



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.



## Grundläggning av bostadshus på lera

**Ulf Eriksson**  
**Nils Lilja**  
**Per-Olof Nordin**  
**Per L Svensson**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-1361
Plac	<i>Ser</i>

*R*  
*AM*

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation  
Hälsingegatan 49  
113 31 Stockholm, Sweden  
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggeforskningsrådet

*Ser*

R96:1981

GRUNDLÄGGNING AV BOSTADSHUS PÅ LERA

En uppföljning av bostadsområden  
grundlagda på måttligt överkonsoliderad  
lera i västra Sverige

Ulf Eriksson  
Nils Lilja  
Per-Olof Nordin  
Per L Svensson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791936-7 från Statens råd för byggnadsforskning  
till HSBs Riksförbund, Geotekniska avdelningen  
och AB Jacobson & Widmark.

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

R96:1981

ISBN 91-540-3537-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 154427

## INNEHÅLL

0	SAMMANFATTNING . . . . .	5
1	BAKGRUND . . . . .	7
2	MÅL . . . . .	8
3	FORSKNINGSOMRADEN . . . . .	8
3.1	Lilla Torpa . . . . .	9
3.2	Margretelund . . . . .	11
3.3	Steglitzan . . . . .	12
3.4	Masurbjörken . . . . .	13
4	GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR . . . . .	14
4.1	Kvartärgeologi . . . . .	15
4.11	Vänersborg (Lilla Torpa) . . . . .	15
4.12	Lidköping (Margretelund, Steglitzan) . . . . .	15
4.13	Trollhättan (Masurbjörken) . . . . .	15
4.2	Geotekniska förhållanden . . . . .	16
4.21	Lilla Torpa . . . . .	16
4.22	Margretelund . . . . .	18
4.23	Steglitzan . . . . .	22
4.24	Masurbjörken . . . . .	23
5	MÄTRESULTAT . . . . .	25
5.1	Lilla Torpa . . . . .	27
5.2	Margretelund . . . . .	29
5.3	Steglitzan . . . . .	31
5.4	Masurbjörken . . . . .	33
6	SÄTTNINGSBERÄKNING . . . . .	34
6.1	Beräknade sättningar . . . . .	34
6.2	Deformationsmoduler . . . . .	37
6.3	Konsolideringsspänning . . . . .	38
7	KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR . . . . .	40
8	SLUTSATSER . . . . .	41
9	RESULTAT AV SÄTTNINGSMÄTNINGAR (Ritningar 1-12)	45



## 0. SAMMANFATTNING

I rapporten, som är slutredovisning av ett BFR-projekt som inleddes 1972 vid HSB:s Riksförbund, redovisas sättningar i byggnader och omgivande mark vid fyra bostadsområden i västsverige. Bostadshusen är i tre områden grundlagda ytligt på svagt till måttligt överkonsoliderad lera.

I tre områden har mätningar av byggnadssättningar gjorts och i det fjärde, där huset är pålgrundlagt, mätning av marksättning. I två områden, bebyggda med hus utan källare, har belastningen från husen kunnat hållas under lerans förkonsolideringstryck och uppkommande sättningar blivit små, ca 10-20 mm. I det tredje området som bebyggs med hus försedda med källare har belastningen överskridit lerans förkonsolideringstryck och stora, i några fall mer än 0,5 m, byggnadssättningar har uppstått. Det fjärde områdets marksättning blev måttlig varför erfarenheterna från detta område är tämligen ointressanta.

Sättningsberäkningar med olika metoder ger resultat som markant avviker från uppmätta värden, tabell 2. Det är främst laboratoriebestämningen av den överkonsoliderade lerans deformationsegenskaper som misstämmer. En bakkalkyl utgående från uppmätta sättningar visar att överkonsoliderad leras deformationsmodul,  $E$ , överslagsmässigt kan beräknas som  $E = 500$  till  $900 \times \tau_{fu}$  där  $\tau_{fu}$  är lerans skjuvhållfasthet. Bestämning av förkonsolideringstrycket görs bäst med en sködometer i laboratoriet. På så sätt bestämda konsolideringsspanningar varierade i här redovisade fall med en variationskoefficient på 13-23%.

Rapporten visar hur leras överkonsolidering kan utnyttjas i grundläggningssammanhang för att förbilliga grundläggning av byggnader.

Det gamla betraktelsesättet att generellt säga att hus över ett visst antal våningar måste pålas medan lägre hus kan plattgrundläggas saknar i stort sett stöd både i teori och praktik. Ett trevånings bostads- hus kan t ex förses med källare varvid belastningen på jorden inte blir större än för ett envåningshus utan källare (kompensationsgrundläggning). Det viktiga är inte byggnadens höjd utan dess konstruktionssätt och jordens egenskaper under grundläggningsnivån.



## 1. BAKGRUND

Under 1970-1973 projekterades vid HSB:s Riksförbund två bostadsområden i västsverige med, som man ansåg, relativt besvärliga grundläggningsförhållanden. I bägge områdena, Margretelund i Lidköping och Lilla Torpa i Vänersborg, skulle trevånings flerfamiljshus uppföras, de flesta källarlösa.

Såsom den tidens sed bjöd, och måhända även dagens, formulerades grundläggningsrekommendationer i geotekniska utlåtanden i allmänhet som: "...hus lägre än x våningar kan plattgrundläggas och högre hus pålas." Rekommendationer som till största delen grundades (och grundas) på gamla erfarenheter och/eller viktsonderingsresultat och som, om förhållandena var bättre än väntat, ledde till oekonomiska grundläggningar eller, om förhållandena var sämre än väntat, till skador på den lägre bebyggelsen.

Vid de två aktuella projekten utfördes emellertid ingående undersökningar av jordens sättningsegenskaper innan beslut fattades om att utnyttja jordens överkonsolidering och grundlägga husen ytligt i stället för att välja en betydligt dyrare pålgrundläggning.

Statens råd för byggnadsforskning beviljade hösten 1971 ett anslag för uppföljning av sättningarna inom de två områdena. Sedan intresse visats för projektet genom att en delredovisning antagits för publicering vid konferensen "Settlement of Structures" i Cambridge, England 1974 föreslogs en utökning av projektet. Denna utökning avsåg dels en förlängning av observationsperioden för de bägge områdena och dels komplettering med sättningsuppföljningar gjorda vid två andra objekt, Steglitzan i Lidköping och Masurbjörken i Trollhättan. Vid kv Steglitzan hade sättningarna följts sedan husen byggdes i slutet av 1950-talet.

Den slutliga utvärderingen och redovisningen gjordes med medel från Statens geotekniska institut.

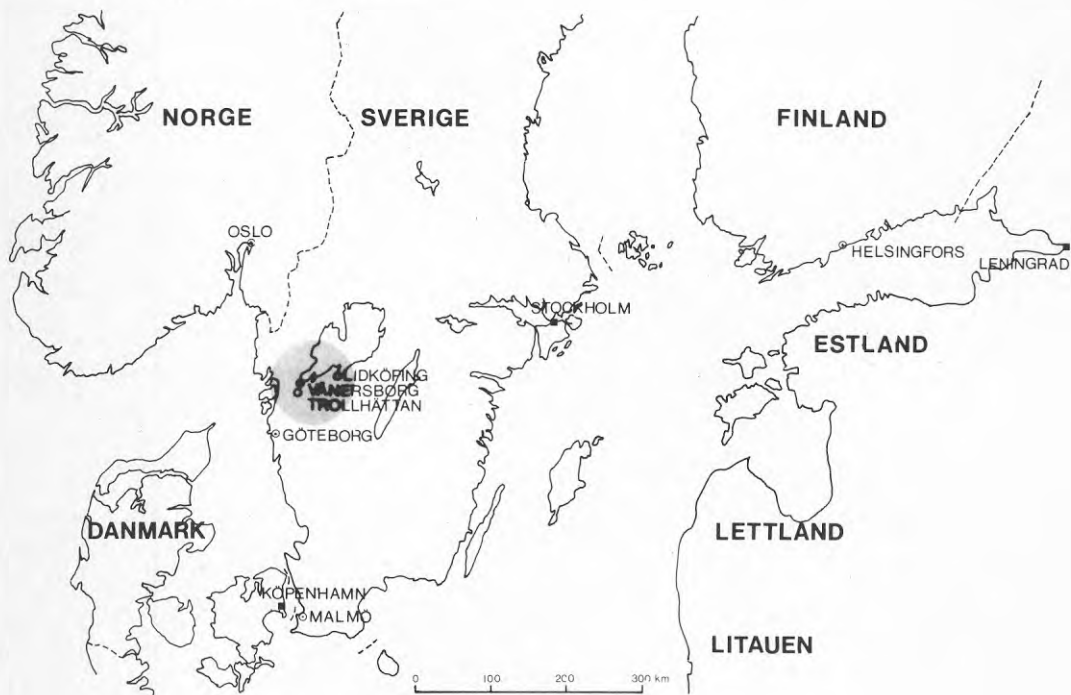
## 2. MÅL

Projektets mål är att:

- Redovisa sättningmätningar och sättningars effekt på byggnader.
- Jämföra verkliga och beräknade sättningar samt utvärdera spridningen i använda beräkningsparametrar och dess effekt på resultatet.
- Utvärdera eventuella grundvattensänkningar och deras effekt på sättningsförloppet.
- Ge praktiska anvisningar för yttlig grundläggning av hus på lera.

## 3. FORSKNINGSSOMRÅDEN

De fyra forskningsområdena är belägna i Lidköping, Vänersborg och Trollhättan på Västergötlands sediment-slätt nära Vänern.



Figur 1. Forskningsområdets läge.

### 3.1 Lilla Torpa

Området är beläget i södra delarna av tätorten Vänersborg, ungefär mitt emellan Göta älv och kanalen Karls grav.



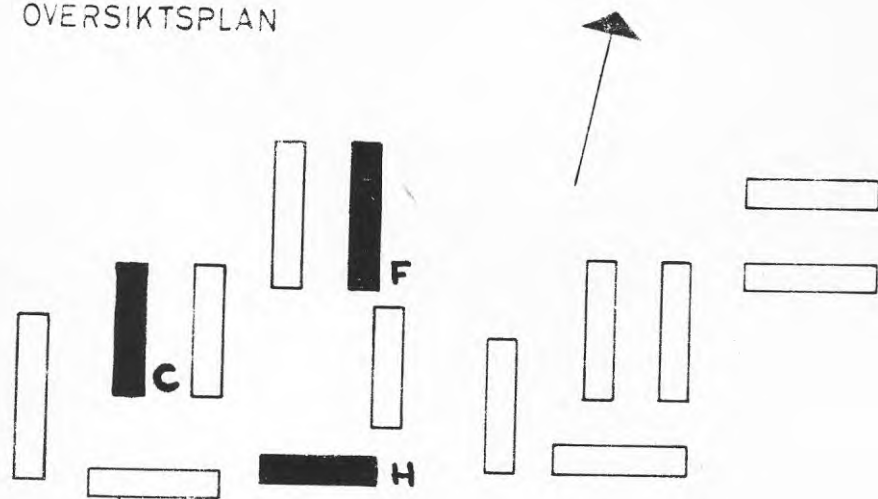
Figur 2. Karta över Vänersborg med Lilla Torpa markerat.

I området skedde utbyggnad under några år i början på sjuttioalet. I de studerade kvarteren ingick ett tjugotal trevånings flerfamiljshus varav 8, benämnda A-H i kv Vipan, uppfördes med början 1972. Mätningar har utförts i tre hus: C, F och H. Dessa hus är grundlagda på hel styv bottenplatta där endast tvärgående väggar är bärande. Belastningen från husen är i medeltal 42 kPa.



Figur 3. Bild av bebyggelsen i kvarteret Vippan, Lilla Torpa.

ÖVERSIKTSPLAN



Figur 4. Situationsplan över bebyggelsen. Mätningar utfördes i hus C, F och H.

### 3.2 Margretelund

Margretelundsområdet är beläget i Lidköpings tätorts östra del och begränsas i öster av Svartebäcken, som mynnar i Vänern.



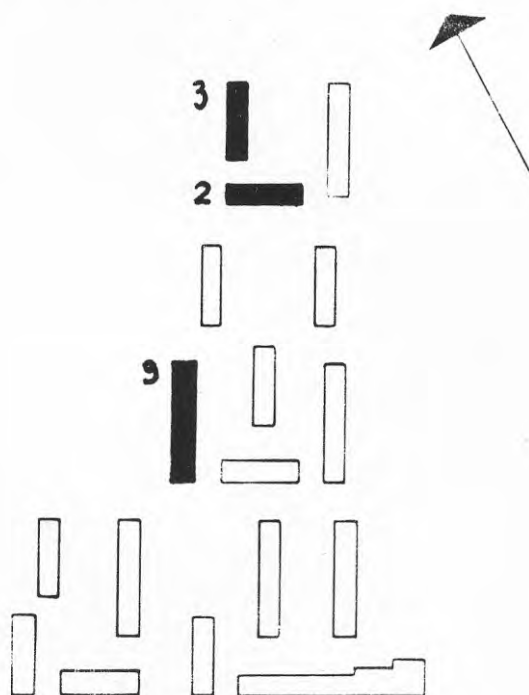
Figur 5. Karta över Lidköping och Margretelund markerat till höger och Steglitzan till vänster.



Figur 6. Bild av bebyggelsen i Margretelund.

Inom den norra delen av detta område har 17 bostads-  
hus i tre våningar byggts, varav alla utom tre är  
källarlösa. Områdets utbyggnad startade i januari  
1972 och pågick till 1974. Även dessa hus är grund-  
lagda på hel styv bottenplatta med bärande tvärgående  
väggar. Belastningen från husen uppgår i medeltal till  
32,5 kPa.

#### ÖVERSIKTSPLAN



Figur 7. Situationsplan över bebyggelsen. Mätningar  
utfördes i hus 2, 3 och 9.

#### 3.3 Steglitzan

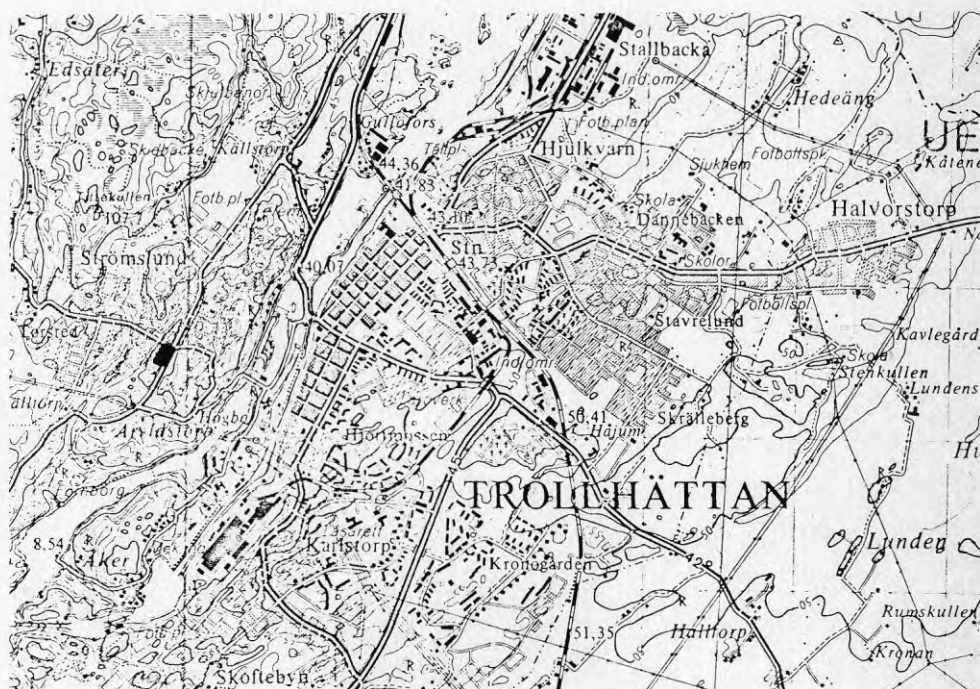
Kv Steglitzan ligger relativt centralt i tätorten  
Lidköping. Kvarteret ligger bara 500 m väster om Mar-  
gretelundsområdet, se figur 5. Byggnaderna utgörs av  
6 flerfamiljshus i 4 våningar med källare i platsgju-  
ten betong och på hel bottenplatta. Denna konstruktion  
är således mycket styv. Belastningen från husen upp-  
går till ca 65 kPa. Husen är byggda i slutet av 1950-  
talet.



Figur 8. Bild av bebyggelsen i kvarteret Steglitzan.

### 3.4 Masurbjörken

Kv Masurbjörken är beläget i Trollhättans västra delar, ca 500 m väster om Göta älv och Trollhättefallen.



Figur 9. Karta över Trollhättan med Masurbjörken markerad.

1973-74 uppfördes en enplans butiksbyggnad på tomten. Denna pålgrundlades med golvnivån ca 1,8 m över befintlig markyta. Uppfyllnader gjordes runt byggnaden. Den nedan redovisade sättningsmätningen visar markytans sättning vilken härrör från belastning av fyllningsjorden kring huset.



Figur 10. Bild över butiksbyggnaden i kv Masurbjörken.

#### 4. GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Alla undersökta objekt ligger i västra Sverige nära Väneren. Leror i denna region är avsatta i saltvatten utanför den avsmältande inlandsisen. Inlandsisens kant passerade området omkring år 9000 f K. Inom regionen är lerorna ofta överkonsoliderade men överkonsolideringen kan lokalt variera kraftigt.



#### 4.1 Kwartärgeologi

##### 4.11 Vänersborg (Lilla Torpa)

Områdets kvartärgeologi karaktäriseras av förekomst av glacial lera och kalt berg. Morän i markytan saknas nästan helt. Mellan leran och berget kan dock ibland finnas ett tunt moränlager. Högsta kustlinjen kan antagas ligga på nivån +145 m. Ca 8000 år fk hade Vänern tre förbindelser med Västerhavet, varav en var Göta älvdalen. Mesta vattenutbytet skedde genom dalgången mellan Uddevalla och Vänersborg. Vänern avsnördes från Västerhavet ca 7000 år fk och vid denna tid kan strömerosion ha förekommit vid Lilla Torpa. Den nuvarande landhöjningen är 25-30 cm/100 år. (Curt Fredén 1974).

##### 4.12 Lidköping (Margretelund, Steglitzan)

Lidköping ligger på en sedimentslätt intill Kinnevikens södra strand. Sedimenten består av mäktiga, ofta mer än 20 m tjocka, glacialleravlagringar täckta av några m tjocka mo- och sandlager. Till skillnad från normal glaciallera varierar här lerhalten regellöst i profilen och inslag av mo- och sandlager finns. Detta tyder på att leran avsatts i strömmande vatten. De mo- och sandlager som täcker leran torde huvudsakligen utgöras av distala tappningssediment från tappningen av Baltiska issjön. Högsta kustlinjen i området är belägen på ca +130 m. Vänergränsen låg på ca +56. Kring åarna kan deltan ha uppbyggts till Vänergränsens nivå. Stränderosionen kan sedan ha eroderat bort en 6-7 m av mon och sanden. Intill stranden finns flygsanddyner. (S Johansson 1943).

##### 4.13 Trollhättan (Masurbjörken)

Trollhättan ligger i Göta älvs dalgång drygt 1 mil söder om Vänern. Älven ändrar nivå vid Trollhättefallen. Leror kring Trollhättan är i ytan postglaciala men övergår mot djupet i varviga glaciala leror

vilande direkt på berg eller på ett tunt moräntäcke på berg. Lerorna i Göta älvdalen är ofta kalkhaltiga. Detta kan ha en viss betydelse för konsolideringsgraden. Lerlagren är ofta mäktiga ställvis mer än 20 m tjocka.

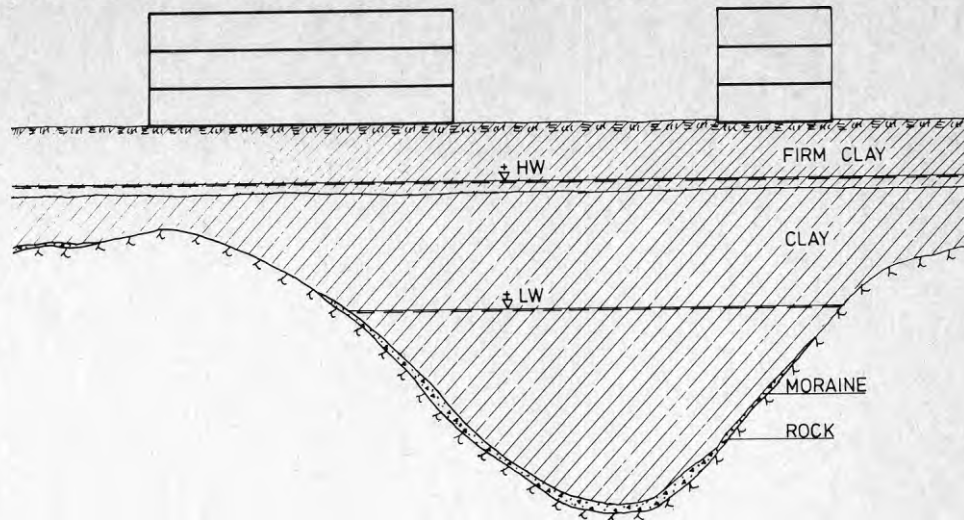
#### 4.2 Geotekniska förhållanden

För samtliga områden gäller att ett stort arbete lagts ned på att bestämma jordens egenskaper och på att följa grundvattenytans nivåändringar. I Margretelund, Lidköping har omkring 400 prover tagits med standardkolvborr. I Lilla Torpa, Vänersborg har ca 200 prover tagits. Samliga prover har rutinanalyserats. Vidare har stor vikt lagts vid bestämning av konsolideringsgraden.

##### 4.21 Lilla Torpa

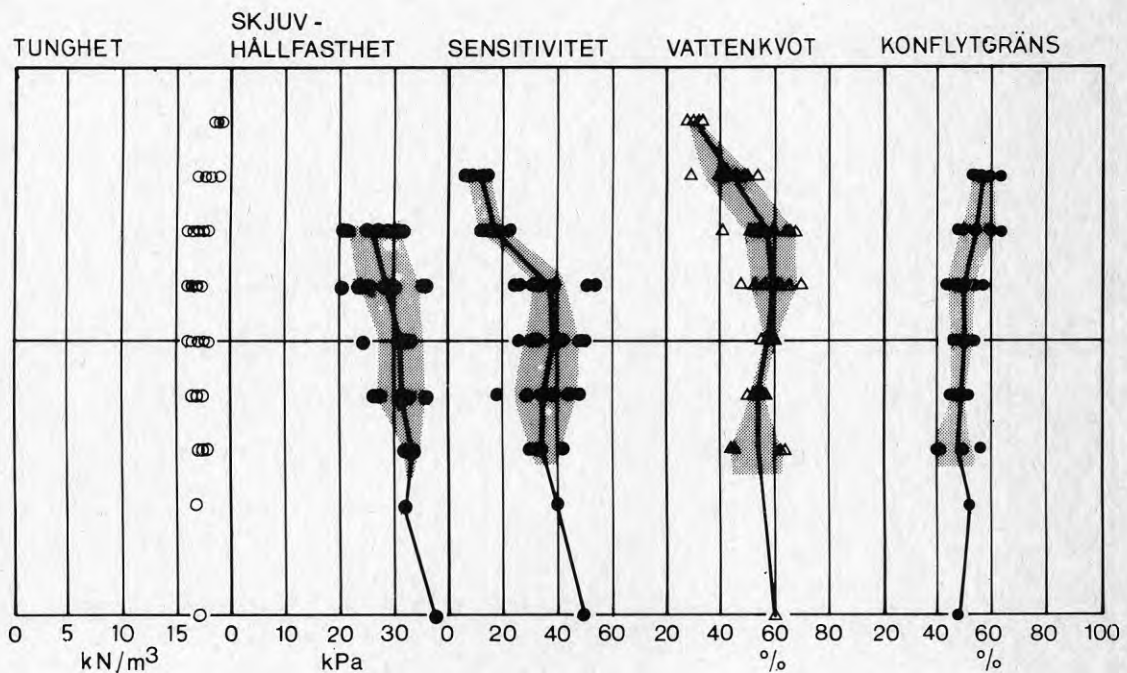
Vid Lilla Torpa består den lösa jorden av lera vilande på morän eller berg. Moränlagret är tunt där det finns. Lerans lagertjocklek är 0-12 m och de översta 2 m är av torrskorpetyp. Under 2 m djup erhöles vanligen fri sjunkning för en viktsond vid 50-100 kg belastning. Grundvattenytan inom området varierade under perioden mellan nivåerna +46,1 och +48,6. Portrycket i lera följer väl en hydrostatisk trycknivå. Markytan är plan och ligger på nivån ca +48,9 m. En typisk sektion genom området visas i figur 11.

## Vänersborg

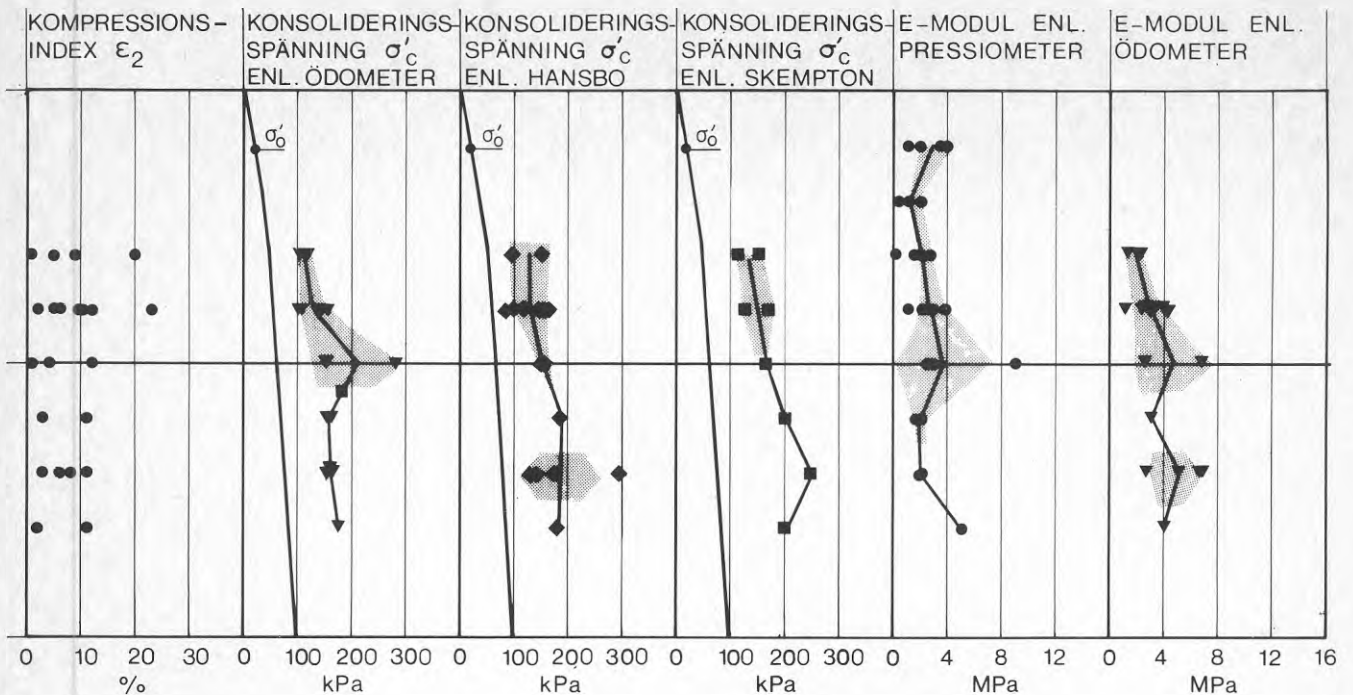


Figur 11. Typsektion genom Lilla Torpa. Byggnaderna är grundlagda ytligt i torrskorpeleran.

Lerans geotekniska egenskaper redovisas sammanställda i figur 12 och 13.



Figur 12. Sammanställning av lerans egenskaper vid Lilla Torpa. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum. I figuren redovisas medelvärden som heldragen linje och standardavvikelse som skrafferad yta.



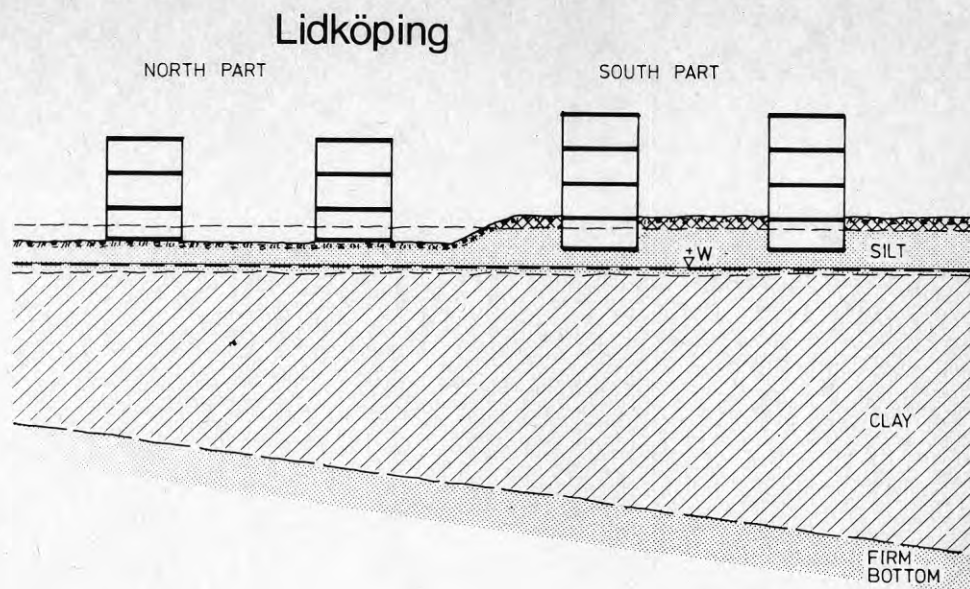
Figur 13. Sammanställning av lerans deformationsegenskaper vid Lilla Torpa. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum. I figuren redovisas medelvärden som heldragen linje och standardavvikelse som skrafferad yta.

#### 4.22 Margretelund

Vid Margretelund består den lösa jorden överst av ca 3 m finsand och grovsilt och därunder lera med 12-21 m mäktighet. Under sandlagret erhöles som regel fri sjunkning vid viktsondering med 50-100 kg belastning. Markytan inom området var ursprungligen plan. Största nivåskillnad inom området var ca 1,5 m. Grundvattennivån har under den undersökta 8-årsperioden varierat mellan ca +45,9 m och +46,7 m. Portrycksmätningar i leran visar att trycket är hydrostatiskt och väl följer grundvattennivån.

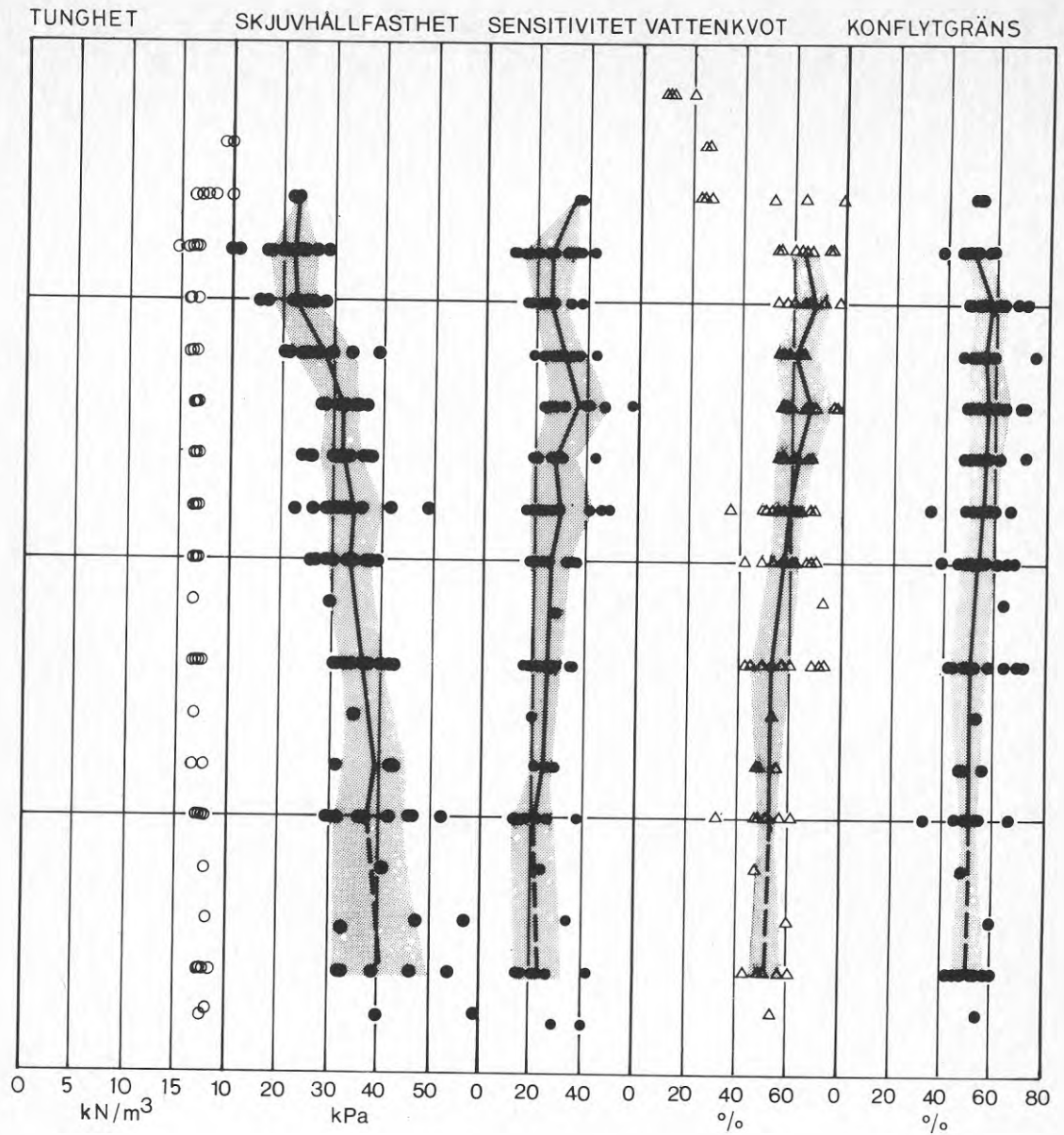
I samband med utbyggnaden av området utfördes en viss lastkompensering genom att marknivån sänktes ca 0,7 m

inom den del (norra delen) där källarlösa hus skulle uppföras. En typisk sektion genom området visas i figur 14.

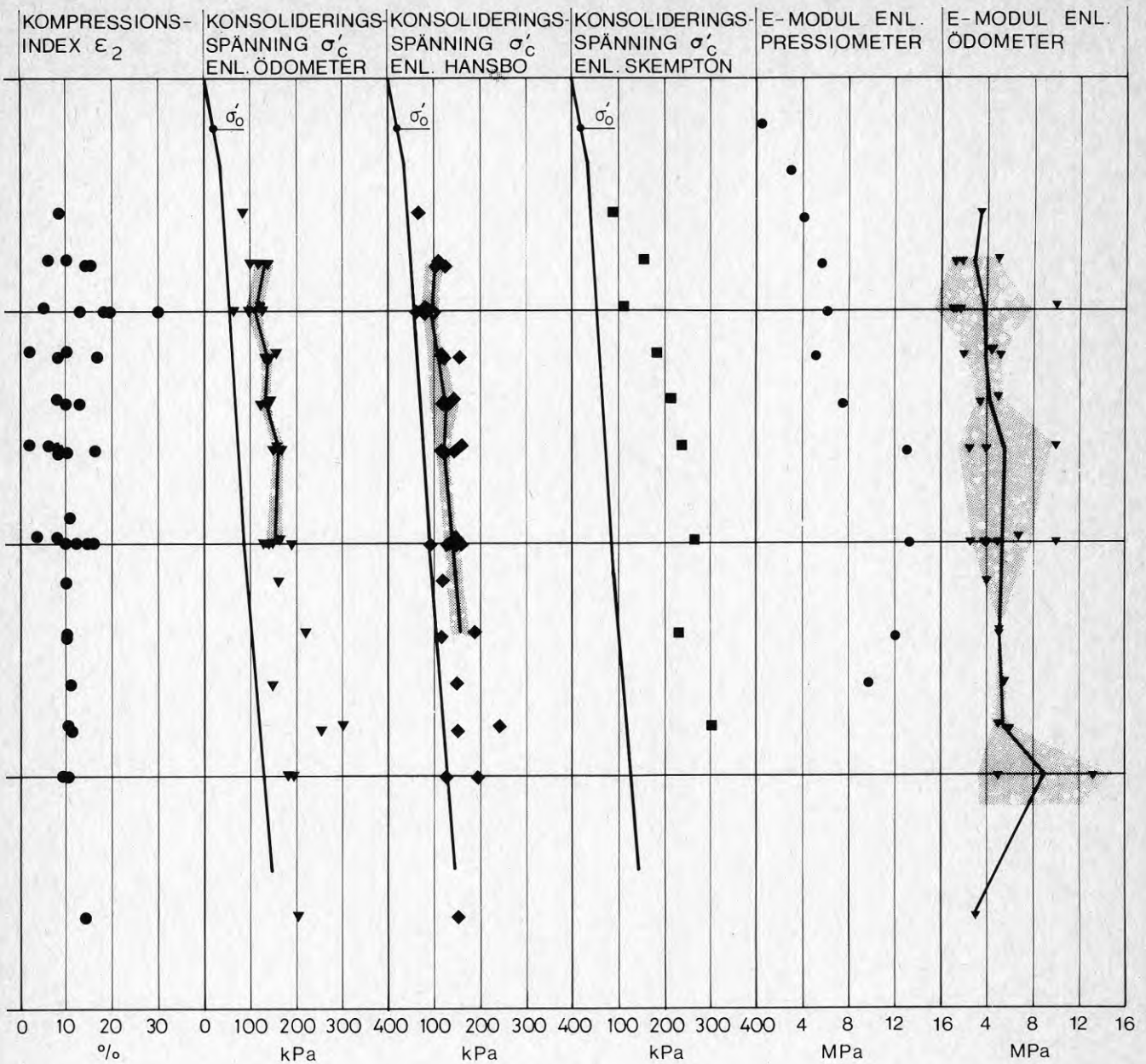


Figur 14. Typsektion genom Margretelundsområdet. För ytligt grundlagda byggnader har en lastreducering gjorts genom ca 0,7 m avschaktning av ursprunglig markyta.

Lerans geotekniska egenskaper redovisas i figur 15 och 16.



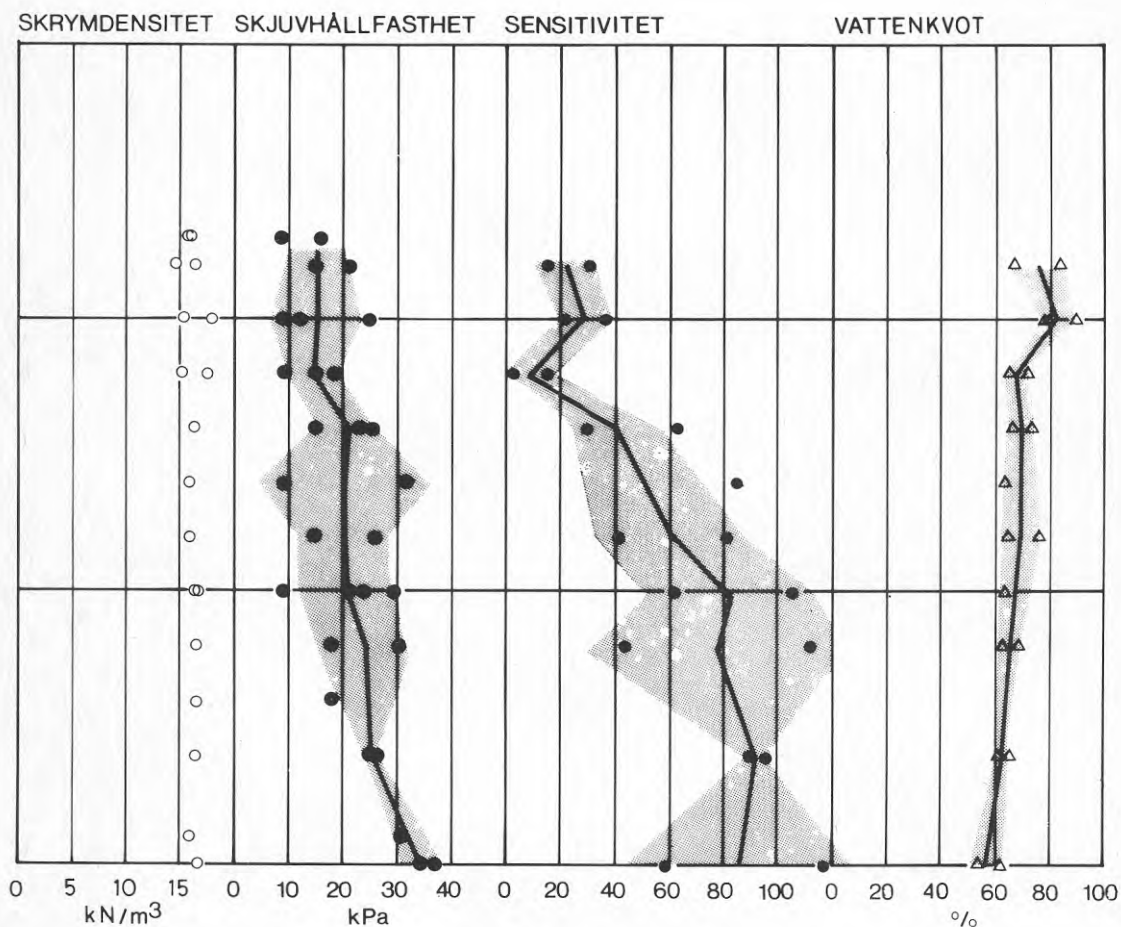
Figur 15. Sammanställning av lerans egenskaper vid Margretelund. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum. I figuren redovisas medelvärden som heldragen linje och standardavvikelse som skrafferad yta.



Figur 16. Sammanställning av lerans deformations-egenskaper vid Margretelund. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum. I figuren redovisas medelvärden som heldragen linje och standardavvikelse som skrafferad yta.

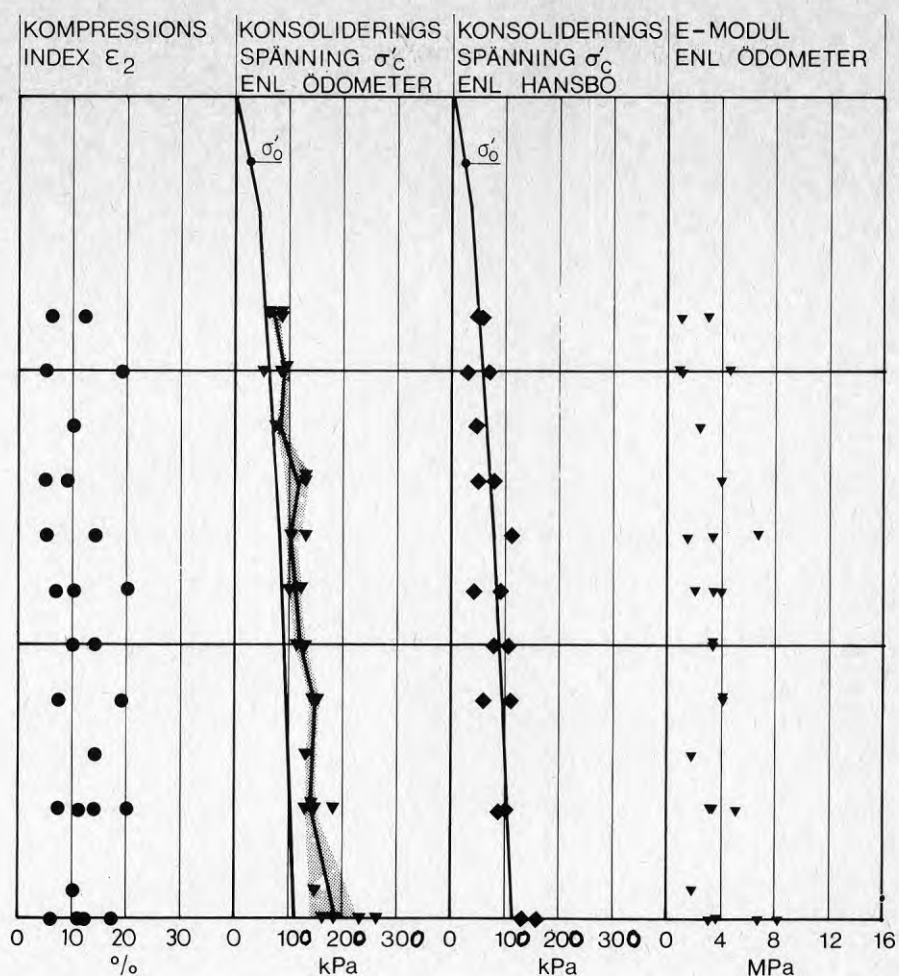
## 4.23 Steglitzan

Vid Steglitzan, som endast ligger ca 500 m från Margretelund, består jorden överst av ett 2,5 m tjockt lager finsand och grovsilt. Därunder finns 19–32 m lera som vilar på morän. Leran innehåller finsand- och siltskikt. Viktsonderingar visade på fri sjunkning för 50–100 kg belastning. Grundvattenytan, uppmätt i spadborrhål vid områdets projektering 1956, låg på ca +46,5 till 47,2 m och markytan på +48,5 till +48,8 m. Vid portrycksmätningar utförda 1980 låg portrycksnivån på ca +47,2 utom i den understa delen av lerlagret. Lerans geotekniska egenskaper redovisas i figur 17 och 18.



Figur 17. Sammanställning av lerans egenskaper vid Steglitzan. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum. I figuren redovisas medelvärden som heldragen linje och standardavvikelse som skrafferad yta.



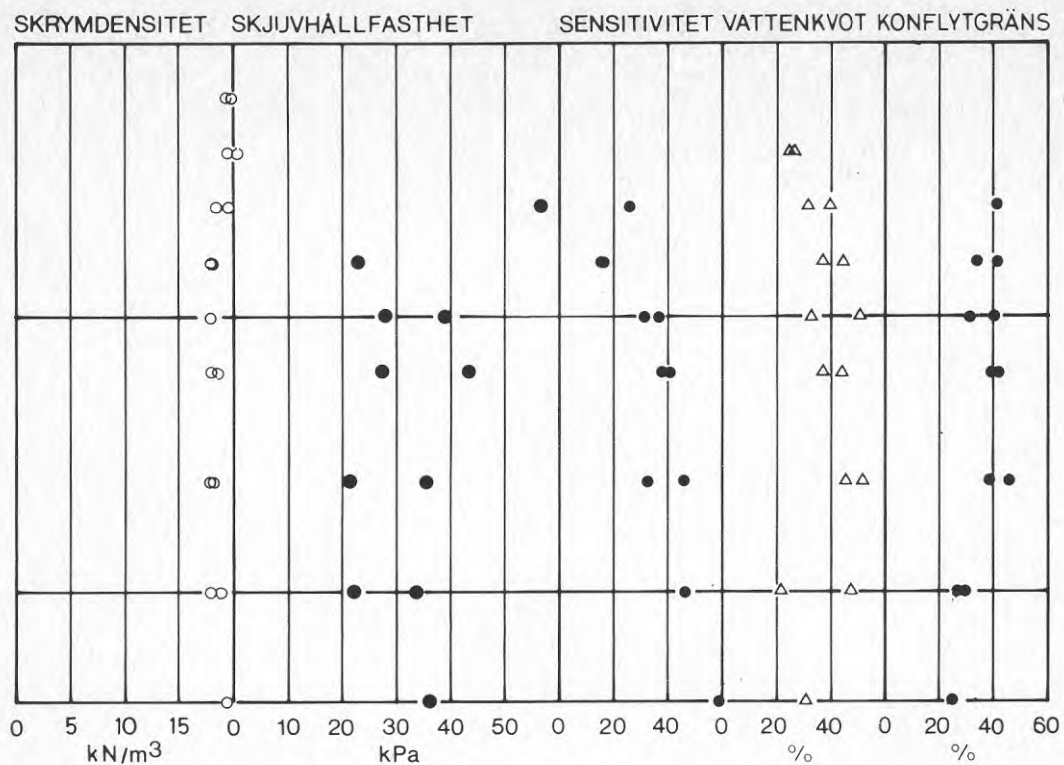


Figur 18. Sammanställning av lerans deformationsegenskaper vid Steglitzan. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum. I figuren redovisas medelvärden som heldragen linje och standardavvikelse som skrafferad yta.

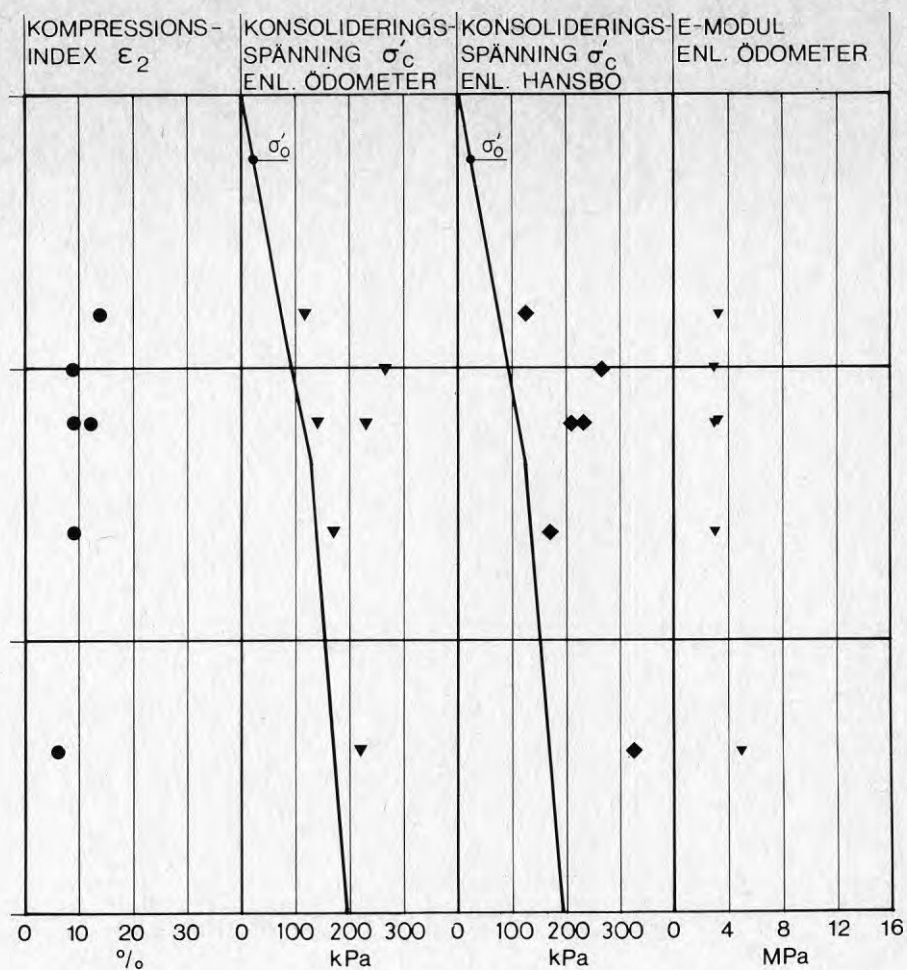
#### 4.24 Masurbjörken

I Masurbjörken består jordgrunden i den undersökta punkten av 17 m lera vilande på morän och berg. Grundvattenytan i området var kraftigt avsänkt sannolikt till följd av tunnelarbeten i slutet på 60-talet, så att den tidigare kraftigt överkonsoliderade leran endast blev svagt (ca 40 kPa) överkonsoliderad för den nya grundvattennivån på ca +66,0 m. Markytan låg ursprungligen på ca +73,3 m.

Lerans geotekniska egenskaper redovisas i figur 19 och 20.



Figur 19. Sammanställning av lerans egenskaper vid Masurbjörken. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum.

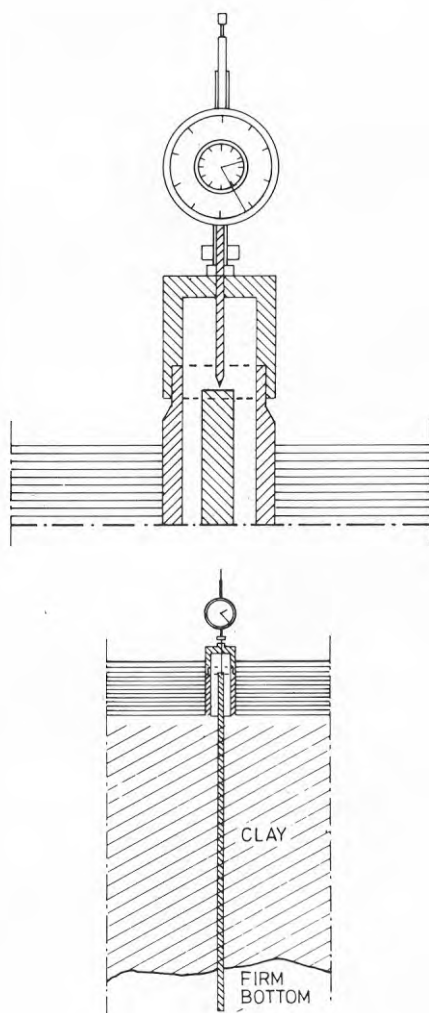


Figur 20. Sammanställning av lerans deformations-egenskaper vid Masurbjörken. Undersökningar är gjorda i djupled med en meters mellanrum.

## 5. MÄTRESULTAT

I detta kapitel redovisas mätningar av byggnadssättningar och portrycksvariationer vid Lilla Torpa och Margretelund samt byggnadssättningar och marksättningar vid Steglitzan respektive Masurbjörken. Mätvärden från Lilla Torpa och Margretelund redovisas i detalj på bilagor 1-12.

Sättningsmätningar har i Lilla Torpa och Margretelund utförts i princip enligt fig 21 med en transportabel mätklocka med mätnoggrannhet  $10^{-5}$  m. Mätssystemet var installerat i husens kulvertbrunnar och således väl skyddade mot skadegörelse. Portryck mättes med öppna system (filterspets förbunden med plastslang) ett system som visade sig snabbt och pålitligt.



Figur 21. Princip för mätning av byggnadssättningar. Husets rörelse mäts mot en sondstång som nedförts till fast botten.

I Steglitzan har sättningarna sedan husen byggdes mätts genom precisionsavvägning av ett antal dubbar placerade på husens socklar. Någon felanalys har ej utförts men mätresultaten uppskattas ha en noggrannhet bättre än  $\pm 5$  mm. Grundvattennivåer har registrerats dels som Vänerens vattenyta (vilken direkt påverkar grundvattennivån i kvarteret) och dels genom portrycksmätning med Geonormätare resp Geotechsystem (öppet) vid två skilda tillfällen.

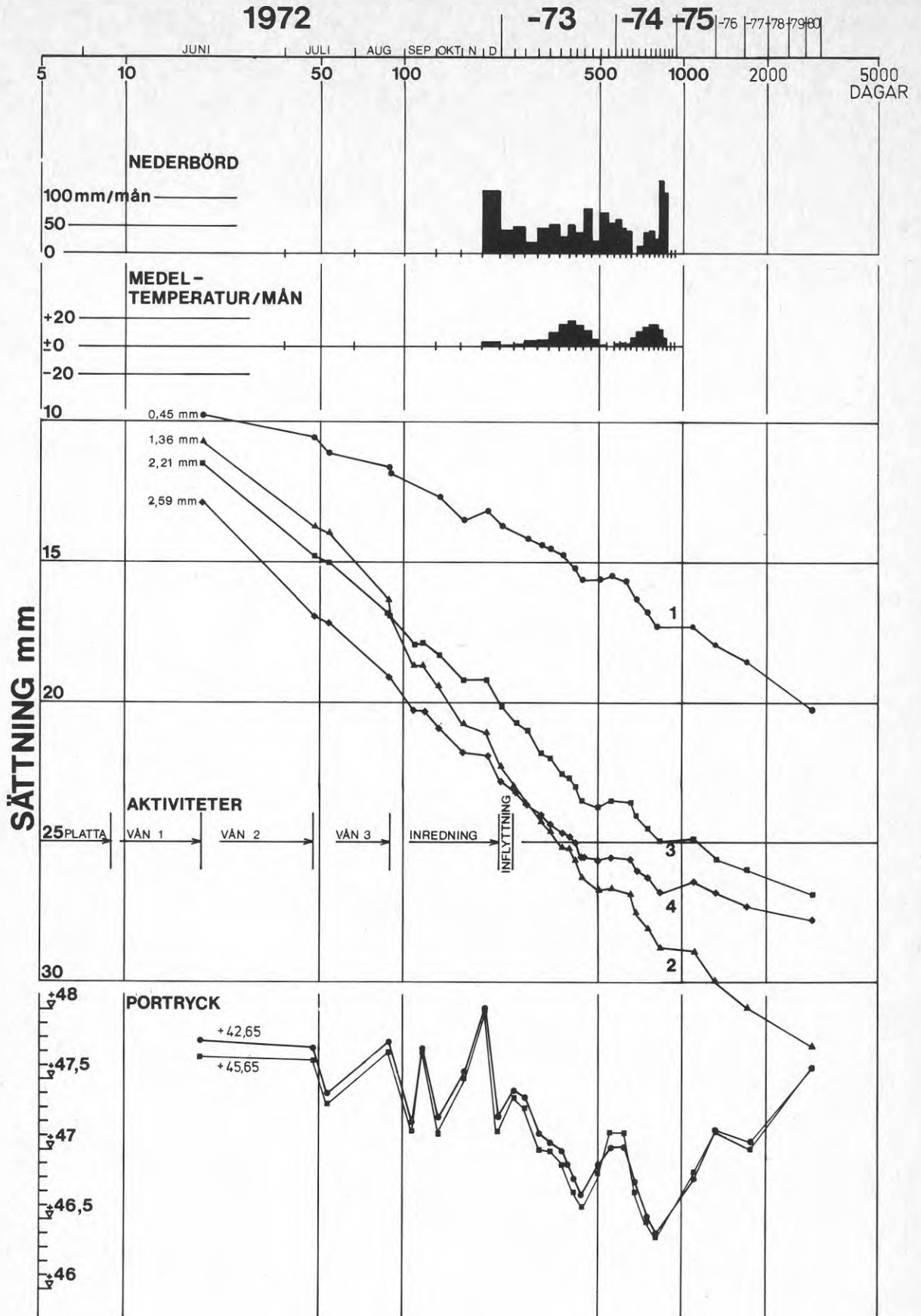
I Masurbjörken mättes en sättningspegel på ursprunglig markyta med mätklocka mot det pålgrundlagda huset. Fyllningens överyta avvägdes med avvägningsinstrument.

### 5.1 Lilla Torpa

Resultaten från mätningarna i Lilla Torpa redovisas i bilagor 1-6.

Sättningarna ca fem år efter byggstart var 17-21 mm i hus C, 17-19 mm i hus F och 12-17 mm i hus H. I stort är sättningsbeloppet direkt avhängigt av lermäktigheten men något entydigt samband föreligger ej mellan de olika byggnaderna. Sättningarnas tidsförlopp däremot uppvisar en mycket samstämmig bild. Vid tiden för inflyttning hade i medeltal 67% (60-72) av 5-års sättningarna utbildats. De små sättningarna har inte orsakat några olägenheter på förvaltningssidan.

En enkellogaritmisk redovisning av sättningarna för hus C, figur 22, visar ett i stort sett rätlinjigt samband mellan sättning och logaritmen för tiden. Sättningarna efter inflyttning, som till största delen är sekundärsättningar, varierar märkbart med de naturliga portrycksändringarna. Vid stigande portryck stagnerar sättningarna och kan t o m övergå i obetydlig hävning. När portrycken sedan sjunker accelererar åter sättningshastigheten.



Figur 22. Sättningen hos de fyra mätpunkterna i hus C som funktion av tiden. Vidare visas nederbörd och temperatur ca 2 år efter färdigställandet samt portrycket i leran på 3,4 resp 6,4 m djup under huset.

Portrycket i leran under byggnaden visar inga variationer som kan hänföras till belastningsökningen. Detta är naturligt när belastningen ej överstiger lerans förkonsolideringstryck. Variationerna i portryck följer helt mönstret för grundvattennivåns variationer.

Någon permanent avsänkning av grundvattennivån eller portrycket orsakad av minskad infiltration efter bebyggelsen av området kan inte märkas. Byggnaderna står dock relativt glest och lämnar stora infiltrationsytor för regnvatten. De torra somrarna 1973-1977 gav måhända upphov till en något lägre (~0,5 m) grundvattennivå än normalt men 1980 tycks "naturliga" förhållanden vara återställda.

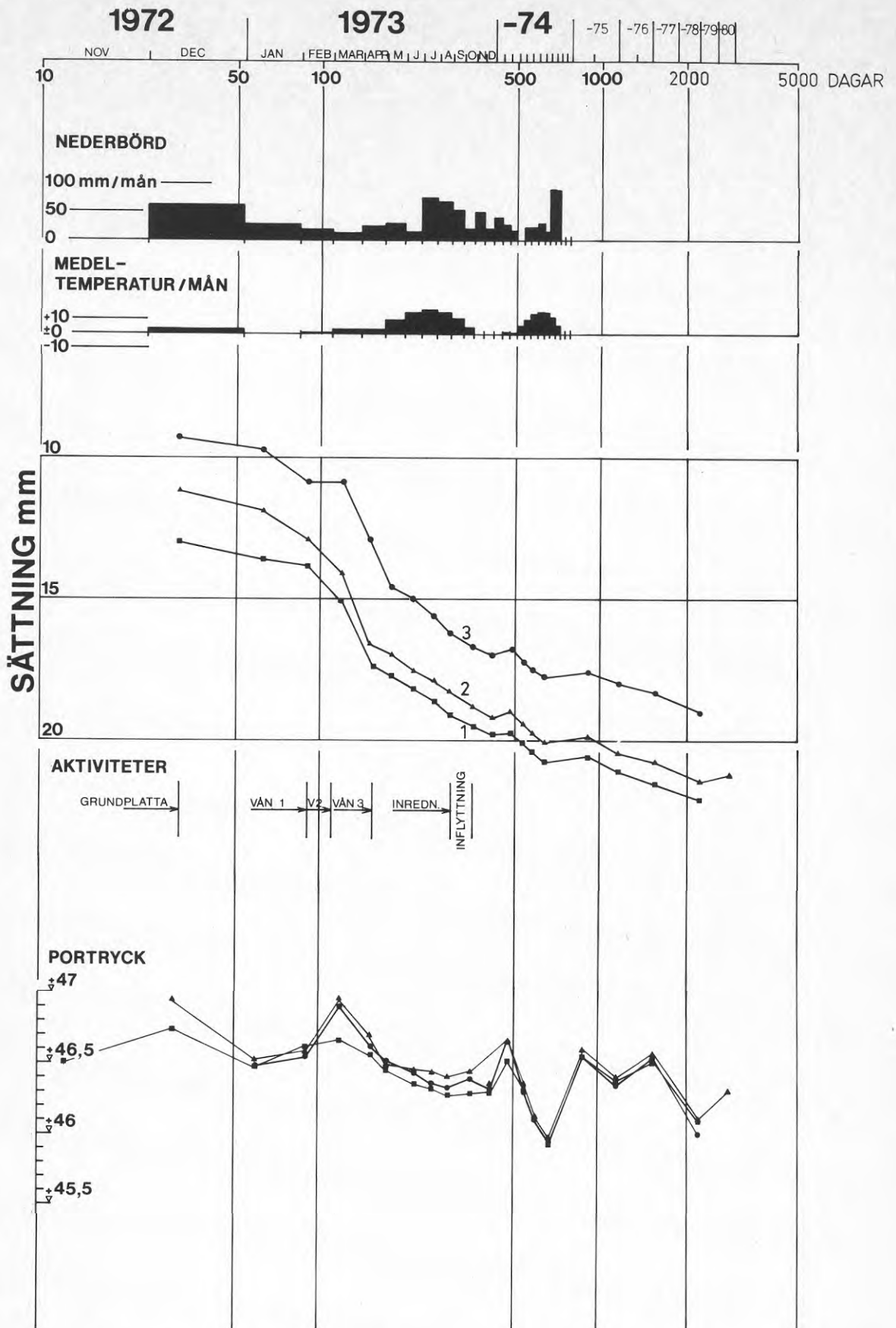
## 5.2 Margretelund

Resultaten från mätningarna i Margretelund redovisas i bilagor 7-12.

Sättningarna ca 7 år efter byggstart uppgick till 5-12 mm i hus 2, 10-12 mm i hus 3 och 9-10 mm i hus 9. Vid tidpunkten för inflyttning hade i medeltal 74% (63-100) av 7-årssättningarna utbildats. De små sättningarna har inte orsakat några uttalade olägenheter på förvaltningssidan.

En enkellogaritmisk redovisning av sättningarna för hus 9, figur 23, visar, för tiden efter inflyttning, ett i stort sett rätlinjigt samband mellan sättning och logaritmen för tiden. Även här är dock portryckets inverkan på sättningshastigheten märkbar. Vid höga portryck minskar sättningshastigheten och vice versa vid låga.

Man kan inte heller inom detta område spåra någon portrycksökning som följd av belastningen från husen. Inte heller kan exploateringen av området påvisas ha orsakat någon förändring av grundvattenbalansen.

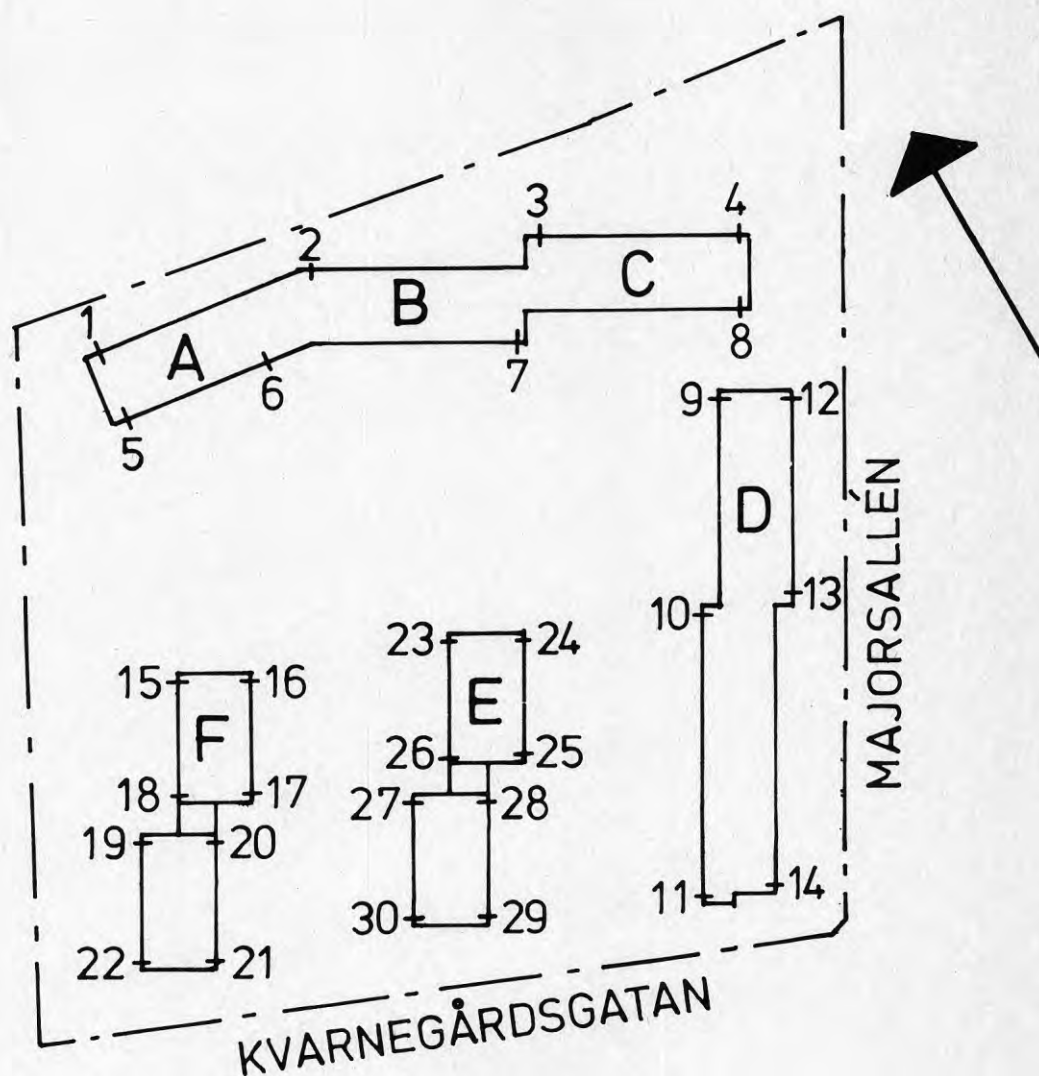


Figur 23. Sättningen hos de tre mätpunkterna i hus 9 som funktion av tiden. Vidare visas nederbörd och temperatur fram till ca ett år efter färdigställandet samt portrycket i leran på 10,4 m djup vid punkterna 1-3.

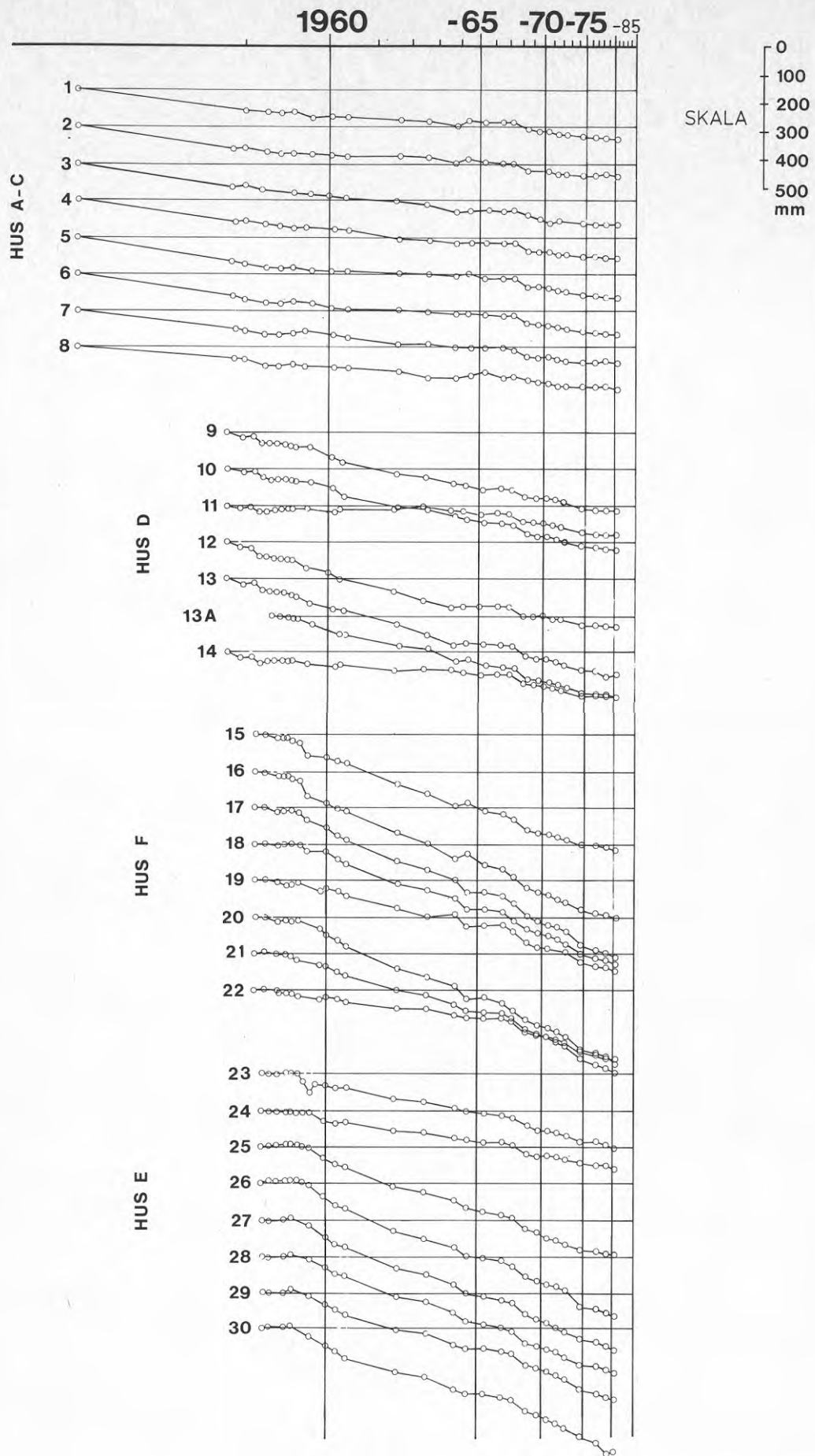


## 5.3 Steglitzan

Resultat från sättningsmätningarna redovisas i fig 24 och 25. Sättningarna är stora, från som minst drygt 0,1 m till över 0,5 m. Sättningarna har utbildats under mer än 20 år och pågår alltjämnt. Maximala sättningsdifferensen inom samma hus, hus F, är för närvarande 180 mm på en sträcka av 11 m vilket motsvarar en sned-sättning 1:61.



Figur 24. Plan över sättningsdubbarna i kv Steglitzan. Vid dubbarna finns den uppmätta sättningen 1980 redovisad.



Figur 25. Sättning hos mätdubbar i kv Steglitzan.  
Planläget redovisas i figur 24.

Sättningarna har genom åren följt en i logaritmisk skala rätlinjig utveckling. Denna trend visar för närvarande, mer än 20 år efter byggnadernas färdigställande, ingen avtagande tendens.

Inga större synliga skador har upptäckts i de enskilda huskropparna vilket beror på att husen, tack vare den styva källarkonstruktionen, rör sig monolitiskt. Frånsett att självstängande (eller öppnande) dörrar förekommer i några lägenheter förekommer inga allvarliga funktionsstörningar som stora sprickor eller trasiga avloppsledningar. Sättningarnas storlek styrs i hög grad av den varierande belastningen orsakad av schaktning för garageinfarter på en sida av husen och uppfyllnad på motstående. Relationen mellan belastning och sättningsförlopp är dock inte motsägelsefri vilket måste tolkas som att jordens egenskaper varierar markant inom kvarteret.

#### 5.4 Masurbjörken

Sättningsmätningarna avbröts relativt tidigt efter start. Totalt utfördes mätningar under ca 15 månaders tid. Under den tiden satte sig markytan under 1,5 m fyllning 27 mm. Sättningsförloppet framgår klarare av tabell 1.

DATUM	ÖK PEGEL	ÖK FYLLNING
730913	74.911	74.80
1029	.907	.75
1227	.903	.71
740304	.903	.70
0403	.901	.90
0701	.899	.89
0902	.887	.88
1104	.884	.86

Tabell 1. Sättning av befintlig markyta (+72,70 m) under ca 1,5 m fyllning vid kv Masurbjörken, Trollhättan.

Det tycks som om en första elastisk fas av sättningarna avslutats efter ca 6 månader vid 10 mm sättning och att den därpå följande tillskottsbelastningen, motsvarande 0,2 m fyllning, orsakat konsoliderings-sättningar vilka ännu pågår vid mätseriens slut. Denna tolkning är dock inte helt motsägelsefri varför en svag misstanke föreligger om att mätutrustningen rubbats ur sitt läge eller att mätfel uppstått. Mätresultaten är dels på grund av de små sättningarna och dels på grund av osäkerheten beträffande resultaten tämligen ointressanta.

## 6. SÄTTNINGSBERÄKNING

I detta kapitel jämförs de uppmätta sättningarna med de som beräknats med hjälp av laboratorie- och fältbestämda jordparametrar.

### 6.1 Beräknade sättningar

Sättningar har beräknats dels enligt kompressionsareamemetoden

$$\delta = \sum_{n=1}^p h_n \cdot \frac{\Delta\sigma'_n}{E_n} + \sum_{n=1}^p \frac{\epsilon_2}{\log 2} \cdot \log \frac{\sigma'_{on} + \Delta\sigma'_n}{\sigma'_{cn}} \quad (1)$$

och dels enligt Menards metod utgående från pressometerresultat

$$\delta = \left[ \frac{q}{9E_D} \cdot 2B_o \left( \lambda_d \frac{B}{B_o} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9E_C} \cdot q \cdot \lambda_c \cdot B \right]^{1,2} \quad (2)$$

- $\delta$  = sättning (m)  
 $n$  = skiktnummer vid viss skiktindelning  
 $p$  = antalet skikt  
 $h$  = skikttjocklek, vanligen 1 m  
 $\Delta\sigma'$  = tillskotts-spänning från hus, uppfylland  
 avschaktning, od beräknad enligt elas-  
 ticitetsteori (kPa)  
 $E$  = deformationsmodul (kPa)  
 $\epsilon_2$  = deformation vid fördubblad tillskotts-  
 spänning över förkonsolideringstrycket  
 $\sigma'_c$

- $\sigma'_0$  = effektiv in-situspänning (kPa)  
 $E_c, E_d$  = viktat harmoniskt medelvärde av pressometermoduler (kPa)  
 $B_0$  = jämförelsebredd (0,6 m)  
 $B$  = belastningens bredd (m)  
 $\lambda_d, \lambda'_d$  = formfaktorer  
 $\alpha$  = reologisk faktor, beroende av jordtyp och förhållande  $E_{pm}/P_1$

Plats/Mätpunkt	Uppmätt (m)	Beräknad Komparea-metod	Beräknad Menard
Lilla Torpa			
C:1	0,011	0,059	} 0,122
C:2	0,023	0,104	
C:3	0,017	0,102	
C:4	0,017	0,096	
Margretelund			
9:1	0,009	0,090	} 0,033
9:2	0,010	0,095	
9:3	0,010	0,092	
Steglitzan			
16	0,517	0,223	
19	0,317	0,042	
Masurbjörken			
1	0,010+0,017	0,102+0,004	

Tabell 2. Sammanställning av uppmätta sättningar i några punkter jämförda med beräknade sättningar utgående från laboratorie- eller fältbestämda jordparametrar.

Det är uppenbart att beräkningar grundade på deformationsmoduler bestämda med hjälp av ödometer ger för stort värde på sättningarna (Lilla Torpa, Margretelund, Masurbjörken). I samtliga dessa fall bestämdes deformationsmoduler ur ödometerkurvornas primära belastningsgren. Bestämning ur en återbelastningsgren ger ett

högre värde på modulen varför ett bättre resultat hade kunnat påräknas om sådana försök gjorts i högre grad. Vid utförande av sådana försök är det dock viktigt att avlastning görs till den spänningsnivå som jorden i verkligheten kommer att utsättas för vid en eventuell avschaktning för att jordens svällningsegenskaper skall påverka försöken korrekt.

De beräknade sättningarna i kv Steglitzan är, med de laboratoriebestämda förkonsolideringstrycken, väsentligt mindre än de uppmätta. Detta kan bero på minst tre faktorer:

- En väsentlig del av sättningarna har uppkommit genom skjuvdeformationer, alltså sidopressning av jord.
- Uppmätta portryck är högre än vad som normalt är fallet.
- Sättningarna utgörs till en del av sekundärsättningar.

Sättning orsakad av skjuvdeformation har i detta fall säkerligen haft endast en mindre betydelse; Säkerheten mot skjuvdeformationer är betryggande ( $F > 2,7$ ) även mot de sidor där schaktning för garagedrifter gjorts.

Uppmätta portrycksnivåer i leran låg ca 3 m över Vänerens medelvattennivå. Dessa portrycksmätningar är endast korttidsobservationer och dessutom behäftade med vissa frågetecken varför det är tveksamt att använda dessa portrycksvärden vid sättningsberäkning. Om man antar att Vänerens medelvattennivå i det långa loppet styr sättningsutvecklingen skulle beräknad sättning stämma bättre överens med den verkliga. En bakkalkyl visar att en jämnt fördelad överkonsolidering med 8 kPa vid punkt 16 och 0 kPa vid punkt 19 ger överensstämmelse mellan beräknad och uppmätt sättning. Detta naturligtvis under förutsättning att övriga beräkningsparametrar ( $\epsilon_2$  och spänningsfördelning) är korrekta. Denna svaga över-

konsolidering motsvarar en hydrostatisk portrycksfördelning med nolltrycksnivån ca +44 m. Väterns medelvattennivå + 44,2 m.

Sekundärsättning under 100 år motsvarande 25% av primärsättningen redovisas av Lindskog 1968 från Skå-Edeby. Om vi antar att sekundärsättningen i Steglitzan under 20 år varit 15% av primärsättningen motsvarar detta ett sättningstillskott av 4 till 8 cm i punkt 16.

## 6.2 Deformationsmoduler

Bestämning av överkonsoliderad leras deformationsegenskaper ur ödometerförsöks primära belastningsgren har ovan visats ge för låga värden på deformationsmodulen.

Överslagsmässigt brukar vanligen deformationsmodulen beräknas som  $E = k \cdot \tau_{fu}$  för den överkonsoliderade delen av belastningen där  $E$  är lerans deformationsmodul.  $k$  anges till 250-500. Beräkningen av  $k$ -värdet vid tre av de undersökta objekten redovisas i tabell 3. Beräkningarna är gjorda som  $\delta^{\text{verklig}} = \frac{P}{\sum_{n=1}^P} h_n \cdot \frac{\Delta\sigma'_n}{k \cdot \bar{\tau}_{fu}}$  där  $\bar{\tau}_{fu}$  är skjuvhållfasthetens medelvärde i skikt nr  $n$  och  $\Delta\sigma'_n$  beräknad med elasticitetsteori.

Lilla Torpa		Margretelund		Masurbjörken	
Punkt	k-värde	Punkt	k-värde	Punkt	k-värde
C:1	549	9:1	989	1	1316
C:2	425	9:2	975		
C:3	543	9:3	991		
C:4	480	2:1	1788		
F:1	785	2:2	987		
F:2	548	3:3	933		
F:3	525	3:4	981		
F:4	509				
F:5	498				
H:1	368				
H:2	546				
H:3	649				
H:4	672				

Tabell 3. Beräknat  $k$ -värde i formeln  $E = k \cdot \tau_{fu}$  för de i projektet ingående mätpunkterna.

Någon signifikant skillnad som kan förklara olikheten i k-värde mellan främst Lilla Torpa och Margretelund har ej kunnat spåras. Rimligen borde k-värden vara högre i Lilla Torpa än i Margretelund. Överkonsolideringsgraden är 5% högre, skjuvhållfastheten 17% högre, den naturliga vattenkvoten 14% lägre och förhållandet mellan konflytgräns och naturlig vattenkvot 1% lägre än i Margretelund. Allt räknat på medelvärden. I verkligheten inträffade det motsatta. Detta kan möjligen bero på att husen i Lilla Torpa är grundlagda på uppsprucken torrskorpelera, där sprickorna slutits under belastningen, medan husen i Margretelund är grundlagda på ett sandlager över leran.

Ett enkelt samband som  $E = k \cdot \tau$ , där k är en konstant, kan uppenbarligen avvika avsevärt från faktiska förhållanden. Med  $k = 500$  till  $900$  fås dock ett väsentligt mycket bättre resultat än om överkonsoliderad leras deformationsegenskaper skulle bestämmas ur ödometerförsöks primära belastningsgren. För lera som avlastats påtagligt omedelbart före byggnation, t ex under källare, är relationen dock tveksam på grund av lerans svällning vid avlastning.

### 6.3 Konsolideringsspänning

Lerans konsolideringsspänning (förkonsolideringstryck) har bestämts på tre olika sätt. Dels genom ödometerförsök, dels beräknade enligt Hansbo ( $\sigma'_c = \tau_{fu} / 0,45 w_f$ ) och dels beräknade enligt Skempton ( $\sigma'_c = \tau_{fu} / (0,11 + 0,0037 \cdot I_p)$ ).

Tabell 4 visar hur överkonsolideringsgraden,  $\sigma'_c / \sigma'_0$ , varierar beroende på utvärderingssätt. Det kan noteras att utvärdering enligt Hansbo stämmer relativt väl överens med utvärderingen ur ödometerförsök vid Lilla Torpa och Margretelund medan Skemtons metod i båda fallen ger en högre grad av överkonsolidering. I Steglittzan visade sig utvärdering enligt Hansbo ge i medeltal 29% lägre överkonsolideringsgrad än utvärdering med ödometer. Vad som är riktigt i det senare fallet har inte



kunnat dokumenteras då osäkerheten om sättninggivande portryck är stor.

	Överkonsolideringsgrad		
	Enl ödometer	Enl Hansbo	Enl Skempton
Lilla Torpa			
djup 3	2,16	2,43	2,59
4	2,21	2,17	2,55
5	3,32	2,31	2,52
6	2,14	2,58	2,79
7	2,05	2,38	3,17
8	2,05	2,13	2,35
Margretelund			
djup 4	2,75	2,06	3,28
5	2,03	1,69	2,07
6	2,35	1,79	3,07
7	2,06	1,93	3,25
8	2,26	1,77	3,31
10	1,86	1,71	3,19
Steglitzan			
djup 4	1,46	1,15	
5	1,68	0,93	
6	1,39	0,75	
7	1,80	0,98	
8	1,43	1,57	
10	1,45	1,10	
11	1,66	0,94	
13	1,39	0,93	
15	1,64	1,29	

Tabell 4. Överkonsolideringsgrad  $\sigma'_c/\sigma'_o$  bestämd enligt tre olika metoder.

Som alla bestämningar av geotekniska egenskaper uppvisar konsolideringsspänningen en viss spridning i utvärderingsresultaten. Variationskoefficienten för ödometerbestämda förkonsolideringstryck var 23% resp 13% i Lilla Torpa och Margretelund och bestämda enligt Hansbo 24% resp 17%.

För att utnyttja en leras överkonsolidering vid grundläggning måste förkonsolideringstrycket bestämmas noggrant. För val av risknivå, dvs risk för att förkonsolideringstrycket överskrids och stora sättningar uppkommer, måste spridningen i uppmätta värden och

konsekvenserna av ett misslyckande beaktas. För ett relativt stort underlagsmaterial som det här undersökta var spridningen i uppmätt konsolideringsspänning, angiven som en variationskoefficient, i medeltal ca 20% på varje nivå.

Skall överkonsolideringen utnyttjas krävs också kännedom om "sättningsgivande" portryck, dvs det lägsta portryck som i framtiden kommer att uppträda med tillräcklig varaktighet för att sättningar skall uppkomma. Fallet Steglitzan visar klart på nödvändigheten att känna både portryck och konsolideringsspänning för att rätt kunna beräkna uppkommande sättningar.

## 7. KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR

Samtliga direktgrundlagda objekt är utförda med relativt styva grundkonstruktioner.

De källarlösa husen i Lilla Torpa och Margretelund är grundlagda på en hel styv bottenplatta som är dimensionerad för att sprida belastningen jämnt under huset. Vid dimensionering av bottenplattor måste tillses att belastningen från hus inte gör att lerans förkonsolideringstryck överskrids i någon punkt. Det vill säga, ju lägre grundtryck,  $q^{\max}$ , som kan tillåtas vid grundläggningsnivån desto mer måste bottenplattan fördela de nedkommande lasterna och följaktligen desto större betydelse får lerans konsolideringsspänning på större djup. Bottenplattans lastspridning under en bärande vägg eller pelare är en funktion av förhållandet mellan betongplattans och jordens elasticitetsmoduler. Dvs ju styvare jorden är desto styvare (tjockare) bottenplatta fordras för att sprida belastningen över en viss bestämd area. Val av tillåtet  $q^{\max}$  måste således göras under beaktande av vilken styvhet bottenplattan kommer att få.

Även källarhusen i Steglitzan är grundlagda på hel bottenplatta. I dessa hus bidrar dessutom platsgjutna källarväggar till att öka styvheten. I kv Steglitzan har uppenbarligen lerans förkonsolideringstryck över-skridits under husen. Trots de stora sättningarna, som mest mer än 0,5 m, har dock inga allvarliga funktionsstörningar rapporterats. Detta kan hänföras till en rad lyckade konstruktionslösningar. Först och främst bidrar den styva källarkonstruktionen till att de enskilda huskropparna rör sig i hög grad manolitiskt. Vidare är dilatationsfogarna mellan de olika huskropparna rejält tilltagna (ca 10 cm luftspalt) och till-låter stora rörelseskillnader mellan huskropparna. Känsliga punkter, såsom utvändiga källartrappor och anslutande stödmurar, är utförda fristående från väggar. Stödmurarna dessutom i natursten som kan uppta stora rörelser utan att skador märks. Att avloppssystemet, som är helt konventionellt, inte skadats vid de stora sättningarna, måste tillskrivas de stora lerdjupen som gör att en stor del av belastningen från husen sprids i jordlagren på djupet och orsakar sättning även av omgivande mark.

## 8. SLUTSATSER

Rapporten visar hur leras överkonsolidering kan utnyttjas i grundläggningssammanhang för att förbilliga grundläggning av byggnader.

Det gamla betraktelsesättet att generellt säga att hus över ett visst antal våningar måste pålas medan lägre hus kan plattgrundläggas saknar i stort sett stöd både i teori och praktik. Ett trevånings bostadshus kan t ex försees med källare varvid belastningen på jorden inte blir större än för ett envåningshus utan källare (kompensationsgrundläggning). Det viktiga är inte byggnadens höjd utan dess konstruktionssätt och jordens egenskaper under grundläggningsnivån.

Rapporten visar att byggnader, med ett riktigt konstruktionssätt, kan uppta viss sättning utan att skadas allvarligt. Ett riktigt konstruktionssätt för sådan sättningsskänslig byggnad är:

- Styva konstruktioner utan "brottanvisningar" där ojämna sättningar lätt kan ge upphov till skador.
- Jämnt och lågt grundtryck. Byggnader grundläggs på hela jämnstyva bottenplattor som förmår fördela last från bärande väggar, pelare o dyl tillräckligt mycket. Kantförstyvade bottenplattor har ofta visats ge lokalt för höga grundtryck varvid sättningar, som ej kan fördelas över större ytor, uppkommer och ger upphov till skador.
- "Brottanvisningar", t ex anslutningar mellan byggnadsdelar med olika höjd, form eller grundläggningsnivå, förses med dilatationsfogar som verkligen kan uppta ojämna rörelser och inte av typen dubbelsidigt motgjuten plyfaskiva.
- Detaljlösningar för trappor, anslutande ledningar, stödmurar m m som kan utstå vissa rörelser utan att funktionen eller utseendet skadas.

Rapporten visar även att sättningsberäkning för hus på måttligt överkonsoliderad lera rymmer flera osäkerhetsmoment.

- Konsolideringsspänningen för konsolideringstrycket, bestäms bäst med ödometerförsök. Dessa ger, om inga felaktigheter föreligger, en naturlig spridning i resultatet motsvarande en variationskoefficient på ca 20%. Överslagsmässigt kan empiriska relationer typ "Hansbos formel" användas. Resultaten från dylika kan dock avsevärt avvika från ödometerresultat.
- Deformationsegenskaperna för spänningar lägre än konsolideringsspänningen kan inte bestämmas ur den primära belastningsgrenen vid ödometerförsök. En

sådan utvärdering ger för låga moduler. Möjligen kan lerans deformationsmodul bestämmas ur återbelastningsgrenen för ödometerförsök som avlastats från konsolideringsspanningen till aktuell spänningsnivå vid grundläggningsarbetets början. Eljest gav relationen  $E = 500 \text{ till } 900 \cdot \tau_{fu}$  god överensstämmelse i här redovisade fall. Deformationsparameterbestämning med pressometer är ej att rekommendera i lös lera som vid dessa områden.

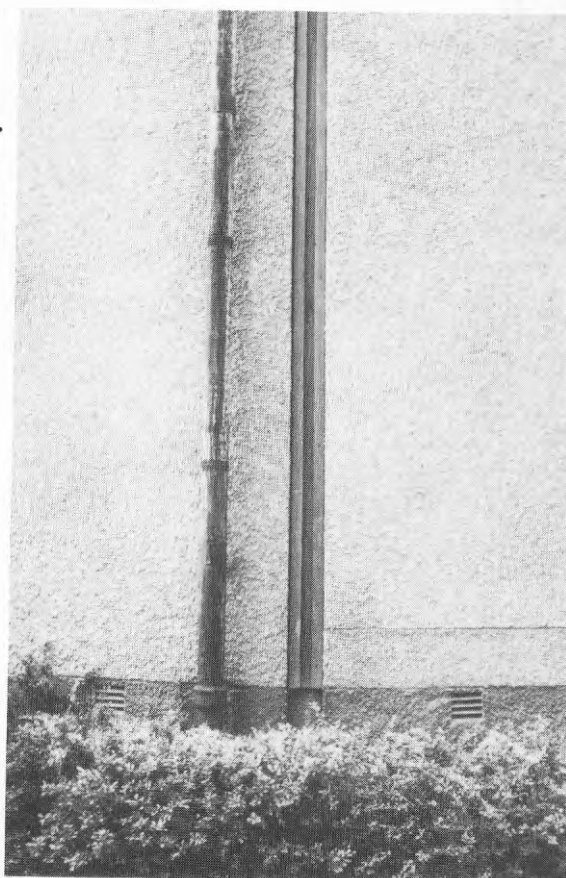
- Prognos för sättninggivande portryck är svår men nödvändig att göra för att erhålla korrekt resultat. Speciellt är inverkan på portrycket från själva utbyggnaden osäker. I här redovisade fall erhöles ingen påvisbar förändring av grundvattennivåerna efter utbyggnad, sannolikt tack vare den öppna bebyggelsen med stora infiltrationsytor mellan husen. I övrigt bör lokalt omhändertagande av dagvatten eftersträvas i så hög grad som möjligt vid områden med ytligt grundlagda hus på lera.



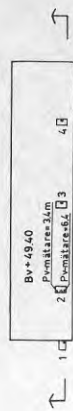
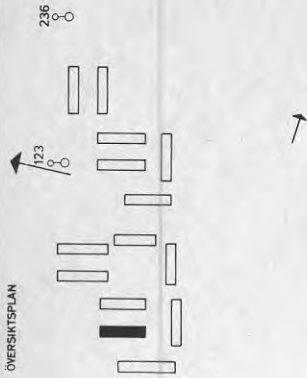
Figur 26 och 27. Trots stora ojämna sättningar i husen i kv Steglitzan har endast obetydliga skador uppkommit i husen. Se bilden till höger.



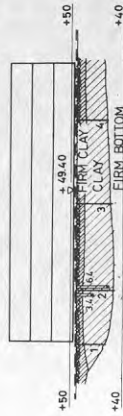
Figur 28 och 29. Två lyckade konstruktionslösningar i kv Steglitzan. Stödmurar av natursten och rejäla dilatationsfogar som kan uppta röreöser utan att skadas.



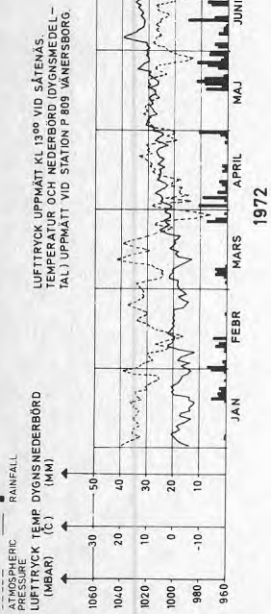
9 RESULTAT AV SÄTTNINGSMÄTNINGAR  
(Ritningar 1-12)



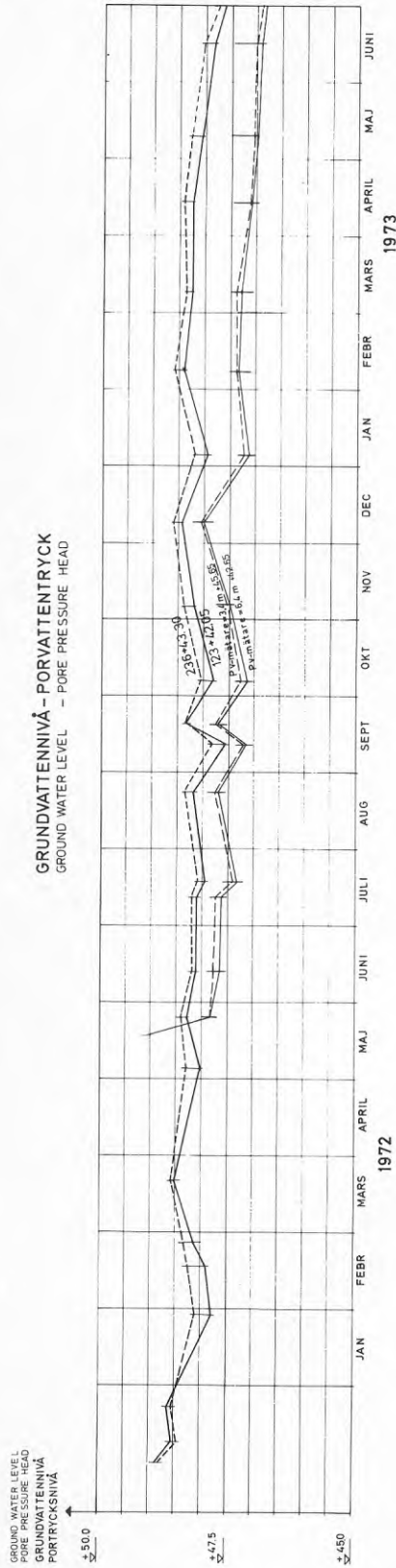
HUS C



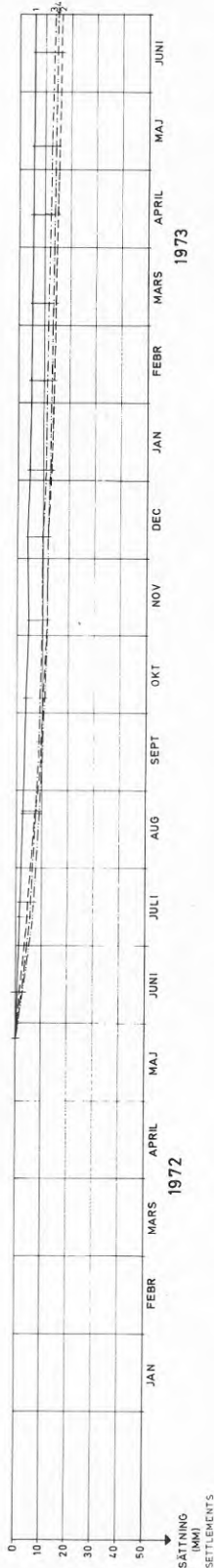
LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD  
ATMOSPHERIC PRESSURE - TEMPERATURE - RAINFALL



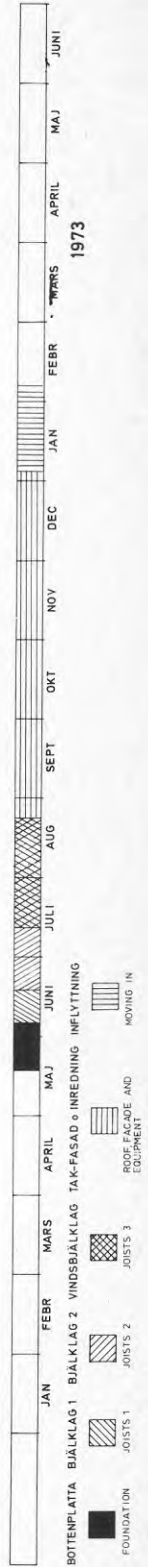
GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



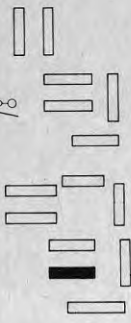
SÄTTNINGAR HUS C  
SETTLEMENTS



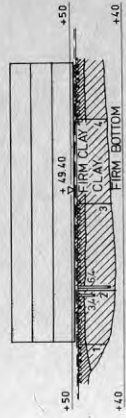
BYGGNATION HUS  
CONSTRUCTION ACTIVITY





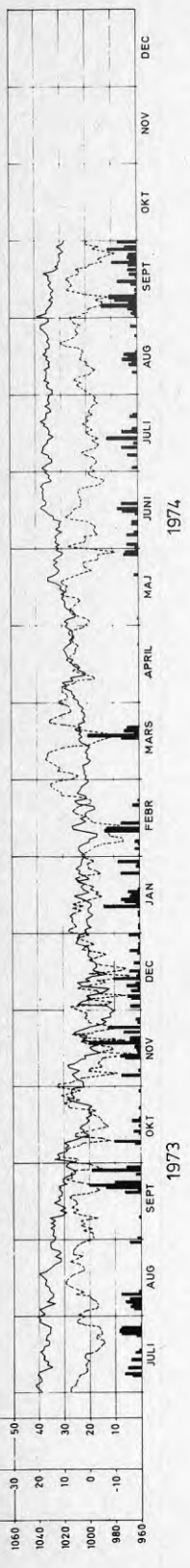


HUS C



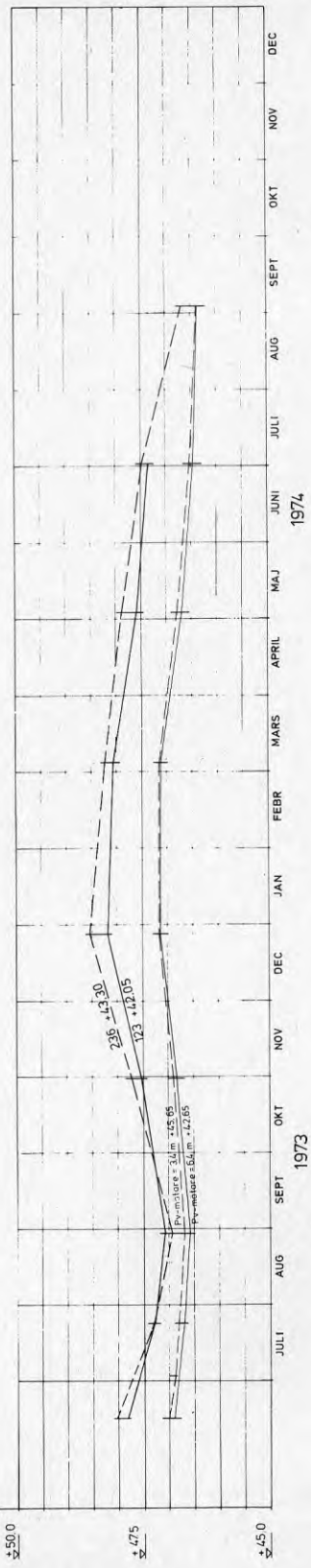
LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD

ATMOSPHERIC PRESSURE - TEMPERATURE - RAINFALL



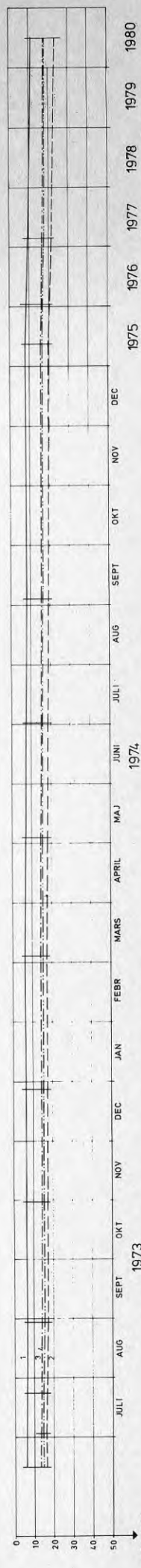
GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK

GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



SÄTTNINGAR HUS

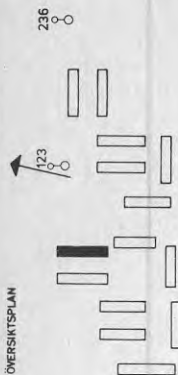
SETTLEMENTS



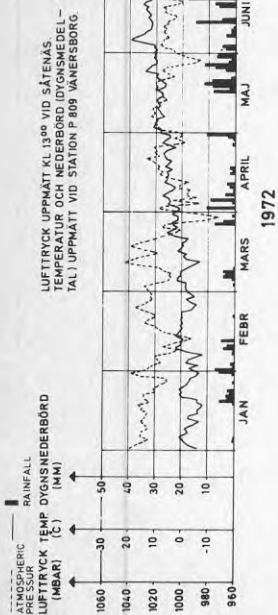
BYGGNATION HUS

CONSTRUCTION ACTIVITY

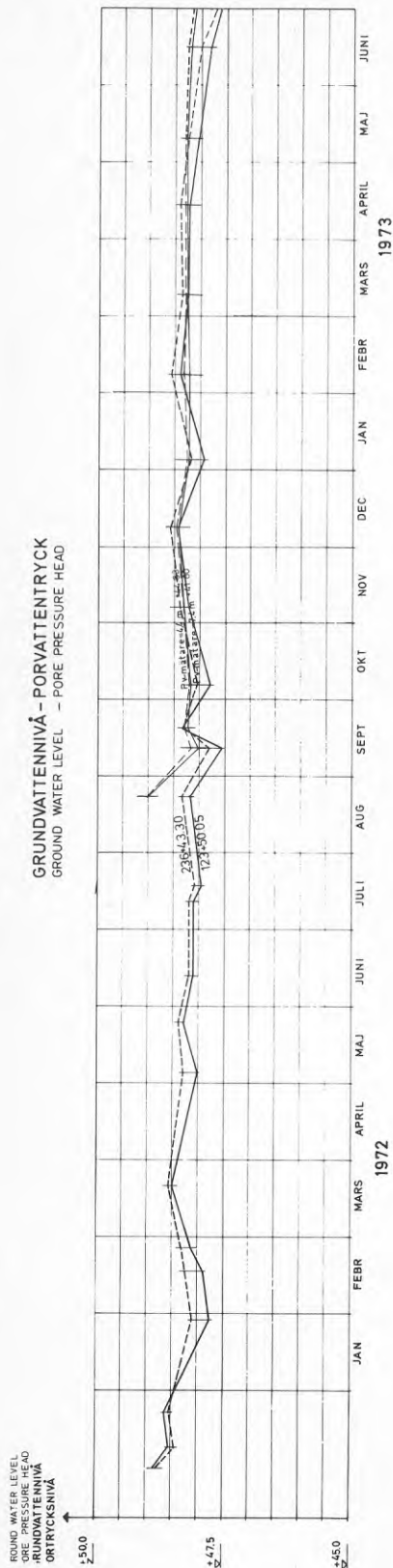




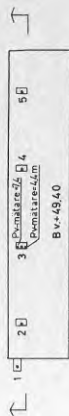
LUFTRYCK – TEMPERATUR – NEDERBÖRD  
ATMOSPHERIC – TEMPERATURE – RAINFALL



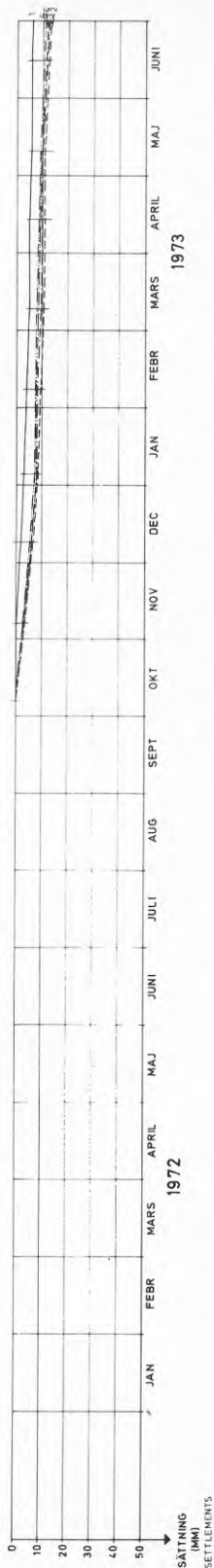
GRUNDVATTENNIVÅ – PORVATTENTRYCK  
GROUND WATER LEVEL – PORE PRESSURE HEAD



HUS F

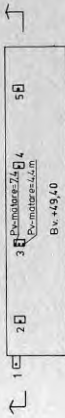
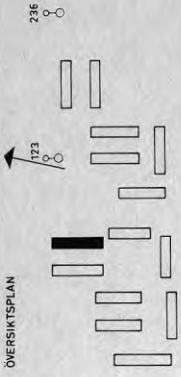


SÄTTNINGAR HUS F  
SETTLEMENTS

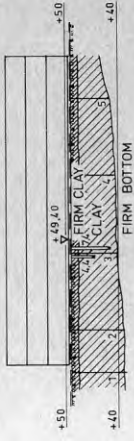


BYGGNATION HUS  
CONSTRUCTION ACTIVITY

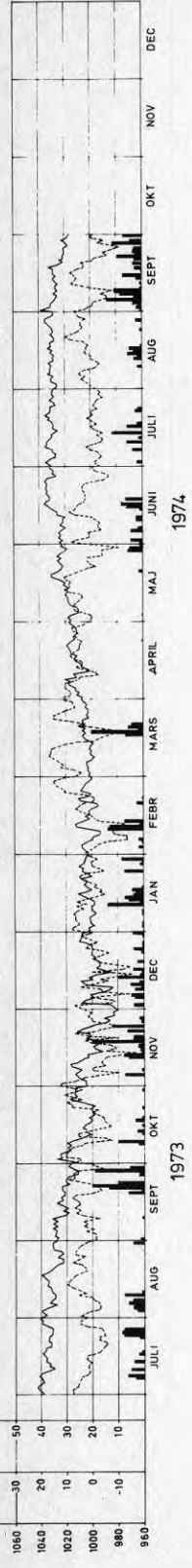




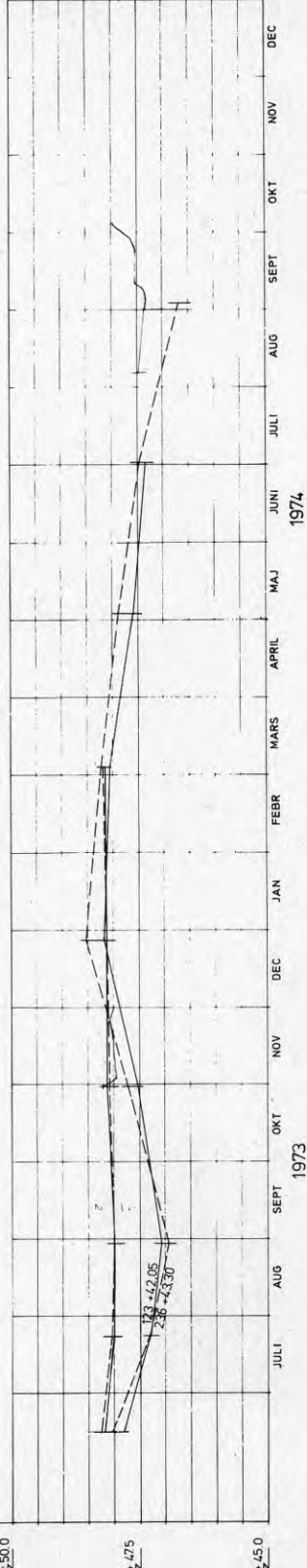
HUS F



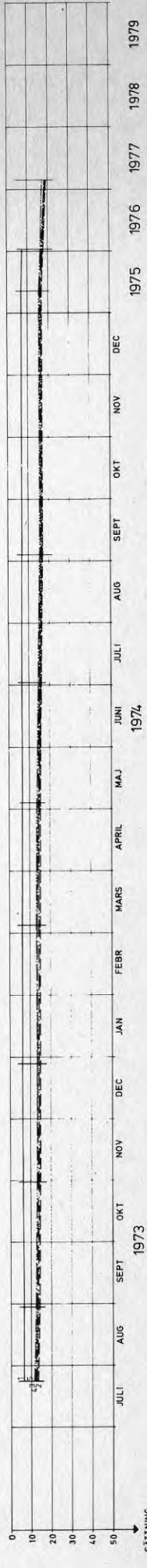
LUFTTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD  
ATMOSPHERIC PRESSURE - TEMPERATURE - RAINFALL



GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD

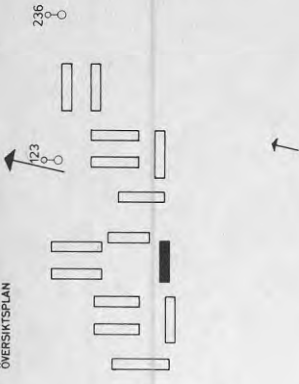


SÄTTNINGAR HUS  
SETTLEMENTS

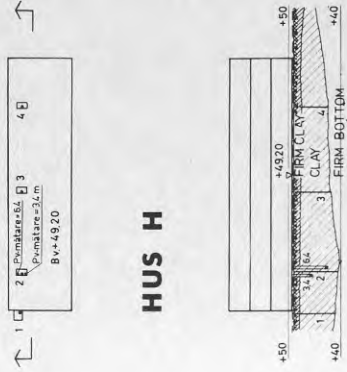


BYGNATION HUS  
CONSTRUCTION ACTIVITY



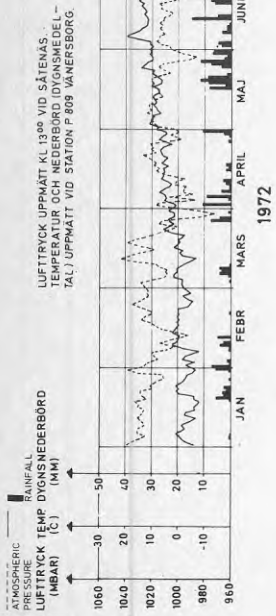


HUS H



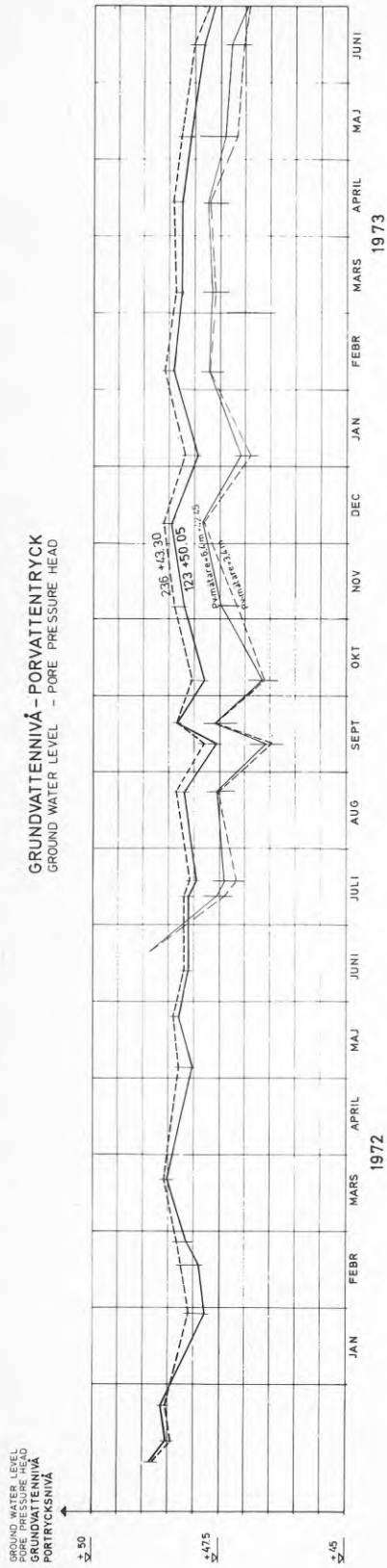
LUFTTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD

ATMOSPHERIC - TEMPERATURE - RAINFALL  
PRESSURE



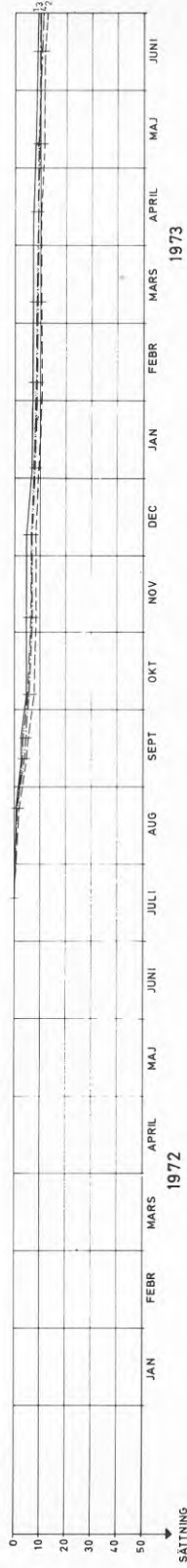
GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK

GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



SÄTTNINGAR HUS H

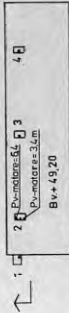
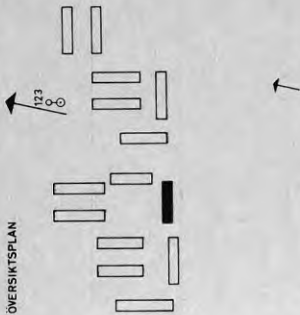
SETTLEMENTS



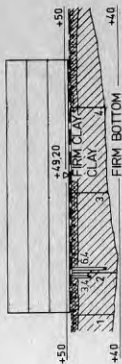
BYGGNATION HUS

CONSTRUCTION ACTIVITY





HUS H

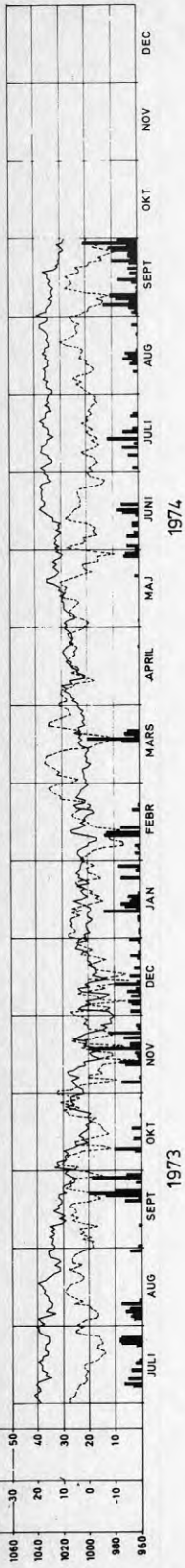


LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD

ATMOSPHERIC PRESSURE - TEMPERATURE - RAINFALL

LUFTRYCK UPPMÄTT KL.B. VID SÄTENS. TEMPERATUR OCH NEDERBÖRD (DRIGSMEDELTAL) UPPMÄTT VID LÖPINGS VATTENVERK.

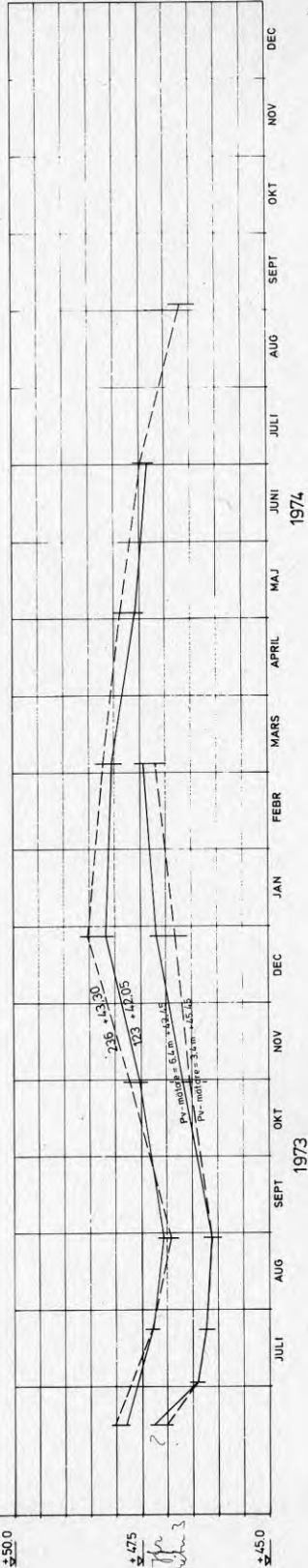
RAINFALL  
ATMOSPHERIC PRESSURE (MMBARG)  
LUFTRYCK (C)



GRUNDVATTENIVÅ - PORVATTENTRYCK

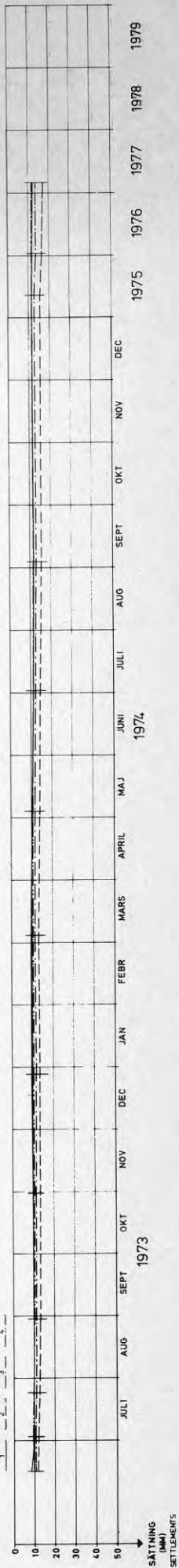
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD

GROUND WATER LEVEL  
GRUNDVATTENIVÅ OCH  
PORTRYCKSNIVÅ



SÄTTNINGAR HUS

SETTLEMENTS

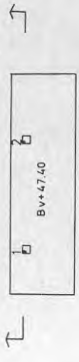
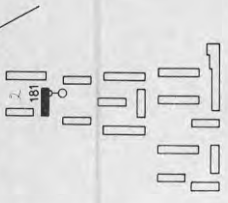


BYGGNATION HUS

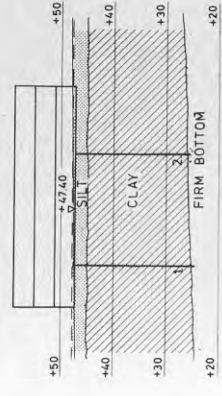
CONSTRUCTION ACTIVITY



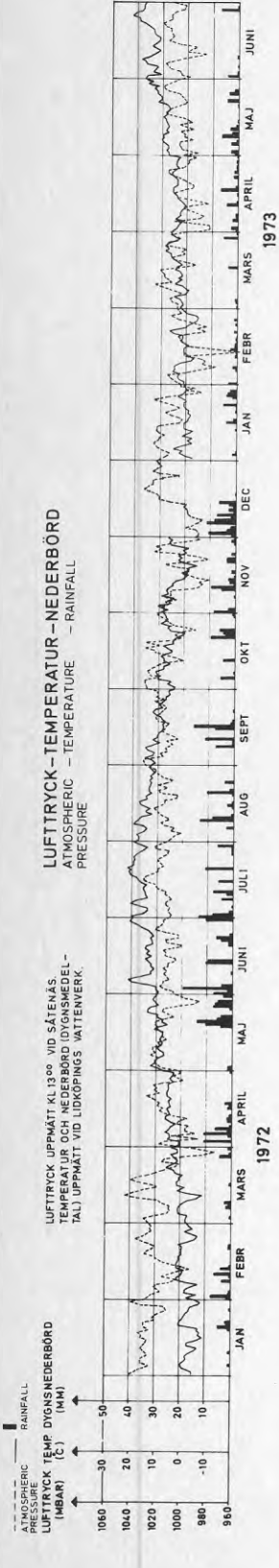
ÖVERSIKTSPLAN



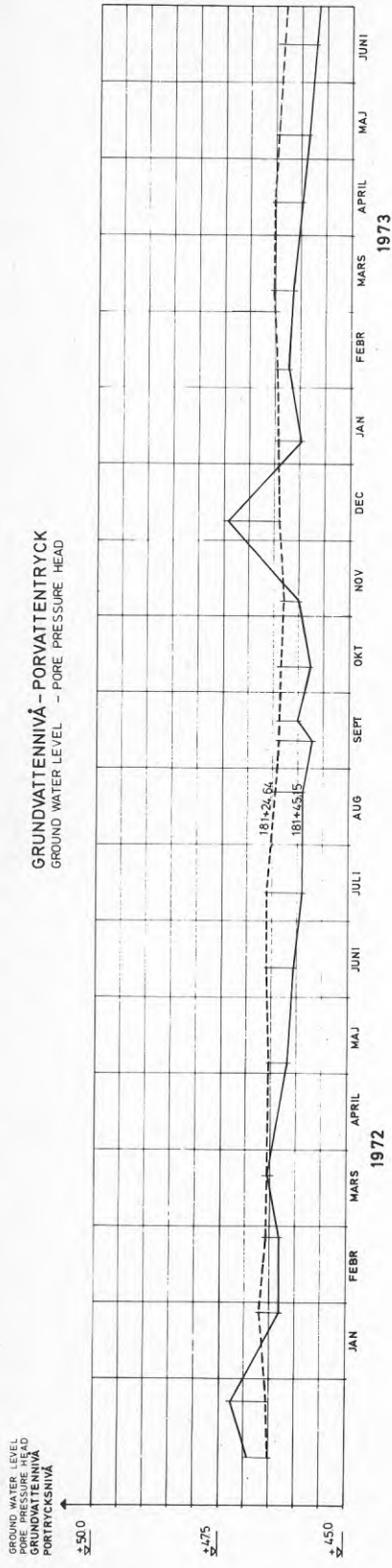
HUS 2



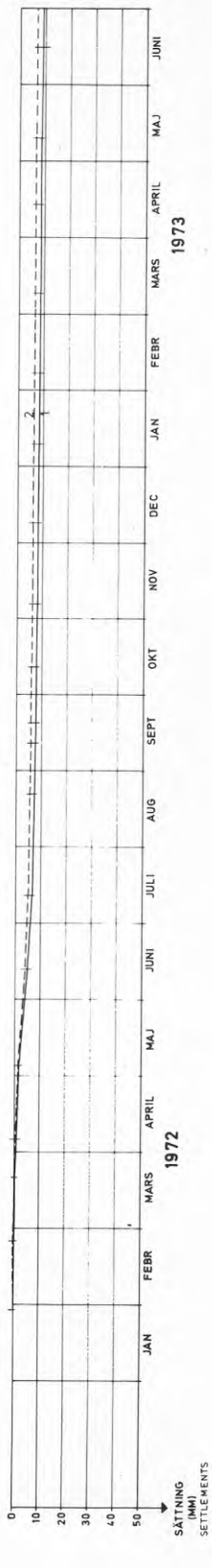
LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD  
ATMOSPHERIC PRESSURE - TEMPERATURE - RAINFALL



GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD

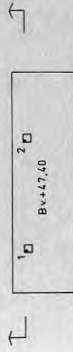
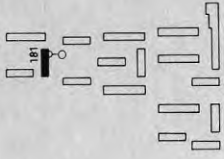


SÄTTNINGAR HUS 2  
SETTLEMENTS

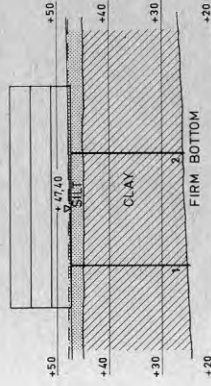


BYGGNATION HUS  
CONSTRUCTION ACTIVITY

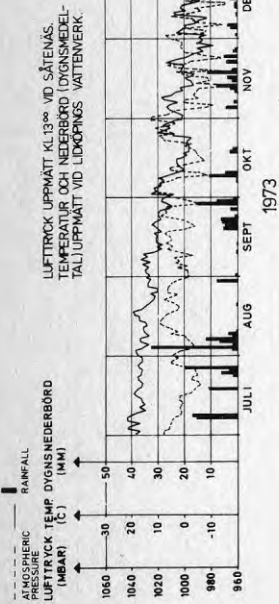




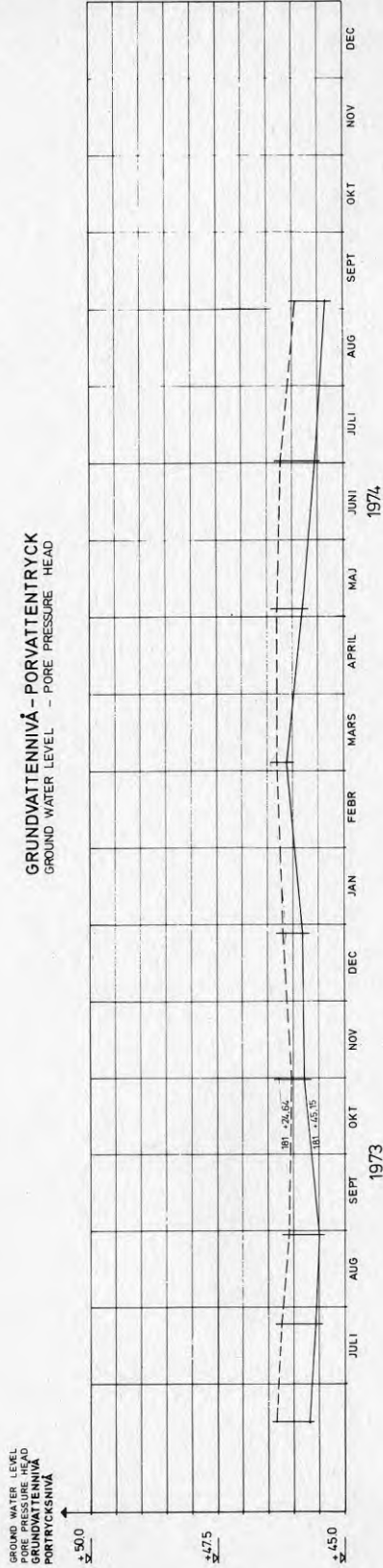
**HUS 2**



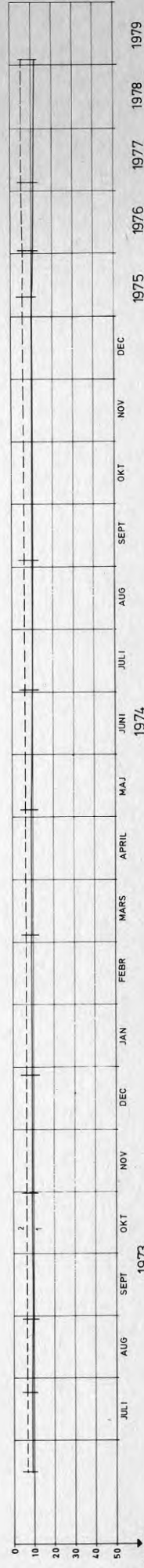
**LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD**  
ATMOSPHERIC - TEMPERATURE - RAINFALL



**GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK**  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



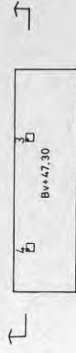
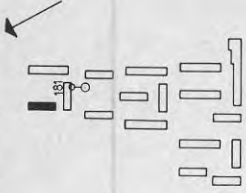
**SÄTTNINGAR HUS**  
SETTLEMENTS



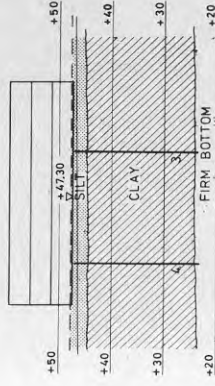
**BYGGNATION HUS**  
CONSTRUCTION ACTIVITY



ÖVERSIKTSPLAN

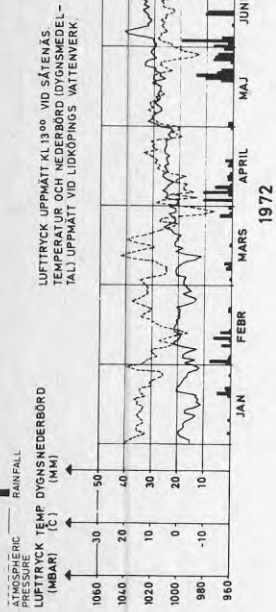


HUS 3



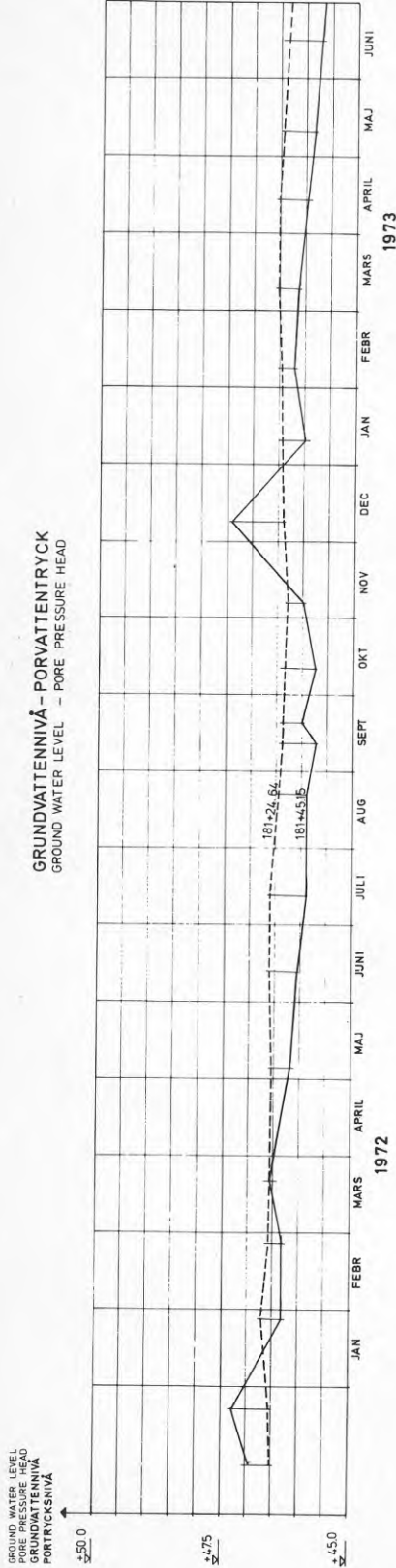
LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD

ATMOSPHERIC - TEMPERATURE - RAINFALL  
PRESSURE



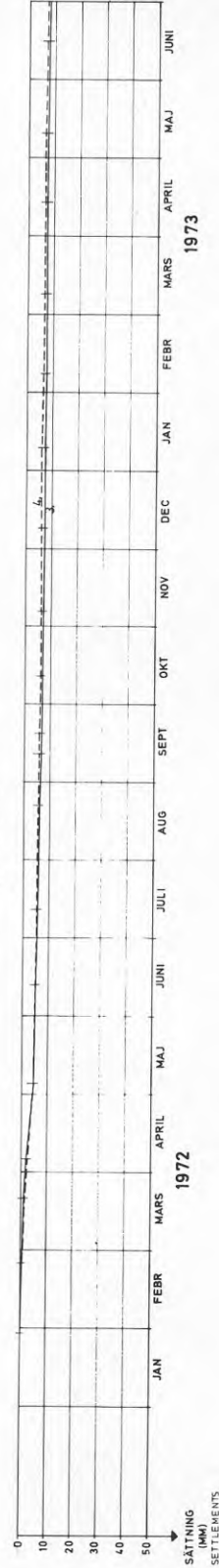
GRUNDVATTENIVÅ - PORVATTENTRYCK

GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



SÄTTNINGAR HUS 3

SETTLEMENTS

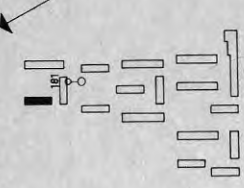


BYGGNATION HUS

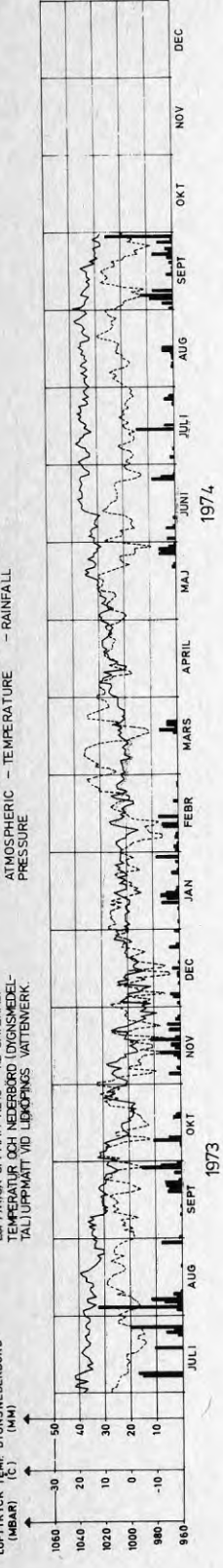
CONSTRUCTION  
ACTIVITY



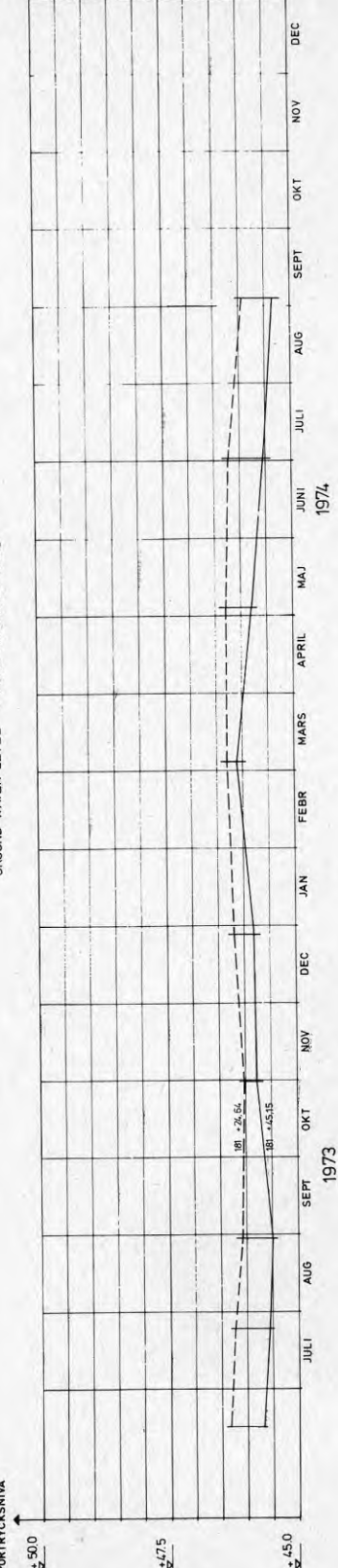




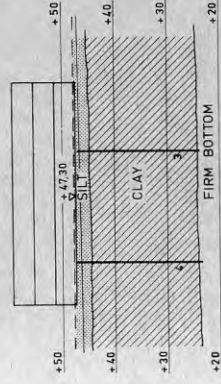
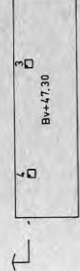
**LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD**  
ATMOSPHERIC - TEMPERATURE - RAINFALL



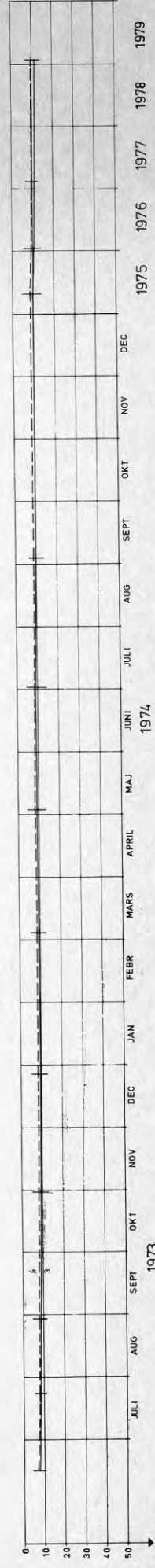
**GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK**  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



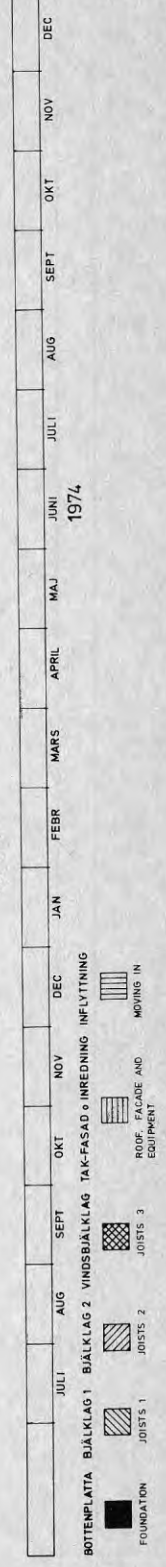
**HUS 3**



**SÄTNINGAR HUS**  
SETTLEMENTS



**BYGGNATION HUS**  
CONSTRUCTION ACTIVITY



ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

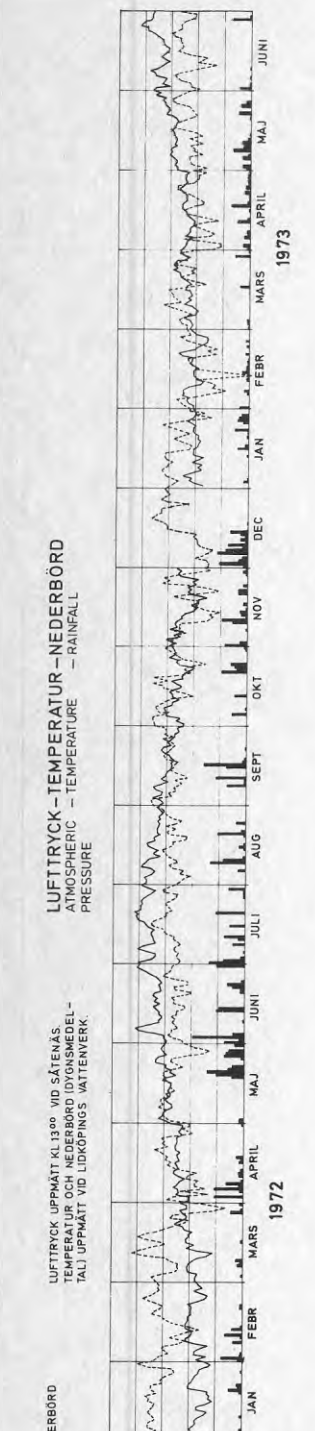
TEMPERATURE (°C)

RAINFALL (MM)

ATMOSPHERIC PRESSURE (MBAR)

TEMPERATURE (°C)

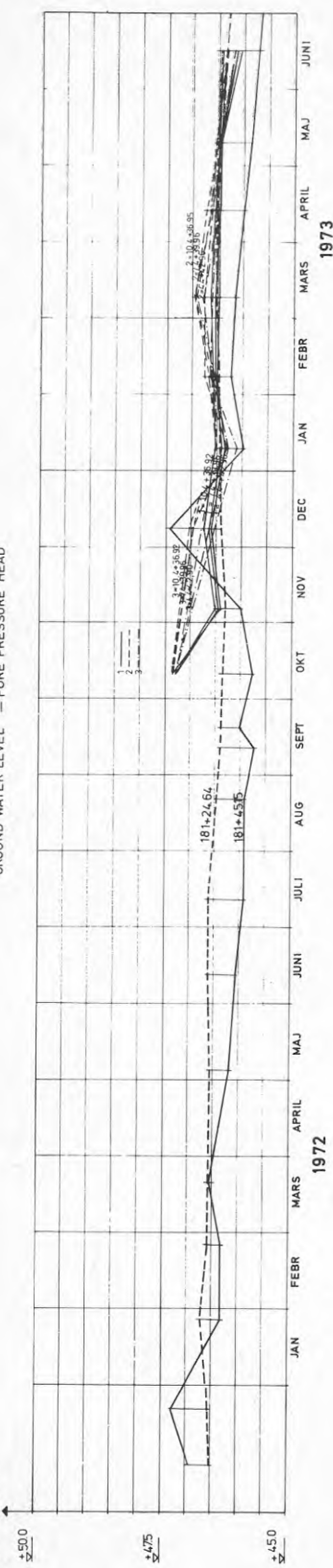
RAINFALL (MM)



LUFTRICK UPPMÄTT KL1300 VID SÄTENÅS  
TEMPERATUR OCH NEDERBÖRD (DYGNSMEDEL-  
TAL) UPPMÄTT VID LIDKÖPINGS VATTENVERK

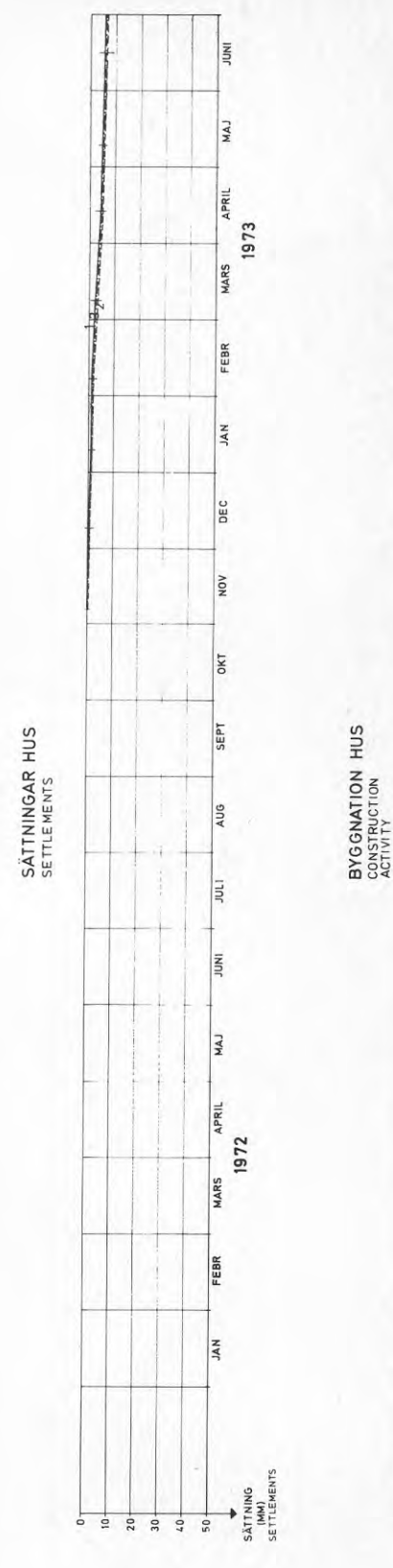
LUFTRICK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD  
ATMOSPHERIC - TEMPERATURE - RAINFALL

GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD

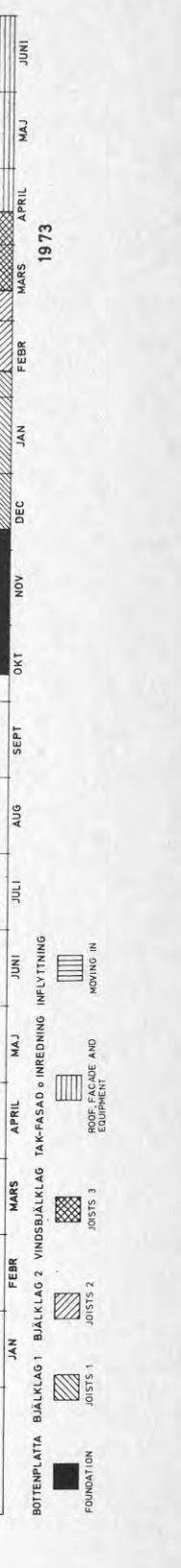


GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD

SÄTTNINGAR HUS  
SETTLEMENTS

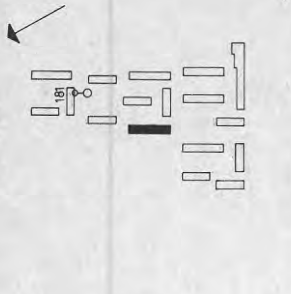


SÄTTNING (MM)  
SETTLEMENTS



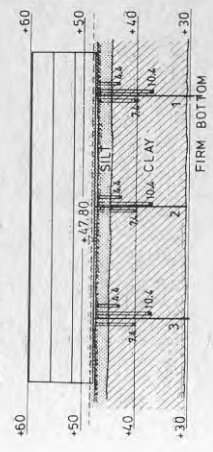
BYGGNATION HUS  
CONSTRUCTION ACTIVITY

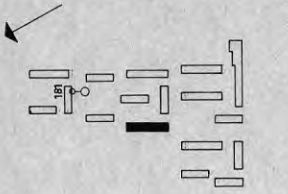
ÖVERSIKTSPLAN



Bv+4780	Pv-måttare = 2,01 x 10,4 m	Pv-måttare = 2,01 x 10,4 m
	= 7,4 m x 4,4 m	= 7,4 m x 4,4 m

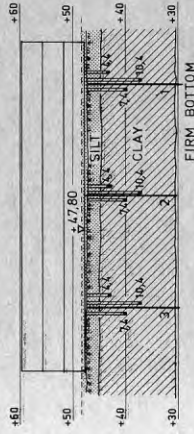
HUS 9



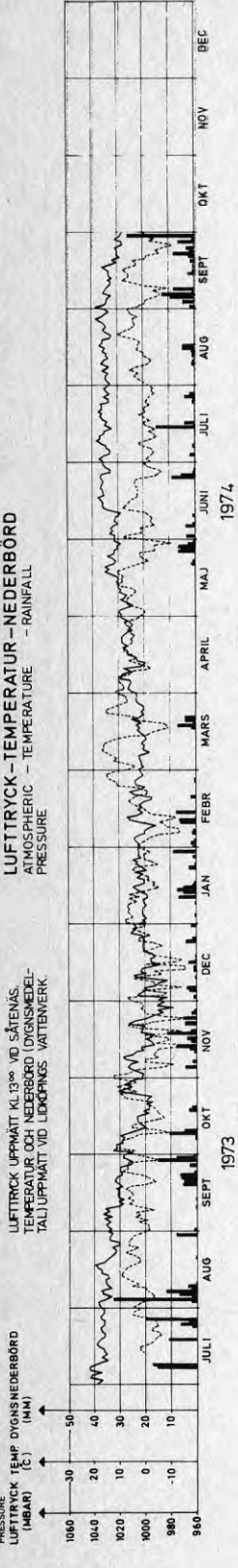


Bv +47,80	Pv -målare	Pv -målare
Pv -målare	2,00 m	2,00 m
±7,4 m	±7,4 m	±7,4 m
±7,4 m	±7,4 m	±7,4 m

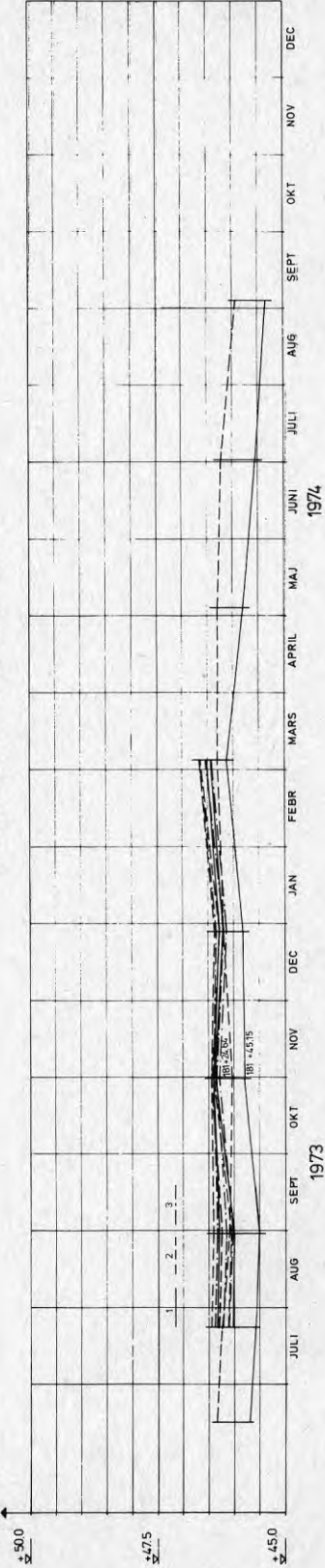
**HUS 9**



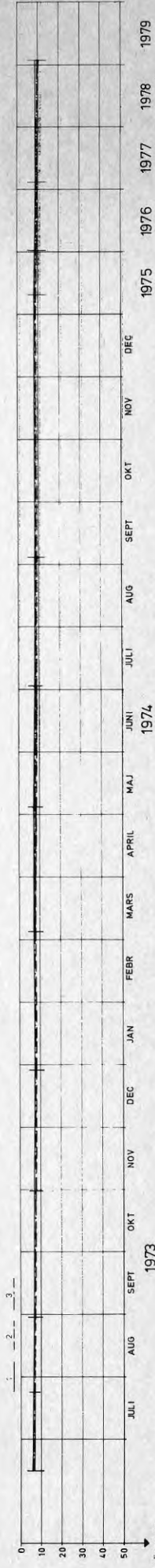
**LUFTRYCK - TEMPERATUR - NEDERBÖRD**  
ATMOSPHERIC - TEMPERATURE - RAINFALL



**GRUNDVATTENNIVÅ - PORVATTENTRYCK**  
GROUND WATER LEVEL - PORE PRESSURE HEAD



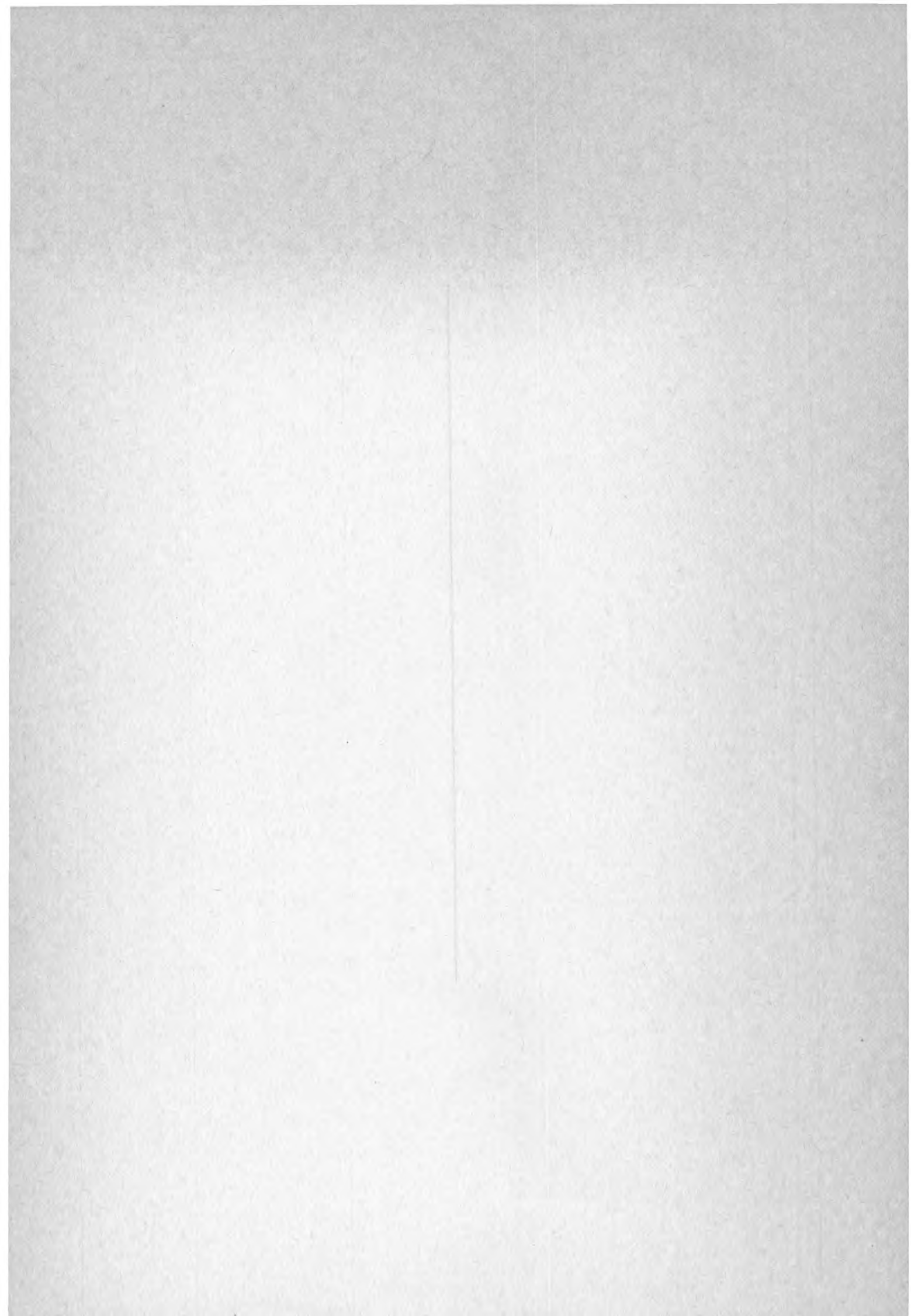
**SÄTTNINGAR HUS**  
SETTLEMENTS



**BYGGNATION HUS**  
CONSTRUCTION ACTIVITY









Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791936-7 från Statens råd för byggnadsforskning  
till HSBs Riksförbund, Geotekniska avdelningen  
och AB Jacobson & Widmark.

Art.nr: 6700396

Abonnemangsgrupp:  
V. Anläggningsteknik

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirka pris: 25 kr exkl moms

R96: 1981

ISBN 91-540-3537-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm