärd tid i anspråk. För att påskynda konsolideringen kan ovanstående metoder kompletteras med vertikaldränering. Härigenom ökar man jordens vattengenomsläpplighet och porvattentrycken kan förändras snabbare. Vidare kan vid användandet av ovanstående metoder väljas en belastning som är större än den jorden skall belastas med i slutstadiet. Konsolideringsförloppet avbryts härvid då de uttagna sättningarna svarar mot lasten i slutstadiet.

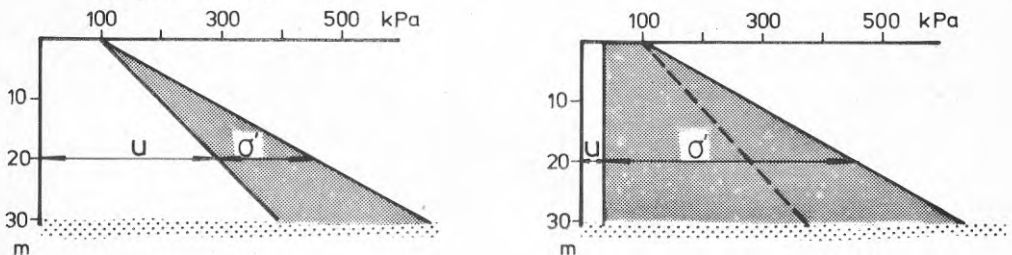
Vid användande av förbelastning av något slag är det av yttersta vikt att utföra porvattentrycksmätningar. Mätningarna skall härvid starta innan lasten läggs på så att det ursprungliga porvattentrycket i jorden är känt. Är detta ej känt går det ej att avgöra när porvattentrycket erhållit önskade värden.

Metoden överlast genom vakuum har den nackdelen att den är beroende av jordens homogenitet. Används metoden i en jord som t ex innehåller vattenförande lager blir resultatet ofta endast en rundpumpning utan att någon större vakuumeffekt uppnås. Liknande effekt kan erhållas om metoden kompletteras med dräner nedsatta i ett vattenförande skikt, figur 3.17.



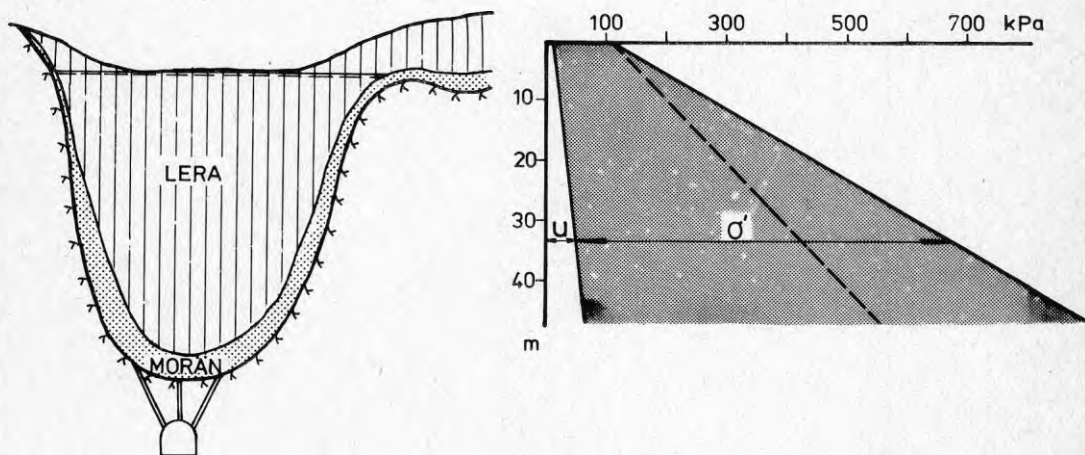
Figur 3.17

Sätts däremot eventuella dräner genom ett dränerande skikt som är tätt inneslutet åt alla håll kan pumpningen ske med en pump i detta lager och effekten blir härigenom större än vid pumpning i markytan, figur 3.18.



Figur 3.18

Som en utveckling av det i figur 3.18 beskrivna fallet, kan vid större områden grundvattensänkning ske som dränering via en bergtunnel, figur 3.19. Bergtunneln skall härvid vara försedd med hål borrade upp till bergytan och det dränerande lagret. För att dräneringen skall ske snabbare kan vertikaldräner installerats i lerlagret. När grundvattnet sänkts och lerprofilen fått konsolidera för den ökade lasten kan tunneln användas som infiltrationstunnel för att återställa grundvattentytan, jfr infiltrationstunnel i Kista (Ejerholm, 1977).

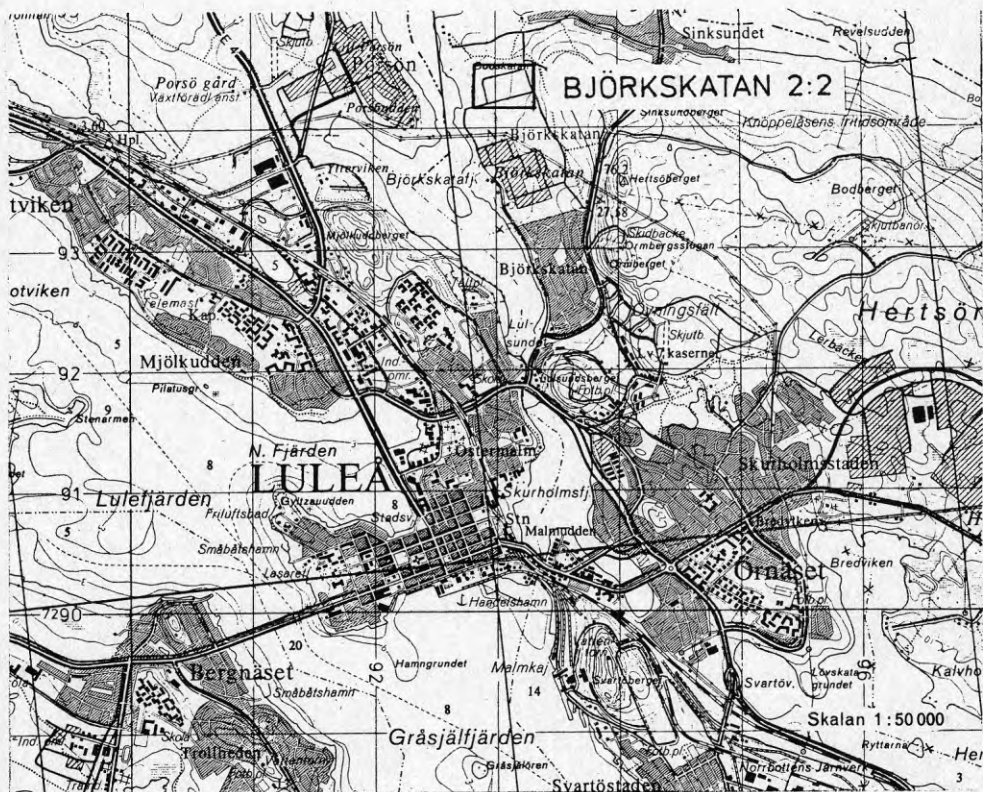


Figur 3.19

Vid dränering medelst pumpning eller via tunnel är det viktigt att kontrollera sänkningstratten så att befintlig bebyggelse inte blir skadad under konsolideringsförloppet.

4 BOSTADSOMRÅDET BJÖRKSKATAN I LULEÅ

4.1 Beskrivning av projektet

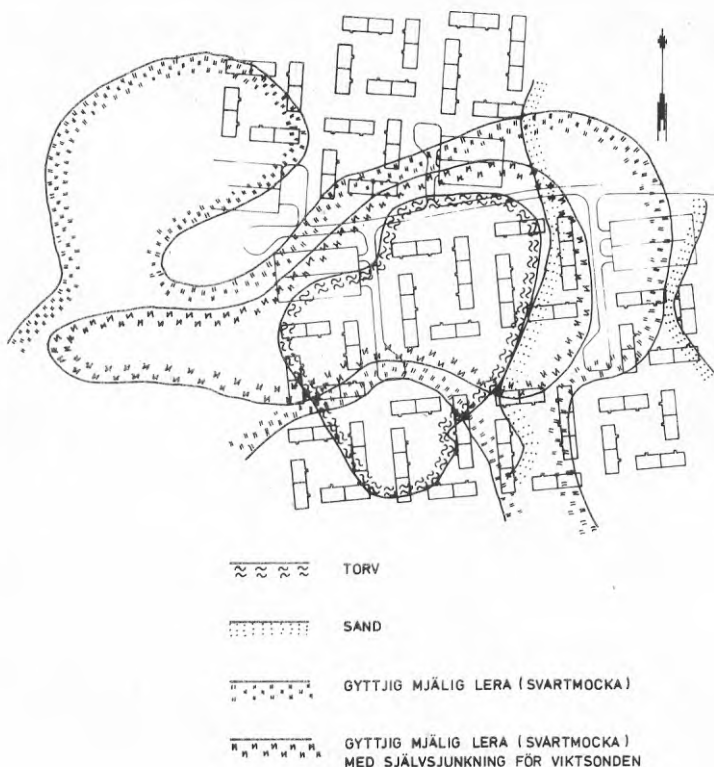


Figur 4.1 Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Statens Lantmäteriverk 1979-07-05.

Särtryck ur Topografiska kartan från Statens Lantmäteriverk. Publiceringstillstånd nr 8379, Liberkartor, Stockholm.

Inom en del av Björkskateområdet i Luleå som har byggts med flerfamiljshus, var grundförhållandena synnerligen ogynnsamma. Den typiska jordlagerföljden inom detta område var från ytan räknat:

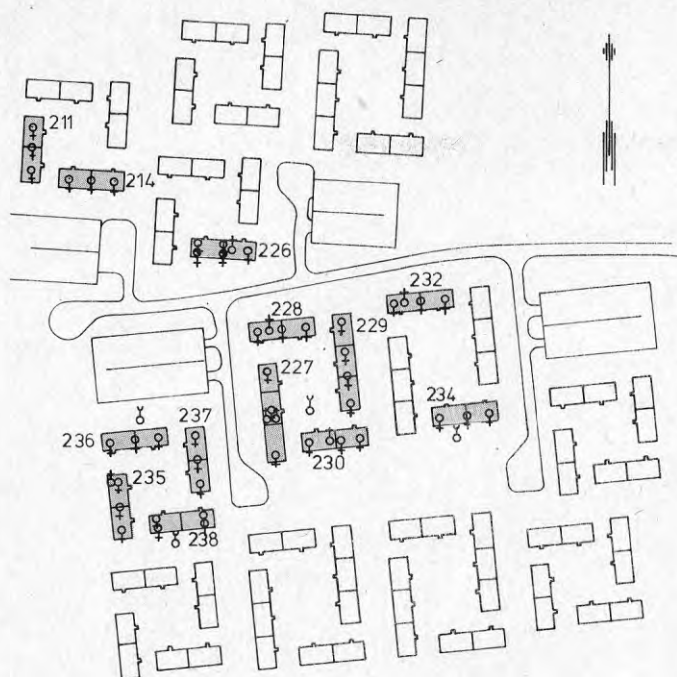
torv	0,1-0,7 m
lös gyttjig mjåla	0-0,7 m
fast mo	0-1 m
mycket lös svartmokka	0-1 m
medelfast mjåla	0-0,5 m
morån	



Figur 4.2

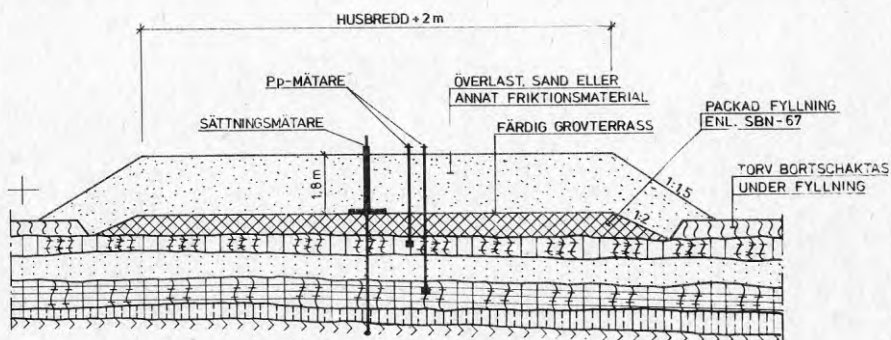
Jordlagerföljden varierade sålunda starkt (se Figur 4.2, bilaga 1). Grundvattenytan låg högt, under större delen av året i markytan. Svartmockalagret, vilket antogs ge merdelen av sättningarna, låg i allmänhet på 1,5-2,0 m djup. Kompressionsindex för svartmockan var 6-10%, och den var normalkonsoliderad. Detta medför att t ex den jämnt fördelade belastningen från ett tvåvåningshus gav en beräkningsmässig sättning på 10-15 cm på ett metertjockt svartmockalager.

De aktuella grundläggningsmetoder som diskuterades inom området med svartmocka var 1) pålning, 2) urgrävning till fast botten och 3) jordförstärkning med överlast. På grund av förväntade sättningar på kvarteretsmark uppstod problem med ojämna sättningsövergångar mellan anläggningar i kvarteretsmark och på grundlagda hus. Dessa olägenheter kan elimineras vid de andra båda förstärkningsmetoderna. En ekonomisk jämförelse visade att alternativet med överlast var tekniskt och ekonomiskt fördelaktigt. På grundval av de geotekniska undersökningarna (se bilaga 1) utarbetades projekteringshandlingar till förfrågningsunderlaget (Figur 4.3).



TECKENFÖRKLARING

-  ÖVERLAST 1,8 m
 GRUNDVATTENOBSERVATIONS RÖR
 PORTRYCKSMÄTARE
 SÄTTNINGSMÄTARE



ÖVERLAST. PRINCIPSEKTION

Figur 4.3

4.2 Utförande

Markentreprenaden utfördes under tiden augusti 1975-oktober 1976 av John Mattson AB. För att underlätta markarbetena hade torvområdet utdikats under vintern 1974-75. Schaktningsarbetena blev trots detta besvärliga i den vattensjuka lösa jorden, se figur 4.4.



Figur 4.4 Matjordsavtagning.



Figur 4.5 Utplacering av fyllnadsmassor.

Markarbetena med överlasten utfördes under överinseende av en geoteknisk dagkontrollant, som hade att följa ett detaljerat kontrollprogram (bilaga 2). I huslägen med överlast utfördes kontroll av schaktning, kontroll av grovterrassering, utplacering av instrument, kontroll av överlastens påförande, mätningar samt uppföljning av mätningar och beslut om tidpunkt för överlastens borttagande. Varje överlast var instrumenterad med tre sättningsmätare med avläsningsnoggrannheten 0,01 mm (se Figur 4.6). I sex överlaster installerades sammanlagt 7 portrycksmätare typ Geotech.



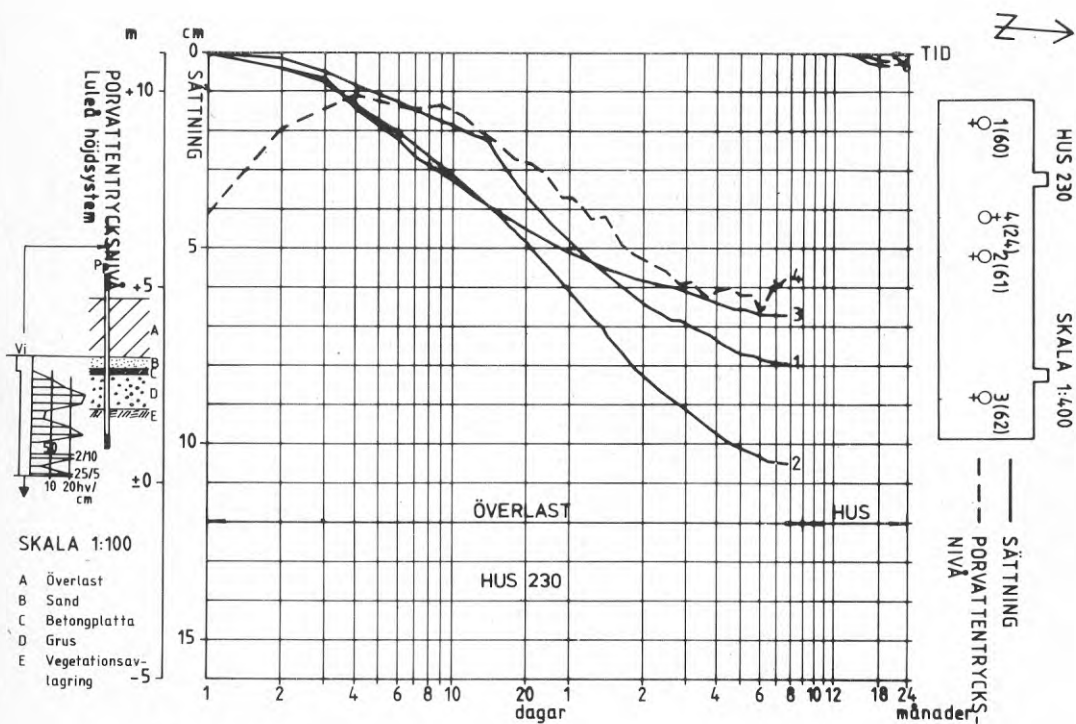
Figur 4.6 Sättningsmätare installerade.



Figur 4.7 Överlasten påförd.

Arbetet utfördes planenligt utan störningar och överlasterna kunde borttagas i den takt som entreprenören önskade. Dagkontrollanten förde dagbok under arbetets gång. Ett sammandrag av dagboken visas i bilaga 3.

Mätvärdena från både sättningsmätare och portrycksmätare redovisades i enkellogaritmiska diagram, se figur 4.8. Porövertrycken var i allmänhet utjämnade efter högst tre månader. Sättningskurvorna visade oftast ett S-format förlopp i det använda redovisningssystemet. Överlasten kunde tas bort då kurvan planade, vilket inträffade efter 10 dagar - 10 månader. I ett fall (hus 236) hade kurvan ej planat ut helt när överlasten togs bort. Alla sättnings- och portrycksmätningar redovisas i bilaga 4. Sättningarna i vissa byggnader följdes upp från gjutning av bottenplatta till inflyttning. Sättningarna blev små 0,3-1,0 cm och var i stort avslutade efter denna period.



Figur 4.8

4.3 Resultat

Den använda metoden har i det aktuella fallet gett ett bra resultat.

En jämförelse mellan de beräknade och uppmätta sätt-

ningarna visar att de stämmer bra överens. Enligt det geotekniska utlåtandet antogs att 95% av slutsättningarna skulle uppnåtts under tiden 3 månader till 1 år. De sättningar som uppmättes efter ca 8 månader var också i allmänhet något mindre än de teoretiskt beräknade. Sättningarna hade beräknats utgående från ödometrförsök och spänningsberäkning enligt 2:1-metoden.

De utförda porvattentrycksmätningarna brister däri att de ej redovisar porvattentrycket, innan lasten påfördes. Vidare är de redovisade kurvorna ej kalibrerade till portrycksmätarnas nollpunktsförskjutning. Det innebär att det är svårt att avgöra, när porvattenövertrycket är helt utjämnat. Av de redovisade kurvorna kan antagas att porvattenövertrycket är utjämnat efter ca 3 månader. En jämförelse kan göras med en provbelastning som Tekniska Högskolan i Luleå utförde inom samma område (se kap 5.2). Överlasterna var av samma storleksordning i båda fallen. Porvattentryckskurvorna som redovisas från Högskolans försök visar att porvattenövertrycket i detta fall var utjämnat först efter ca 11 månader. Porvattentryckskurvorna är i detta fallet kalibrerade efter portrycksmätarna, varför tiden för utjämnningen klart framgår. Mätningarna påbörjades även innan utläggandet av överlasten.

Sammanfattningsvis kan sägas att arbetet blev tekniskt och troligen även ekonomiskt lyckat.

5 TIDIGARE UTFÖRDA PROJEKT DÄR JORDFÖR-
STÄRKNING GENOM FÖRBELASTNING ANVÄNTS

5.1 Bostadsområdet Skäggetorp, Linköping

I samband med utbyggnaden av bostadsområdet Skäggetorp i utkanten av Linköping utfördes en förbelastning genom utläggning av överlast.

Det aktuella området skulle bebyggas med ca 200 2- och 3-vånings bostadshus. Marken bestod här av svagt överkonsoliderad varvig lera med siltskikt. Frågan var om den svaga överkonsolideringen kunde utnyttjas till en billigare plattgrundläggning eller om det var nödvändigt att tillgripa en kostsam pålgrundläggning.

En geoteknisk undersökning visade att jorden utgörs av 1,5 å 2,5 m lera av torrskorpekaraktär över lös lera. Den lösa lerans mäktighet varierar mellan 2,0 å 4,0 m. Den lösa leran övergår i att vara halvfast varvig lera med siltskikt eller i halvfast silt med lerskikt på djupet 4,0 å 6,5 m under ursprunglig markyta. Fast botten ligger på ca 11,8 m djup under ursprunglig markyta.

Förhållandena varierade inom området så att vissa hus gick att utan förbelastning grundlägga på helstyv platta medan andra måste pålgrundläggas. En detaljerad studie visade att sättningarna skulle variera mellan 2 till 30 cm. Eftersom leran var varvig med siltskikt, bedömdes det vara möjligt att inom rimlig tid genom förbelastning ta ut sättningarna för de hus som ursprungligen avsågs bli pålgrundlagda.

Förbelastningen utfördes främst med schaktmassor från området. Belastningen som påfördes var av samma storleksordning som den blivande byggnadslasten. Sättningsmätningar utfördes med hjälp av markpegel.

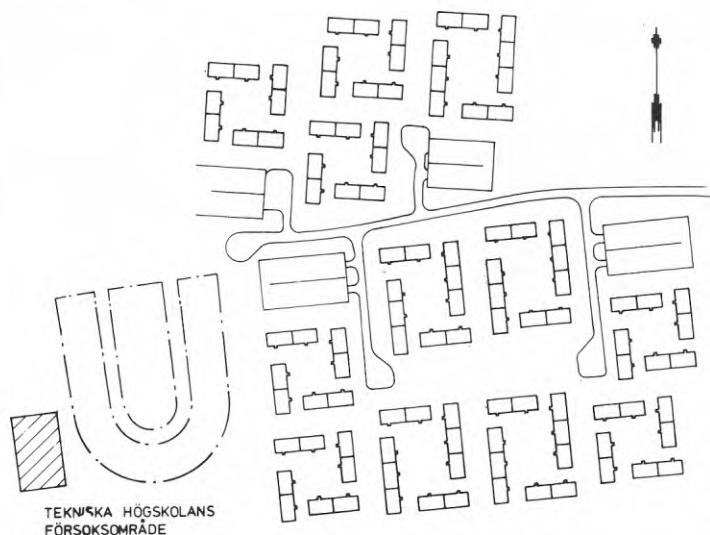
Efter 4 månader kunde högarna i allmänhet tas bort och husen uppföras. Sättningarna hade då i stort sett avstannat och uppgick till 2 å 7 cm. För en viss del av området satte sig dock marken 25 å 30 cm vilket medförde att högarna fick verka under ca 15 månader. Inom de områden där de stora sättningarna uppträtt hade uppenbarligen lerans förkonsolideringstryck överskridits.

En matematisk analys gjordes men försvårades av lerans inhomogenitet och skiktbildning. Strävan var dock att följa gängse beräkningsrutin med utnyttjande av laboratorieresultat. Jämförelsen mellan beräknade sättningar och i fält uppmätta försvårades även av att ostörd provtagning av leran ej kunde utföras inom byggnadsytorna, eftersom undersökningen igångsattes först sedan förbelastningen avslutats. Det gjordes därför vissa korrigeringar av de beräknade sättningarna. Jämförelsen visade god överensstämmelse.

Sättningsanalysen visar dock att det är svårt att för en skiktad jordlagerföljd bedöma gränser för lagren och respektive lagrens sättningskaraktäristika. Det visade sig också att erforderlig liggtid för belastningen är svår att bestämma från ödometerförsök. I stället bör konsolideringskoefficienten bestämmas in situ ur portrycksutjämningskurvan.

5.2 Provbekastning av svartmocka, Luleå

Inom Björkskateområdet i Luleå i närheten av det ovan beskrivna bostadsområdet (se Figur 5.1) utförde Luleå Tekniska Högskola under 1975-1976 en provbelastning av svartmocka. Avsikten var att utföra två provfyllningar, varav den ena skulle drivas till brott, medan den andra endast skulle fyllas upp till 50% av den första fyllningens höjd. Endast en fyllning kom dock till utförande.



Figur 5.1

En geoteknisk undersökning föregick provbelastningen. Av denna framgår att jordlagerföljden och de geotekniska förutsättningarna var i stort sett de samma som för bostadsområdet.

Den aktuella fyllningen hade planmått 10 x 28 m. Den lades i motsats till fyllningarna i bostadsområdet direkt på torvskiktet. Torven hade emellertid först sågats upp med motorsåg för att minska dess uppstyvande verkan på undergrunden. Fyllningen lades ut av en traktorgrävare och fylldes upp till 2,0 m höjd.

Genom fyllningen nedfördes sex bälg-sättningsmätare och tre markpeglar för sättningsmätning. Vidare in-

stallerades 14 portrycksmätare, samt två inklinometrar för observation av horisontalrörelserna.

Portrycksmätarna var alla nedsatta på olika nivåer i svartmockalagret. Efter kalibrering av de erhållna portryckskurvorna framgår det att porvattenövertrycken var helt utjämnade efter ca 11 månader.

Med varje bälgsättningsmätare mättes sättningarna på 5 å 6 nivåer. Av de erhållna sättningskurvorna framgår att den primära sättningen i stort utbildas efter ca 11 månader. Vidare framgår att sättningarna var störst i svartmockalagret. Den totalt utbildade sättningen efter ca 1 år varierade från ca 8 cm i fyllningens kant till ca 18 cm i fyllningens mitt.

En teoretisk beräkning av sättningarna jämfördes med de uppmätta. Denna jämförelse visar att den verkliga sättningen utbildades långsammare än vad som antagits för den teoretiskt beräknade. Det framgår även att den uppmätta sättningen är större än den teoretiskt beräknade.

5.3 Philadelphia International Airport

Vad beträffar metoden överlast genom vakuum har den såvitt känt inte använts i den utformning som Kjellman beskrev den, utom vid några enstaka försök i Sverige. En variant av Kjellmans metod användes emellertid 1958 vid utbyggnaden av Philadelphia International Airport. Den snabba utvecklingen av jetplanen 1957-58 gjorde det nödvändigt för flygplatsen att anpassas för jetflyg. Utbyggnaden gällde en förlängning av landningsbanan, taxibana och väntplats.

Det aktuella området omfattade en yta av ca 750 x 200 m². Marken består här överst av ett ca 6-7 m tjockt lager av avlagrad lös lerig silt och siltig lera ovanpå ett ca 25 m tjockt lager av sand och grus. Grundvattenytan stod till större delen i markytan.

Utbyggnaden fick inte inverka på flygtrafiken i någon större utsträckning och tidsschemat för utbyggnaden var pressat. Detta innebar att de metoder med förbelastning genom överlast som använts då flygplatsen byggdes ej gick att använda på grund av tid och utrymmesskäl.

Den metod som kom till utförande var en kombination av överlast genom vakuum, avvattning och sanddräner.

Vad beträffar vakuumdelen utfördes den enligt följande. Inom det aktuella området installerades 15 s k deep well med ett c/c avstånd av ca 200 m och till ett djup av ca 20 m. Runt dessa tätades i det översta lösa lagret med bentonit. Pumparna var utformade så att pumpning skedde dels på en sträcka av ca 1,5 m under det lösa lagret och dels vid botten. Det vakuum som härigenom åstadkoms inom den aktuella ytan mot-

svarade 15 kPa, dvs ca 0,8 m sandfyllning.

Något tätskikt i form av gummiduk lades alltså inte ut i detta fallet. Tätningen bestod av det vattenmättade lagret av lös silt och lera. På de ställen där läckage upptäcktes i markytan genom ljudet av inströmmande luft tätades med bentonit.

Med denna variant av vakuummetsoden åstadkoms i kombination med avvattning en sättning av storleksordningen 0,2 m på ca 3 månader. Vakuumlaster var då endast verksam under den sista månaden.

6 EKONOMISK JÄMFÖRELSE MELLAN GRUNDLÄGGNINGSALTERNATIV PÅ LÖS JORD

6.1 Förutsättningar

I detta kapitel görs försök till en kostnadsjämförelse mellan de i denna rapport tidigare beskrivna grundläggningsalternativen på lös jord.

Inledningsvis skall påpekas att de kostnader som redovisas i detta kapitel är baserade på de förutsättningar som nedan anges. Endast ett litet avsteg från de givna förutsättningarna kan radikalt förändra kostnaderna. *Den redovisade kalkylen skall därför användas med en viss försiktighet och är endast tänkt som ett mått vid jämförelse mellan de olika metoderna.*

Som utgångspunkt för kostnads-kalkylen har ett av husen inom kvarteret Björkskatan i Luleå valts. Huset är ett tvåvånings flerbostadshus utan källare byggt i betong med planmått $10 \times 34,5 = 345 \text{ m}^2$, och ingår som ett av flera liknande i ett större bostadsområde.

Vidare förutsätts att respektive grundläggningsmetod valts redan i projekteringsstadiet.

Grundläggningskostnaderna har för de olika metoderna beräknats vid två fall.

- I. Djupet till fast botten är 5 m. Jorden består av lera med skjuvhållfastheten 15 kPa. Leran är något överkonsoliderad. Grundvattenytan är belägen 1 m u my.
- II. Djupet till fast botten är 10 m. Jorden består av en normalkonsoliderad lera med skjuvhållfastheten 15 kPa. Grundvattenytan är belägen 1 m u my.

6.2 Kostnadsjämförelse

6.2.1 Jordförstärkning med överlast

Vid kostnadsberäkningen har här valts en överlast på 1,8 m vilket motsvarar en belastning som något överstiger den som det blivande huset kommer att belasta marken med.

Med ovan angivna överlast blir liggtiden för lasten ca 7 månader i fall I och ca 45 år i fall II. Fall II måste alltså kompletteras med vertikaldränering för att komma ned i rimlig liggtid. Med bibehållen överlast har liggtiden 9 månader valts. Denna gav ett dränavstånd på 80 cm (pappersdräner). Väljes en längre liggtid kan dränavståndet naturligtvis ökas.

I	Enbart överlast 1,8 m	
	Mottagning och utläggning	1.500:-
	Upplastning och borttransport	8.000:-
	Del i leverans (antag 5 hus)	<u>4.500:-</u>
	Summa kronor	14.000:-

Tillkommer instrumentering och kontroll.

II	Överlast 1,8 m. Dräner c/c 0,8 m	
	Överlast 1,8 m enl alt I	14.000:-
	Dräner c/c 0,8 A = 440 m ²	<u>35.000:-</u>
	Summa kronor	49.000:-

Tillkommer instrumentering och kontroll.

Som ovan angetts tillkommer kostnader för instrumentering och kontroll. Vad beträffar instrumenteringen bör den vara utförd i princip på samma sätt som i Luleå, se figur 4.3. Möjligen bör flera porttrycksmätare vara installerade, helst en i varje överlast. Detta är naturligtvis beroende på hur homogent området är. Kontrollen bör ske med en geoteknisk dagkontrollant som har ett specificerat program att följa. Det program som användes i Luleå är bifogat i bilaga 2.

6.2.2 Jordförstärkning med överlast genom vakuum

Den här metoden är ett mycket intressant alternativ till de övriga. I den utformning som Kjellman beskriver har den ju inte kommit till utförande mer än vid några enstaka försök. Det vore därför av yttersta intresse att få den prövad vid något större projekt. Framför allt för att pröva den materiel som i dag finns tillgänglig samt om den fyller de krav som metoden ställer. Med hänsyn till ovanstående resonemang har någon kostnadskalkyl för metoden ej gjorts.

6.2.3 Grundläggning på kalkpelare

För denna metod är någon kostnadskalkyl ej gjord. Metoden som är ganska ny har hittills så vitt känt mest använts för att förstärka lera vid ledningsschakter och vägbankar. Med dagens dimensioneringsmetoder är den ej heller aktuell vid ovanstående valda referensobjekt, då metoden medför ganska stora sättningar. Den är därför bättre lämpad vid lätta och mindre sättningsskänsliga byggnader. Metoden är ej heller ännu tillräckligt prövad vid husbyggnad.

6.2.4 Urgrävning samt återfyllning med packad lättklinker

Denna metod är för det valda referensobjektet realistisk endast vid förhållandena i fall I. Leran är här

något överkonsoliderad vilket innebär att endast en del av den last som skall påföras jorden behöver kompenseras med urgrävning och återfyllning med lättklinker. I fall II där leran endast är normalkonsoliderad måste hela den last som skall påföras jorden kompenseras för att sättningarna skall bli acceptabla. Detta skulle medföra en orealistisk stor urgrävning och återfyllning med lättklinker. En kostnadskalkyl har därför endast utförts för fall I. Vid beräkningen har antagits en basbredd på fyllningen som motsvarar en lastspridning i 2:1 från belastningen i överkant fyllning.

I Urgrävning samt återfyllning
med packad lättklinker

Schakt och borttransport	3.800:-
Leverans och mottagning av lättklinker	18.000:-
Packning	800:-
Ytstabilisering	900:-
Summa kronor	23.500:-

Behovet av ytstabilisering är svårt att avgöra. Kostnaden för denna metod kan därför variera. Ovanstående kostnad inkluderar den enklaste ytstabiliseringen.

6.2.5 Urgrävning samt återfyllning
med packat friktionsmaterial

Denna metod är endast aktuell i fall I då den förutsätter urgrävning till fast botten eller fastare lager. De underliggande lagren kommer i motsats till föregående metod att erhålla en avsevärd lastökning i förhållande till ursprungligt stadium. Vid kostnadskalkylen nedan har antagits att erforderligt urgrävningensdjup är 3 m.

I Urgrävning (3,0 m) samt återfyllning
med packad friktionsjord

Schakt och borttransport	104.300:-
Fyllning under hus, leverans	68.800:-
Mottagning, packning	11.500:-
Övrig fyllning	48.900:-
Mottagning, packning	7.500:-
Summa kronor	241.000:-

Posterna övrig fyllning, mottagning och packning är kostnaderna för sidokilarna. Dessa behöver också packas så att jorden utanför huset inte sätter sig för mycket utan övergången blir mjuk. Vidare påverkas kostnaderna av tillgången på massor inom området, dvs om de eventuellt behöver hämtas från sidotag. Ovanstående kostnad är beräknad för massor hämtade från ett närbeläget sidotag.

6.2.6 Grundläggning på pålar

Vid kostnadsberäkning för pålningsalternativet har betongpålar förutsatts. Vidare har kostnaderna för fördyrad bottenplatta i förhållande till platta på mark tagits med, då de övriga metoderna är utförda med platta på mark. Den fasta botten har antagits sådan att bergsko ej ansetts nödvändig.

Posten flexibla röranslutningar är här medtagna. Det har antagits att marken utanför byggnaderna sätter så mycket att flexibla anslutningar är nödvändiga. Ett alternativ är naturligtvis att i stället påla även för ledningarna vilket gör att kostnaderna stiger ytterligare.

Vad beträffar de övriga metoderna är de så utformade att den språngvisa sättningen ej uppträder utan övergången blir mjuk. I många fall behövs därför ej några extra anordningar för ledningar osv vid dessa metoder.

I Pålar C 33 (längd 5,0 m)

Leverans och slagning	30 x 5 =	12.800:-
Plansko		750:-
Kapning och borttransport		2.100:-
Fördyrad betongkonstruktion		10.350:-
Flexibla röranslutningar		<u>5.000:-</u>
Summa kronor		31.000:-

II Pålar C 33 (längd 10,0 m)

Leverans och slagning	30 x 10 =	23.800:-
Plansko		750:-
Kapning och borttransport		2.100:-
Fördyrad betongkonstruktion		10.350:-
Flexibla röranslutningar		<u>5.000:-</u>
Summa kronor		42.000:-

- 7 VAL AV GRUNDLÄGGNINGSALTERNATIV:
GEOTEKNISK UNDERSÖKNING, PROJEK-
TERINGSANVISNINGAR SAMT KONTROLL-
ÅTGÄRDER.

7.1 Val av grundläggningsalternativ

För att kunna ge alternativ till konventionell på-
grundläggning skall GEOTEKNIKERN

- komma in tidigt i projektet
- vara med och välja grundläggningsmetod
- planera masshantering och höjdsättning
- delta i byggskedet.

7.2 Vilka uppgifter skall tas fram i olika skeden?

Detaljplan, förprojektering

- Allmänna geotekniska förhållanden, jordlagerföljd, blockförekomst m m bestäms.
- Den lösa jordens egenskaper, speciellt kompressions- (sättnings-)egenskaper bestäms bl a genom CRS-för-sök.
- Områdets grundvatten- och portrycksförhållanden liksom jordens vattengenomsläpplighet bestäms.
- Man tar fram några alternativa principlösningar på grundläggning och prissätter dessa. För varje specifikt område brukar man kunna få fram en eller två lösningar som prismässigt är överlägsna.
- Undersökningen redovisas i ett utlåtande.

Projektering

- Jordlagerföljden, blockighet, bergförekomst utreds i detalj. En noggrann marknivåkarta upprättas. Undersökningen anpassas efter valda grundläggningsalternativ.
- Höjdsättning, masshantering planeras i projektgruppen.
- Valda grundläggningsalternativ kostnadsberäknas med de noggrannare förutsättningarna.
- Typ av grundläggning bestäms slutgiltigt.
- Grundläggnings-PM utförs och tillställs övriga projektörer.
- Eventuella geotekniska fältkompletteringar utförs under projekterings gång.
- Geotekniskt utlåtande upprättas i anslutning till Mark AMA såsom bygghandling.

Byggskede

- Geotekniskt kontrollprogram upprättas. Uppföljning av bygghandling utförs kontinuerligt. Geoteknisk dagkontroll erfordras i viss utsträckning.

7.3 Jordförstärkning med överlast

Med bl a HSB:s projekt i Luleå som utgångspunkt har följande slutsatser dragits rörande geotekniska undersökningar, projekteringsanvisningar och kontrollåtgärder.

Förutsättningen för att kunna bedöma möjligheten att nå ett lyckat resultat vid jordförstärkning samt välja rätt metod är att en lämpligt utformad geoteknisk undersökning av området utförs.

En sådan undersökning bör bestå av sondering, provtagning samt grundvattenobservationer. Sonderingarna kan utgöras av tryck- eller viktsondering bland annat för att ge en uppfattning om jordlagerföljd, mäktighet, fasthet osv. Provtagningarna bör i huvudsak utgöras av ostörd provtagning för rutinundersökning och ödometerförsök. Vidare bör grundvattenobservationerna ha pågått under en längre tid.

En viktig komplettering till ovanstående undersökning är portryckssondering. Den kan nämligen ge upplysning om eventuella dränerande skikt som ej upptäckts tidigare vid undersökningen, jordlagrens naturliga portryck redovisat i en portrycksprofil samt konsolideringskoefficienten för horisontell strömning beräknad ur utjämningskurvan.

Ur ovan beskrivna grundundersökning skall uppgifter för bestämning av liggtid och sättningar för en eventuell jordförstärkning med överlast hämtas.

Sättningsberäkningar görs utgående från en spänningsberäkning samt ödometerförsök. Spänningarna kan beräknas med ett flertal metoder. Det bästa resultatet ger en analys enligt den finita elementmetoden (FEM), då resultatet av spänningsberäkningen ju är beroende av jordprofilens utseende. En sättningsberäkning baserad på en spänningsberäkning enligt FEM-analys och ödometerförsök ger god överensstämmelse med de verkliga sättningarna. Vanlig 2:1-metod är i de flesta fall tillräckligt noggrann. Det är viktigt att mäta rådande och beräkna framtida porvattentryck. Vidare är det viktigt att noggrant undersöka förkonsolideringstryck. Lämpligen göres en statistisk studie från ett flertal CRS-försök.

Sättningarnas tidsberoende är svåra att beräkna speciellt vid en skiktad jordprofil. Ofta förekommer ju horisontell vattenströmning. Det är önskvärt att känna till konsolideringskoefficienten in situ då denna inbegriper även horisontell strömning.

Konsolideringskoefficienten in situ går ej att bestämma ur ödometerförsök. Däremot går den att uppskatta ur utjämningskurvan för porvattenövertrycket.

Konsolideringskoefficienten erhållen ur ödometerförsök ger ofta dålig överensstämmelse med den verkliga.

Överlasten (vakuumet) bör uppgå till summan av lasterna från den blivande byggnaden, eventuell uppfyllning och möjlig framtida grundvattensänkning + en viss säkerhetsmarginal.

Med kännedom om ovanstående uppgifter kan en ekonomisk kalkyl göras. I denna kalkyl skall tas hänsyn till masstransporter inom området, inköp av extra massor, förseningar på grund av lång liggtid osv. Kostnaden för alla dessa faktorer måste tas hänsyn till och ställas i relation till vad andra grundläggningssätt kostar. En viktigt sak att ta hänsyn till är tiden, eftersom den varierar för olika metoder. På Grund av detta är det även viktigt att hela byggprojektet, och inte endast grundläggningen, tas med i övervägandena.

Under genomförandet måste en kontinuerligt kontroll ske.

Vid utläggandet av överlasten bör kontroll av densitet ske.

Under liggtiden skall en kontinuerlig sättningsmätning ske vid varje överlast (byggnad). Beroende på variationer i jordlagerföljd bör en till tre mätpunkter anordnas på varje överlast. Mätningarna kan ske med peglar eller annan typ av sättningsmätare. Noggrannhet är emellertid ett krav liksom att handhavandet är enkelt. Vidare skall även porvattenövertrycket mätas kontinuerligt. Som kontroll är det viktigt att porvattentrycket mäts även innan lasten påförs, så att det klart framgår, när porvattenövertrycket är utjämnat. Beträffande antalet mätpunkter för portrycksmätning är det önskvärt med en i varje överlast. Det kan dock vara svårt att genomföra, varför det beror på jordprofilens utseende samt om förhållandena är likartade över hela området, hur många mätpunkter som behövs.

De kriterier som skall vara uppfyllda innan överlasten får tas bort är:

- porvattenövertrycket skall vara utjämnat
- sättningskurvorna skall ha planat ut.

BILAGA 1 Geotekniskt utlåtande Björkskate-
området 2:2, Luleå

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING INOM OMRÅDE 2, DELOMRÅDE 2, BENÄMNT 2:2
BJÖRKS KATAOMRÅDET, LULEÅ KOMMUN

På uppdrag av Stiftelsen Malmudden genom HSB Luleå har HSB:s Riksförbunds geotekniska avdelning tillsammans med NAB utfört rubricerade undersökningar. Dessa är detaljundersökningar och avser att vara underlag för projektering och byggande.

PLANERAD BEBYGGELSE

Området avses bebyggas med 48 flerfamiljshus i två plan. Källare planeras i 6 hus. Huslägen och hushöjder har tagits från planer i skala 1:400 upprättade av HSB:s Riksförbund och daterade 75-02-12. Förutom husbyggnader ingår i den planerade bebyggelsen ett parkeringsgarage, tre parkeringsytor med tillhörande garage, en närlokal, gångvägar, lektytor och övriga grönytor på kvartersmark.

TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR

Översiktliga undersökningar har utförts av Kjessler & Mannerstråle AB och redovisas i "Luleå, Björkskatan. Geoteknisk bedömning för planering av bostadsområde" daterad 73-11-22.

FÄLTARBETE

Det geotekniska fältarbetet utfördes under tiden juni - oktober 1974 av NAB Konsult under ledning av ingenjör B Andersson. Ut-sättning och avvägning av borrhöjningar har utförts av NAB Konsult efter egen tolkning av koordinater från ovannämnda ritningar i skala 1:400. Sondering har utförts med viktsond. Störda jordprover har upptagits med spadborr och grävmaskin. Proverna har undersökts på NAB:s laboratorium med avseende på benämning och siktanalysering. Ostörda prover har upptagits med kolvborr St II. Dessa prover har undersökts på HSB:s Riksförbunds geotekniska laboratorium. Grundvattenytans läge har

Bilagor

Sammanfattning av laboratorieundersökningar	tabell 1 - 81 E
Siktanalys	bilaga 02 - 112
Jordprovediagram	" 113 - 118
Kompressionsdiagram	" 119 - 123
Översiktsplan	G 0
Borrplaner	G 1 - G 5
Sektioner	G 6 - G 58
Grundvattenobservationer, Luleå kommun	G 59
Jordlagerkarta	G 60
Grundläggningskarta	G 61
Överlast - plan	G 62

uppmätts i spadborrhål och provgropar. Inventering och inmätning av vegetation, diken m m har utförts av ingenjörerna G Axelsson och D Ek Dahl vid HSB:s Riksförbund under oktober månad 1974.

Mätningarna har delvis utförts med AGA Geodimeter 700. Området har besiktigats av undertecknad civilingenjör P L Svensson i juni, september och oktober 1974 och av undertecknad civilingenjör N Lilja i november 1974.

KARTUNDERLAG, REDOVISNING

Underlag för borrhplanerna är planer i skala 1:400 framtagna av HSB:s Riksförbund. De har kompletterats med huslägen samt resultatet av inventerings- och inmätningensarbetena. Höjderna är angivna i RAK:s system. Undersökningen redovisas på bilagor och ritningar enligt bilageförteckning.

OMRÅDESBESKRIVNING

Området ligger i Björkskataområdets västra delar mellan den planerade Väderleden och Björnsbyfjärden. Marken faller från cirka +9,0 i sydöstra hörnet till cirka +1,5 i väster.

Norra delen består av gammal ängsmark, som delvis är igenvuxen med slyskog. Ett system av diken dränerar detta område.

Västra delen består av myrmark med tät slyskog av björk, sälg och gran.

Östra delen, i sluttningen mot Väderleden, består av hedmark, där det växer omväxlande tall- och granskog. Ett kalhygge med enstaka frötallar finns inom denna del.

Området utgörs således av naturmark. Endast någon enstaka ängslada finns inom området. I december 1974 - januari 1975 utfördes en utdränering av myrområdet.

GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

De geotekniska förhållandena är varierande och ställvis synnerligen besvärliga. Geotekniskt sett kan området indelas i tre delar. Ängsmarken i norr huvudsakligen omfattande husen 211 - 225 med garagen G 21 - G 24. Myrmarken i väster huvudsakligen omfattande huslägena 226 - 232 och 235 - 238 samt delvis husen 243 - 251 och garagen 25 - 26. Sluttningen i öster mot Väderleden omfattande husen 239 - 242 och 251 - 258 samt parkeringshuset P 21 och närlokalen N 21.

Inom den norra delen består jordgrunden överst av ett 0,1-0,6 m tjockt humushaltigt ytlager, huvudsakligen matjord, underlagrat av ett 0 - 1,4 m tjockt mo- eller mjälalager vilande på morän. Ställvis förekommer ett några decimeter tjockt lerlager. I huslägena 211, 212, 213, 214, 222, 223, 225 och 226 förekommer

i sedimenten, oftast mellan mo och mjåla, ett 0 - 1,0 m tjockt lager av gyttjig, mjålig, lera eller gyttjig, lerig, mjåla (svartmocka). Sammanlagda tjockleken av sedimentlagret kan där uppgå till 2,0 m. I en punkt, 104 i husläge 222, är sedimentlagrets tjocklek 3,1 m. Svartmockans utbredning i plåen framgår av jordlagerkartan.

Det våstra området karaktäriseras av förekomsten av de ur geotekniskt synpunkt besvårliga jordarterna torv och svartmocka (se jordlagerkartan). Den typiska lagerföljden för huslägena 226 - 232 och 236 - 238 är överst ett 0,1 - 0,7 m tjockt torvlager underlagrat av ett 0 - 0,7 m tjockt lager av oftast gyttjig mjåla eller mo överlagrande ett 0 - 1 m tjockt lager fast lagrad mo. Mon underlagras av ett 0 - 1,0 m tjockt lager svartmocka överlagrande ett 0 - 0,5 m tjockt mjållager, vilket vilar på morån. Sedimentpackens tjocklek är i allmänhet cirka 1,5 - 3 m. Svartmockalagrets tjocklek är varierande i huslägena. I huslägena 243 - 250 är jordlagerföljden liknande den i norra området. Inslaget av torv är dock större. Ett några decimeter tjockt lager svartmocka förekommer i norra delen av husläge 249.

Inom den östra delen är sedimentpackens tjocklek varierande mellan 1,5 - 4,2 m. Den typiska lagerföljden är överst ett 0,1 - 0,3 m tjockt humushaltigt ytlager underlagrat av ett 1,0 - 4,0 m tjockt sand- och grovmolager vilande på ett 0 - 1,0 m tjockt finjordslager av lera, mjåla eller svartmocka. Svartmockalagret kan bli upp till 0,5 m tjockt. Mon kan vara något gyttjig. Sedimenten vilar på morån. Utbredningen av sand- och grovmolagret samt svartmockan framgår av jordlagerkartan.

JORDARTERNAS TEKNISKA EGENSKAPER

Det humushaltiga ytlagret och torven

Det humushaltiga ytlagret och torven är kompressibla och förmultnar vid torkning. Det gamla matjordslagret kan eventuellt användas såsom matjord. Man kan räkna med att torvlagret komprimeras till hälften vid belastning.

Sanden och grovmon

Dessa jordar tillhör tjålfarlighetsgrupp I och materialgrupp B enligt BYA och 2 enligt Mark AMA. De är lämpliga som packad fyllning under hus. Då de är mycket jämnkorniga är de dock svårpackade. De tillhör grävbarhetsklass A - B. De är löst - fast lagrade.

Mon

Mon tillhör tjålfarlighetsgrupp II och materialgrupp C eller 3 a. Den är mestadels löst - fast lagrad. Den är flyt- och erosionsbenågen i vattenmåttat tillstånd. Den tillhör gräv-

barhetsklass B. Mon kan användas i fyllning utanför hus efter torkning på mellanupplag.

Mjälän

Mjälän är löst - fast lagrad. Den tillhör tjälfarlighetsgrupp III och materialgrupp D eller 3 b. Den är mycket flyt- och erosionsbenägen i vattenmättat tillstånd och tillhör grävbarhetsklass D.

Den gyttjiga, mjäliga leran och den gyttjiga, leriga mjälän (svartmockan)

Svartmockan tillhör tjälfarlighetsgrupp III och materialgrupp E eller 4. Den är flyt- och erosionsbenägen i vattenmättat tillstånd och tillhör grävbarhetsklass A. Svartmockan är mycket kompressibel och har låg hållfasthet. Skjuvhållfastheten är 0,6 - 1,5 t/m². Sensitiviteten är 10 - 30. Volymvikten är 1,5 - 1,6 t/m³. Vattenhalten är 75 - 90 % och finlekstalet 65 - 75 %. Svartmockan är normalkonsoliderad, vilket innebär, att relativt stora sättningar uppkommer i den, så fort den belastas. Kompressionsindex är 6 - 10 % för leran och 3 - 5 % för mjälän. En meters uppfyllnad ger sålunda cirka 5 cm sättning på ett 0,5 m tjockt svartmockaskikt.

Moränen

Moränen är mestadels moig eller mjälig. Sandig, moig morän överväger i den sydöstra delen av området. Ställvis förekommer några decimeter tjocka skikt eller linser av vattenförande sandig eller grusig, sandig morän. Moränen tillhör mestadels tjälfarlighetsgrupp III och materialgrupp 3 b. Den tillhör grävbarhetsklass C. Den är blockfattig i ytan, men övergår till normalblockig mot djupet.

HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

Grundvattenytan har uppmätts i spadborrhål och provgropar. I kommunens vattenobservationsrör 14, 16 och 18 har mätningar utförts sedan november 1973. Norr och söder om torvområdet avrinner ytvattnet i diken eller mot torvområdet. Grundvattenytan ligger här 0 - 1,0 m under markytan. I torvområdet ligger grundvattnet i markytan under så gott som hela året. Vatten tillföres torvområdet dels som ytvatten, dels som grundvatten österifrån. I sandområdet i öster ligger grundvattenytan normalt 1 - 1,5 m under markytan men kan i samband med snösmältning och kraftig nederbörd stiga upp till markytan. Efter områdets utbyggnad förväntas grundvattenytan sjunka endast cirka 1 m, om lämpliga åtgärder vidtages.

STABILITET

Stabilitetsproblem uppkommer vid belastning av torven och svartmockan. Skred med inblandning som följd kan uppträda i

torven redan vid måttliga fyllningar. Torven skall därför bortskaffas utom inom naturytor eller gröngjorda ytor.

Stabilitetsproblem uppträder beräkningsmässigt redan vid 1 - 2 m uppfyllnader på svartmockan. Eftersom svartmockan ligger inbäddad i mo- och mjälalager, kan betydligt högre uppfyllnader utföras, innan regelrätta skred uppkommer. Sido-deformationer, "tandkrämseffekt" kan dock uppkomma redan vid 1 - 2 m uppfyllnader. Därför skall grovterrasson utföras i lager samtidigt för hus och omgivande mark.

SÄTTNINGAR

När ett jordlager utsätts för lastökning, uppstår sättningar i jordlagret. Lastökningen kan vara orsakad av huslast, fyllning eller grundvattensänkning. Vid belastning av torven uppstår sättningar till följd av belastning, uttorkning och förmultning till cirka 50 % av torvtjockleken. Vid lastökning i sanden, mon eller mjälan blir sättningarna små, maximalt några centimeter för aktuella belastningar. Vid lastökning i moränen blir sättningarna ännu mindre, maximalt några millimeter. Vid lastökning i svartmockan blir sättningarna betydligt större. En sättningskalkyl har därför utförts med aktuella belastningar. Därvid har antagits en jämnt utbredd huslast $2,5 \text{ t/m}^2$ och en meter grundvattensänkning $1,0 \text{ t/m}^2$ samt aktuella belastningar för uppfyllning, varvid torvlagret antages bortschaktat och fyllningens volymvikt vara $1,8 \text{ t/m}^3$.

Hus nr	Sättning cm	Anm
211	1 - 5	
212	1 - 3	
213	1 - 2	
214	1 - 6	
215 - 218	1 - 2	
219	cirka 0,5	
220 - 221	1 - 2	
222	1 - 5	Lokalt stor sättning
223	1 - 4	"-
224	1 - 2	
225	~	Lokalt ej bärigt matr.
226	1 - 11	
227	5 - 9	
228	4 - 10	
229	2 - 6	
230	9 - 14	
231	~	Grundläggs i ej bärigt material
232	10 - 12	
233	~	"-
234	6 - 8	
235	4 - 12	
236	5 - 16	
237	5 - 9	
238	1 - 7	

Hus nr	Sättning cm	Anm
239 - 240	1 - 3	Marken avlastas genom schakt
241 - 242	1 - 2	
243 - 246	1 - 2	
247	0,5	
248	1 - 2	
249	1 - 3	
250	1 - 2	
251	~	Lokalt ej bärigt material
252	1 - 4	
253 - 254	1 - 3	Marken avlastas genom schakt
255 - 257	1 - 2	
258	1 - 3	Marken avlastas genom schakt
P 21	0,5 - 1	Grundläggning i morän
N 21	1 - 2	

Då svartmockalagrets tjocklek varierar kraftigt, kan sättningsdifferenserna bli stora och skadliga för vissa hus. På grund av de relativt stora plastiska deformationerna i svartmockan kan slutsättningarna bli något större än de beräknade. Konsolideringssättningarna beräknas att till 95 % vara utspelade under tiden 3 månader - 1 år.

FÖRESLAGEN GRUNDLÄGGNING

Med hänsyn till stabilitet och sättningar föreslås grundläggning enligt följande.

Ytgrundläggning på utbredda plattor eller hel kantförstyvad bottenplatta i sedimenten eller på packad fyllning vilande på sedimenten, sedan det humushaltiga ytlagret bortschaktats, utföres för husen 213, 215 - 218, 220 - 221, 240 - 246, 248, 250, 253 - 258 och N 21. Befintliga diken måste rensas från organiskt material och fyllas med packad fyllning. För källarhus med grundläggningsnivå i de lösa sedimenten utföres urgrävning till fast botten och återfyllning med packad fyllning. Därefter utföres grundläggning på utbredda plattor på fyllningen och i morän. Likaså utföres urgrävning till fast botten och återfyllning med packad fyllning för källarlösa hus vid lokal förekomst av svartmocka, som förväntas ge oacceptabla differenssättningar. Sådan grundläggning föreslås för husen 222 och 223.

För husen 212, 249 och 252, lokal N 21 och garagen G 21 - G 26 är differenssättningarna på gränsen till det acceptabla. För dessa byggnader föreslås urgrävning av humushaltigt ytlager samt färdigställande av den packade fyllningen eller överbyggnaden 3 månader, innan byggnadsarbetet påbörjas. För att lasten och sättningarna skall fördelas, utföres grundläggning på hel styv bottenplatta. För övriga hus 211, 214, 226 - 230, 232, 234 - 238 blir differens- och totalsättningar så stora att omfattande grundförstärkningar erfordras. De konventionella

grundförsätrkningsmetoder, som står till buds är grundläggning på stödpålar eller urgrävning till fast botten och återfyllning med packad fyllning. Båda dessa grundläggningsmetoder blir mycket dyrbara. Vid pålning tillkommer olägenheter med marksättningar utanför byggnaderna som kan orsaka skador på entreer, ledningsanslutningar m m. Vi vill föreslå en förbelastning av marken för att konsolideringssättningarna skall kunna utspelas, innan byggnadsarbetet sker. De olika byggnadernas grundläggning visas på grundläggningskartan G 61. På denna finns även angivet koefficienterna N och σ_m^{\max} för att beräkna de tillåtna påkänningarna enligt SBN 67. Utformningen av grundförstärkning med överlast framgår av ritning G₂ 62. På den färdiga grovterrassen i huslägen påföres en 1,5 m hög fyllning av friktionsmaterial. Denna motsvarar belastningen från huset plus en mindre grundvattensänkning. Permanenta uppfyllnader i huslägen skall utföras samtidigt som för marken närmast husen. Det understa 0,5 m tjocka fyllningslagret på mark närmast husen bör utgöras av sand. Liggtiden för överlasten har beräknats till 3 - 12 månader. Sättningarna orsakade av överlasten måste följas upp genom mätningar. För detta erfordras sättningsmätare, som har stor noggrannhet och går snabbt att läsa av. För att man skall kunna bedöma, när konsolideringssättningarna är avslutade och hur stora sekundärsättningar, som kvarstår, måste vissa portrycksmätningar utföras. Geotekniker skall följa upp mätningarna för att bedöma, när överlasten skall tas bort. Mätprogram och utformning av mätare framgår av ritning G 62. Mätutrustning skall installeras i närvaro av geotekniskt kunnig person, vilken även utför mätningarna.

PACKAD FYLLNING

Packad fyllning under hus utförs enligt SBN 67 och Mark AMA. För att man skall erhålla tillräcklig stabilitet i fyllningen, skall packningen utsträckas minst 1 m utanför husliv i nivå med plattan. Den packade släntens yta läggs ej brantare än 1:2, om den är en fri slänt eller om stödfyllningen ej är permanent (rörgrav). I fyllningar tjockare än 0,5 m utförs resultatkontroll med vattenvolymeter eller minipressiometer. Utförandekontroll utföres av geotekniskt kunnig person speciellt på schaktbottnar, slänter, rörgravar. Det understa 0,5 m tjocka lagret i huslägen för överlast föreslås ej packas på grund av undergrundens beskaffenhet. Överlasten bedöms ge tillräcklig packning.

DRÄNERING

Golv på mark läggs på ett minst 15 cm tjockt kapillärbrytande lager av grus, makadam, singel eller lättklinker med kornstorleksfördelning 2 - 32 mm. Där byggnader är grundlagda i sedimenten, läggs ett minst 15 cm tjockt filter av naturgrus med kornstorleksfördelning 0,2 - 32 mm mellan naturjorden och det kapillärbrytande lagret. Filtret kan ersättas med syntetmatta typ Terram eller likvärdig. Det kapillärbrytande

lagrets tjocklek bör då ökas med 5 cm. Dräneringslagret skall ha god förbindelse med den utvändiga dräneringen, som bör omges av ett minst 15 cm tjockt skikt av ovannämnda naturgrus, 0,2 - 32 mm. På grund av det höga grundvattenståndet bör utvändiga dräneringsledningar i princip läggas, där husen är grundlagda direkt i naturjord. För övrigt hänvisas till dräneringsnormen.

TJÄLE

På grund av kombinationen tjälfarliga jordarter och högt grundvattenstånd väntas stora tjälproblem uppstå inom större delen av området. Inom det område där det enligt jordlagerkartan finns sand i ytan, är tjälproblemen mindre. Husgrunder skall skyddas mot tjälning. Speciellt gäller detta under den känsliga perioden mellan Schakts färdigställande och tills värmen släpps på i husen. Inom parkeringsytor och gångvägar förväntas stora tjälskjutningar uppstå där tjälfarliga jordarter finns närmast markytan.

ÖVRIGA ANLÄGGNINGAR

Överbyggnader i vägar och planer dimensioneras efter materialgrupp 2 i området med sand, 4 i torvområdet och 3 b för övrigt. I ledningsgravar söder om huvudgatan inläggs tätklackar enligt Mark AMA. Garagen kan grundläggas med syllar i överbyggnaden. Markisolering måste då utföras. Man bör även överväga markisolering i övriga parkeringsytor, gångvägar och annan känslig överbyggnad, där tjälproblem finns. Gångvägar bör projekteras med hänsyn till inmått befintlig vegetation.

SCHAKTNING

Beträffande grävbarhetsklasser se ovan.

På grund av flytbenägna jordarter och högt grundvattenstånd kan schaktproblem uppstå. Därvid avvattnas schaktbotten. Lätta redskap (bandtraktorer) bör användas vid schaktning. Den understa schakten i huslägen utförs med slätskopa eller för hand, så att omrört jordmaterial bortskaffas. Därefter påförs filtret eller fyllning omedelbart för att stabilisera schaktbotten.

Inom torvområdet får speciell försiktighet iakttagas vid schaktningen. Här har en utdikning utförts i januari 1975, för att man överhuvudtaget skall kunna trafikera torvområdet. I huslägena får schaktbotten ej trafikeras med fordon förrän ett filterlager utlagts. Vattensamlingar i schaktbotten dräneras ut. Vid regnväder får schaktarbeten eller utläggande av filter avbrytas. Det befintliga dikessystemet, får ej sättas ur funktion förrän överlasten utlagts. Följs ej dessa anvisningar, kan grundläggningssättet äventyras. Vid schaktning för källarhusen 231 och 233 kan problem uppstå i samband med schaktning under grundvattenytan i flytbenägna jordarter. Där kan speci-

ella filterbrunnar exempelvis typ Wellpoint erfordras för tillfällig grundvattensänkning.

KONTROLL

Utöver vad som ovan sagts beträffande geoteknisk kontroll under olika arbeten vill vi här särskilt påpeka vikten av att markarbetena t o m överlastens avlägsnande står under kontroll av geotekniskt kunnig person. Detta dels på grund av arbetsplatsens belägenhet (kärr med torvavlagringar), dels på grund av en okonventionell grundläggningsmetod (överlast), vilken kräver geoteknisk uppföljning.

SAMMANFATTNING

De geotekniska förhållandena inom rubricerade område är synnerligen besvärliga. Ett omfattande geotekniskt arbete har nedlagts på att få fram ekonomiskt optimal höjdsättning och grundläggning. För vissa hus föreslås bland annat grundförstärkning genom förbelastning. Även under arbetsskedet kan svåra problem uppstå, om inte arbetena utförs efter omständigheterna.

HSB:s RIKSFÖRBUND
Geotekniska avdelningen


Nils Lilja


Per Lennart Svensson

BILAGA 2 Program för geoteknisk dagkontrollant,
Björskateområdet, Luleå

PROGRAM FÖR GEOTEKNISK DAGKONTROLL VID GRUNDFÖRSTÄRKNING MED ÖVERLAST INOM OMRÅDE 2, BJÖRKSATAN, LULEÅ

INLEDNING

Inom rubricerade område kommer grundförstärkning med överlast att utföras. Vid utförandet av denna samt vid uppföljning av sättningar och portryck m m kommer dagkontroll att erfordras. De geotekniska förhållandena redovisas i "Utlåtande över geoteknisk undersökning inom område 2, delområde 2, benämnt 2:2, Björkskataområdet, Luleå kommun", daterat 75-02-26 samt "Ändring i utlåtande över geoteknisk undersökning inom område delområde 2, benämnt 2:2, Björkskataområdet, Luleå kommun", daterad 75-04-02. Kontrollen utförs av HSB:s Riksförbunds geotekniska avdelning på uppdrag av Luleå kommun. Programmet avser att precisera de i utlåtandet och övriga markhandlingar upptagna punkterna beträffande grundförstärkning med överlast. Det geotekniska kontrollprogrammet omfattar följande huvudpunkter.

- A. Kontroll av schaktning i huslägen för överlast
- B. Kontroll av grovterrassering i huslägen för överlast
- C. Utplacering av instrument
- D. Kontroll av påförande av överlast
- E. Mätningar
- F. Uppföljning av mätningar samt beslut om tidpunkt för överlastens borttagande

A. Schaktning i huslägen för överlast

1. Vid torvlagrets avschaktning tillses, att arbetsmaskiner ej trafikerar den färdiga schaktbotten.
2. Schaktning utförs med grävsropa utan tänder.
3. Vattensamlingar i schaktbotten dräneras ut till befintliga diken eller pumpas bort innan arbetena fortsätter. Inrinnande vatten uppsamlas i avskärande diken utanför husläget.
4. Vid regnväder avbrytes arbetena.
5. Eventuellt omrörda jordmassor bortschaktas för hand.
6. Torvlager utanför hus bortscaffas.
7. Vid källarschakter tillses, att schaktslänt ej kommer närmare husläge för överlast än 3 meter.

B. Grovterrassering i huslägen för överlast

1. Materialprov tas kontinuerligt på det använda sandmaterialet.
2. Det understa 0,5 m tjocka sandlagret i husläget påföres med ett lätt redskap (bandtraktor) som arbetar på sandlagret och ej beträder schaktbotten. Detta lager packas ej.
3. Permanenta uppfyllnader intill hus med överlast påföres samtidigt, som terrassering utföres i husgrunderna.
4. Övrig grovterrass färdigställs till höjder enligt ritningar. Lagertjocklekar, slänter, packningsgrad kontrolleras.

C. Utplacering av instrument

1. Vattenståndsrör sättes snarast på angivna platser (yta där avverkning ej skall utföras) eller så nära dessa platser som möjligt.
2. Instrument utplaceras på grovterrassen enligt ritning och kontrollantens anvisningar. Innan portrycksmätare sätts, utföres sondering för bestämning av svartmockalagrets nivå. Portrycksmätaren skall placeras mitt i detta lager.

D. Påförande av överlast

1. Överlasten påföres, varvid tillses, att det understa minst 0,3 m tjocka lagret består av sand. Det övriga kan bestå av annat friktionsmaterial. Det kontrolleras att slänter, bredd och höjd på överlasten utföres enligt ritning.
2. Överlasten får ej påföras på sådant sätt, att instrumenten rubbas. Närmast instrumenten påfylls för hand. Kontrollanten övervakar denna påfyllnad och kontrollerar, att instrumenten ej rubbas.

E. Mätningar

1. Vattenståndsrör avläses en gång per vecka (även tidigare satta).
2. Mätning av sättningar och portryck utföres enligt följande schema
 - a) Då montering är utförd
 - b) Strax innan överlast påföres
 - c) Efter varje utlagt lager av överlasten
 - d) När överlasten är helt påförd

- e) Under vecka 1 efter överlastens påförande utförs mätningar 2 gånger per dag
- f) Under vecka 2 - 4 efter överlastens påförande utförs mätningar 1 gång per dag
- g) Under vecka 5 - 12 efter överlastens påförande utföres mätningar 2 gånger per vecka
- h) Under vecka 13 tills överlasten borttages utföres mätningar 1 gång per vecka.
- i) När överlasten borttagits

F. Uppföljning av mätningar

1. Dagkontrollanten för dagbok över inträffade händelser.
2. Mätningar införs i speciella blanketter. Tid - sättnings- och tid - portrycksdiagram uppritas i linjär och enkellogaritmisk skala. Diagrammen distribueras månatligen till kommun och övriga intressenter.
3. På grundval av materialet bedöms kvarvarande sättningar och avgörs i samråd med kommun och beställaren, när överlasten kan tas bort.

HSB:s RIKSFÖRBUND
Geotekniska avdelningen


Nils Lilja


Per Lennart Svensson

BILAGA 3 Sammanfattning av och utdrag ur dagbok
förd av geoteknisk dagkontrollant,
Björskateområdet, Luleå

Sammanfattning av dagbok

Luleå Björkskatan omr. 2:2

Innan arbetet påbörjades i augusti -75 hade på hösten-
vintern (74-75) utförts vissa dräneringsdiken för att
underlätta upptorkningen av torvområdena.

Arbetet började med schakt och veg. avtäckning i gata
C, P-plats 3 och P-hus P21. Gångväg mellan hus 242-
256 schaktas och dessa massor fylls i gata C och
P-plats 3 (förstärkningslager). Vid schakten av gång-
vägen uppkom vissa problem med det höga grundvattnet
(ca 1 m under m.y.). Mycket regn hade fallit ca 1 vecka
tidigare. Läns-pumpning måste utföras för att arbetet
skulle kunna fortgå.

Härefter börjar gården^x hus 227-230 och husgruppen
239-241 att avtäckas och schaktas. Massor (finsand)
förs från 239-241 till 227-230.

Gångväg mellan hus 238 och 244 schaktas och fylls med
förstärkningslager.

Därefter avtäcks och schaktas husgrupp 235-238 och
vartefter detta blir klart fylls upp med massor från
239-242 och gata B.

Det samma gäller för husen^x 227-230, avtäcks och fylls
med massor från 239-242 och gata B.

hus 253 schaktas och (jag vill minnas att) hus 252
fylls med dessa massor (finsand).

Hus 232 avtäcks och fylls med sand.

Överlasten börjar föras på hus 237 och 238. Mtrl från
schakt VA i gata B.

Husgrupp 247-250 vegetationsavtäcks.

Överlasterna fortsätter att läggas på med massor från
schakt källarhus och från angränsande område.

Hus 226 avtäcks och fylls upp.

" 234 -"-

Överlast påföres 234 och 226.

Massor bl a från källarhus 251.

Snövägen fylls med förstärkningslager.

Schakt källarhus 247.

Överlast påföres hus 232.

Se även anteckningar (dagboksform).

Transporter inom området (fylln.sand, överlast) utfördes med traktordumprar och schaktarbetena med

^xgården mellan husen. Huslägena kommer senare!

grävmaskin (slåtskopa ca 1 m³). Planering av överlaster utfördes av något mindre grävmaskin. Bandtraktor användes för packning och utläggning av massor på veg.avtäckta terrassen.

78-04-18 U.C.

Utdrag av dagbok

Luleå Björkskatan omr. 2:2

- 75-08-04 Schakt gata C påbörjas, likaså vegetationsavtagning uppe vid parkeringshuset.
- 75-08-07 Grundvatten på ca 1 m djup vid schakt av väg söder parkeringshus. Börjat fylla sand i gata C. Vid överfart (större hjullastare) på sanden (ca 0,5 m tjockt lager) gungar terrassen.
- 75-08-08 Vatten pumpas från schakten i gångvägen söder hus 242.
- 75-08-11 Vatten rinner fortfarande, pumpning fortsätter.
- 75-08-13 Schakt klar gata C, P-plats 3, samt del av gård 227-230. Schakt pågår även för hus 239-241.
- 75-08-14 Regnväder.
- 75-08-15 Regnat hela natten. Regnar fortfarande (kl 09.00). Pågående arbete, endast avtäckning vid hus 223 samt pumpning vatten.
- 75-08-18 Pågår uppfyllning gård 227-230. P-plats 3 uppfyllt. Schakt för hus 239-242. Står en hel del vatten i schakten. Pumpning pågår.
- 75-08-19 Nedslagning vattenobservationsrör, 3 st. Gården 227-230 utfyllt. Börjar schakt väg söder 235-238. Pumpning vatten fortgår.
- 75-08-21 Besök på arbetsplatsen med P-L Svensson, Bernt Andersson, Edgar Lindholm samt kommunens geotekniker. Informerade kommunens geotekniker om överlasten, och diskuterade vissa problem med vatten (grundvatten och nederbörd).
- 75-08-26 Schaktbotten hus 241, 242 betydligt fastare än i slutet av förra veckan (regn). Schakt pågår i hus 239. Drog upp vattenobservationsrör 72, spetsen var av. Slätskopa monterar i dag. En del torv kvar i nedre hörnet hus 252. J.M. skulle rätta till, samt plana till schaktbotten. Ytterligare pumpgrop vid hus 248. Tel.samtal med P-L Svensson, som menade att under lättklinkern kan vi godkänna "Kallax specialsand" som filter, där emot ska det vara ordentligt dränmtrl kring slangar och återfylln mot husgrund.
- 75-08-27 Schakt med slätskopa påbörjas. Hus 238 färdigschaktad. Schaktytan lite "vågig" och en del "släppor" i schaktytan förekommer, be-

roende på momaterial. Men ytan ser bra ut, då den är helt fri från torvresten och övrigt organiskt mtrl.

- 75-08-29 Transport av material till sättningsmätare m m från Porsön till Björkskatan (1 tim). 1:a lagret (0,5 m) i uppäckningen hus 238, 237 och delvis 235. Hela gruppen 235-238 avtäckta. 2 st mtrl-prov tagna i hus 238.
- 75-09-01 Pågår uppfyllning 1:a lagret hus 235. Börjar schakta VA vid pkt 91. Problem med grundvattnet. Ca 10 m mellan "släntkrön" i schakt för N.B. Utläggning makadam i gångväg mellan husen 242-257.
- 75-09-02 Grupp 235-238 färdigfyll 1:a lagret. 236 blöt från mitten och mot Porsön. Schakt börjar för gruppen 227-230. Gata B snart färdigschaktad.
- 75-09-03 Vegetationsavtagning hus 229 klar. Komplettering för plattytter erfordras. Husen 237 och 238 uppfyllda till terrassnivå. Här har fyllts för tjockt lager, för packning med bandare. 40-50 cm mot 20-25 cm. Efter 12-15 överfarter tar jag packningsprover, för att se om erforderlig packningsgrad uppnåtts. På hus 235 utläggs tunnare lager. Fyllningen på hus 236 är delvis blöt (mitten, 1:a lagret ca 0,5 m). Hus 240 terrasserad och klar för utläggning av filter. Luleå kommun skall i morgon besiktiga terrassen innan utläggning av filter.
- 75-09-04 Grund 237 packad med bandare. 12 överfarter. Tagit 5 prover på packning, i ytan och 25, 30 cm under terrass. 238, 235 pågår uppfyllning till terrass. 235 packas i tunnare lager. I grund 240 läggs filter ut.
- 75-09-05 Hus 238 packad, tagit 4 st prov med vatten-volymeter. Husen 235 och 236 återstår fyllning. Husen 227 och 230 har börjat fyllas. 230 avbröts fyllningen då en hel del vatten låg på schaktbotten (började i stället fylla 227). 228 nästan avtäckta.
- 75-09-12 Pågår fyllning sand första lagret hus 228. Mycket vatten på terrassen, trots pumpning. 235, 236 uppäckade till färdig terrass. 227, 229, 230 uppfyllda. Vidare pågår VA-ledn.-läggning i gata B, samt filter husen 239-242 (klart).
- 75-09-15 Packning av 235 och 236. Schakt hus 253 och packning, fyllning hus 252. Sättningsmätare satt hus 252.

- 75-09-16 Pågår sättning mätare hus 237 och 238. Hus 252 uppfyllt ett lager (0,5 m) sedan mätaren satts.
- 75-09-17 Hus 237 klart mätare.
- 75-09-18 Hus 238 klart mätare förutom "avstämning". Provtagning packning på hus 235. 235, 237, 238 påfyllda med 30 cm sand.
- 75-09-19 Sättningsmätare klara i hus 238, och stål nedslagna i hus 235. Fyllning sand i hus 232.
- 75-09-20 Provtagning vattenvolymeter hus 227, 230 och 252.
- 75-09-21 Uträkning (torkn. och vägn.) prov enl 750920.
- 75-09-22 Satt sättningsmätare klart på hus 235 samt Pv-mätare. Överlast första lagret börjar köras på i hus 237. Sandlager 30 cm påfört 236, 227.
- 75-09-23 Mätare hus 236 satta. Återstår justering. Överlast 237 påförd till mätare 2. Återstår ca 40 cm till full höjd. Grupp 247-250 avtäckta. 230 påfört 30 cm sand.
- 75-09-25 Pågår sättning mätare 227, 230. Några lass överlast påfört på grund 238.
- 75-09-26 Sättningsmätare klara på 227 och 230, även "avstämning" 235 och 236 klara. Återstår portrycksmätare.
- 75-09-29 Pv-mätare satt 230. Sättningsmätare satt på N 21. Uppfyllnad pågår 252.
- 75-09-30 Pv-mätare satta 227. Uppfyllnad i det närmaste klar på 252. Pågår utläggning överlast på 238 och 230. En mätare (nr 2) på 238 rubbad.
- 75-10-01 Sättning av sättningsmätare grund 229 pågår. Fyllning överlast 227 påbörjats.
- 75-10-02 Sättningsmätare klara grund 228, 229. Pv-mätare återstår på 228. J.M. börjat fylla grund 229, trots att mätarna inte var klara (mätare 1, 2, 3 satta). 4:e mätaren uppfylld (måste grävas undan överlast för att den ska kunna sättas). Satte om mätare 1 på grund 235, då den var rubbad. Hittills har 3 mätare blivit rubbade. Pågår även utfyllning och packning i källargrund 231. I södra änden rinner det in lite vatten. Fyllning grund 226 har också påbörjats.

- 75-10-03 Packningsprov i 231 ett lager utfyllt. Börjar schakt 233. Satt Pv-mätare och sättningsmätare i 228, samt sättningsmätare 4 i 229. Pågår uppfyllning hus 226.
- 75-10-05 Mätt sättningsmätare. Står vatten i södra änden hus 231.
- 75-10-06 Byggmöte hos J.M. Schakt pågår 233. Tagit prov bärlager (dåliga från Kallax) vid P3 (nordöstra änden).
- 75-10-07 Schakt fortgår källare hus 233. Överlast påförd N 21. Packning klar 252 och 226. Planering överlast 229 klar 228 nästan klar.
- 75-10-08 Halva hus 227 överlast planerad. Pågår planering hus 238. Börjat fylla överlast 236, varvid en mätare (2:an) blivit rubbad. Schakten källare 233 fortsätter och går bra. 234 börjat fyllas och första lagret packat. Tagit packningsprov på 226. Noterar även att det är kyligt och några korn hagel föll.
- 75-10-09 P.L.S. och G.J. med NAB:s geot. besök på arb.pl. Packningsprov 234. Pågår justering av överlaster.
- 75-10-10 Sikt och torkning packningsprover.
- 75-10-13 Sikt packningsprover. Pågår fylln. 234 och 226.
- 75-10-14 Sikt packningsprover. Packning 234 och 226.
- 75-10-15 Sättningsmätare 234 satta. Pågår uppfyllning 232. Packning 226. Överlast börjat påföras 234.
- 75-10-16 Satt sättningsmätare på 226. Fick sätta om 2 st, som kördes ned. Överlast börjat påföras på "gavlarna". Utfyllning och packning pågår på hus 232. Källarhuset 251 har börjat schaktas.
- 75-10-17 Fyllt vattenobservationsrören med "antifrys-vätska". Schakt fortgår grund 251. Överlast påtippat grund 226 varvid samtliga mätare rubbats. Högt porvattentryck i hus 235, vilket jag påtalat betr. fyllningen utanför 235.
- 75-10-20 Satt Pv-mätare i hus 226. Påkörning av överlast pågår. Påpekat högt porvattentryck i hus 235 och därvid betydelsen av utfylln. utanför huset för Sten Hansson. Utfylln. skulle utföras.

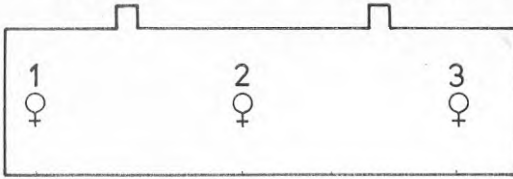
- 75-10-21 Fortfarande ofyllt kring 235. Återstår mindre del av planering överlast husen 226, 234. Fyllning av terrass pågår hus 232. Värmeablar lägges i källarhusen 231, 233. Schakt i det närmaste klar i hus 251. Pågår fyllning förstärkningslager i Snö-vägen.
- 75-10-22 Pågår fyllning och packning 232. Överlast klara på 234 och 226. Fyllt en del nedanför 236.
- 75-10-23 Fyllning och packning 232. Fortfarande ej fyllt bakom 235. Utfyllt sand på 249.
- 75-10-24 Satt sättningsmätare och Pv-mätare i 232. Utfyllt några lass utanför 235, och mellan Snöv. och hus 232. Utläggning makadam i 231. Börjar schakt hus 247.
- 75-10-27 Pågår uppläggning överlast hus 232. Schakt pågår grund 247 (källare). Isolering vändplan gata C. Börjat forma källare 233.
- 75-10-28 Överlast påförd grund 232. J.M. fått besked att överlast kan tas bort på N 21. OBS! Fattas en bit av överlasten vid östra gaveln, för att lämna infart till 231 vid gjutning.
- 75-11-05 Börjat avlägsna överlast längs långsidan mot gångvägen på N 21.

BILAGA 4 Sättnings- och portryckskurvor

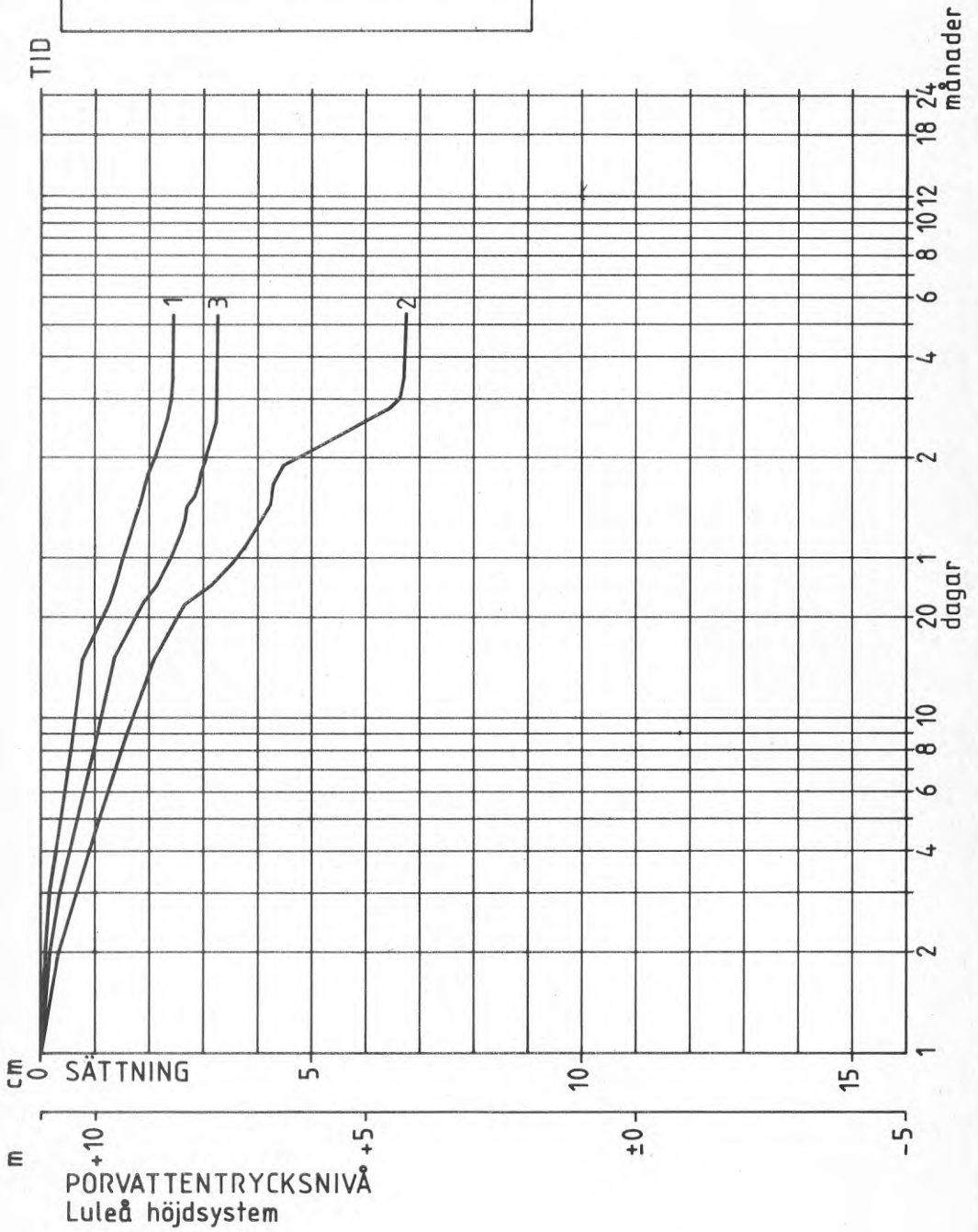


HUS 211

SKALA 1:400



— SÄTTNING

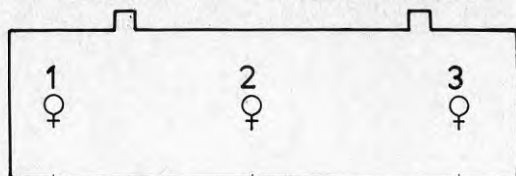


PORVATTENTRYCKSNIVÅ
Luleå höjdsystem

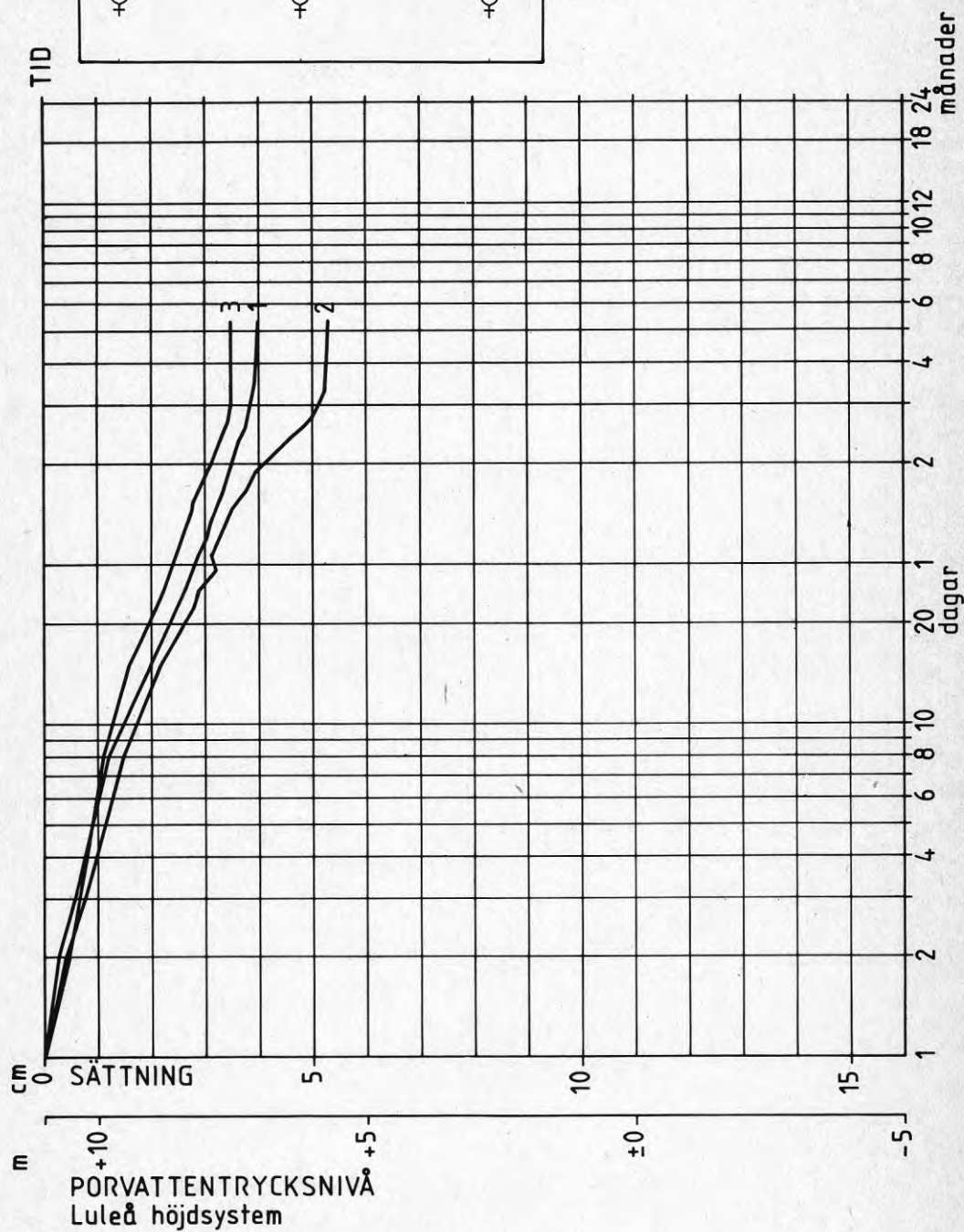


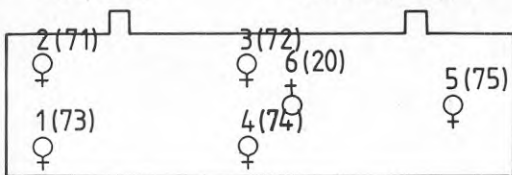
HUS 214

SKALA 1:400

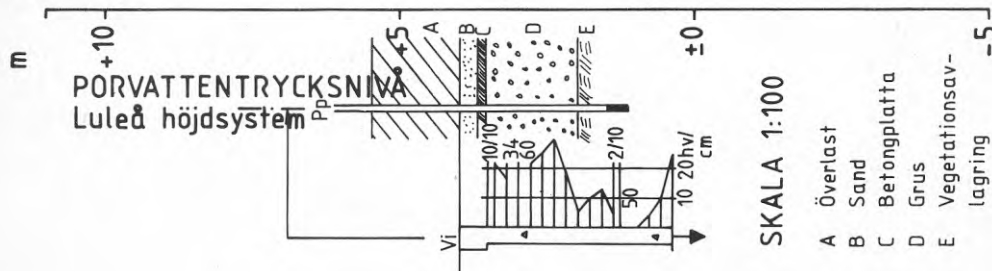
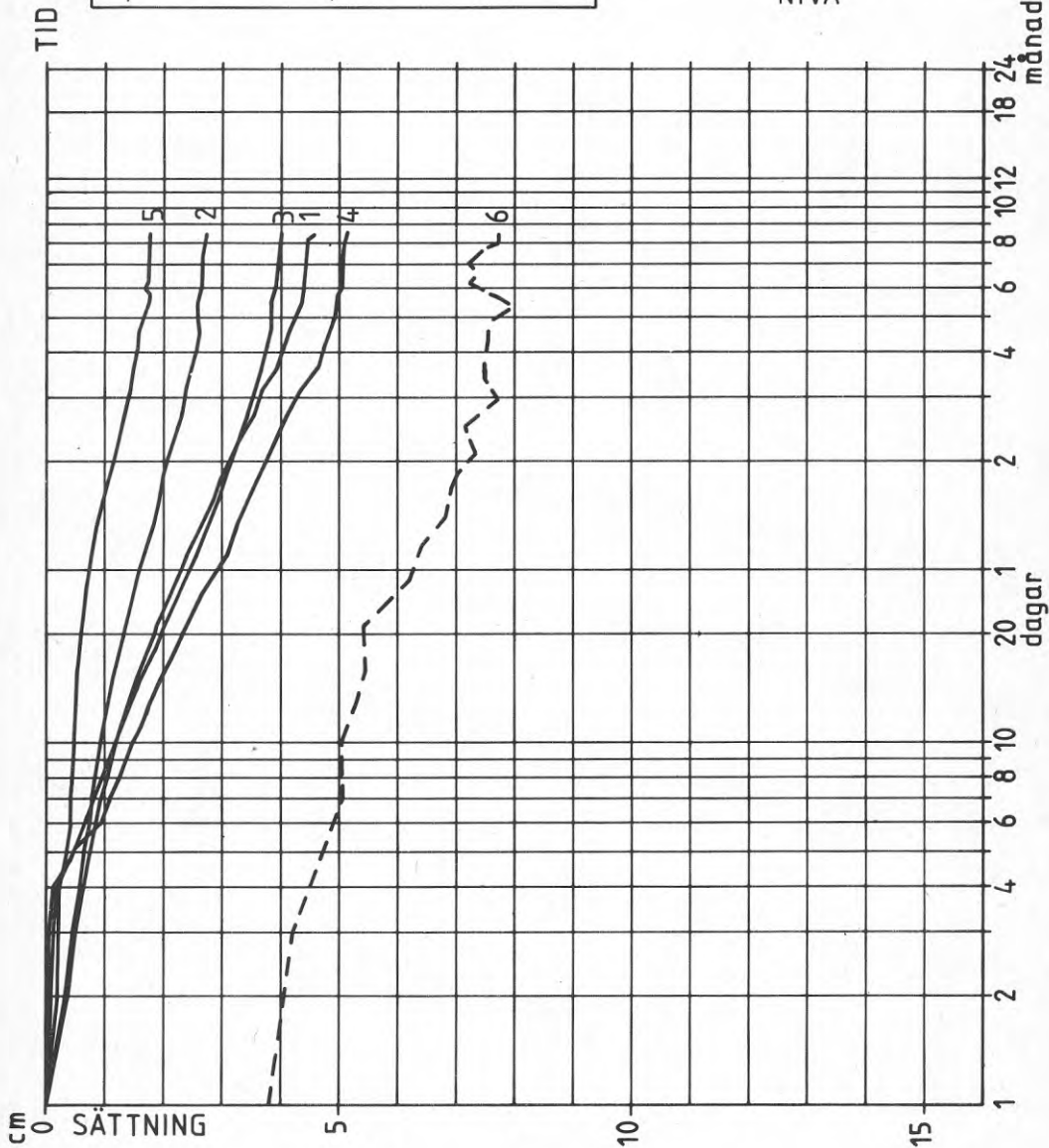


— SÄTTNING



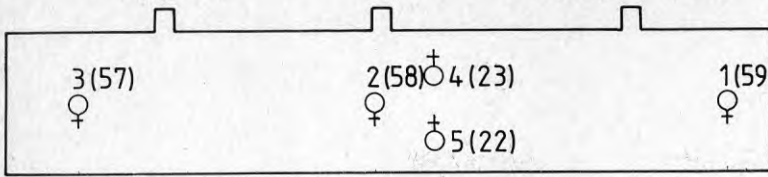


— SÄTTNING
 - - - PORVATTENTRYCKS-
 NIVÅ

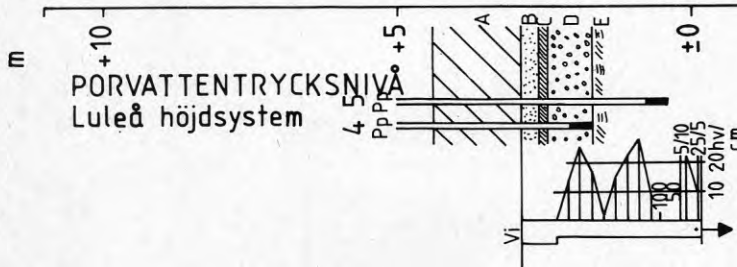
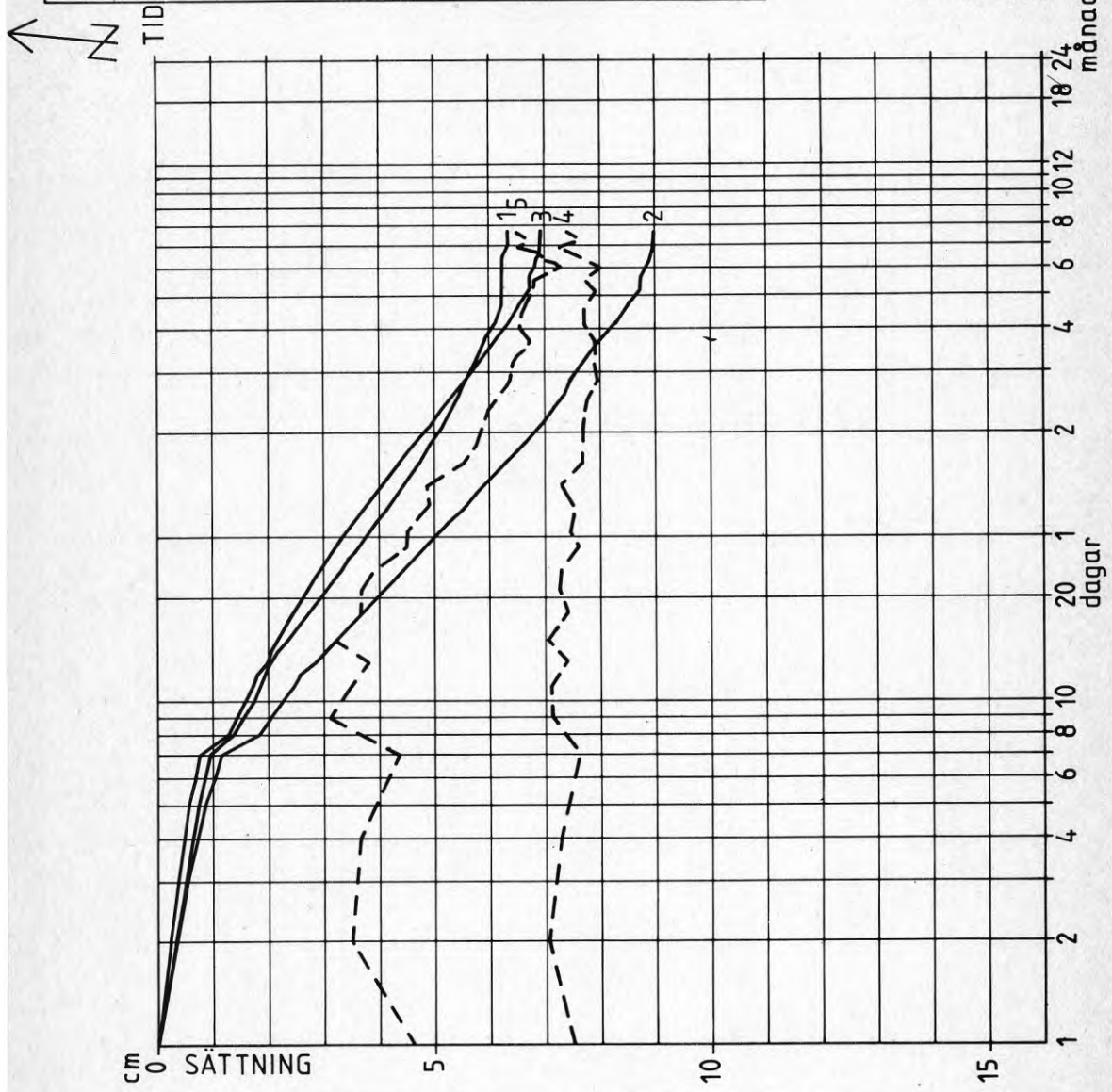


SKALA 1:100

- A Övertlast
- B Sand
- C Betongplatta
- D Grus
- E Vegetationsavlagring



— SÄTTNING
 - - - PORVATTENTRYCKSNIVÅ

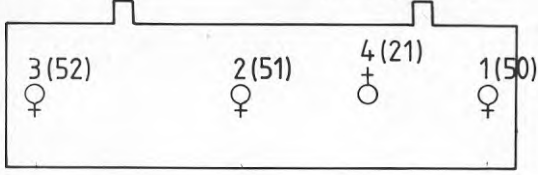


SKALA 1:100

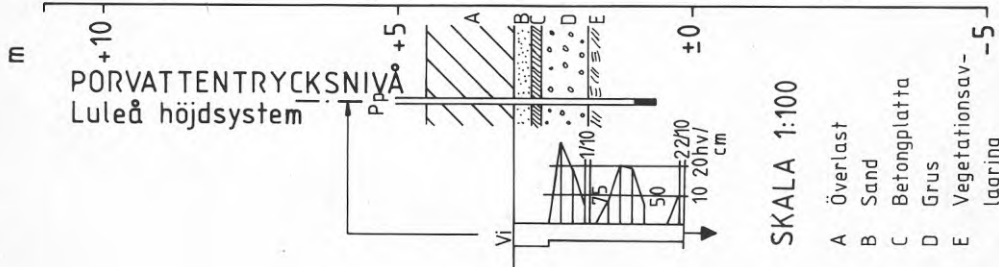
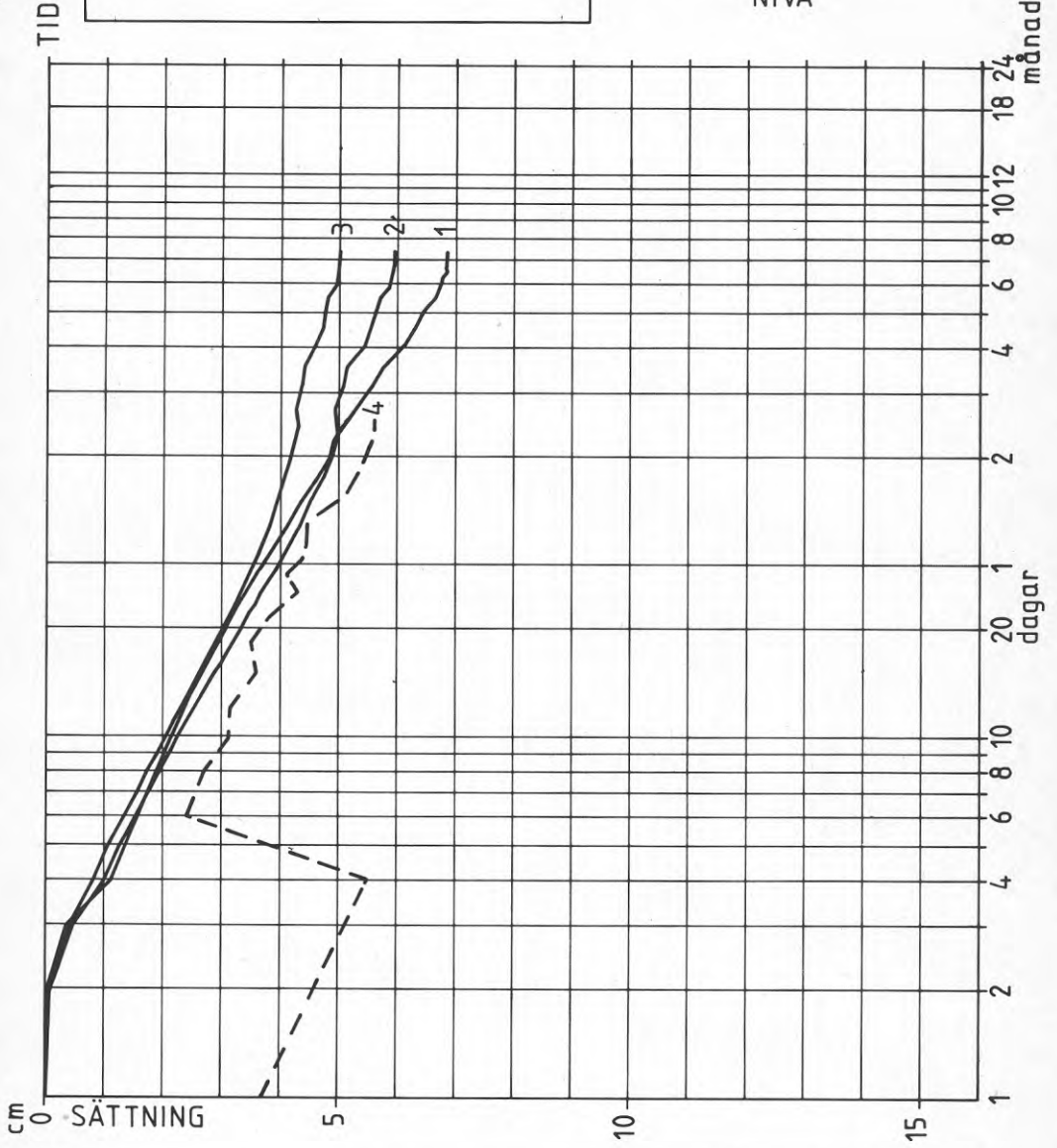
- A Överlast
- B Sand
- C Betongplatta
- D Grus
- E Vegetationsavlagring

HUS 228

SKALA 1:400

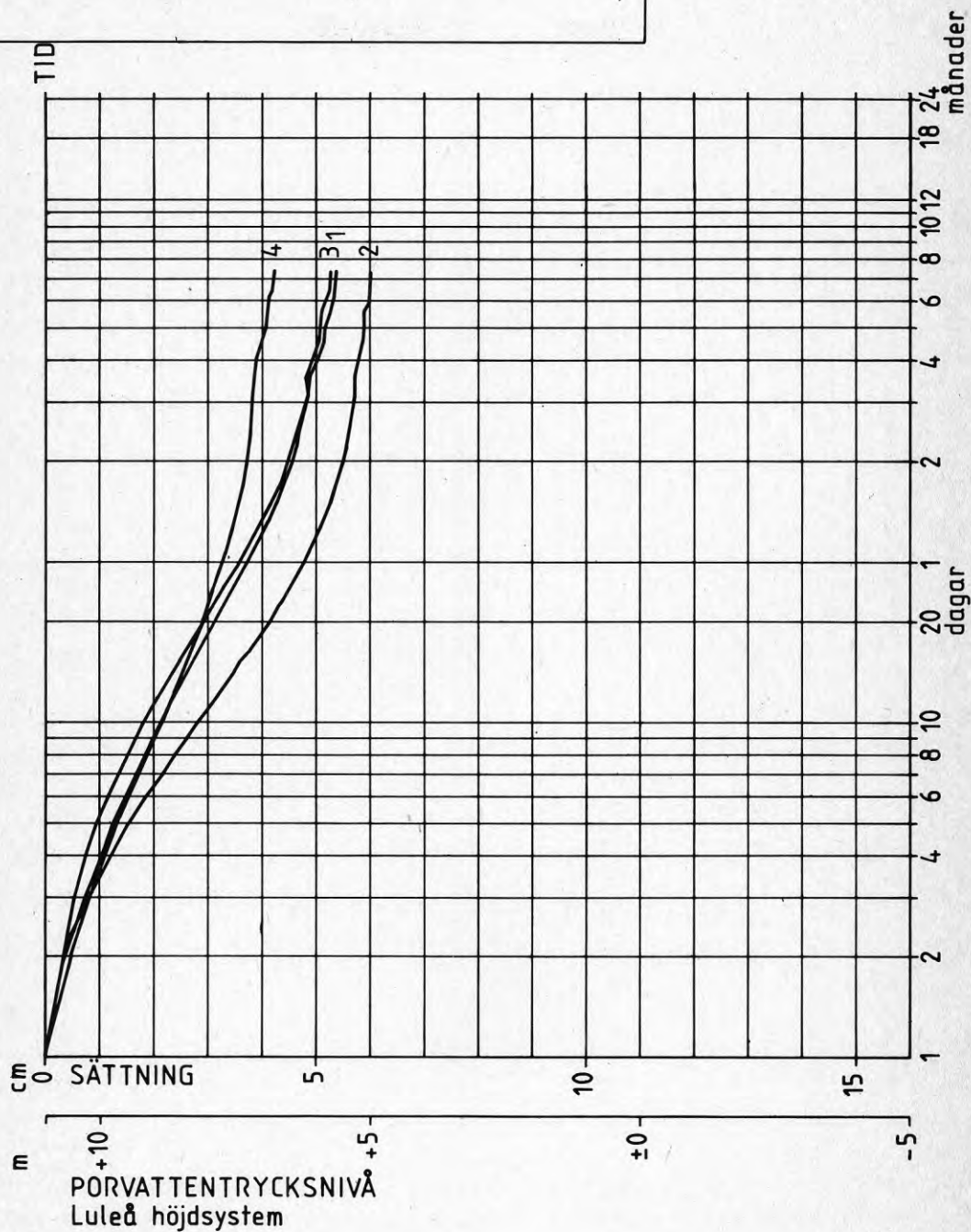
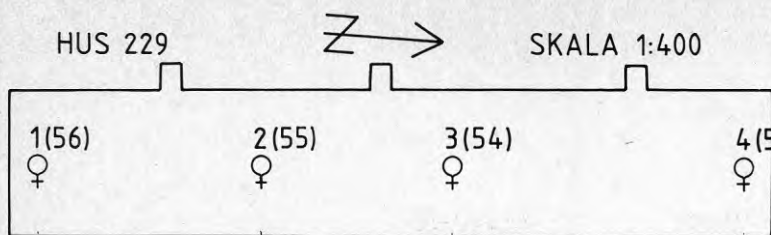


— SÄTTNING
 - - - PORVATTENTRYCKSNIVÅ



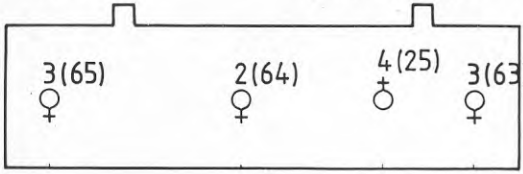
SKALA 1:100

- A Övertast
- B Sand
- C Betongplatta
- D Grus
- E Vegetationsavlagring

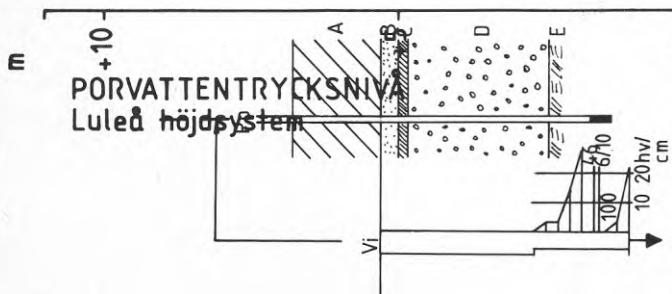
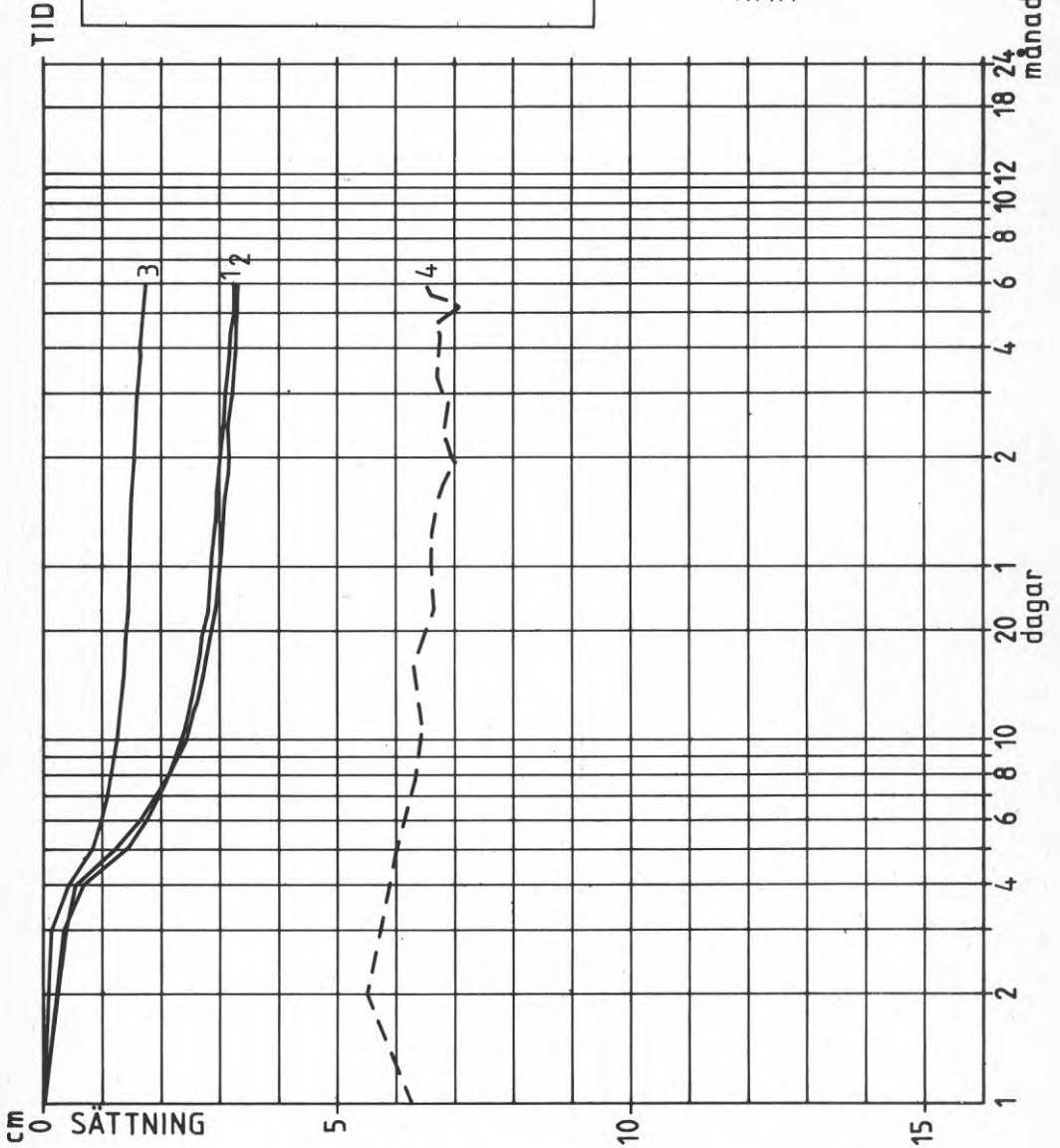


HUS 232

SKALA 1:400



— SÄTTNING
 - - - PORVATTENTRYCKS-
 NIVÅ



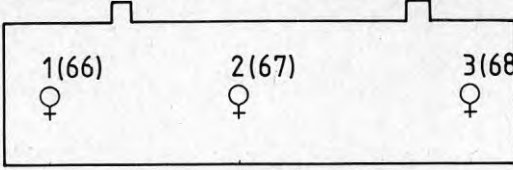
SKALA 1:100

- A Överlast
- B Sand
- C Betongplatta
- D Grus
- E Vegetationsavlagring

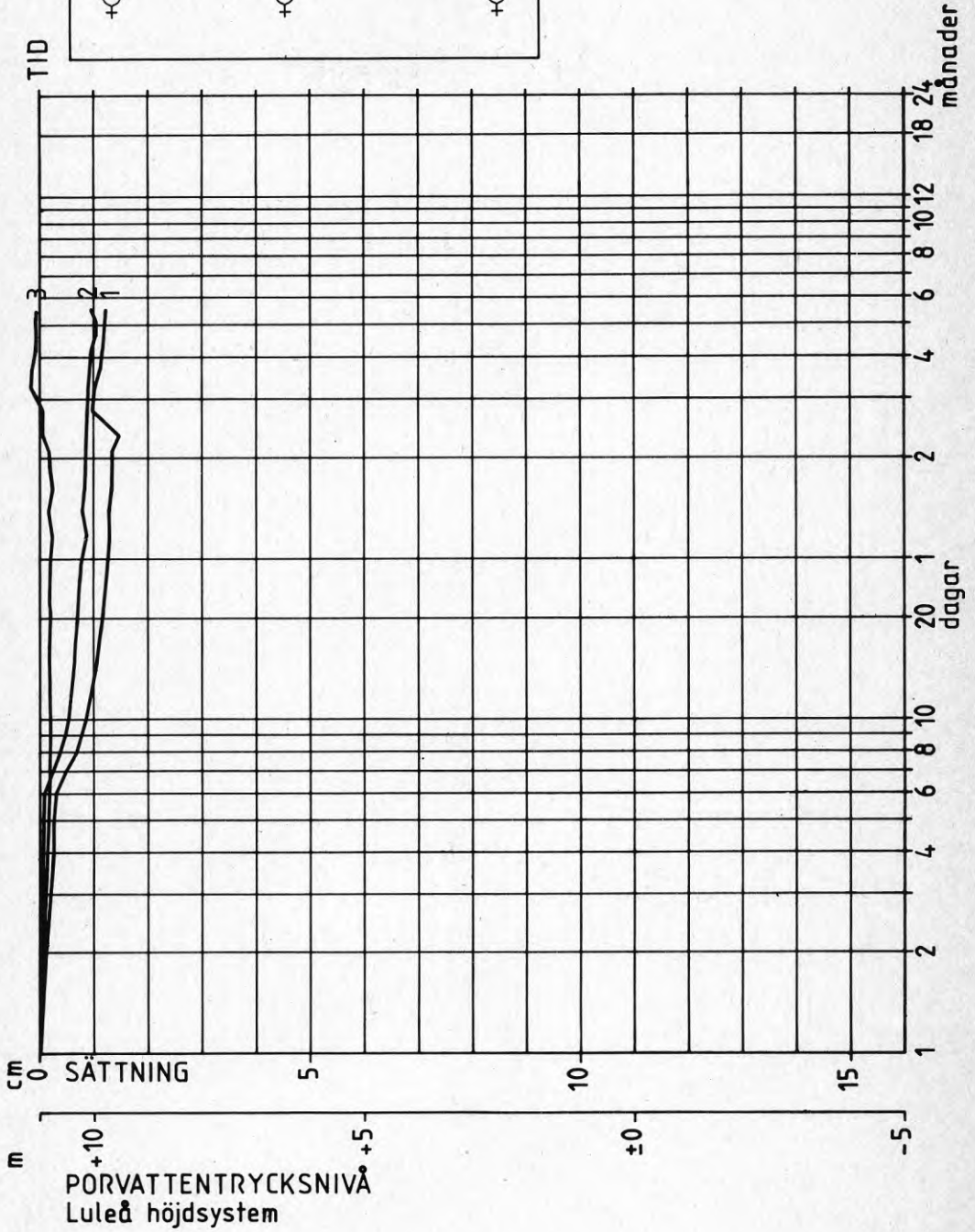


HUS 234

SKALA 1:400

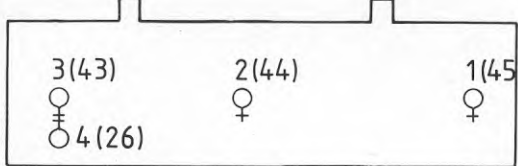


SÄTTNING

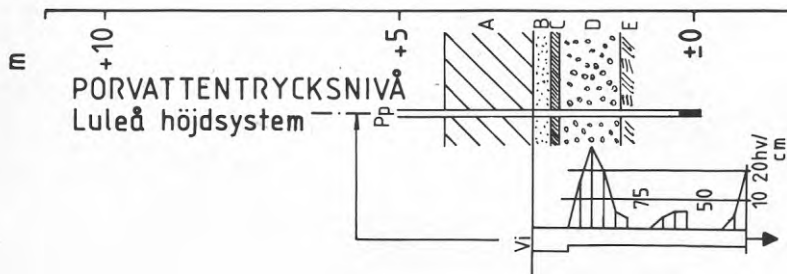
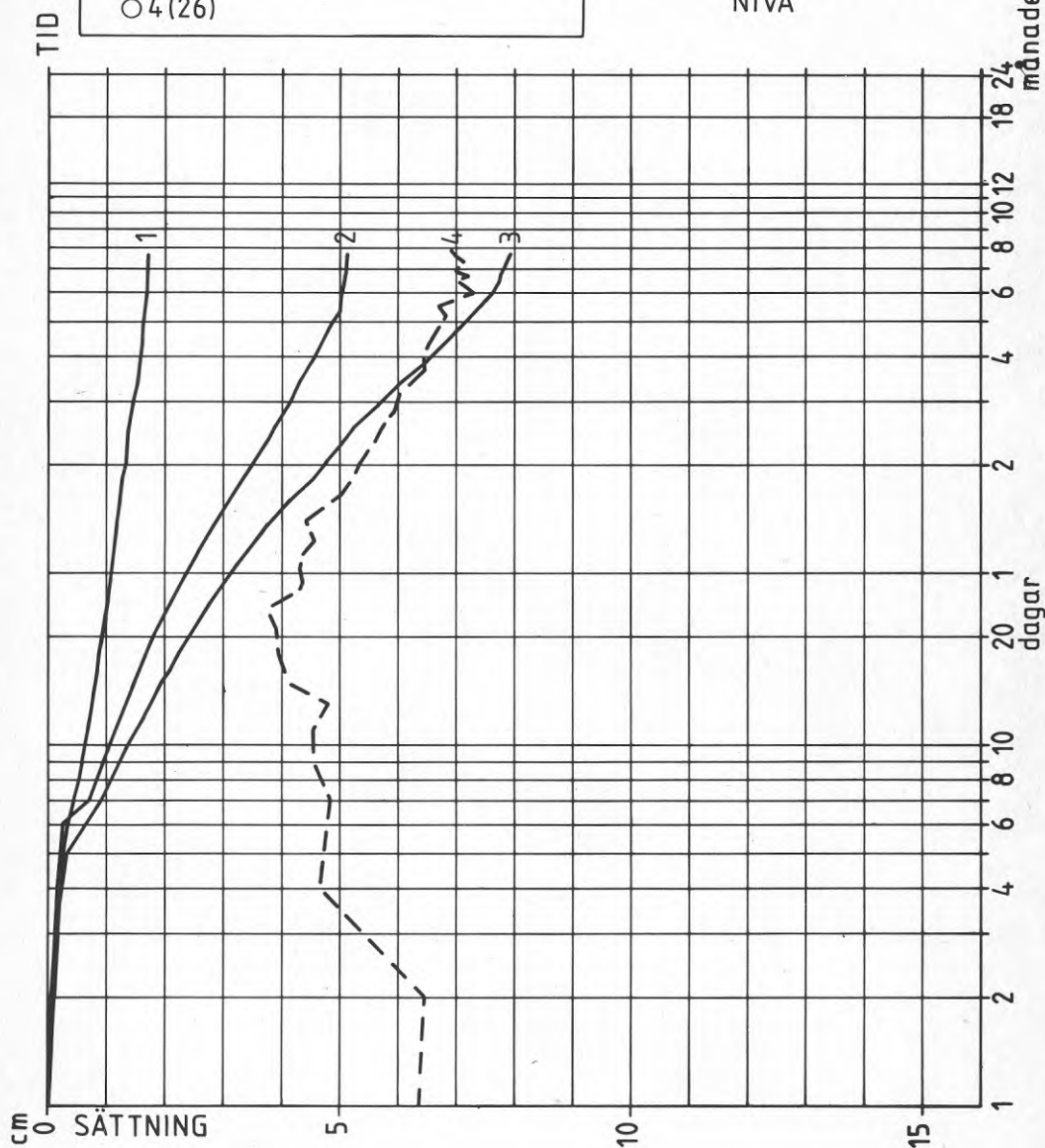


HUS 235

SKALA 1:400

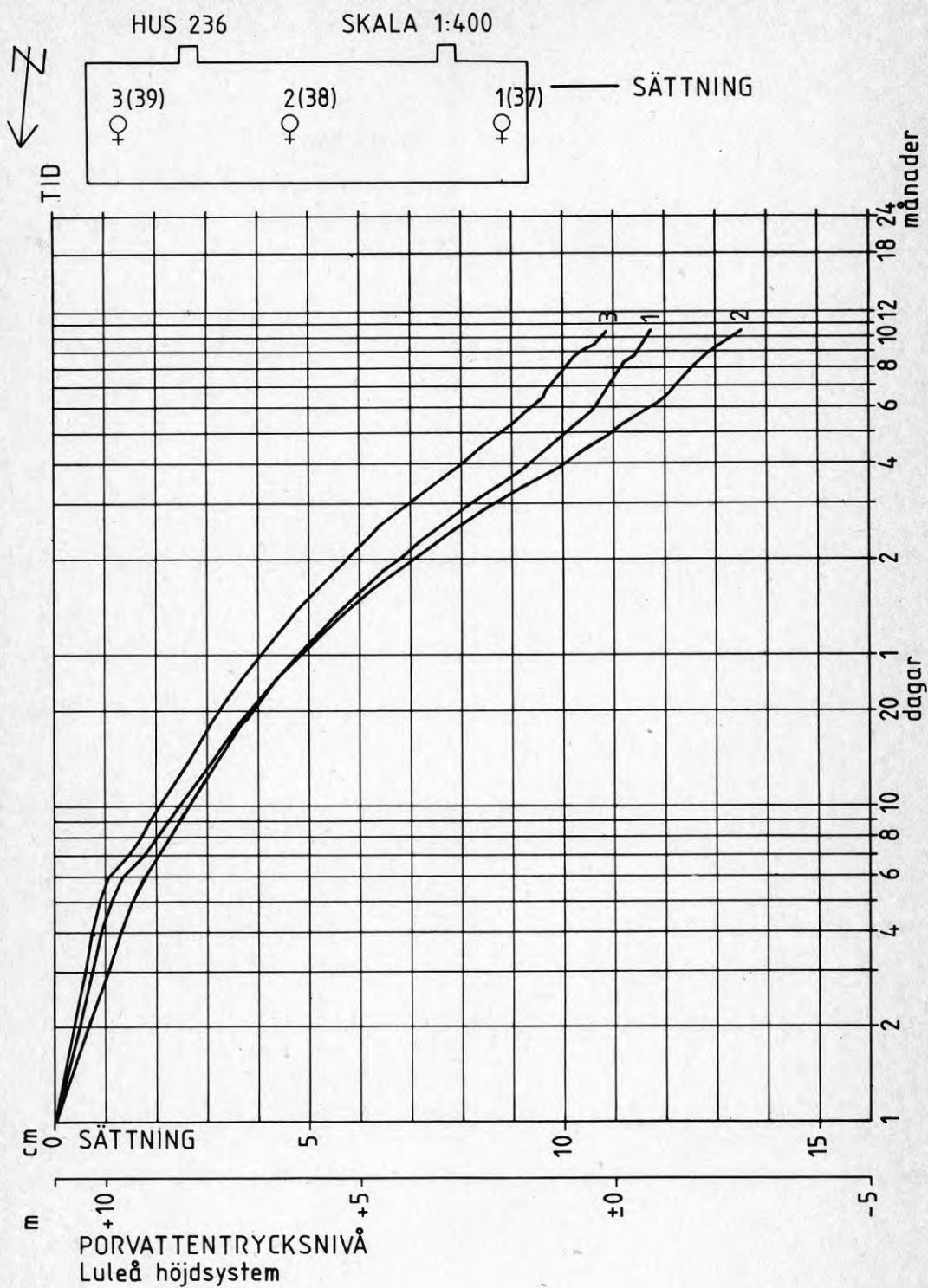


— SÄTTNING
 - - - PORVATTENTRYCKSNIVÅ



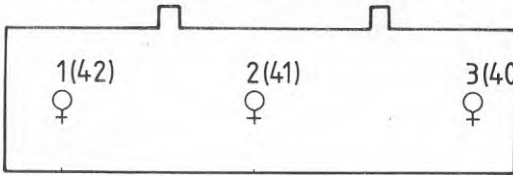
SKALA 1:100

- A Överlast
- B Sand
- C Betongplatta
- D Grus
- E Vegetationsavtagning

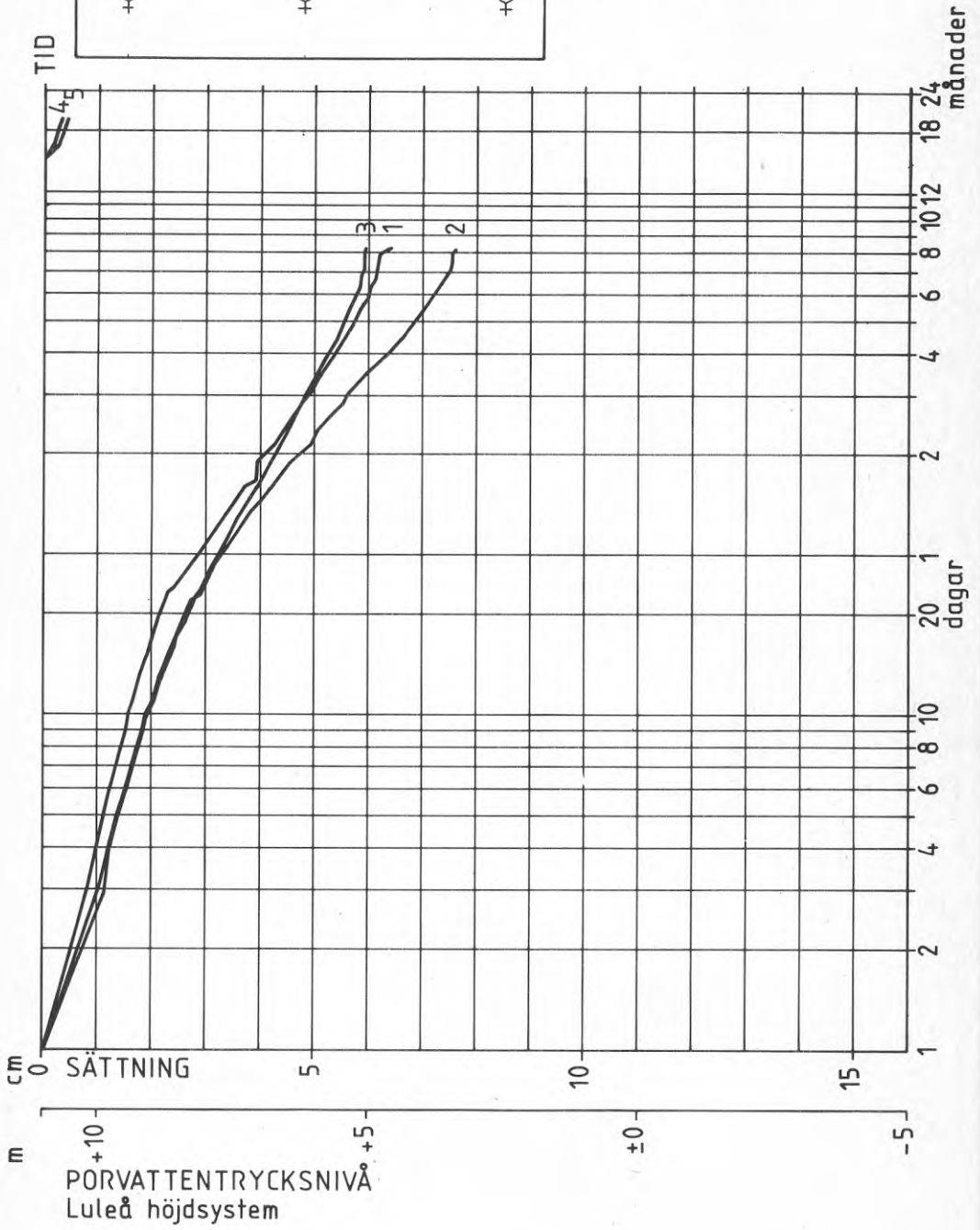


HUS 237

SKALA 1:400



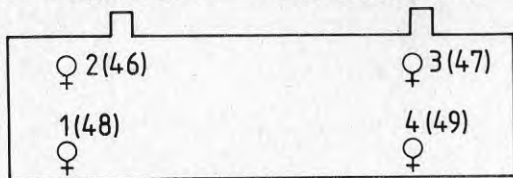
— SÄTTNING



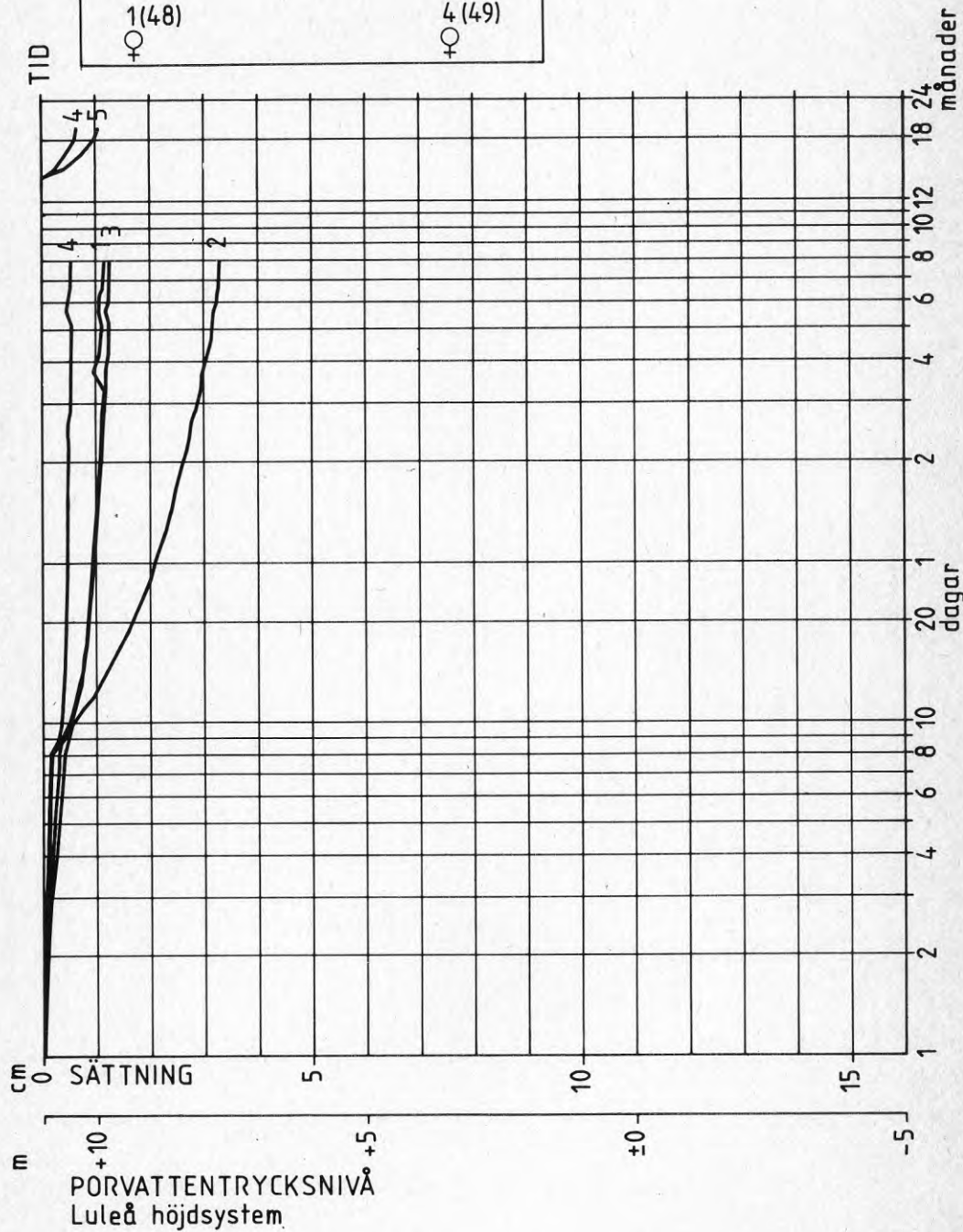


HUS 238

SKALA 1:400



— SÄTTNING



LITTERATUR

Broms, B, Boman, P, 1977, Stabilization of soil with lime columns. (Department of Soil and Rock Mechanics, KTH), Stockholm.

Hartlén, J, Sällfors, G, Törneback, G, 1975, Sättningar vid grundläggning på svagt överkonsoliderad lera. Orrje & Co Scandiaconsult (Statens råd för byggnadsforskning proj nr 740266-2). Malmö.

Ejerholm, K-G, Spångberg, B, Svensson, P L, 1977, Kontroll av grundvattennivån genom infiltration via tunnel - ett fullskaleförsök. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R58. Stockholm.

Halton, G R, Loughney, R W, Winter, E, 1965, Vacuum stabilization of Subsoil beneath Runway Extension at Philadelphia International Airport. (6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.) Proceedings, vol II, p. 61-65. Montreal.

Holtz, R D, Wager, O, 1975, Preloading by vacuum: Current prospects. (Transportation Research Board) Transportation Research Record 548, Soil and Rock Mechanics Culverts, and Compaction, p. 26-29. Washington, DC.

Johnsson, S J, 1970, Foundation precompression with vertical sand drains. (ASCE, Soil mechanics and foundations division) Vol 96, SMI, New York.

Kjellman, W, 1952, Consolidation of clay soil by means of atmospheric pressure. (Conference on soil stabilization, MIT.) Proceedings, p. 258-263. Massachusetts.

Knutsson, S, Opublicerat material från Luleå tekniska högskola, Luleå.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770640-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till HSBs Riksförbund samt
Statens geotekniska institut.**

R127: 1979

ISBN 91-540-3126-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700027

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms