

Lyngfelt

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

**URBANISERINGSPROCESSENS INVERKAN PÅ
YTVATTENAVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING**

Lägesrapporter

(1972-07-01 – 1973-03-01)

Geohydrologisk forskning sektion V vid CTH
omfattande institutionerna geologi, geoteknik med grundläggning, vattenbyggnad och VA-teknik.

URBANISERINGSPROCESSENS INVERKAN PÅ YTVATTEN- AVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING

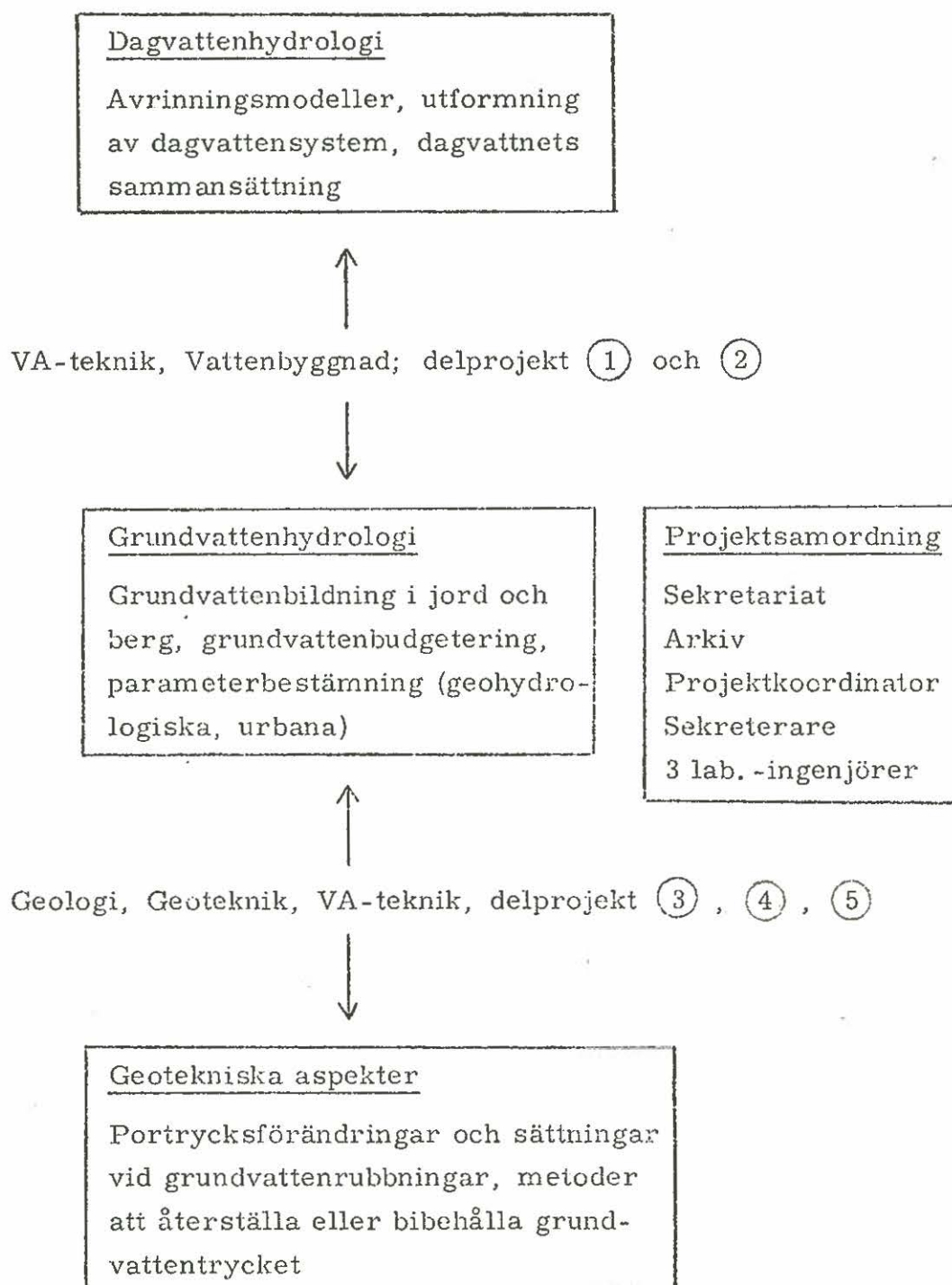
Projektbeskrivning - målsättning

En intensiv markexploatering pågår på många håll i Sverige - den expansiva Göteborgsregionen kan nämnas som exempel. Många tätorter har begränsad tillgång på markarealer med goda grundförhållanden. Utbyggnaden har därför gradvis kommit att förläggas till ur bebyggelsesynpunkt känsliga och svårbemästrade områden med ökade byggnads- och underhållskostnader som följd. Den fortgående urbaniseringsprocessen som karakteriseras av markutnyttjande i både yt- och djupled aktualiserar flera geohydrologiska frågeställningar vad gäller såväl ytvattnets som grundvattnets funktion och betydelse i bebyggelseprocessen.

Syftet med forskningsuppgiften är att i för västkusten typiska markområden analysera de geohydrologiska förhållanden som berör ytvattenavrinning och grundvattenbildning varvid speciell vikt lägges vid den inverkan olika former av markbebyggelse kan ha. Således eftersträvas metoder för att på ett ekonomiskt och tekniskt rationellt sätt styra de geohydrologiska förhållandena i tätortsområden vad gäller utformning av system för dagvattenavledning och kontroll av grundvattenbildningen. Ett mål för forskningsuppgiften är vidare att kunna presentera geohydrologiskt datamaterial och prognoser i sådan form att ett väsentligt bidrag erhålles till det planunderlag byggprocessens olika beslutsfattare behöver.

Organisation och arbetsplanering

Projektet bedrivs som en integrerad undersökning inom ramen för de fyra geoinstitutionernas normala forskningsverksamhet. Schematiskt kan detta beskrivas på följande sätt.



Delprojekt 1 (i samarbete med Göteborgs stad VA-verk)Vattenbyggnad: Dagvattenstudier i Göteborg (Avrinningsmodeller).

Projektledare: Lennart Rahm/Viktor Arnell

Projektsamordning CTH - VA-verket:

K. Cederwall, E. Ryberg

Delprojekt 2VA-teknik: Dagvattnets sammansättning och dess variationer.

Projektledare: G. Weijman-Hane/Torsten Hedberg

Delprojekt 3Geologi: Grundvattenbalans - grundvattenbildning.

Projektledare: K. Gösta Eriksson/Per Wedel

Delprojekt 4Geoteknik: Grundvattensänkningens följder och motåtgärder -
- geotekniskt studium.

Projektledare: Sven Hansbo/Bengt-Arne Torstensson

Delprojekt 5VA-teknik: Metodstudier för att återställa eller bibehålla
grundvattentryck.

Projektledare: Axel Björkman/Leif Carlsson

Projektsamordning

Institutionerna gemensamt; projektkoordinator Klas Cederwall.

Forskningsprojektet är planerat att omfatta 3 verksamhetsår. De sammanlagda tilldelade anslagen från BFR för det första året 72/73 uppgick till 533.922:- (vissa projekt löper under nio månader).

Fältarbeten (se översiktskarta)

Fältundersökningar pågår på flera ställen i Göteborgsområdet.

I Angered har mätningar skett i syfte att etablera ett lämpligt försöksområde för delprojekt 3 i första hand men även vad gäller delprojekten 4 och 5.

Efter en inventering och sammanställning av borrhningar och grundvattenundersökningar i området vid Östra Sjukhuset, Göteborg, har denna plats bedömts som lämplig för infiltrationsförsök; delprojekten 4 och 5.

Dagvattenavrinningar studeras dels i Bergsjön, dels i Åkered. På sistnämnda ställe mäts även dagvattnets sammansättning. Nederbördsstationer för kontinuerlig nederbördsmätning är utplacerade så att en relativt god bild av nederbördens regionala fördelning i Göteborgsområdet erhålles. Ett huvudsyfte är att registrera intensiva regn (skyfall).

Arbetsgrupper

1. Markkvattengruppen

Per Wedel, geologi

Viktor Arnell, vattenbyggnad

Axel Björkman, VA-teknik

Gruppen studerar avrinnings- och infiltrationsprocesser i det etablerade undersökningsområdet Bergsjön.

2. "Syntesarbetsgruppen"

Leif Carlsson, VA-teknik

Per Wedel, geologi

Bengt-Arne Torstensson, geoteknik

Viktor Arnell, vattenbyggnad

Arbetsgruppen skall "syntetisera och testa" de kunskaper och den information som de olika delprojekten presterar. Arbetsgruppens första uppgift är att ge förslag till

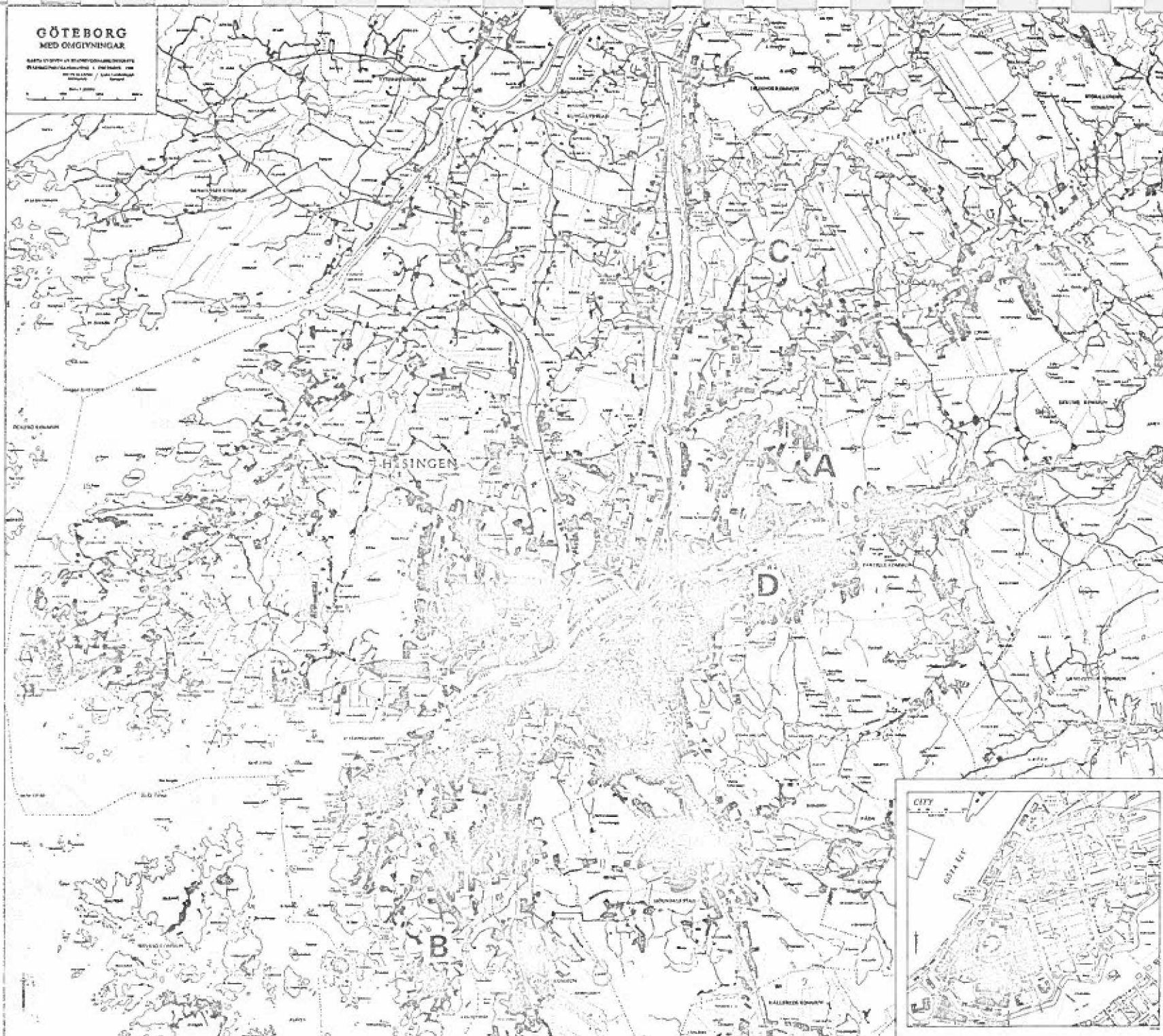
instrumentering,

erforderliga installationer samt

mätrutiner

**GÖTEBORG
MED ÖMGIVNINGAR**

KARTA UTGITT AV BEHOVSGRANSKNINGS-
PLANNINGSKONTORET I FÖR SAM-
MENSKAPEN / HÄLSÖMÅNEN
1964



Översiktskarta med
inritade markeringar
på försöksområdena.

- A. Bergsjön
- B. Åkered
- C. Angered
- D. Östra Sjukhuset

i ett tänkt försöksområde där ytavrinning och grundvattenbalans kan bli påverkad av markexploatering. Den primära uppgiften för den här gruppen är dock att analysera de geohydrologiska parametrar som krävs för att göra prognoser beträffande ytavrinning och grundvattenbudget samt geotekniska konsekvenser av en urban påverkan.

Dessa två arbetsgrupper representerar vad gäller forskningsuppgiftens övergripande målsättning två på samma gång krävande och väsentliga uppgifter. Det är ett starkt önskemål inför den fortsatta verksamheten att erforderliga forskningsresurser kan tilldelas arbetsgrupperna.

Kontakter

BFR:s programgrupp för geohydrologisk forskning har anordnat flera projektledarträffar både inom dagvatten- och grundvattenområdena. Liknande diskussioner med IHD planeras. Forskarkontakterna inom Sverige (Skandinavien) har därför snabbt etablerats.

Inom CTH har den geohydrologiska gruppen regelbundna möten, dels med i huvudsak projektledare och lab. ingenjörer av karaktären arbetsdiskussioner, dels i en större diskussionsgrupp där alla engagerade medverkar.

Resultatredovisning

Resultatredovisning sker i form av lägesrapporter och slutrapporter för de olika delprojekten. I huvudsak täcker denna första lägesrapportering tiden från projektstart fram till 1 mars 1973.

Fortsatt verksamhet

I samband med lägesrapporteringen diskuteras den fortsatta verksamheten. Speciellt betonas därvid modifieringar och profileringar vad gäller omfattning och inriktning av delprojekten.

Göteborg den 2 mars 1973


Klas Cederwall

DAGVATTENSTUDIER I GÖTEBORG

ALLMÄNT

Dagvattenstudierna i Göteborg är ett integrerat projekt mellan Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers, och Göteborgs VA-verk. Projektet syftar till att utveckla bättre dimensioneringsregler för dimensionering av avledningssystem för dagvatten.

Chalmers del bekostas av BFR. Anslaget är ca 120.000:- för budgetåret 1972/73. VA-verket bekostar instrument och en stor del av fältmätningarna samt bearbetning av mätdata. Totalt bidrager de med ca 170.000:- under budgetåret 1972/73.

MÅLSÄTTNING

Att studera och försöka klarlägga de faktorer som inverkar på avrinningen

samt utveckla beräkningsmodeller för dimensionering av avledningssystem för dagvatten.

De faktorer som är av intresse att studera är:

Nederbörden: intensitetens variation med tiden, totala mängder, varaktighet, arealutbredning och frekvens.

Avrinningsområdet: form, storlek, topografi samt urbaniseringens inverkan på infiltrations- och avrinningsförhållanden.

Ledningssystemet: dimensioner, lutning, råhet, läckage, ledningsstruktur, kapacitets- och magasineringsförhållanden.

PROJEKTUPPLÄGGNING

Dagvattenstudierna är upplagda som ett antal delprojekt.

1. Avrinning

Dessa studier syftar till att klarlägga avrinningsförloppet och bilda underlag för kommande beräkningsmodeller.

2. Nederbörd

Inom detta projekt studeras de nederbördsfaktorer som inverkar på avrinningen.

1. AVRINNING

Allmänt

Avrinningen kan delas upp i dels avrinningen från områden av storlek $\leq 30 - 50$ ha, dels avrinningen från större områden. Denna indelning är betingad av att vid en ekonomisk optimering av ledningsnätet endast marginella besparingar kan göras i de klenare ledningarna. I de grövre ledningarna däremot kan skillnaden mellan två ledningsdimensioner inverka betydligt på den totala anläggningskostnaden. Var gränsen går beror på geologiska och geotekniska faktorer. Göteborgs VA-verk gör inom ramen för vårt samarbete en undersökning om vid vilken dimension mer än marginella kostnadsbesparingar kan uppnås.

Avrinningen inom mindre områden kan betraktas som input i det grövre ledningsnätet. Gränsen går troligtvis vid en ledningsdimension av $\varnothing 400 - 800$ mm. I dessa mindre områden studeras avrinningen i ledningarna tillsammans med ytavrinning och dräneringsavrinning och man strävar efter ett tekniskt tillfredsställande beräkningsförfarande som output från området. Inom områdena studeras nederbörd, markfuktighet, infiltration samt avrinning inklusive basflöde. Basflödet beror i sin tur av ledningarnas läggningsdjup och grundvattennivåer samt läckningsförhållanden i befintligt ledningssystem.

Strömning och fördröjning i grova ledningar, kulvertar, och tunnlar är huvudsakligen ett hydrauliskt problem. En praktiskt tillämpbar dimensioneringsmetodik behöver utvecklas för den rationella utformningen av sådana grövre avledningssystem.

Målsättning

Att studera och klarlägga avrinningsförloppet inom avrinningsområden och i ledningssystemen.

Att utveckla praktiskt användbara beräkningsmetoder för ledningsdimensionering och för beskrivning av dagvattenflödet.

Projektuppläggning

Avrinningsstudierna inleds med studier av avrinningen inom mindre områden. För studierna har till en början två områden valts ut.

A. Bergsjön,

B. Åkered.

BERGSJÖNS AVRINNINGSSOMRÅDE

Områdesbeskrivning

Bergsjöns avrinningsområde är ett 18 ha stort område (se bilaga 1.1 och 1.4). Området är beläget i nordöstra Göteborg. Bebyggelsen består av flerfamiljshus med fyra till sex våningar. Dessutom finns en affärsbyggnad och två stora parkeringsdäck.

Området är flackt i den centrala bebyggda delen och begränsas i sydväst, väst och nordväst av en bergsrygg. Ytvattendelaren följer här bergsryggen. I öster begränsas området av ringvägen runt stadsdelen, Bergsjövägen.

Ledningsnätet är väl samlat och så uppbyggt att det möjliggör en uppdelning av området i väl avgränsade delområden. Ledningen mynnar i en ravin öster om området.

Geologiskt karakteriseras området av mycket berg i dagen med fyllda svackor mellan bergknallarna. Markvatteninfiltrationen är speciellt kraftig vid foten av bergsryggen i sydväst och nordväst.

Mätningar

Nederbörd mäts i en punkt i området med samma typ av mätare som i det fasta nederbördsstationsnätet. (Se sid. 6.)

Vid korta intensiva försök kommer nederbörden att mätas i ytterligare punkter i området med ackumulerande mätare. Tyvärr är det omöjligt att ha dessa mätare ute under längre perioder då det fordras höga staket runt alla mätinstrument i området.

Avrinningen från hela området mäts i en punkt vid ledningens utlopp med hjälp av ett 120° Thomsonöverfall. Registrering av flödet sker dygnet runt med hjälp av en registrerande pegel. Periodvis kommer försök att göras att mäta flödet från delytor inom området.

Markfuktighet kommer att mätas regelbundet i ett antal punkter inom området. Mätningarna görs enligt neutronmetoden. Markfuktighetsproblematiken diskuteras närmare i ansökan för år 1973/74, projekt Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område.

Dagvattnets sammansättning studeras av Institutionen för VA-teknik. Se lägesrapport 2.

Tidplan

Mätningar av flöde och nederbörd har pågått sedan mitten av januari. Drivning av rör för mätning av markfuktighet kommer att ske under våren. För närvarande pågår arbete med kartläggning av området m. a. p. topografi och ledningsnätets struktur och täthet inklusive dräneringsledningar.

ÅKEREDS AVRINNINGSSOMRÅDE

Områdesbeskrivning

Åkered är ett 78 ha stort område beläget i sydvästra Göteborg (se bilaga 1.1 och 1.5). Bebyggelsen består av rad- och kedjehus samt friliggande villor. Utöver detta finns skola, affär och en kyrka inom området.

I väster och norr följer ytvattendelaren en bergsrygg och i öster och söder Näsetvägen. Området är flackt i sin sydöstra del och mer bergigt och kuperat i nordväst.

Ledningsnätet är uppbyggt med en grov huvudledning som går tvärs igenom området. Från denna går sedan grenledningar. Det är det flacka rad- och kedjehusområdet som är av störst intresse men på grund av mättekniska skäl har även det bergiga området i norr med-

tagits. Kan man lösa flödesmättningsfrågan på ett tillfredsställande sätt kommer uppdelning att ske av området i två delområden.

Geologiskt karakteriseras området av en flack lerdal med omgivande bergsryggar.

Mätningar

Nederbörd registreras enligt samma system som i Bergsjön.

Avrinningen kommer att studeras med hjälp av spårämne under första tiden. Detta innebär att flödet endast mäts vid nederbördstillfällena då spårämnesdoseringen automatiskt startas upp. Önskvärt vore att i stället kunna mäta kontinuerligt med hjälp av mätränna eller liknande. Resultat från civ. ing. Runo Stenbergs BFR-stödda projekt angående flödesmätning emotses med stort intresse.

Markfuktighet registreras enligt samma system som i Bergsjön.

Dagvattnets sammansättning studeras av Institutionen för VA-teknik. Se lägesrapport 2.

Tidplan

På grund av problem med tillstånd kan mätningar av flöde och nederbörd ej startas förrän 1 april och mätning av markfuktighet något senare. Arbete pågår för närvarande med kartläggning av området.

2. NEDERBÖRD

Allmänt

Vid dimensionering av dagvattensystem i dag använder man sig av ett "beräkningsregn" som närmast uttrycker medelintensiteten vid olika varaktigheter för ett häftigt regn med viss frekvens. Detta sätt att schematisera återgivningen av det reella regnet medför vissa beräkningsmässiga problem. Dels tar man ej hänsyn till den nederbörd som faller före respektive efter detta beräkningsregn, dels är "blockregnet" i sig självt en grov förenkling av verkligheten. Vidare har man ganska dålig uppfattning om regnens arealutbredning. Nederbördsintensitetens variation över avrinningsområdet har betydelse vid dimensionering av

dagvattensystem från större stadsdelsområden där fördröjning och magasinering i ledningssystemet inverkar på maximala vattenföringen.

Målsättning

Att studera och klarlägga de nederbördsparametrar som har betydelse vid dimensionering av avledningssystem för dagvatten. Detta kräver då studier av sådana faktorer som intensitetens variation med tiden, varaktighet, arealutbredning och olika statistiska parametrar.

Projektuppläggning

Nederbördsstudierna är upplagda som två delprojekt:

- A. Nederbördsregistrering
- B. Bearbetning av nederbördsregistreringar 1930 - 1971.

NEDERBÖRDSREGISTRERING

Allmänt

Nederbörden i Sverige registreras regelbundet över hela landet av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI). I Göteborgsregionen finns sex till sju stationer. Antalet beror på var man drar gränsen. Dessa mätare registrerar ackumulerad nederbörd och avläses en eller två gånger per dygn. För att kunna studera de önskade parametrarna för häftiga regn krävs en tidsupplösning under fem minuter. Därför har det bedömts som nödvändigt att upprätta ett stationsnät för kontinuerlig registrering av nederbörden.

Målsättning

Att klarlägga nederbördens regionala fördelning i Göteborgsregionen.
Att studera nederbördsintensitetens variation med tiden samt få en uppfattning om enstaka häftiga regns arealutbredning.

Val av mätartyp

Den valda mätartypen är av fabrikat Wilh. Lambrecht KG enligt system Hellman. Den bygger på flottörprincipen. Den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden registreras på en avlöpande remsa.

Pappershastigheten är 40 mm/tim, vilket ger en tidsupplösning av 1,5 - 2 min. Mätaren är försedd med uppvärmningsanordning för att förhindra sönderfrysning och smälta snön. Nederbörd i form av snö är vanskligt att mäta och bör kompletteras med regelbunden snö-taxering.

Stationsnät

Stationsnätet består av 13 stationer (se bilaga 1.1), varav f.n. 11 st är i drift. Övriga kommer att etableras under första halvåret 1973. Vid val av platser har vi följt de kriterier som anges av WMO och SMHI (se bilaga 2). Speciellt kraven på skydd samt möjligheten till elanslutning har medfört att vi lokaliserat mätarna på platser där VA-verket eller annan kommunal eller statlig myndighet har en anläggning. Alla platser är därför inte helt idealiska med avseende på lokal topografi och möjlighet till vindskydd.

Nederbördsmätningar är behäftade med en rad felkällor. Det är ej vår uppgift att bedriva forskning på nederbördsmätning eller att utveckla mätinstrument. Men det är viktigt att känna till vilka prestanda den mätaren har som man använder. Därför kommer på några platser jämförande mätningar att utföras med de instrument och de mätmetoder som utvecklats inom Internationella Hydrologiska Dekaden (IHD). För närvarande utförs jämförande mätningar vid Torslanda flygplats där SMHI har en nederbördsstation.

Tidplan

Etablering av stationerna utfördes under oktober - december 1972 (Chalmers och Angered undantagna). Regelbundna registreringar har pågått sedan den 1 januari 1973. Stationerna Chalmers och Angered kommer att etableras under april månad. Mätningarna är i första etappen planerade att pågå i fem år.

BEARBETNING AV NEDERBÖRDSREGISTRERINGAR 1930 - 1971

Allmänt

Göteborgs VA-verk har mätt nederbörd med registrerande s.k. pluviografer sedan 1897. Mätningarna har skett på fem platser under tidsperioder med något varierande längd (se bilaga 1.3).

Nederbördsdata är bearbetade dels för tidsperioden 1897 - 1935, dels för tidsperioden 1926 - 1935. Resultaten för den sistnämnda perioden utgör underlag för dimensionering av dagvattenledningar i Göteborgs-regionen. Dessa intensitets - varaktighetskurvor ligger högre än de från perioden 1897 - 1935. Tio år är en mycket kort period i sådana här sammanhang varför intresset för en fortsatt bearbetning är stort. Denna omfattar nu tidsperioden 1930 - 1971.

Målsättning

Att beräkna nya intensitets - varaktighetskurvor för olika återkomstintervall samt att få statistiskt underlag för dimensionering av ledningar och fördröjningsbassänger. Vidare kan man med detta material påbörja studier av intensitetens variation med tiden.

Mätningarnas utförande

Mätarna har varit av flottörtyp med registrering på trumma (enl. system Hellman). Tidsupplösningen är god, för större delen av materialet 1 tim \approx 30 mm, vilket medger utvärdering av intensiteter ned till ca 2 min. Mätarna har stått placerade i anslutning till pumpverk och liknande anläggningar och har fått god tillsyn, varför mycket litet luckor förekommer under mätperioden. Vidare har mätarna varit försedda med eluppvärmning, vilket medfört att man fått en uppfattning om snömängderna.

Val av regn för vidare bearbetning

Mätmaterialet ligger lagrat i form av mätardiagram med kurvor över ackumulerad nederbörd som funktion av tiden. Ur detta material har valts ut kurvor för fortsatt bearbetning enligt kriterier i tabell 1 nedan. Målet är att få med regn med en medelintensitet under olika varaktigheter som är lika med eller överstiger vad som normalt inträffar tre gånger per år. Det är möjligt att dessa kriterier ej räcker för andra typer av bearbetningar, varför man då tvingas gå in i diagramremsorna igen och göra en ny utsortering.

Intensitet l/s · ha	Varaktighet min	Regnhöjd mm	Intensitet mm/tim
20	70	8,4	7,2
20	65	7,8	7,2
20	60	7,2	7,2
20	55	6,6	7,2
21	50	6,3	7,5
22	45	5,9	7,8
24	40	5,7	8,5
26	35	5,4	9,2
29	30	5,2	10,4
33	25	4,9	11,7
38	20	4,5	13,5
43	15	3,8	15,2
50	10	3,0	18,0
58	5	1,7	20,4

(10 l/s · ha = $6 \cdot 10^{-2}$ mm/min)

Tabell 1. Kriterier för utsortering av häftiga regn.

Totalt utsorterades 1668 regn ur 156 stationsår. Senare har även regnen från åren 1926 - 29 tagits med i undersökningen. (171 regn från 20 stationsår.) Detta för att man skall kunna göra en jämförelse mellan den bearbetningsmetod som används idag och den som användes vid bearbetningen av tidsperioden 1926 - 1935. Utsorteringen har utförts av personal från Göteborgs VA-verk och institutionen för Vattenbyggnad, CTH.

Stansning av rådata

På grund av den stora mängden data har det bedömts som lämpligt att föra över materialet på en form som medger datorbehandling. Detta innebär att man relativt enkelt kan göra ytterligare bearbetningar av mätmaterialet.

Diagramremorna har med hjälp av en s.k. kurvföljare digitaliserats och överförts på koordinatform. Därvid har vi valt tidsdifferensen så tätt som är möjligt utan att förlora för mycket i noggrannhet. Punk-

terna är stansade med ca 1 mm mellanrum på tidsaxeln, vilket medför en tidsuppläsning av ca 2 min. på de flesta diagramremssorna. Efter kontroll och korrigeringar för eventuella fel lagras så materialet på magnetband.

Stansningen har utförts av Allmänna Ingenjörbyrå AB i Stockholm på bekostnad av VA-verket, Göteborg. Datorprogram har framtagits vid institutionen för Vattenbyggnad, CTH. Arbeta pågår med uppläggning av materialet på magnetband.

Statistisk utvärdering

Den bearbetning som utfördes av Göteborgs VA-verk (dåvarande Gatukontoret) år 1938 för tidsperioden 1926 - 35 är utförd för hand med framtagning av nederbördsmängden under olika varaktigheter. Därefter har medelintensiteter framräknats och plottats i diagram. Utjämnade medelintensitetskurvor för olika återkomstintervall är sedan uppritade.

Arbetet med den pågående bearbetningen kommer att ske genom att man låter datorn söka max nederbörd för olika varaktigheter samt därefter beräknar medelintensiteten. Därefter sorterar datorn materialet i storleksordning och beräknar återkomstintervall.

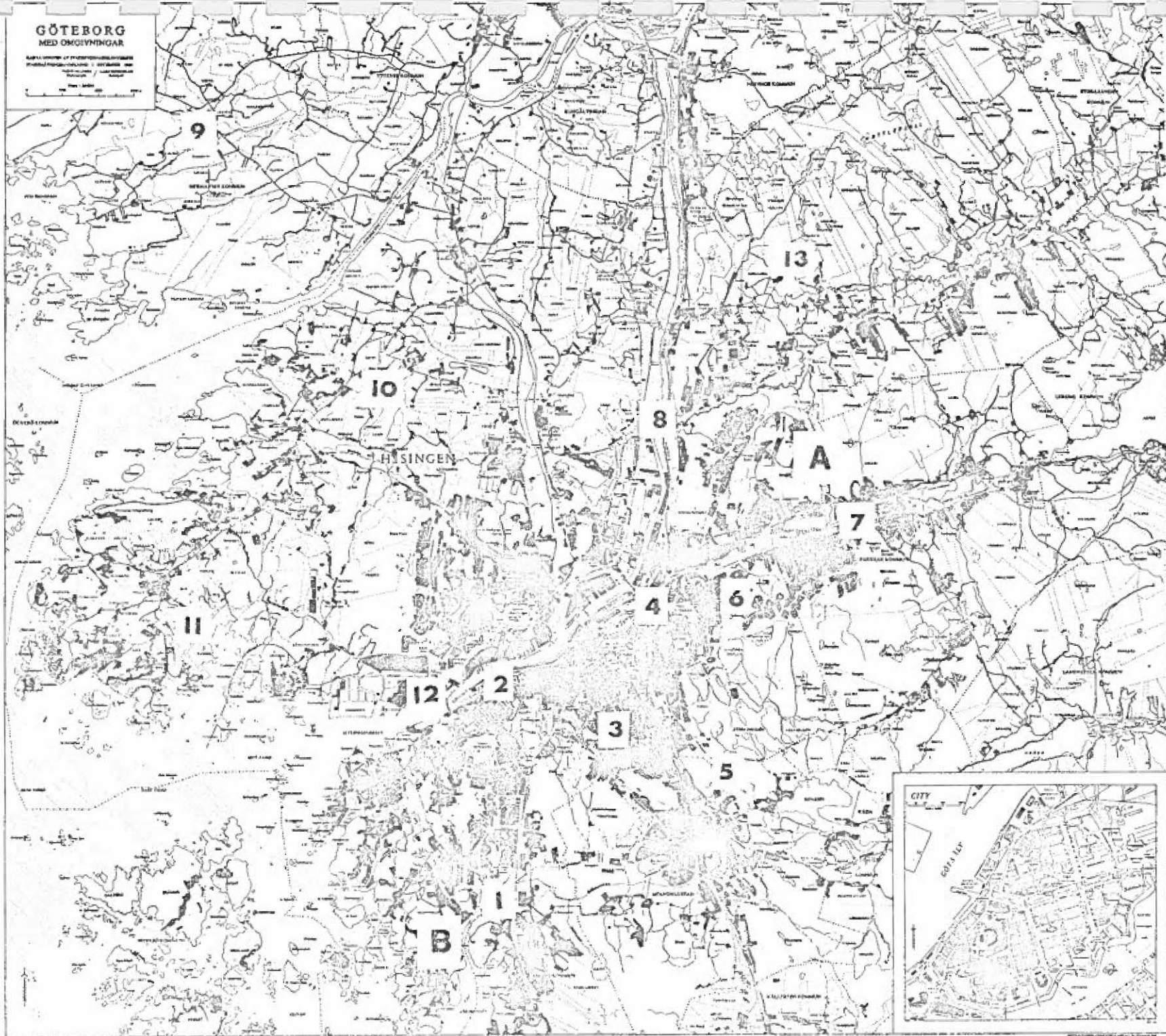
En viktig del vid bearbetning av tidsserier är den statistiska homogenitetskontrollen. Speciellt gäller detta gammalt material där man inte har haft kontroll över mätningarnas utförande. I detta fall kommer homogenitetskontrollen att utföras genom studier av årsnederbördens förändring. Huruvida detta är relevant för de häftiga regnen är svårt att säga men man kan knappast hitta någon annan parameter att studera.

Tidplan

Den första bearbetningen beräknas vara klar i september 1973 och omfatta intensitets - varaktighetskurvor för olika återkomstintervall. Arbetet kommer senare att fortsätta med studier av nederbördsintensitetens variation med tiden, totala mängder m.m.

GÖTEBORG
MED OMGIVNINGAR

KARTAN UTGIVET AV HYDROGRAFISKA BYRÅN
STOCKHOLM 1958
1:50 000
Sjunde upplagan



FASTA NEDERBÖRDS-
STATIONER

- 101 Näsetvägens avloppsreningsverk
- 102 Barlastplatsens avloppspumpstation
- 103 Chalmers Tekniska Högskola
- 104 Gullbergsvass dagvattenpumpstation
- 105 Mölndals vattenverk
- 106 Torpagatans brandstation
- 107 Partille avloppspumpstation
- 108 Lärje vattenintag
- 109 Kärna avloppsreningsverk
- 110 Säve flygplats
- 111 Torslanda flygplats
- 112 Rya avloppsreningsverk
- 113 Angered

AVRINNINGSOMRÅDEN

- A. Bergsjön
- B. Åkered

KRITERIER FÖR UTPLACERING AV NEDERBÖRDSMÄTARE

1. Vindskyddat och så att störande virvlar ej uppstår, t.ex. en plats där man vet att snötäcket brukar vara jämnt.
2. Ej föremål närmare än två gånger föremålets höjd.
3. Plan yta; ej i närheten av sluttning eller kulle.
4. Helst så lågt som 30 cm.
5. På en plats där mätaren kan få stå under samma betingelser under överskådlig tid.
6. På en plats där mätaren är så skyddad som möjligt för mänsklig eller annan åverkan.
7. Marken bör vara grästäckt eller grusad, ej hårda ytor av typ betong (Vid lågt placerade mätare).
8. Helst placering så att det finns möjlighet att dra fram elektricitet för uppvärmning av mätaren.

Referenser:

- (1) Handbok för väderleksobservatörer.
SMHI medd. Serie E nr 9.
- (2) Guide to meteorological instrument and observing practices.
WMO No 8 TP. 3.





**GÖTEBORG
MED OMGIVNINGAR**

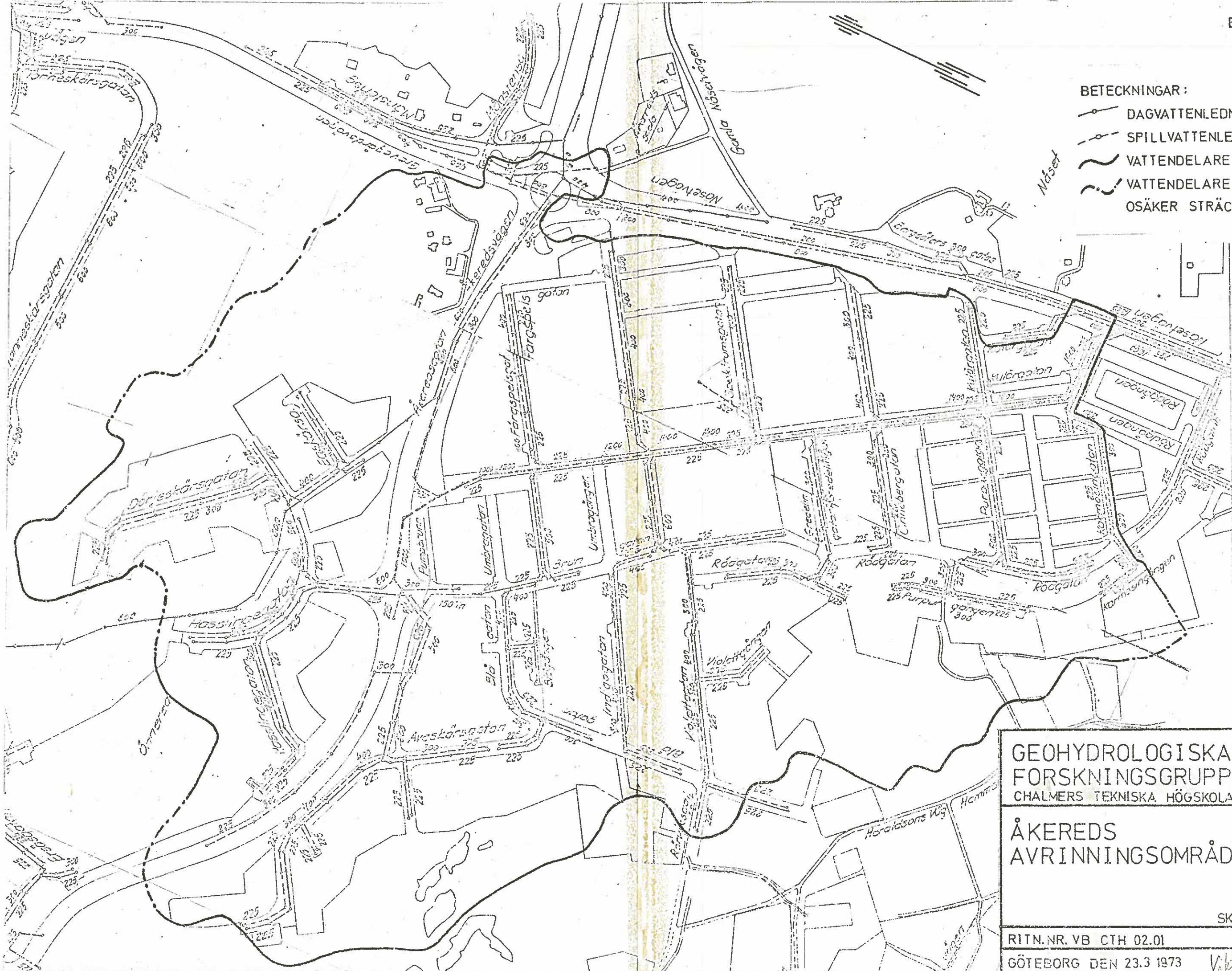
KARTFÖRFASSARE: P. LUNDQVIST
KARTFÖRFASSARE: P. LUNDQVIST
KARTFÖRFASSARE: P. LUNDQVIST
KARTFÖRFASSARE: P. LUNDQVIST



GAMLA
NEDERBÖRDS-
STATIONER

- 001. Masthugget
1902 - 1958
- 002. Lundby
1920 - 1955
- 003. Landala
1913 - 1962
- 004. Gullbergsvass
1897 - 1963
- 005. Barlastplatsen
1917 - pågår

- BETECKNINGAR:
-  DAGVATTENLEDNING
 -  SPILLVATTENLEDNING
 -  VATTENDELARE
 -  VATTENDELARE VID OSÄKER STRÄCKNING



GEOHYDROLOGISKA
 FORSKNINGSGRUPPEN
 CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
 ÅKEREDS
 AVRINNINGSOMRÅDE

SKALA 1:4000
 RITN.NR. VB CTH 02.01
 GÖTEBORG DEN 23.3 1973 *Viktor Brund*

LÄGESRAPPORT DELPROJEKT 2

DAGVATTNETS SAMMANSÄTTNING OCH DESS VARIATION

I syfte att i enlighet med målsättningen klargöra dagvattnets sammansättning från olika miljötyper samt sammansättningens variationer under olika avrinningsfaser har i första hand tre områden utvalts - två bostadsområden och ett industriområde. De tre områdena är Östra Bergsjön, Åkered och Högsbo industriområde (bilaga 1.1.)

Områdesbeskrivning

Östra Bergsjön

Bergsjön är ett ~18 ha stort område, bebyggt med flerfamiljshus. Området är relativt bergigt. Dagvattenflödet från området kan mätas med en överfallsdamm vid dagvattenledningens utlopp.

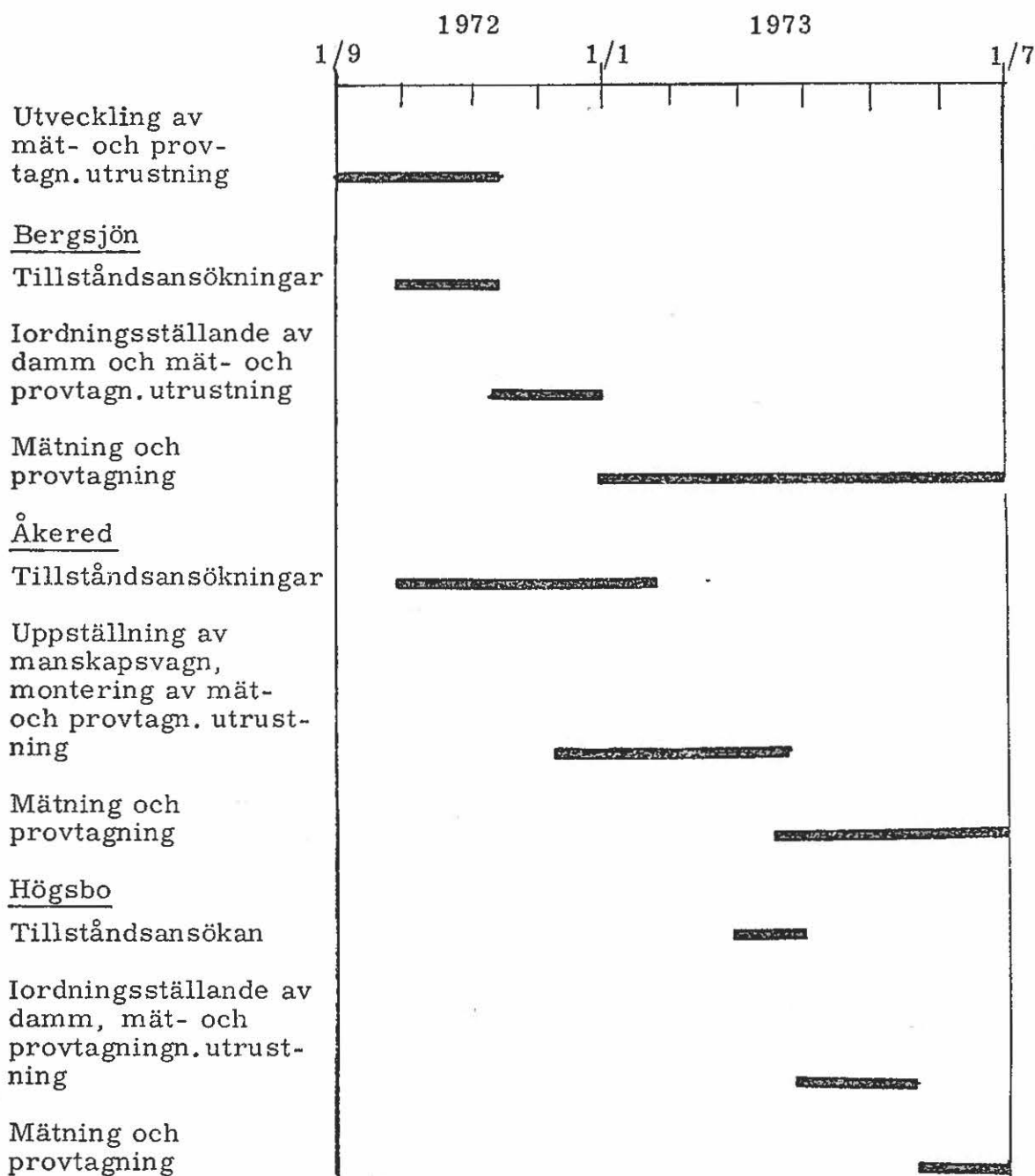
Åkered

Åkered är ett ca 78 ha stort område med småhus med stor andel eluppvärmning. Halva området är ett flackt lerområde och andra halvan är kuperad bergsterräng. Flödesmätningen planeras här att utföras medelst spårämnesteknik.

Högsbo industriområde

Området är ungefär 53 ha stort och består av blandad industri. Flödesmätningen kan utföras med en överfallsdamm.

Undersökningens omfattning under perioden 1/9 1972 - 1/3 1973
och dess fortsättning under tiden 1/3 - 31/6 1973



Hittills utfört arbete

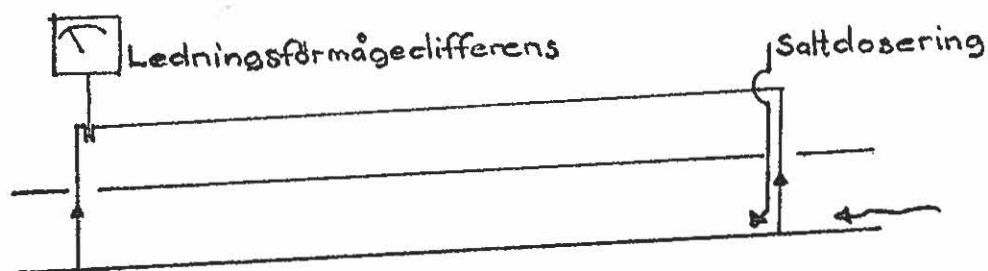
Provtagningsutrustning

Automatisk provtagningsutrustning för insamling av vattenprover efter olika tider har utvecklats och konstruerats.

Provtagningsutrustningen består av i princip tre huvuddelar - en pump med provtagare, styrutrustning för inställning av provtagningshastighet och en provsamlare med möjlighet för insamling av 30 stycken vattenprover med 2 liters volym. Med utrustningen kan prov insamlas under en tidsperiod mellan 1 minut och 3 timmar, vilket betyder provtagningstäthet av 1 prov per minut resp. 1 prov per 6 minuter. Provtagningsutrustningen startas med reglerbar fördröjning i förhållande till provtagningspumpen, då vattenståndsförändringen i dagvattenledningen uppgår till ett på förhand bestämt värde.

Utrustning för flödesmätning

För flödesmätning inuti dagvattenledningar (Åkered) har användning av spårämnesteknik planerats. En utrustning som bygger på användning av salt har därför konstruerats. Mätningen sker genom att en saltlösning med känd koncentration doseras med konstant kapacitet i dagvattenflödet.



Dagvattnets ledningsförmåga förändras vid regn och för att ta hänsyn till denna förändring och motverka felaktigheter vid mätningen mätes differensen i ledningsförmåga mellan ursprungligt och salttillsatt dagvatten. Mätningen sker ett visst antal meter - beroende av ledningsdimension - nedströms doseringspunkten. Erhållet mätvärde är proportionellt mot vattenflödet. För att täcka ett brett ledningsförmågeintervall användes en speciell mätvärdesomkopplare och en flerpunktsskrivare vid registreringen. Avsikten är att kontrollera metoden med andra typer av spårämnen.

Undersökning i Bergsjön

Provtagning har i Bergsjöområdet pågått ett par månader. Erhållna prover har analyserats efter de tidigare erfarenheter som erhållits från undersökning inom ett trafikområde (P. Lisper). Analyserna har omfattat bestämning av:

KMnO₄-förbrukning
Suspenderat material
Avsättbart material
pH-värde
Ledningsförmåga

Ovanstående analyser utföres på samtliga prov. Dessutom utföres nedanstående analyser på ett begränsat antal prov.

Järn
Fosfor
Kväve
Sulfat
Olja
Hårdhet
Torrs substanshalt
Glödgningsrest
Bly
Koppar
Zink
Temp.

Erhållet material är ännu mycket begränsat, varför inte ens någon preliminär utvärdering kan göras.

Undersökning i Åkered

Undersökningarna i Åkered har blivit något fördröjda på grund av tillståndsfrågor om uppsättning av manskapsvagnar för provtagnings- och doseringsutrustning. Mätningarna beräknas dock kunna starta i mitten av mars månad.

Undersökning i Högsbo

Som framgår av tidsplanen beräknas mätning och provtagning starta under maj månad.

LÄGESRAPPORT DELPROJEKT 3

GRUNDVATTENBALANS - GRUNDVATTENBILDNING

Målsättning

Den planerade forskningsuppgiftens mål är att beskriva grundvattnets bildning, strömning samt dess samspel i jord och berg och att på basis av funna resultat söka fastlägga de geohydrologiska parametrar, som kan behövas vid utredning av de byggnadsgeologiska förutsättningarna inom ett område.

Omfattning

Forskningsuppgiften är planerad att omfatta:

1. Utredning av olika tektoniska zoner och berggrundenheters permeabilitet och grundvattenkapacitet.
2. Utredning av olika jordlagers permeabilitet och grundvattenkapacitet.
3. Utredning av de olika förutsättningarna för grundvattenkommunikation jord - berg.
4. Sammanställning av de faktorer, som reglerar grundvattenbalansen i grunden.
5. Påverkande faktorer och den areella utbredningen av grundvattenstryckfall i lösa avlagringar orsakat av dränering av berggrundvattnet. Ex. omkring en tunnel.

Nuläget

Arbetet med forskningsuppgiften har bedrivits sedan 1 oktober 1972. Inför sammanställningen av denna lägesrapport kan endast resultat av genomförda delutredningar redovisas. Försöksområdets topografi och geologi har givits en kortfattad presentation. Med ledning av mätdata och insamlade uppgifter från de fortsatta undersökningsborrningarna kommer förnyade analyser att göras vid upprepade tillfällen. Målsättningen med de inledande undersökningarna var att försäkra sig om att ett lämpligt

försöksområde kan upprättas. Detta har också visat sig vara fallet i försöksområde B (se karta nr 1) väster om Gunnareds gård. Efter-
som berggrunden här är genomdragen av tunnlar kan sprickmönstret
följas upp på djupet varigenom en avsevärt säkrare information er-
hålles än om den endast erhöles genom borrhning.

Geologi och topografi

Gunnaredsområdet utgöres av en lerslätt, ungefär 60 - 70 m över havet, som ansluter till ett antal bergknallar och mindre bergryggar. I delområde B till vilket intresset nu koncentreras ansluter lerslätt-
ten till sydsidan av ett sådant bergområde.

Berggrunden (se SIB 1. 6. 1970) utgöres dels av grå, basisk gnejs, dels gråröd, intermediär - sur gnejs (se karta nr 4). Det dominerande bergartsledet utgöres av den grå medelkorniga, basiska gnejsen, som stundtals övergår i helt amfibolitiska typer. I hela bergartsmassan återfinnes smala stråkviss inlagrade, intermediära och saliska led. Bergarterna ger mikroskopiskt ett relativt friskt intryck.

Huvuddragen av de tektoniska förhållandena framgår av karta nr 5. Denna strukturbild har uppkommit genom att deformationskrafterna verkat under två principiellt olika betingelser, nämligen under en första fas då berggrunden reagerat plastiskt och under en andra, då den varit mer eller mindre rigid.

Jordarterna i området utgöres främst av lera, som till stor del ansluter direkt till berggrunden. Denna lera underlagras delvis av friktions-
jordarter med en mäktighet som kan uppgå till några meter. Lager-
följden är för närvarande föremål för förnyad analys och ytterligare information kommer att växa fram allteftersom projektet framskrider. Redan nu kan emellertid konstateras att leran i detta område vanligen är högkonsoliderad och mörkt brungrå till grå. Inom hela Angeredso-
området tycks det i leran förekomma talrika moskikt av växlande tjocklek från mindre än en mm till några cm. Invid bergklackarna tycks emellertid stora skillnader föreligga i detta avseende mellan olika delområden. Förklaringen till detta torde vara att sedimenta-
tionsmiljön invid bergklackarna varit högst olika. Det bör i detta sam-
manhang observeras att området är beläget på en nivå relativt nära

den högsta nivå till vilken havet har nått och att en del bergklackar i omgivningen nått över denna, vilket har medfört ytterligare växlingar i sedimentationsmiljön.

Utförda undersökningar

Under oktober månad 1972 påbörjades fältundersökningar för att finna ett lämpligt försöksområde inom den på berggrundsindikationer tidigare angivna sektorn längs tunnlarna söder och öster om Kråkekullen och söder om Titteridammen. Det första delområdet som undersöktes är beläget omedelbart söder och sydsydöst om Gunnareds gård. Grundvattenförhållandena, berggrundstopografin och jorddjupet utreddes härvid så långt STEGA:s material tillät. I detta området genomfördes även seismiska och geoelektriska undersökningar, som ett led i undervisningen vid Göteborgs universitet, för att söka bestämma utbredningen av friktionsmaterial under lerlagret. Området synes nu emellertid mindre väl ägnat för vårt ändamål och har tills vidare övergivits.

Ett andra delområde, försöksområde B, 200 - 500 m väster om Gunnareds gård (se situationsplan, karta 1) undersöktes därför under november månad 1973. Detta område undersöktes preliminärt på samma sätt som det första men förundersökningen utvidgades här till att omfatta skruvborrningar och slagsondering (se karta 2 och ritning 2 - 4). Med ledning av de så funna preliminära resultaten genomfördes ett program för drivning av undersökningsrör. Arbetet måste modifieras något allt eftersom undersökningen framskred eftersom de funna resultaten avvek något från vad som förväntats med utgångspunkt från insamlade utredningar om området.

Undersökningsborrning (rördrivning) U1 - U7 har genomförts enligt följande: Nedtill öppna 2-tumsrör med nedersta metrarna av mantelytan perforerad har neddrivits med hejare. I röret inträngande jordarter har spolats upp och tillvaratagits om prover från skruvborrning på samma plats och nivå ej funnits. Infiltrationskapaciteten med sålunda utformade rör har bedömts för varje rörlängd (1,5 m).

Resultaten redovisas tillsammans med övriga observationer vid rördrivningsarbetet på ritning 5 - 8. Som avslutning av borrhingsarbetet har samtliga rörs funktion kontrollerats. Detta har tillgått så att röret blåsts ur med tryckluft och återhämtningen av vattennivån i röret har mätts. Resultaten framgår av diagram 1 - 4.

I de hål som uppstått efter skruvborrningen har i några fall PVC-rör nedförts för att på så sätt skapa ytterligare observationsmöjligheter beträffande grundvattenståndet. Det har härvid varit vissa svårigheter att å ena sidan försäkra sig om kommunikation med den grundvattenförande delen av jordlagerföljden och å andra sidan försäkra sig om god tätning mellan hålets väggar och rörets mantelyta. Mätvärdena från dessa grundvattenobservationsställen redovisas därför ej förrän säkrare information föreligger.

Grundvattenståndet har mätts varje vecka i undersökningsrören (se diagram 5 - 10). Mätningarna visar främst att det inom vissa delar av försöksområdet finns en grundvattennivå över bergytan. En närmare analys av grundvattenståndsfluktuationerna har ej ansetts befogad på grundval av den korta mätserie som stått till buds.

Litteraturundersökning. Syftet med litteratursökningen var att klargöra hur nedanstående hydrogeologiska förhållanden i ett område med lagerföljden: lera - eventuellt ett tunt lager friktionsjord - berg, av sprickig kristallintyp hade behandlats i litteraturen.

De förhållanden som skulle studeras var:

- a) vattenutbytet mellan det överlagrande lerlagret och den underliggande friktionsjorden, speciellt då artesiska förhållanden råder,
- b) vattenutbytet mellan jordlagren och underliggande berg,
- c) vattnets uppträdande i berg.

Förhoppningsvis skulle resultatet av litteratursökningen bli en kartläggning av vad som gjorts förut och vilka som sysslat med liknande eller närliggande problem, d. v. s. "läckning" mellan mer eller mindre täta jordlager samt hur vatten uppträder i berg av kristallin typ.

Referatorganen Science Citation Index och Engineering Index befanns täcka det aktuella ämnesområdet bäst. Nyckelbegrepp som beskriver delar av den ursprungliga frågeställningen är:

- "läckande akvifärer" (leaky aquifers, Jacob 1946)
- "akvitarder" (aquitards, De Wiest 1965), d. v. s. semipermeabla lager som begränsar akvifärer
- parametrar som beskriver akvifärer (såsom permeabilitet, hydraulisk konduktivitet, magasin-koefficient m. fl.) samt hur dessa kan utvärderas

- brunnar i jord och berg
- inläckningsförhållanden i tunnlar
- vattenflöden i berg i allmänhet
- modeller för grundvattenflöden
- sättningar orsakade av grundvattensänkningar
- instrument för mätning av trycknivåer hos grundvatten.

Litteraturen om "läckande akvifärer" och "akvitarder" har kunnat kartläggas relativt fullständigt, medan litteraturen på övriga områden endast har följts under åren 1969 - 1972.

Som resultat av litteratursökningen framkom att man idag i USA, Tyskland och kanske Sovjet är sysselsatt med forskning på områden som ligger nära eller utgör en del av det problemkomplex, som skisserats i målsättningen för vår forskningsuppgift.

Det som finns behandlat är matematiska lösningar av hur vattenutbytet sker mellan lager med olika permeabilitet och magasinskoefficient. Dessa lösningar har sedan tillämpats på olika jordlagerföljder.

För grundvattnets uppträdande i berg har ekvationer och beräkningsförfaranden presenterats för olika typer av bergmaterial. Dessa beräkningar bygger dock delvis på data om sprickornas utseende, så som sprickbredd, sprickans utsträckning i ett plan samt ett antal kända, klart definierade sprickplan.

Det är alltså möjligt att m. h. a. ovan nämnda forskningsresultat få en viss uppfattning om vilka parametrar som bestämmer grundvattnets strömning i jord och i berg. Det integrerade problemet, d. v. s. vad som händer i överlagrande jordlager då grundvatten pumpas bort från berget, tycks emellertid ej ha behandlats.

Pågående utredningsarbete

Utöver uppföljning av mätningarna i redan utförda grundvattenståndsobservationsrör genomföres för närvarande följande:

Utredning beträffande berggrundens tektonik och lämplig placering av bergborrhål inom det delområde som kommer att intensivundersökas.

Utredning beträffande lämplig placering av kompletterande grundvattenståndsrör i jord.

Fördjupat studium av litteratur.

Förberedelse för radiometriska bestämningar av porositet och vattenhalt i jordlagren mellan markytan och den aktuella grundvattenytan.

Uppföljning av undersökningarna av försöksområdet vid Östra Sjukhuset.

Planerat utredningsarbete

Fram till budgetårsskiftet kommer ovanstående utredningar att slutföras. De förberedande undersökningarna kommer att följas av borrhälsarbete i jord och berg samt borrhålsloggning. Under början av det nya budgetåret (73/74) kan de första provpumpningarna och spårämnesförsöken genomföras. Med ledning av resultaten härifrån kommer borrhälsprogrammet att kompletteras i såväl jord som berg.

Diskussion

Genomförandet av forskningsuppgiften "Grundvattenbildning - Grundvattenbalans" omfattar i första hand utredning beträffande samspelet berg - jord. Delprojektet ansluter således nära till den övergripande målsättningen "att kunna utvärdera och kontrollera grundvattenrubbingar i tätortsområden" som är syftet med det forskningsområde geohydrologiska gruppen vid Chalmers Tekniska Högskola, sektion V tagit upp.

I en sådan utvärdering av grundvattenbalansen inrymmes flera osäkra faktorer, som tydligen ej beaktats så länge grundvattenproblemen studerats med utgångspunkt från möjligheter till grundvattenförsörjning.

Beträffande vattnets uppträdande i berggrunden är våra kunskaper ej så detaljerade som beträffande dess uppträdande i friktionsjordarter. Det avgörande för stora och snabba grundvattensänkningar är förekomsten av markerade sprickzoner. Beträffande vattenbalansen måste sannolikt även stor betydelse tillmätas mindre sprickiga berggrundsenheter, som ej ger sig tillkänna genom dramatiska kaskader av vatten, i tunnlår och skärningar.

I berggrund präglad av olika tektoniska förhållanden blir möjligheten till strömning helt olika. Två ytterlighetsfall med en rad tänkbara övergångar kan föreligga vid en avsänkning av grundvattenytan.

- a). Berggrundvattnet sänks av mot den dränerande tunneln varvid avsänkningen omfattar hela det ovan liggande berget.
- b) Bergplintarna och sprickzonerna utgör från varandra skilda system. Detta tycks i viss mån vara fallet i Angeredsområdet. I ett sådant fall kan spricksystemet i bergplintens övre del vara vattenfyllt, trots att grundvattenytan sänkts av kraftigt i berggrunden under intilliggande dal. I ett fall på Hisingen har det genom borrning konstaterats att det mellan den övre vattenförande horisonten och den undre förekom sprickigt men torrt berg.

Spricksystemens olika utformning medför således att vattenbalansen i ett område påverkas högst olika vid ett ingrepp på bergplintarna. Möjligheten för utströmning av bergvatten från plintarna till intilliggande sediment är på samma sätt högst olika.

Beträffande de lerfyllda dalarna är förhållandena också osäkra med avseende på de hydrologiska parametrar som kan gälla för lagren. Det är ej möjligt att utan vidare göra jämförelser med exempelvis Stockholmsområdet, där sedimentationsförhållandena har varit annorlunda i de flesta bäcken. Dalgångarna är trängre och bergknallarna når ofta ovan högsta kustlinjen i Göteborgsområdet.

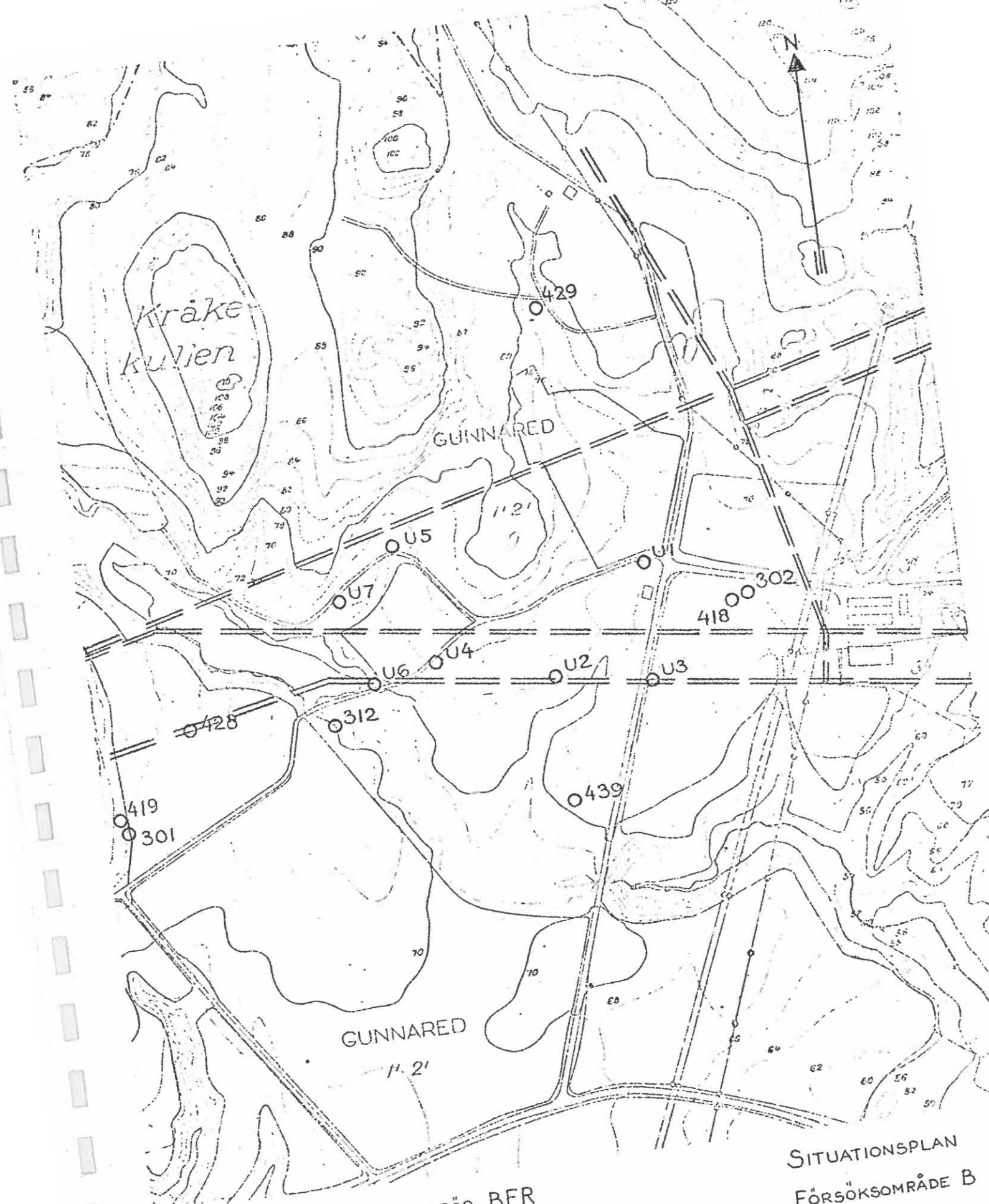
Det framgår även av den internationella litteraturen att tillämpningen av kända beräkningsförfarande ger missvisande värden då lagerföljden är växlande på så sätt som fallet är flerstädes inom Göteborgsområdet.

Så länge den naturliga vattenbalansen råder är det sannolikt att vatten i vissa fall rör sig från de högre belägna delområdena, d. v. s. bergplintarna ut i sedimenten, som kan karakteriseras som utströmningsområde. Vid en sänkning av grundvattentryckytan kan däremot en infiltration av nederbördsvattnen komma till stånd även i den lerfyllda dalgången. Om så blir fallet är i hög grad beroende på lagerföljden i sedimentationsområdet och dess kanter. Det är därför nödvändigt att även inom ramen för detta delprojekt studera vattnets uppträdande i zonen mellan markytan och grundvattenytan.

Det har under de gångna fem månaderna också beträffande de övriga projekten visat sig att de olika forskningsuppgifter, som anförtrotts den "geohydrologiska gruppen" vid CTH, alltmer kan länkas samman till en enhet.

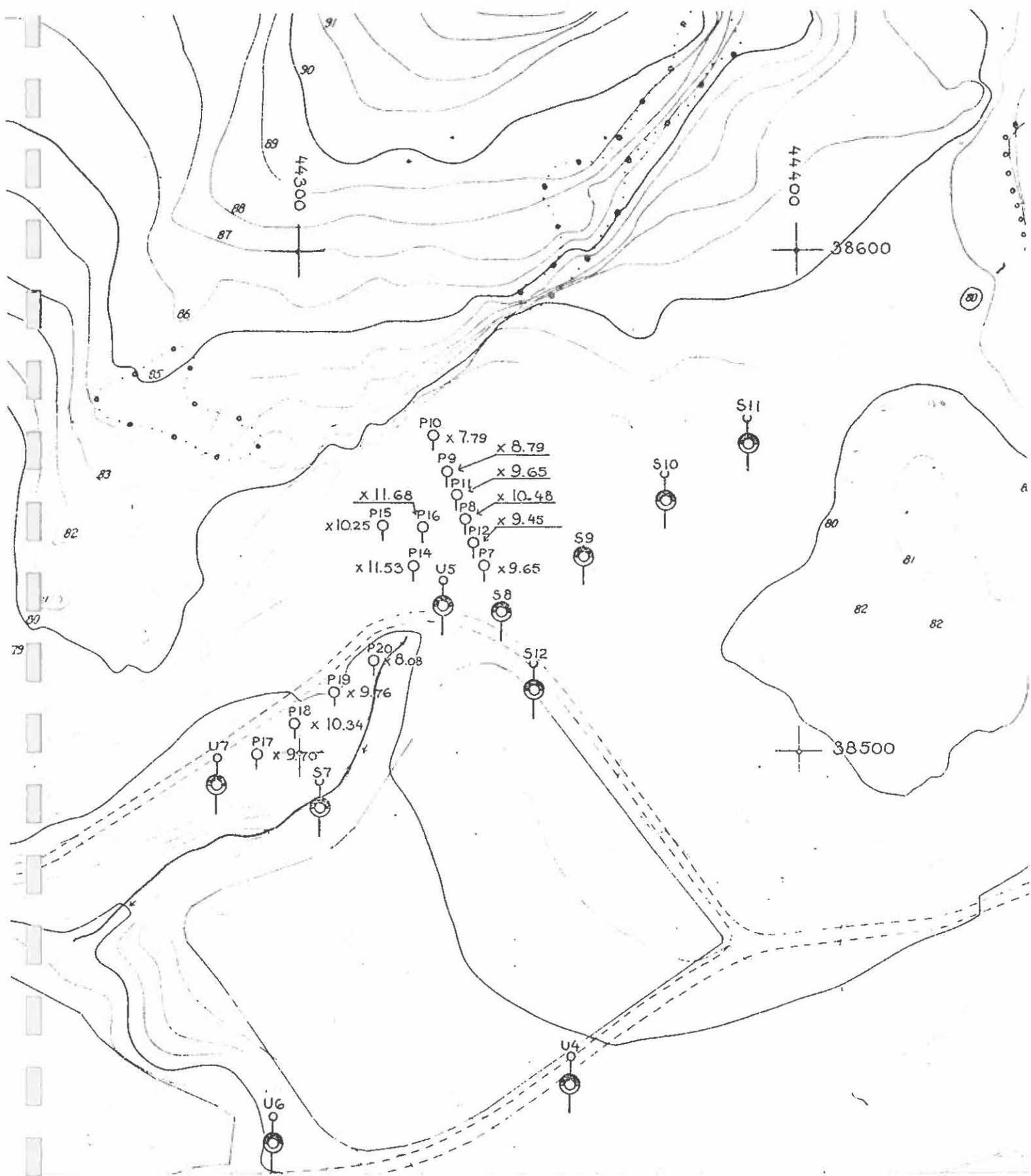
Förteckning över kartor, ritningar och diagram

Kartor:	Situationsplan	karta	nr 1
	Borrplan	"	" 2
	Berggrundstopografisk karta	"	" 3
	Bergartskarta	"	" 4
	Tektonisk översiktskarta	"	" 5
Ritningar:	Tunnelprofil Gemensamhetstunnel	ritning	" 1
	Skruvborrsektion S8 - S11	"	" 2
	Skruvborrprofiler S7, S12	"	" 3 - 4
	Undersökningsborrning profiler	"	" 5 - 8
Diagram:	Funktionskontroll U-rör	diagram	" 1 - 4
	Grundvattenstånd U-rör	"	" 5 - 10
	Nederbörd, Tolered	"	" 11



- U 1-7 UNDERSÖKNINGSRÖR BFR
- 301- BERGBORRHÅL STEGA
- 418- GRUNDVATTENOBSERVATIONSRÖR I JORD STEGA
- == TUNNELSTRÄCKNING

SITUATIONSPLAN
 FÖRSÖKSOMRÅDE B
 SKALA 1:4000
 KARTA NR. 1



BORRPLAN

P 7-12, 14-20 SONDERING MED SLAGBORRMASKIN TYP PIONJÄR

SKALA 1:1000

S 7-12 SKRUVBORRNING



U 4-7 HEJARSLAGNA UNDERSÖKNINGSRÖR

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN

DEN 1.3.1973

CTH

KARTA NR. 2.

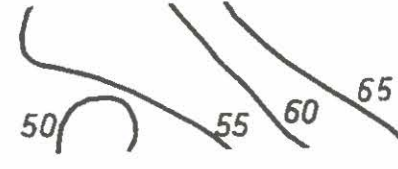
ANGERED CENTRUM

BERGGRUNDSTOPOGRAFI
KARTA ÖVER TUNNLARNA

SKALA 1:2000



STEGA
KARTA NR. 3



38830

44100

KRÅKEKULLEN

GUNNAREDS-
SLÄTTEN

G
B

GU
GÅ

38100

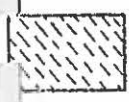
44750



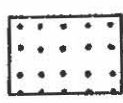
SLIRIG HORNBLÄNDEFÖRÄNDE GNEJS



GRÅ BASISK GNEJS



GRÅRÖD INTEREDIÄR-SUR GNEJS



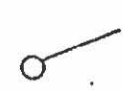
ÖGONGNEJS



PEGMATIT



FÖRSKIFFNIGSPANENS STRYKNING OCH STUPNING



STÄNGLIGHETENS STRYKNING OCH STUPNING

--- VÄGAR



SYDSVENSKA INGENJÖRS-
BYRÅN AB

KARTA NR 4

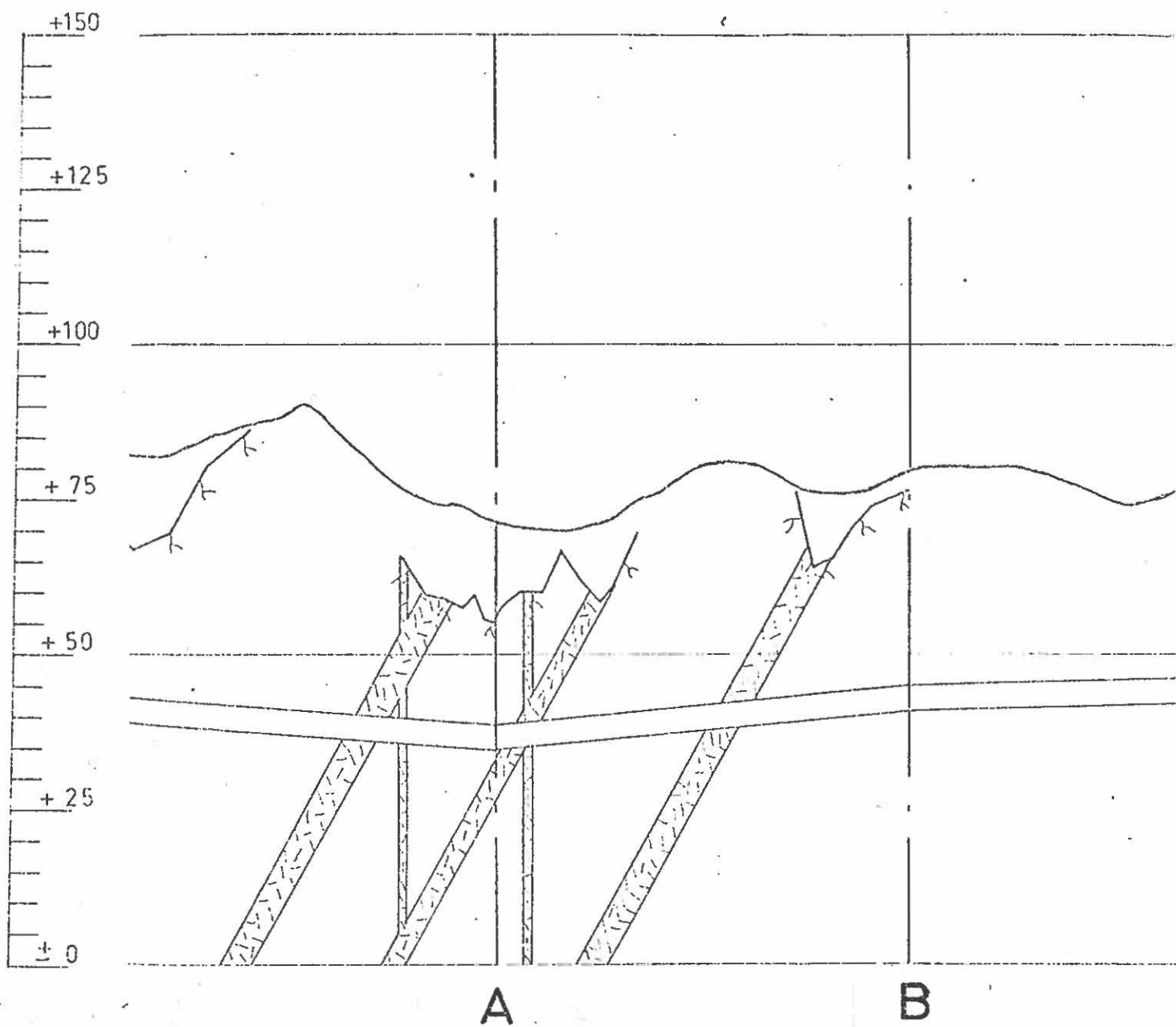


- BERG I DAGEN ELLER JORDDJUP $\le 1m$
- ÖVERSKJUTNINGSZON
- STÖRRE SKJUV-DRAGSPRICKZON
- MINDRE SKJUV-DRAGSPRICKZON
- GEMENSAMHETSTUNNEL

- SPILLVATTENTUNNEL
- DAGVATTENTUNNEL
- TRANSPORTORT

TEKTONISK ÖVERSIKTSKARTA
 SYDSVENSKA INGENJÖRSBYRÅN A
 KARTA NR.5



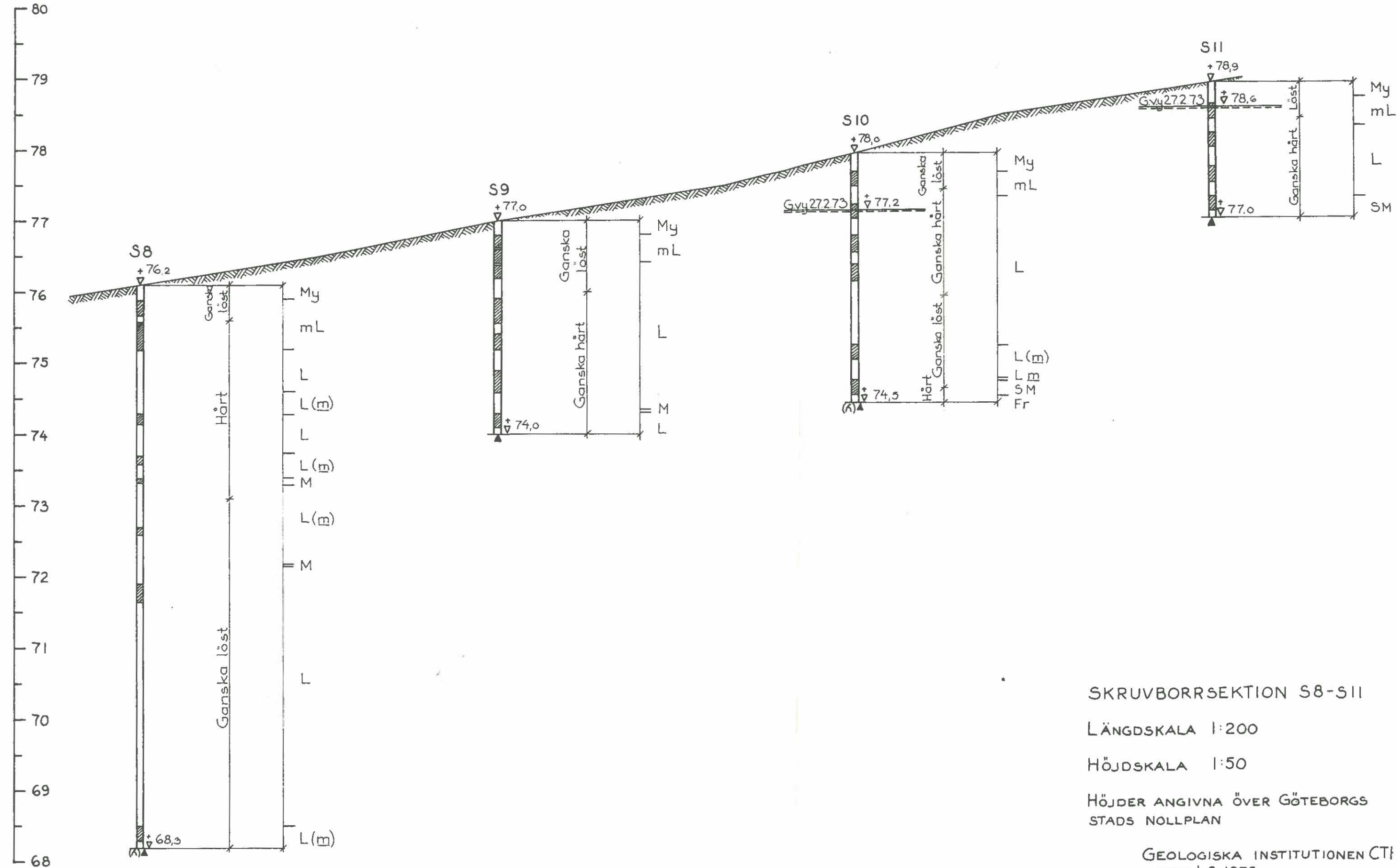


GÖTEBORGS STADS VA-VERK
 BERGTUNNLAR ANGERED ETAPP II
 GEOLOGISK-TEKTONISK UNDERSÖKNING
 TUNNELPROFIL ÖVER GEMENSAMHETSTUNNEL
 MED UNGEFÄRLIGT LÄGE PÅ STÖRRE TEKTONISKA ZONER.
 LÄNGDSKALA 1:4000
 HÖJDSKALA 1:1000

Göteborg den 1.6. 1970
 Sydsvenska Ingenjörbyrå AB

Ritning nr. I

plushöjd (m)



SKRUVBORRSEKTION S8-S11

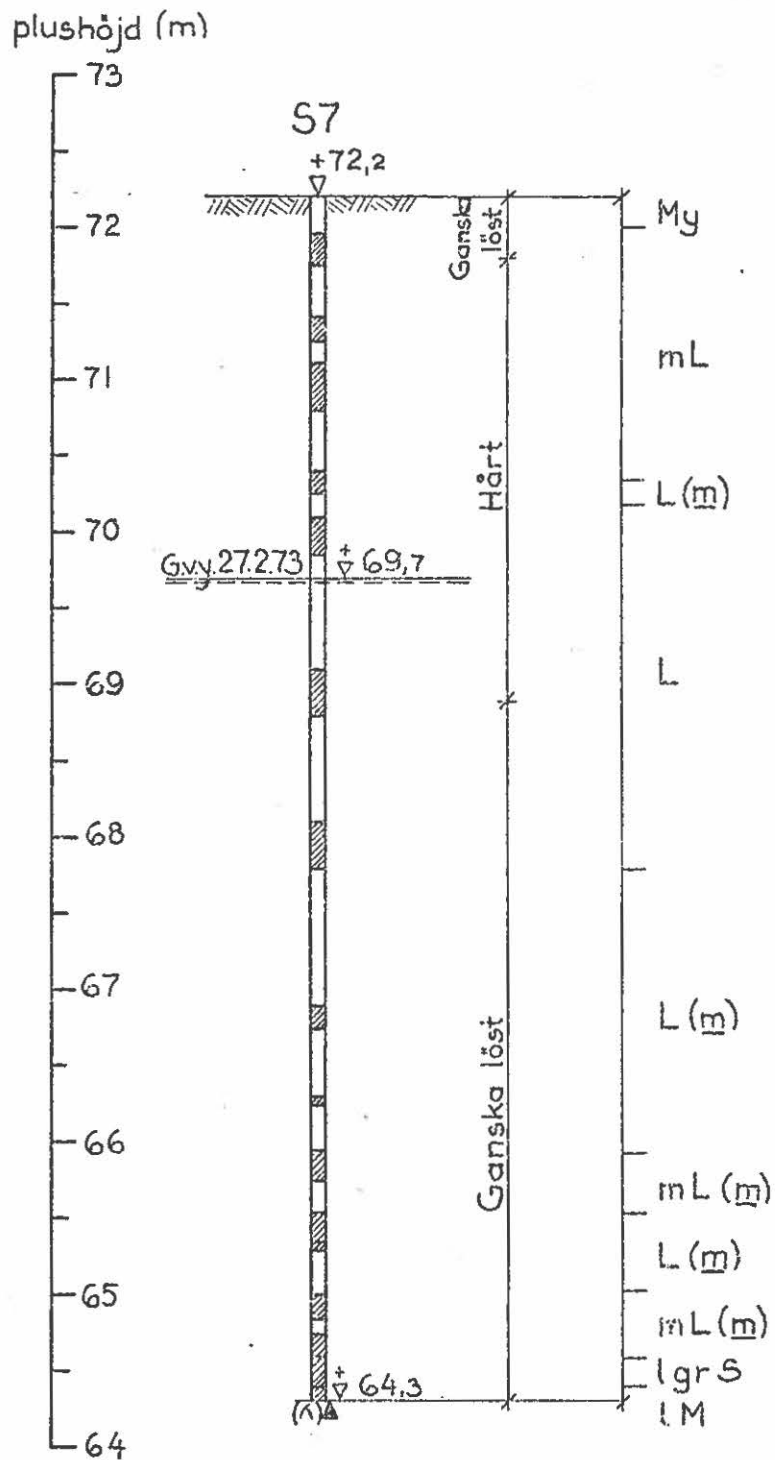
LÄNGDSKALA 1:200

HÖJDSKALA 1:50

HÖJDER ANGIVNA ÖVER GÖTEBORGS
STADS NOLLPLAN

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTI
DEN 1.3.1973

RITNING NR. 2



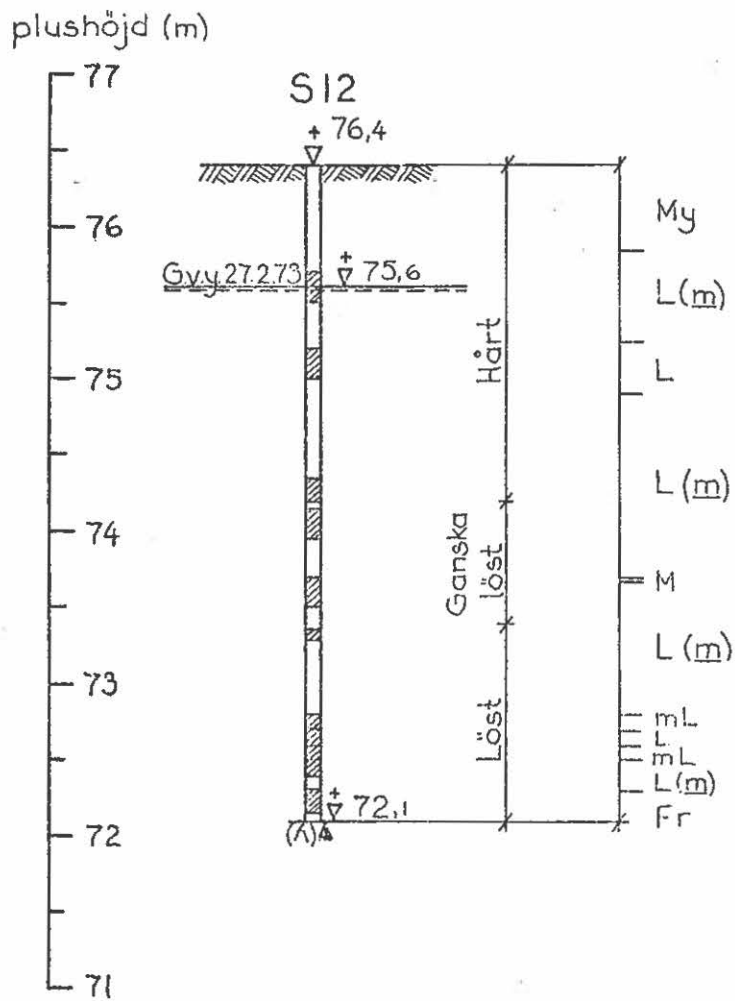
SKRUVBORRPROFIL S7

HÖJDSKALA 1:50

HÖJDER ANGIVNA ÖVER GÖTEBORGS
STADS NOLLPLAN

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DEN 1.3.1973

RITNING NR. 3



SKRUVBORRPROFIL S12

HÖJDSKALA 1:50

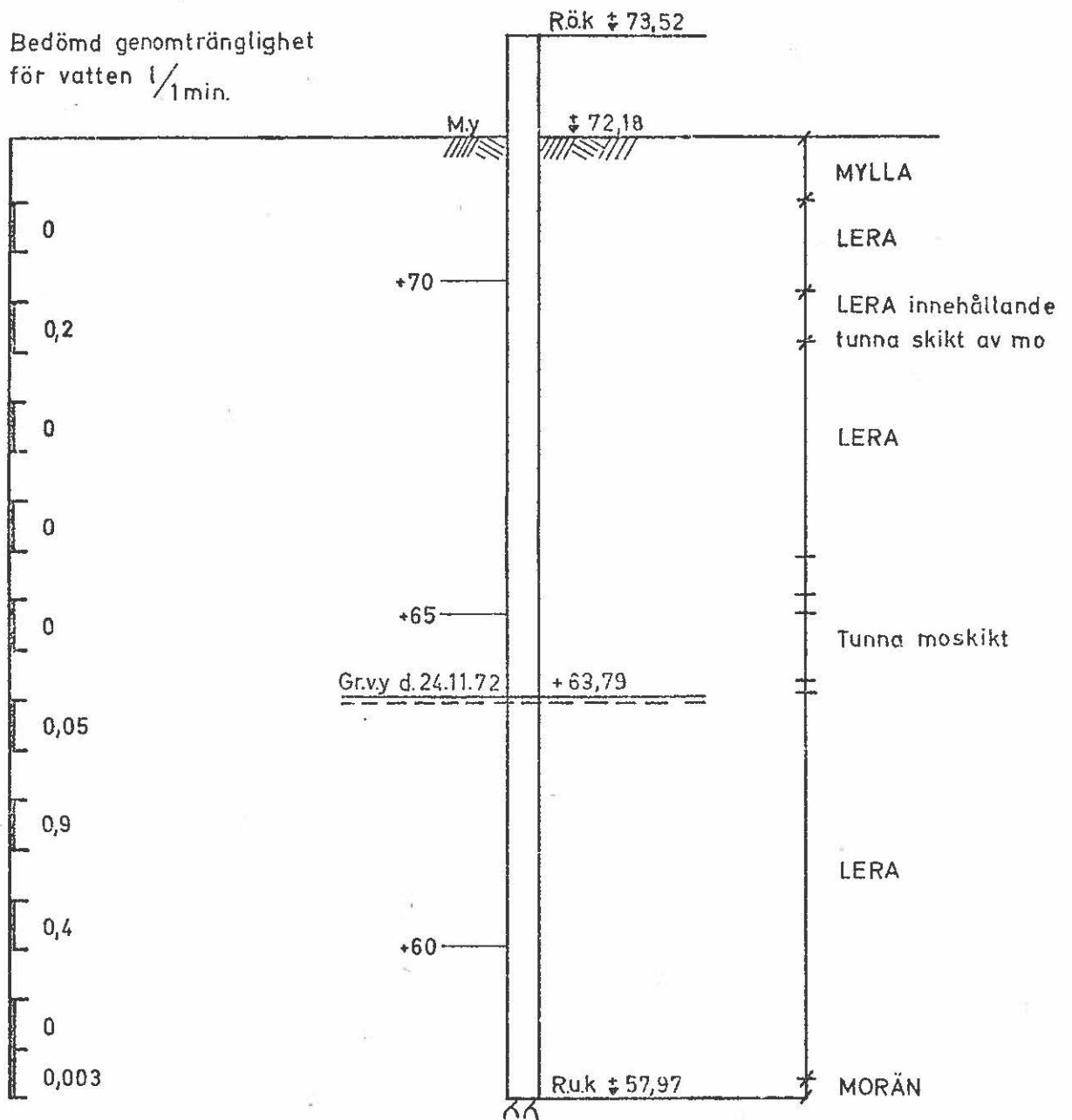
HÖJDER ANGIVNA ÖVER GÖTEBORGS
STADS NOLLPLAN

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DEN 1.3.1973

RITNING NR.4

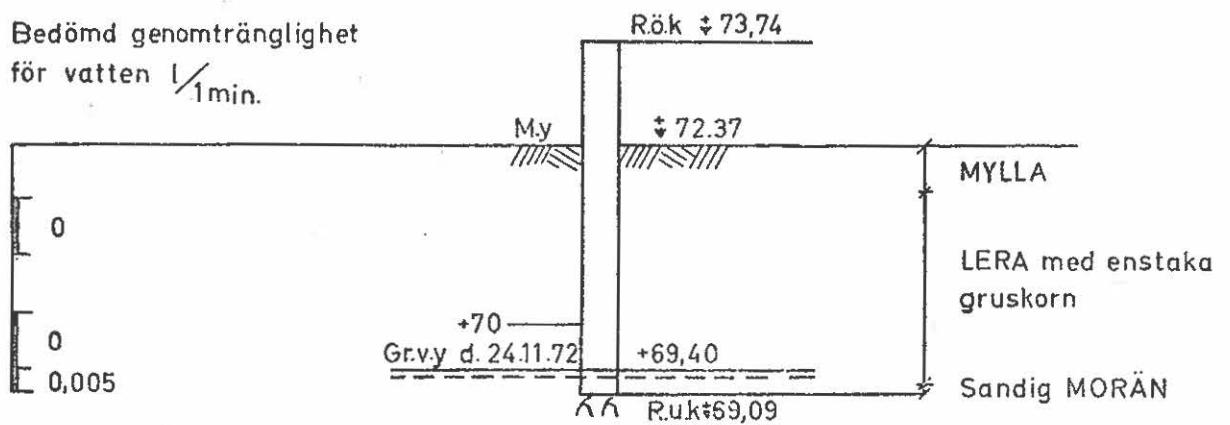
UNDERSÖKNINGSBORRNING

Borrhål U1



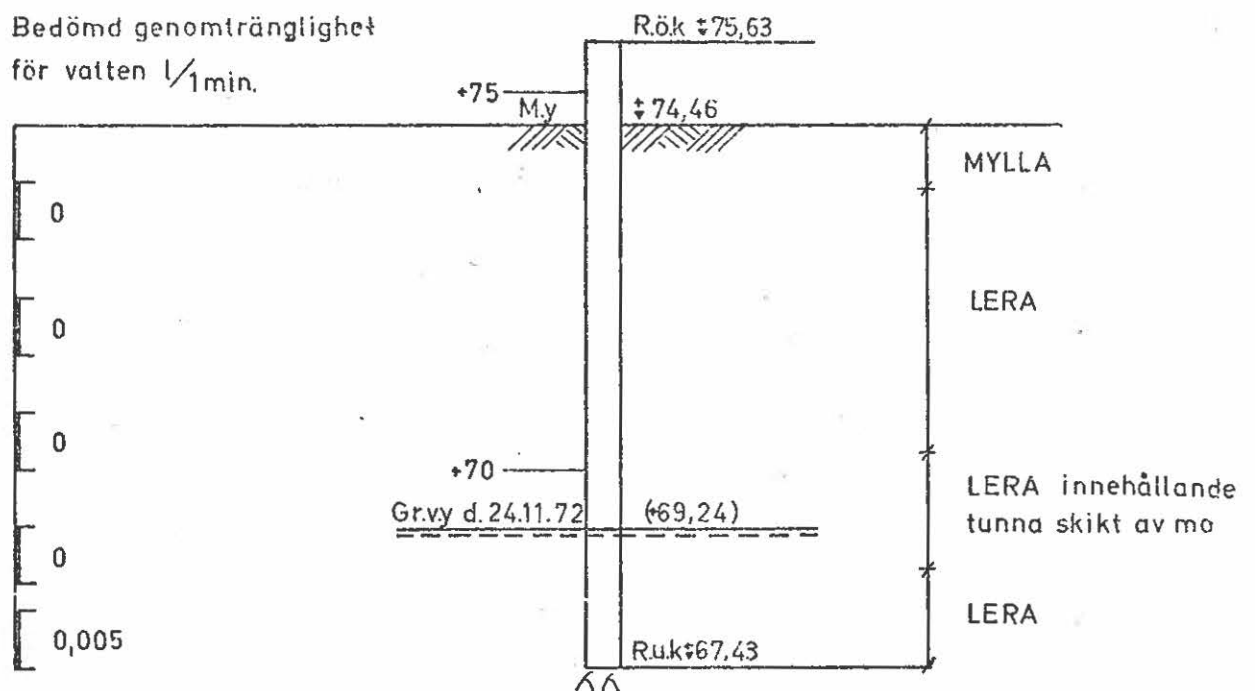
Borrhål U2

Bedömd genomtränglighet
för vatten $1/1$ min.

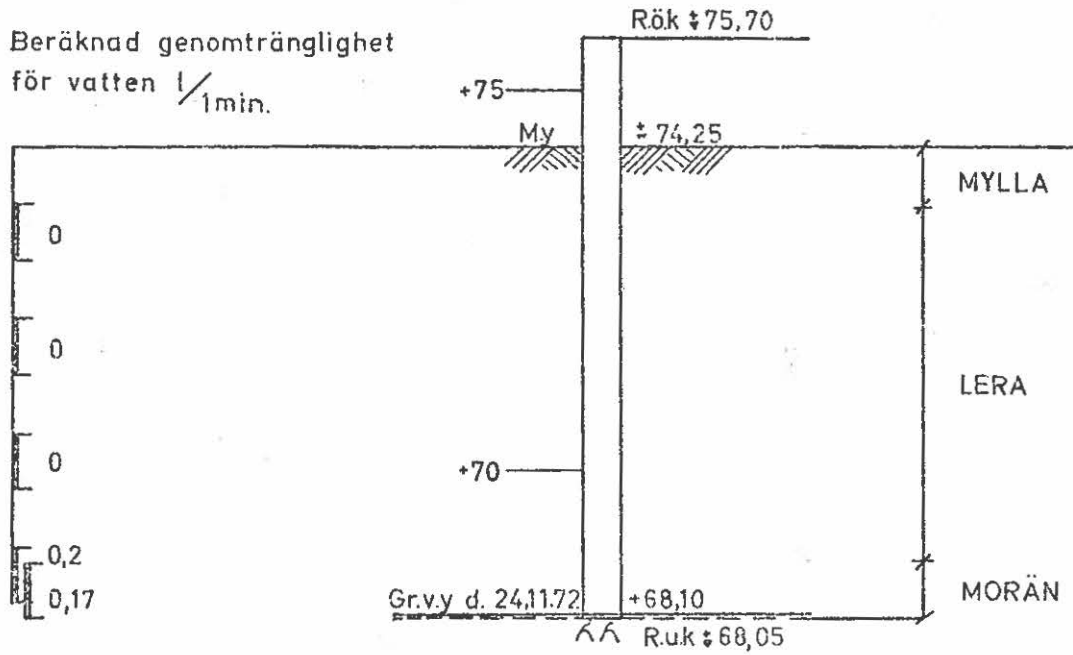


Borrhål U3

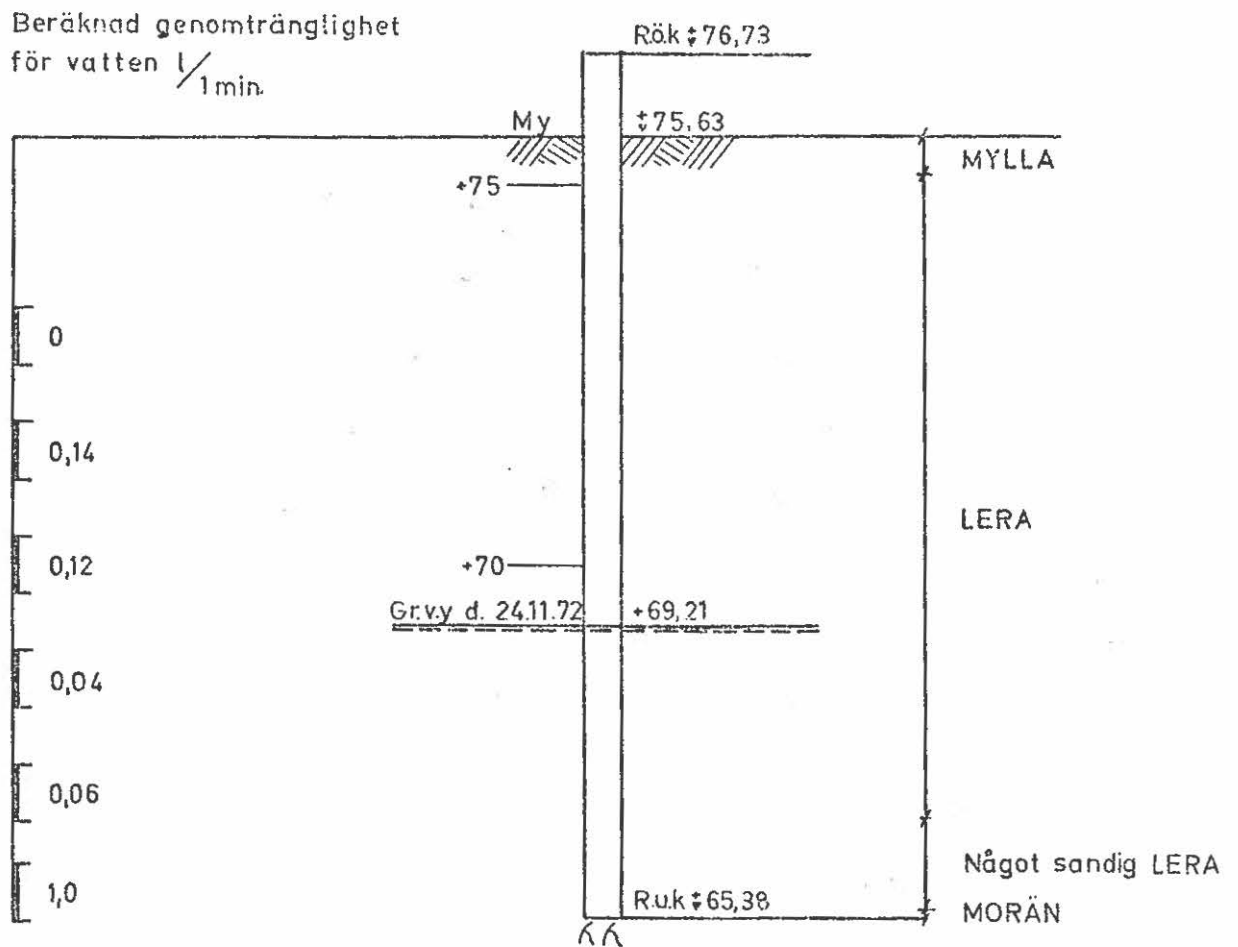
Bedömd genomtränglighet
för vatten $1/1$ min.



Borrhål U4

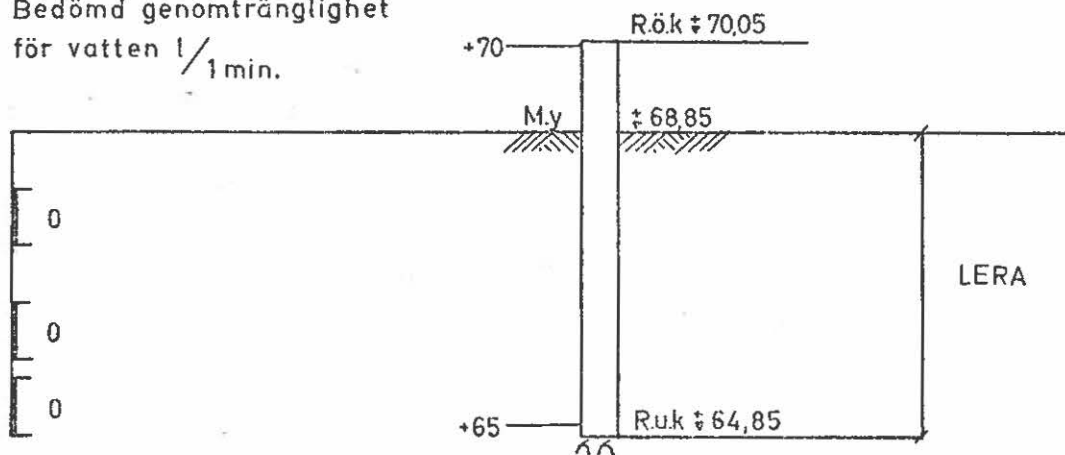


Borrhål U5



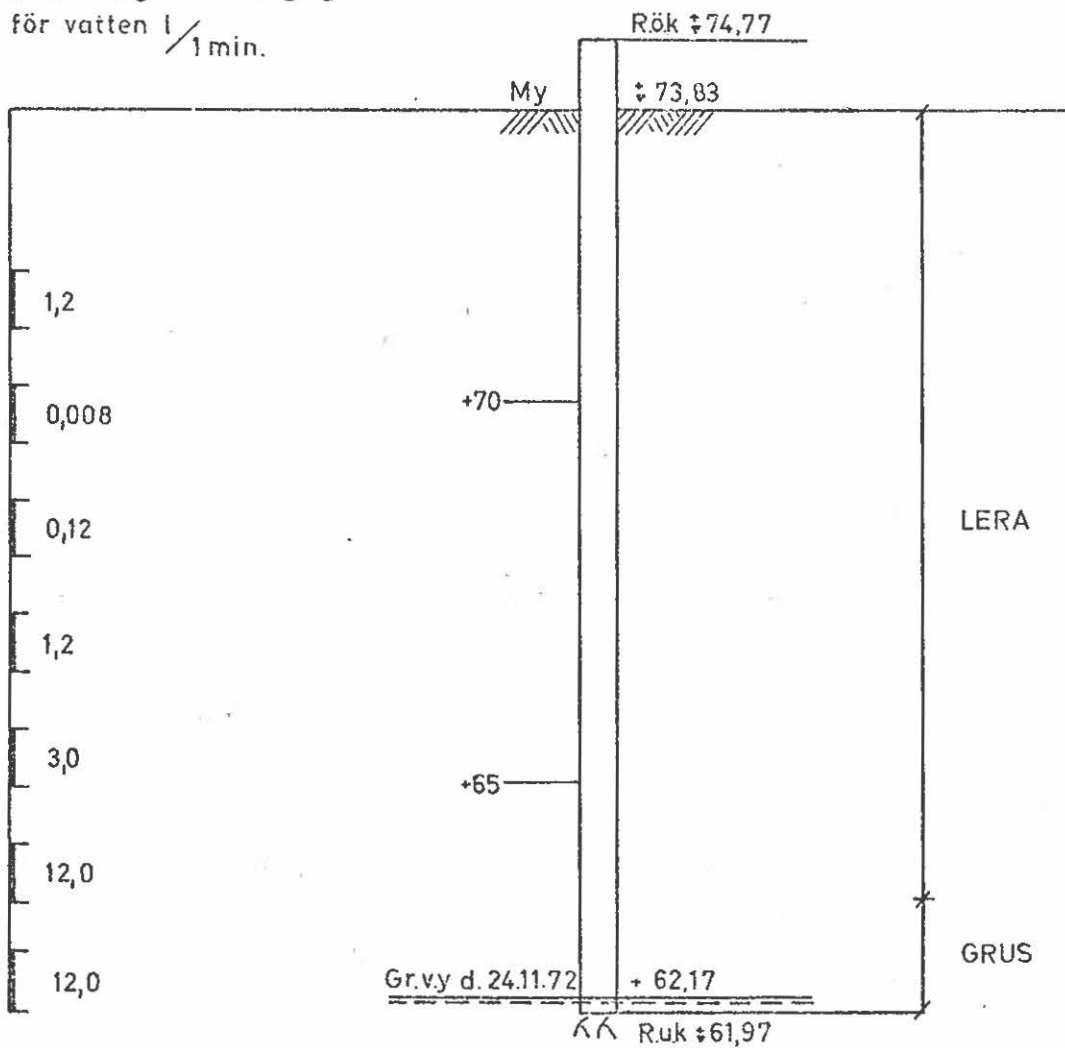
Borrhål U6

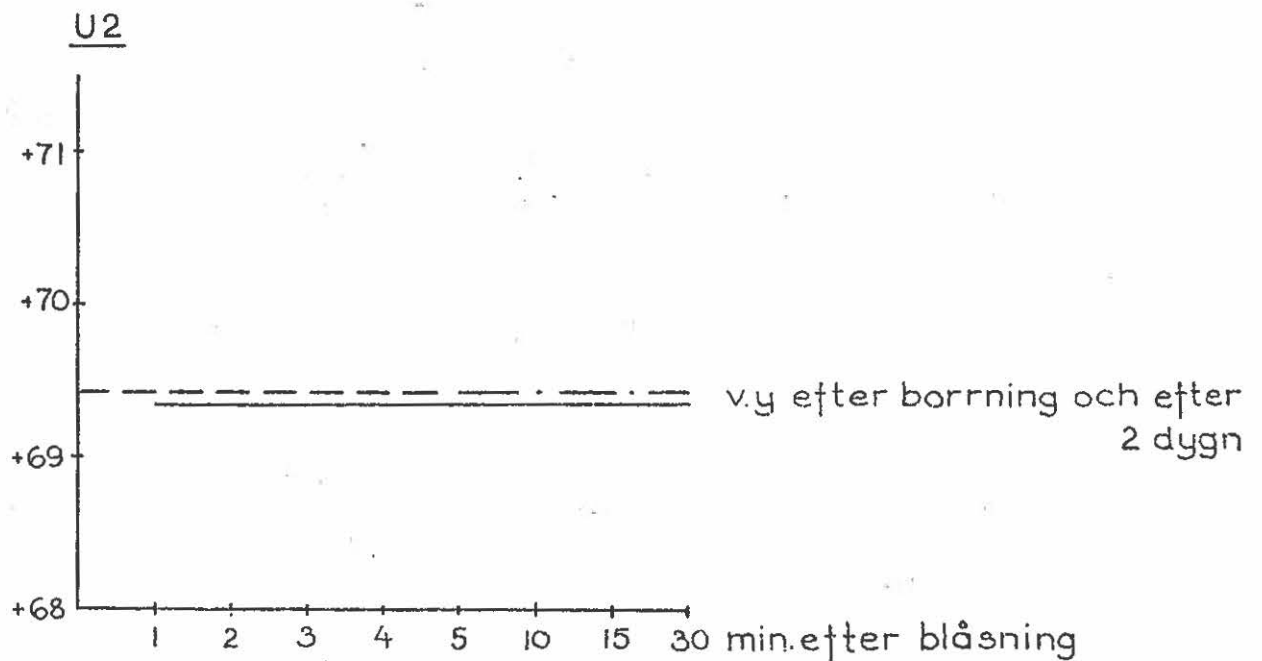
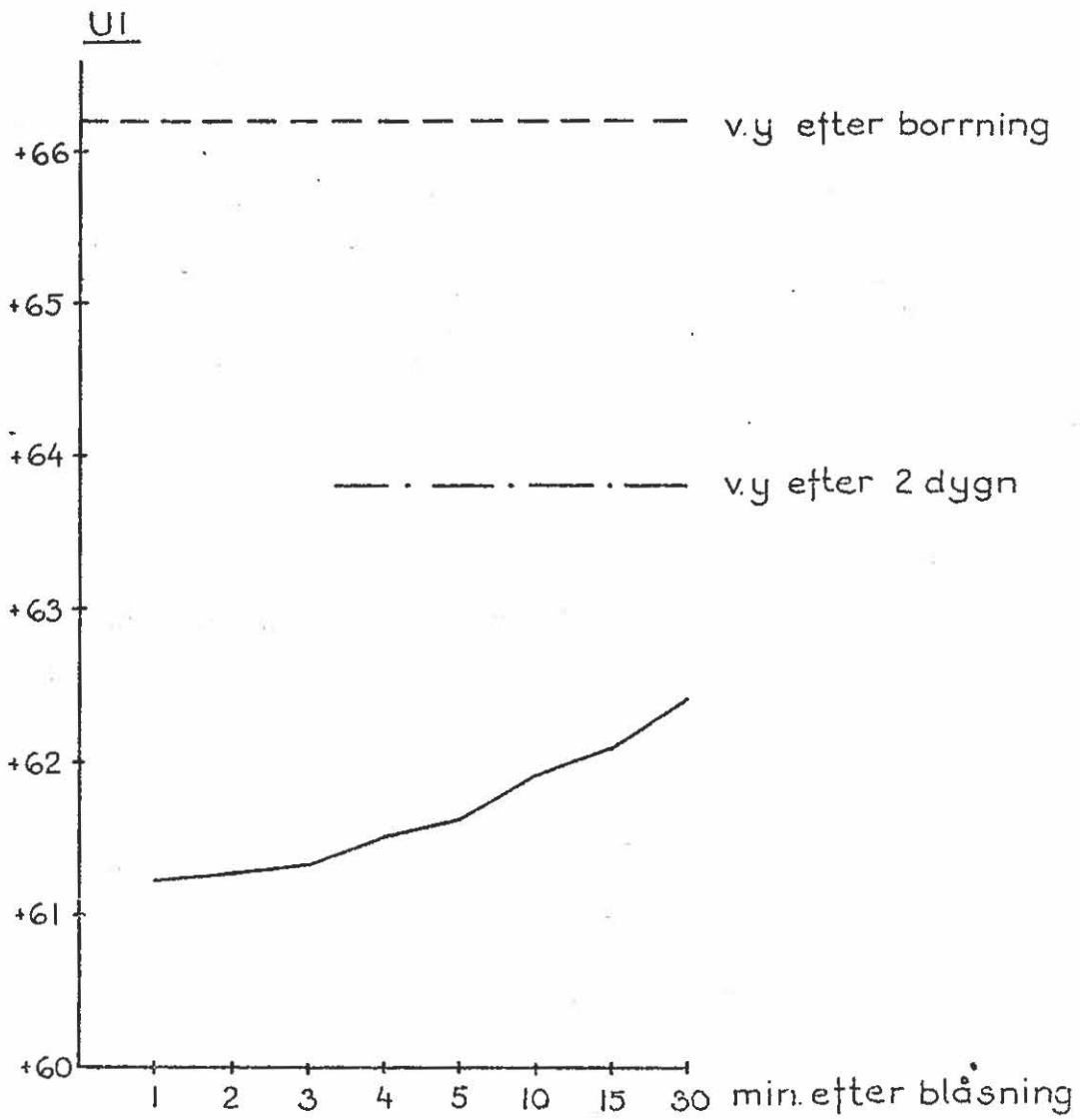
Bedömd genomtränglighet
för vatten l/1min.

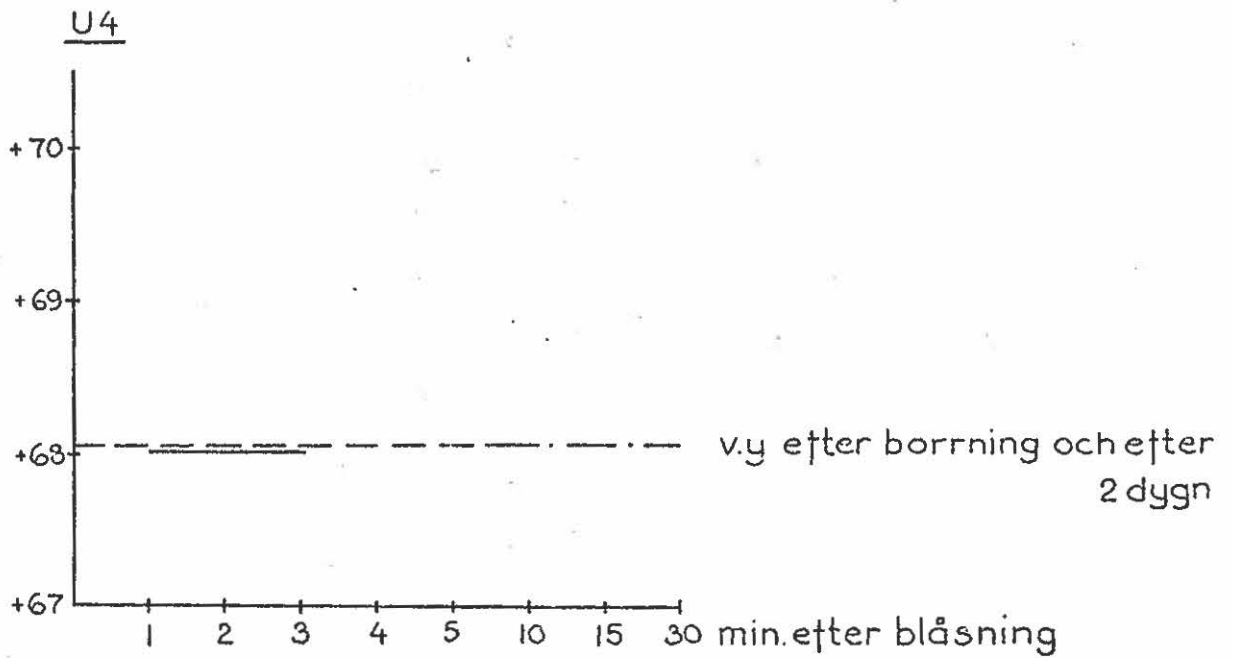
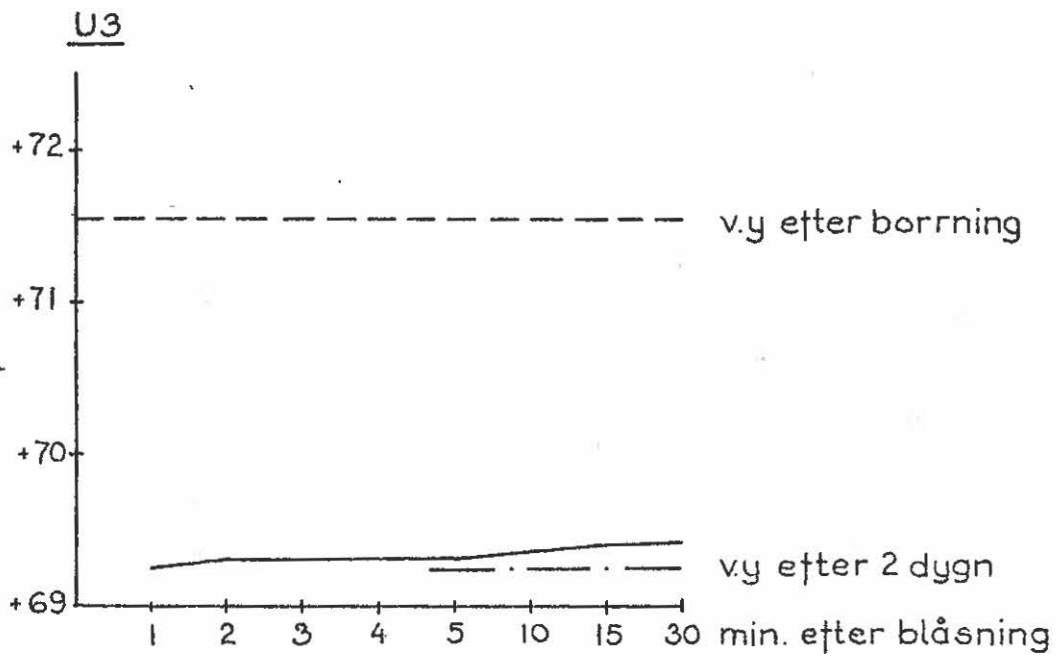


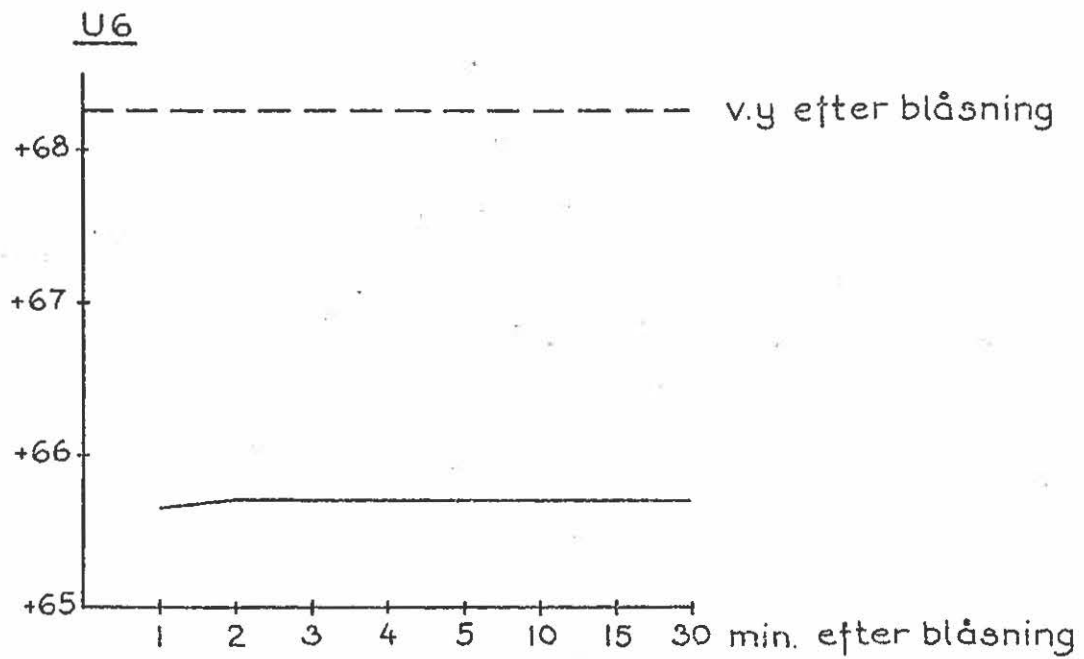
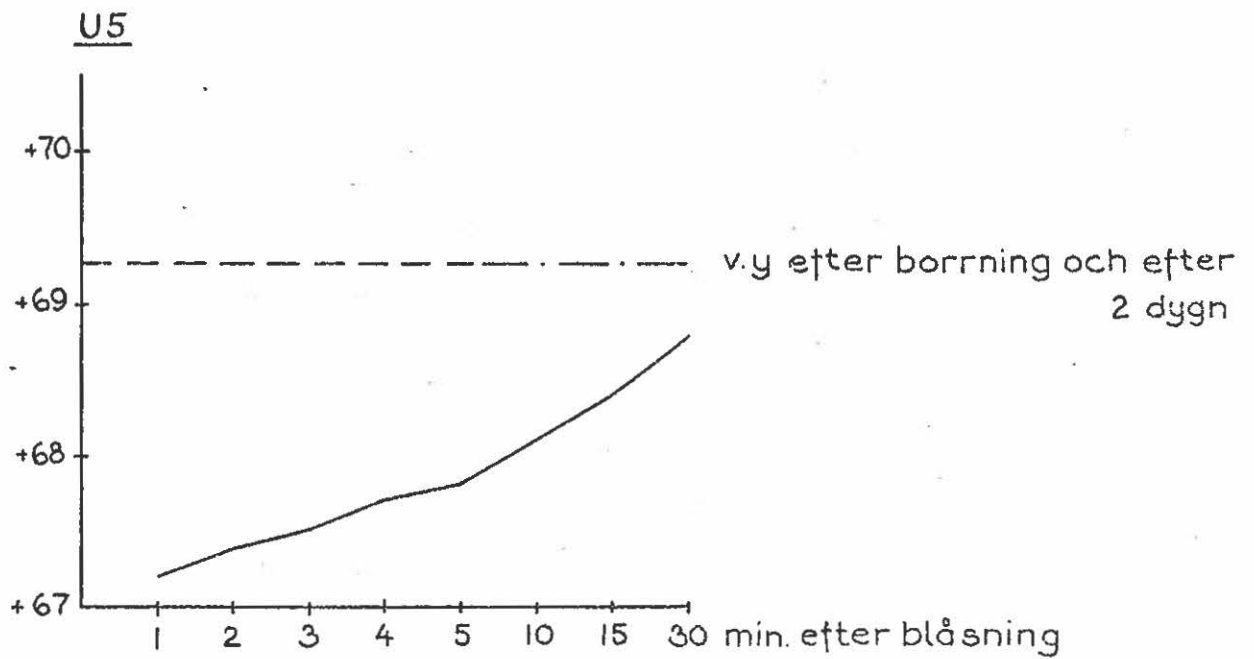
Borrhål U7

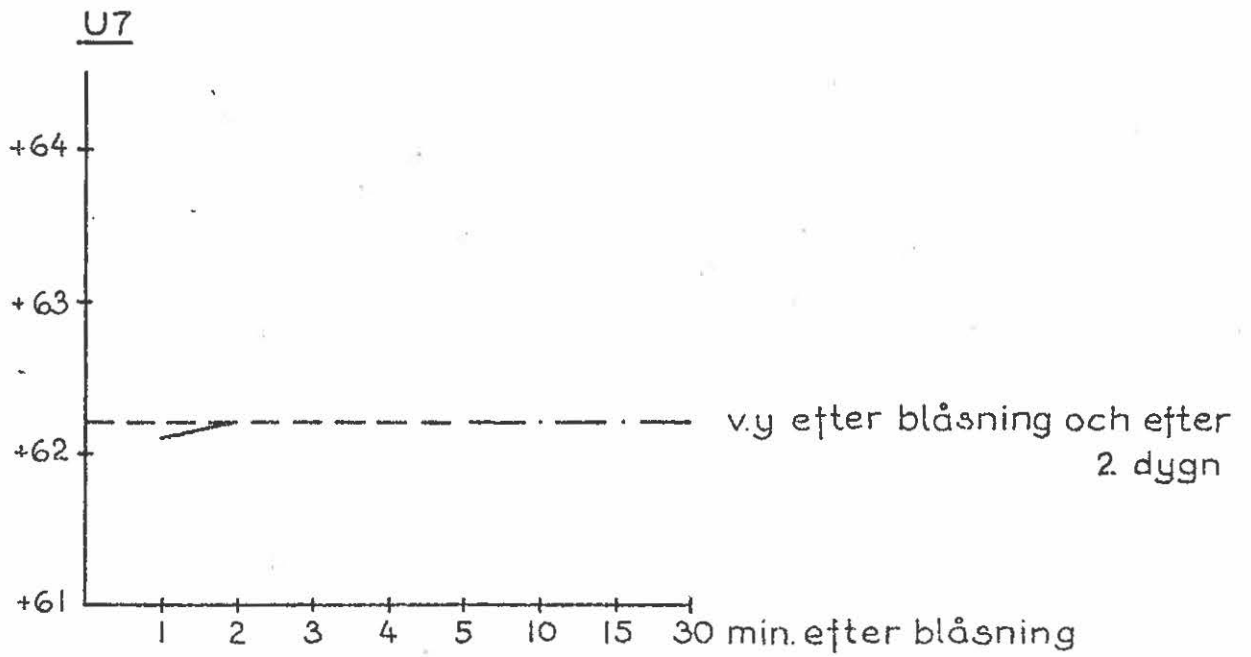
Bedömd genomtränglighet
för vatten l/1min.







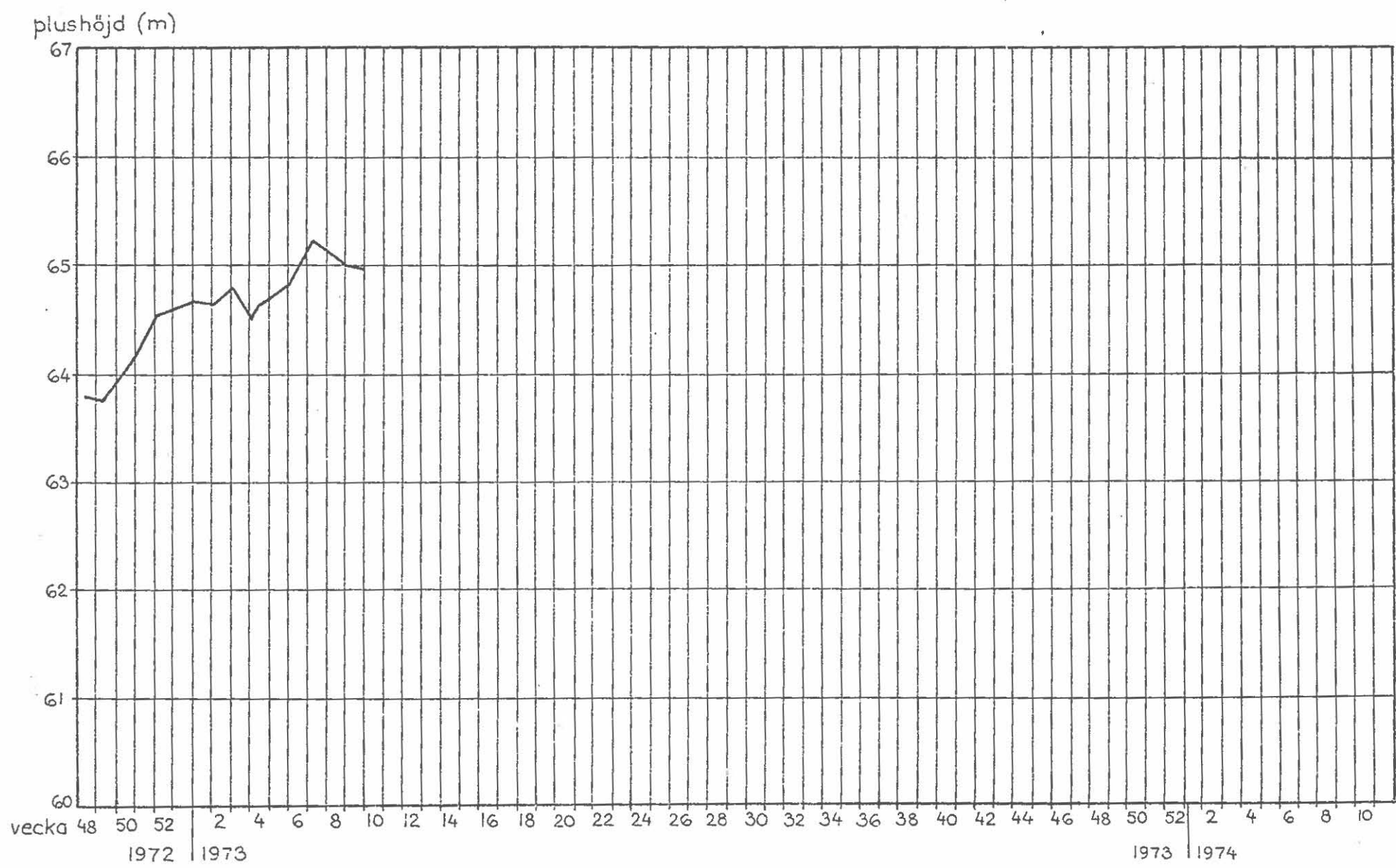




Geologiska institutionen CTH

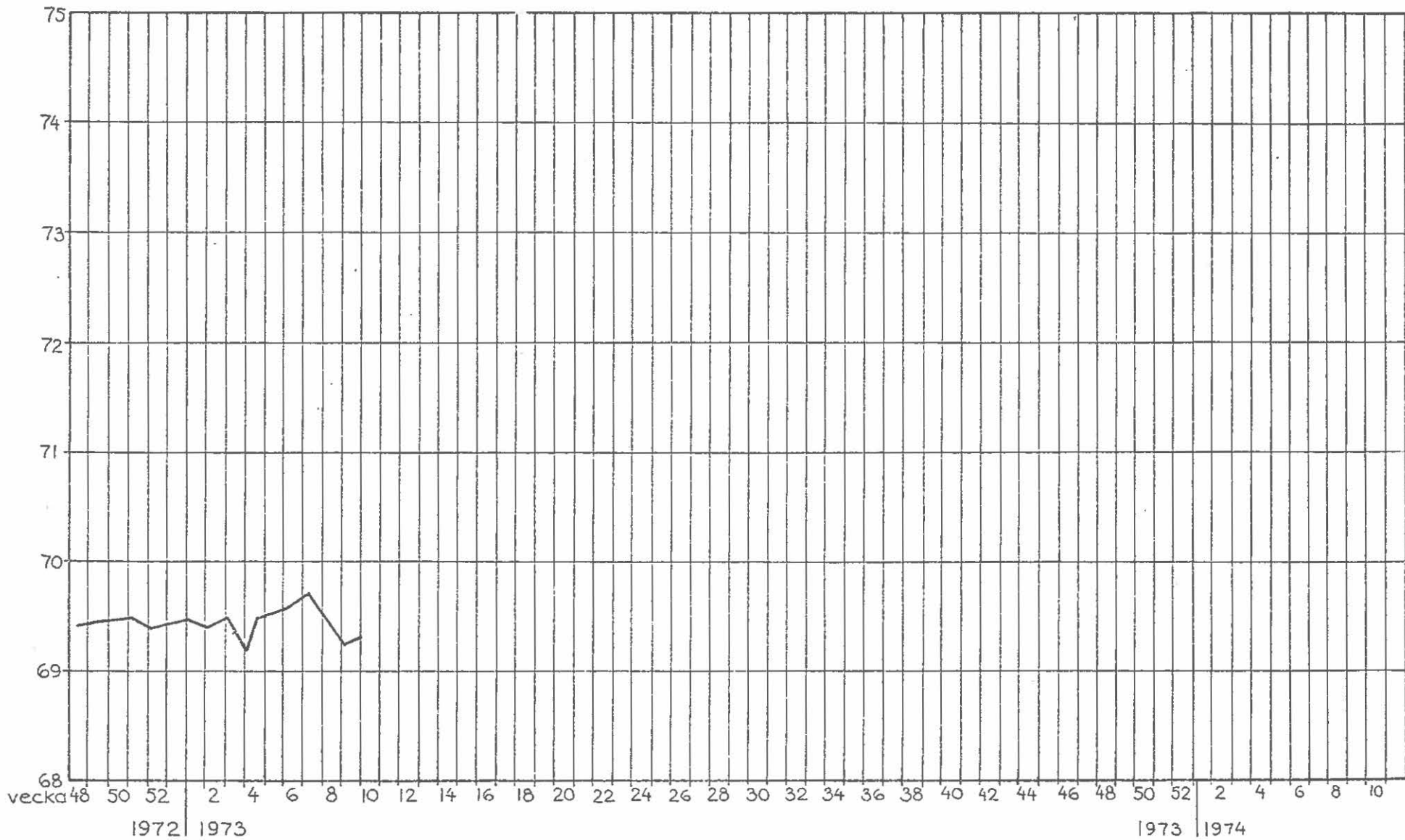
Diagram nr. 4

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DIAGRAM NR. 5



GRUNDVATTENSTÄND UI

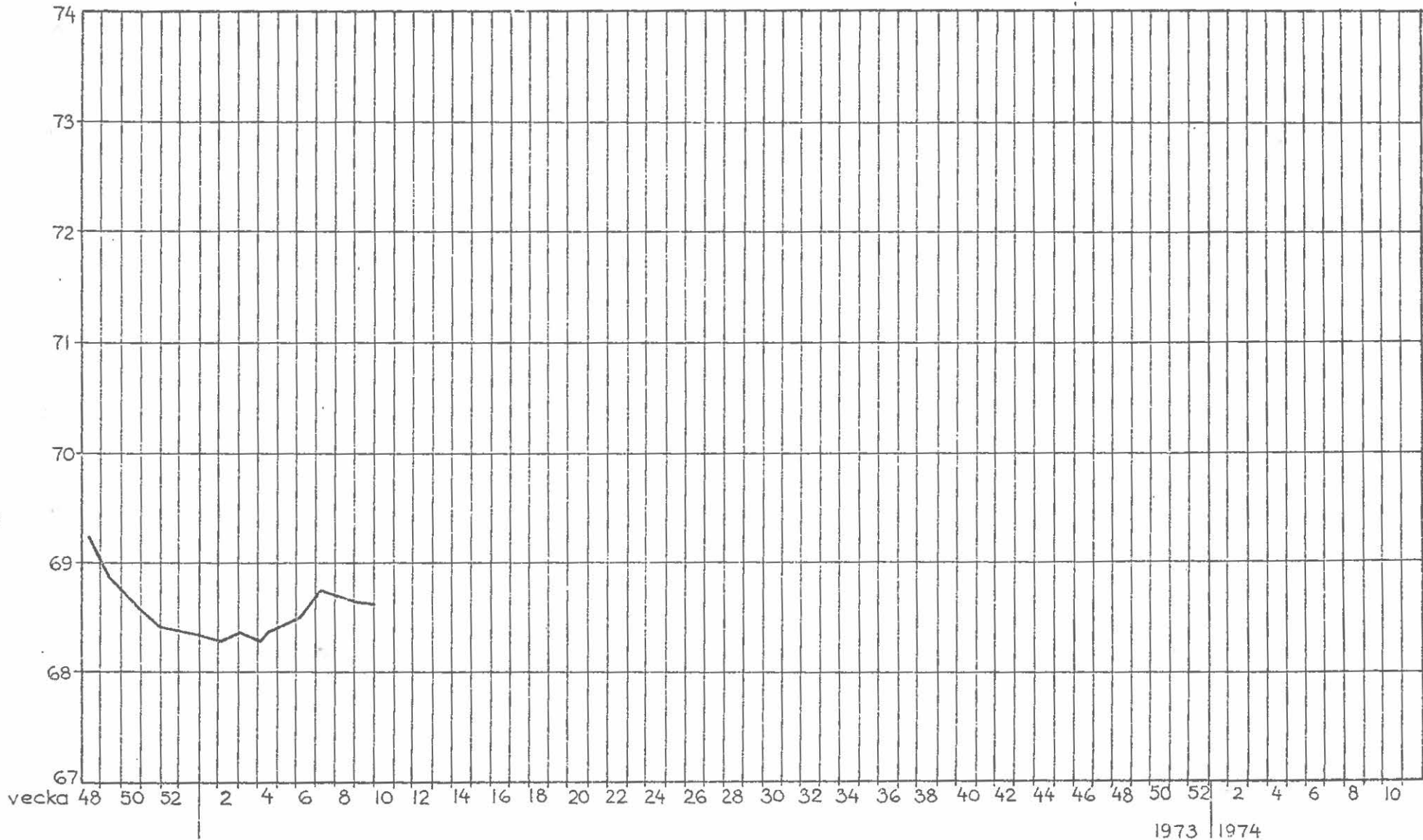
plushöjd (m)



GRUNDVATTENSTÅND U2

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DIAGRAM NR. 6

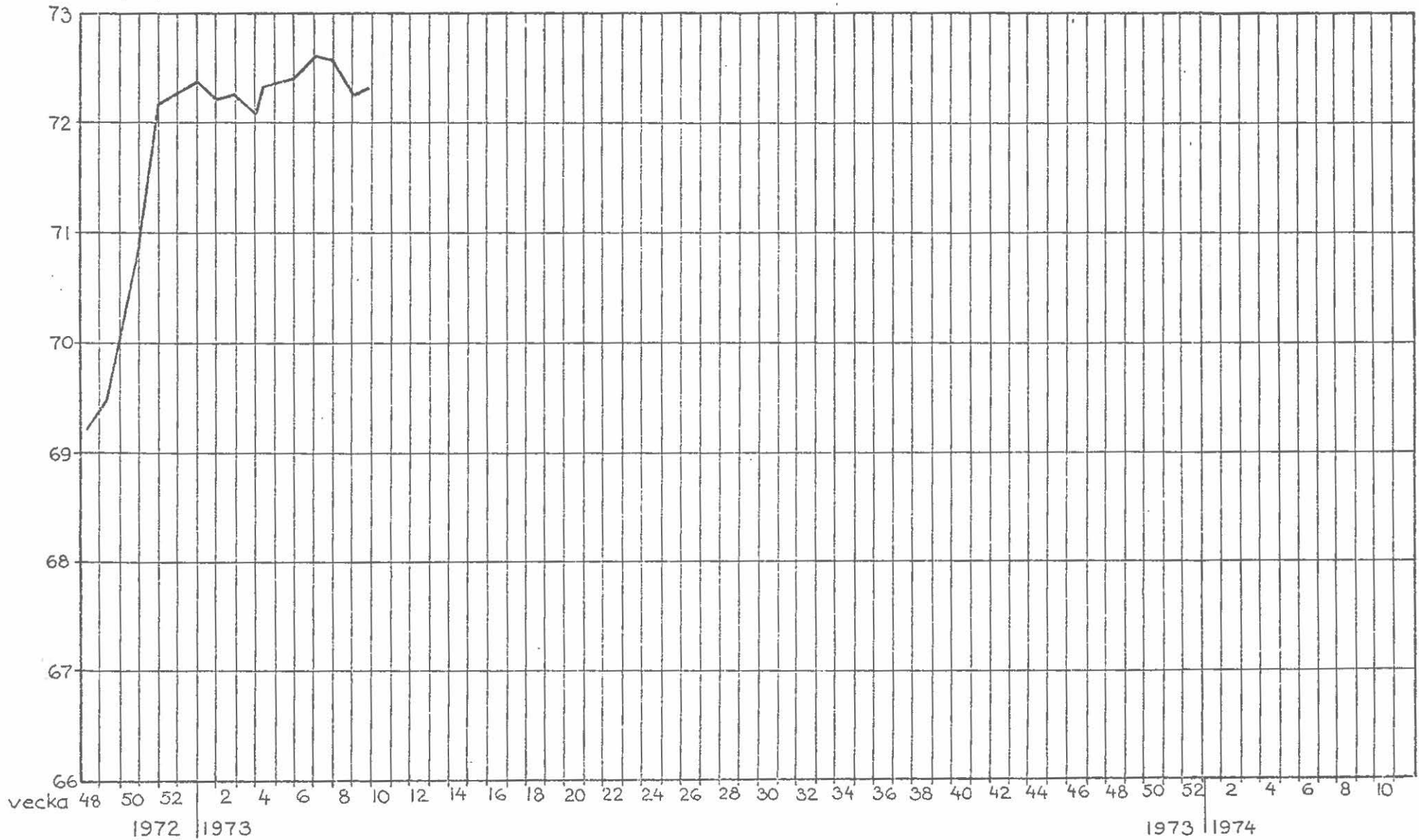
plushöjd (m)



GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DIAGRAM NR. 7

GRUNDVATTENSTÅND U3

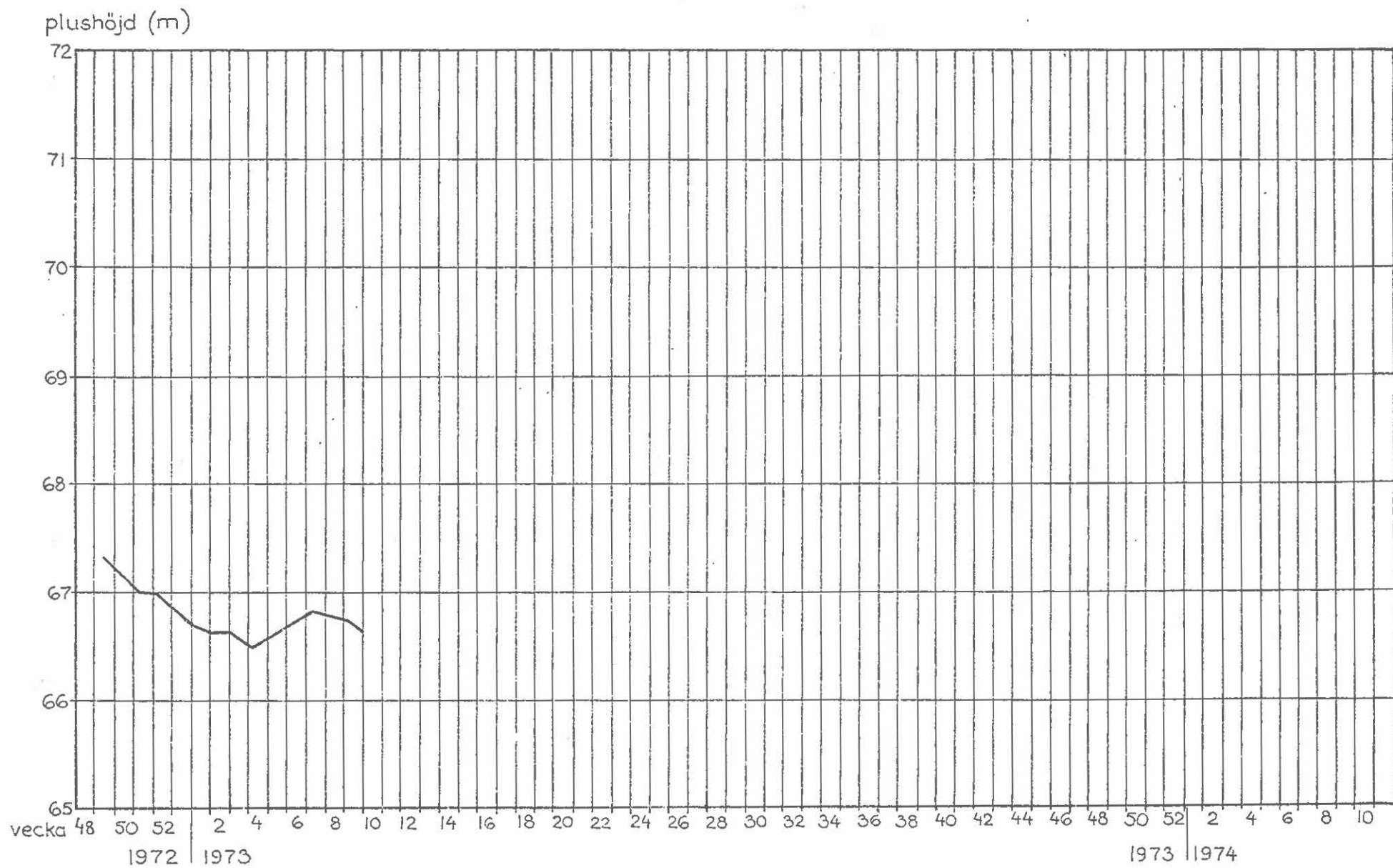
plushöjd (m)



GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DIAGRAM NR. 8

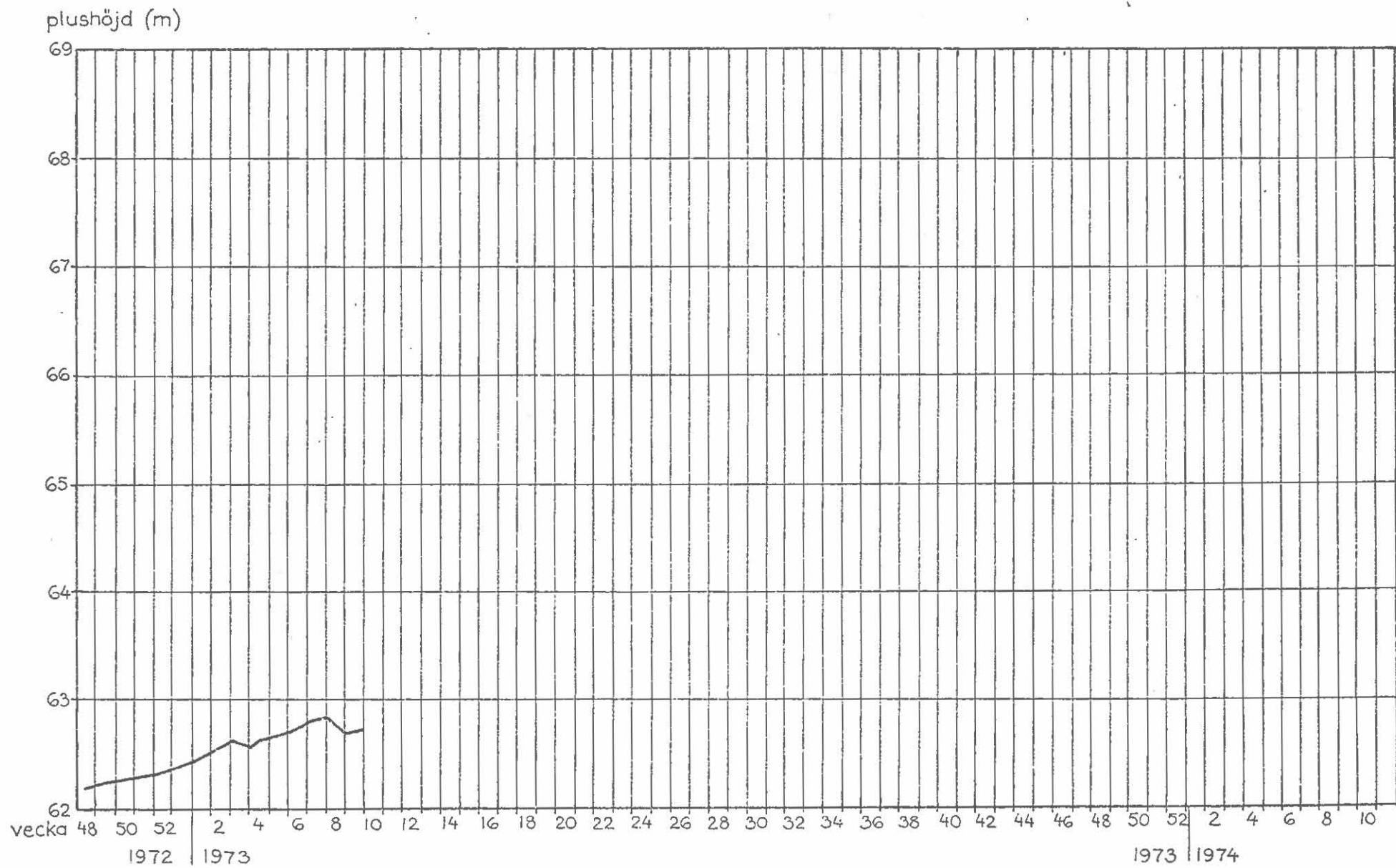
GRUNDVATTENSTÄND U5

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CT H
DIAGRAM NR. 9

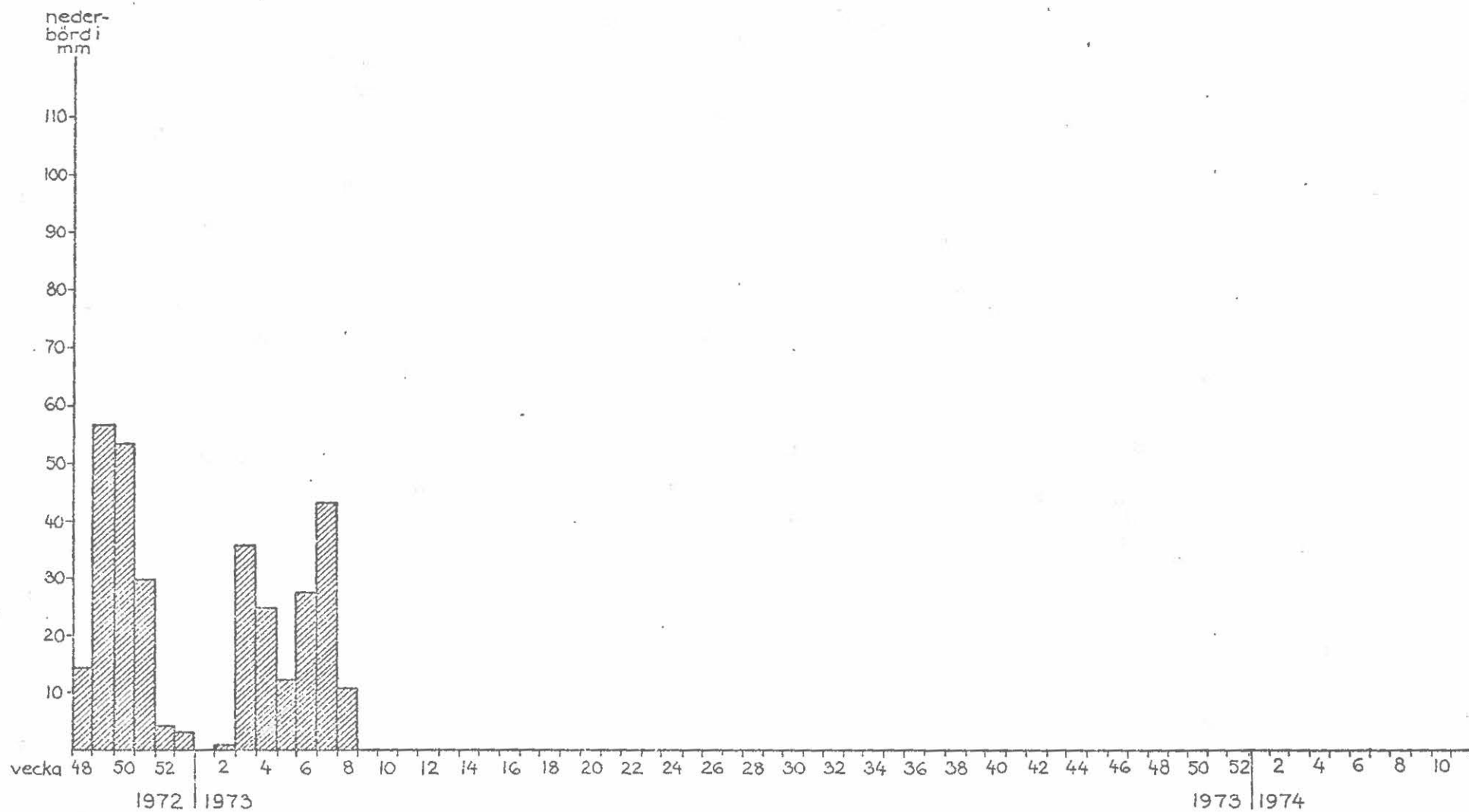


GRUNDVATTENSTÅND U6

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH
DIAGRAM NR. 10



GRUNDVATTENSTÅND U7



VECKONEDERBÖRD I TOLERED, ANGERED.

GRUNDVATTENSÄNKNINGENS FÖLJDER OCH
MOTÅTGÄRDER; GEOTEKNISKT STUDIUM

Projektet startades den 1/1 1973. Inom projektets ram har sedan nämnda datum Bengt-Arne Torstensson tjänstgjort på heltid och fr. o. m. den 22/1 -73 har Lars G. Eriksson tjänstgjort på halvtid.

Det huvudsakliga arbetet har utgjorts av litteraturstudier och utredningar avseende valet av lämplig mätutrustning till de planerade fältförsöken.

Projektet innefattar tre delprojekt som definieras av de rubriker som följer.

1. Utprovning av piezometermetod för bestämning av variationen i permeabilitet i en jordprofil

Utfört arbete

Det utförda arbetet omfattar dels en litteraturinventering, dels utredningar som avser uppbyggnaden av fältutrustningen.

Ett råmanus till en sammanställning av de viktigaste resultaten från litteraturinventeringen framgår av bilaga 4:1.

I bilaga 4:2 visas en ritning av en nykonstruerad piezometerspets som skall användas vid de inledande fältförsöken.

Planerad verksamhet

Fram till budgetårsskiftet planeras den rubricerade mätmetoden att ha provats vid försöksfälten vid Östra Sjukhuset och i Angered.

2. Studium av metoder för infiltration av vatten i syfte att bibehålla eller återställa portrycksnivån i en jordprofil

Utfört arbete

Delprojektet bedrivs, som tidigare framgått, i samarbete med institutionen för VA-teknik, CTH.

Institutionen för VA-teknik har under den allra senaste tiden installerat en infiltrationsanläggning vid Östra Sjukhuset i Göteborg.

Inom försöksområdet har genom vår försorg tidigare jordundersökningar kompletterats med trycksonderingar.

Planerad verksamhet

För att studera de ur geoteknisk synvinkel intressantaste effekterna av infiltrationsförsöket vid Östra Sjukhuset skall vi instrumentera jorden kring infiltrationsanläggningen med portrycksmätare samt anordningar för registrering av vertikalrörelser. Dessa arbeten beräknas påbörjas i slutet av mars 1973.

3. Studium av portrycksförändringar till följd av en sänkning av grundvattnets tryckyta

Med rubriken avses underförstått de följder som en grundvattensänkning / portrycksminskning har inom områden där jorden utgörs av lös lera.

Utfört arbete

Beträffande verksamheten inom detta delprojekt hänvisas till en artikel som författats av Sven Hansbo. Artikeln kommer att publiceras i Väg- och vattenbyggaren, nr 2, 1973.

LITTERATURSTUDIUM ANGÅENDE
PIEZOMETRAR OCH DERAS ANVÄNDNING FÖR
BESTÄMNING AV JORDENS PERMEABILITET
IN SITU

AV
LARS G. ERIKSSON

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
Piezometrars verkningsätt	1
Faktorer som påverkar piezometern	1
Några olika typer av piezometrar	4
Time Lag	12
Bestämning av permeabilitet in situ	17
Litteraturförteckning	24

PIEZOMETRARS VERKNINGSSÄTT

Följande är en sammanställning av ett litteraturstudium omfattande beskrivning av piezometrar, deras olika verkningsätt samt bestämning av permeabilitet med piezometer. De olika metoder som används för att in-situ bestämma jordens permeabilitet är i princip samtliga samma metod. Den bygger på Darcy's lag och ett kontinuitetssamband. Det som skiljer metoderna åt är dimensionerna på röret och filtrets utformning samt principen för uppmätning av trycket inne i röret.

Fyra metoder för uppmätning av trycket används:

- 1) Casagrandemetoden: öppet stigrör, trycket mäts direkt i m. v. p. Röret nedsätts i ett foderrör som antingen lämnas kvar eller dras upp. Metoden används med eller utan sandfilter omkring piezometer-spetsen.
- 2) Hydraulisk metod: Ett slutet system bildas; Manometer - rör - filter - porvatten, och förändringar i trycket avläses direkt på manometern.
- 3) Pneumatisk metod: En tryckkänslig ventil öppnas eller stängs när ett tryck motsvarande portrycket läggs på, och detta tryck kan då avläsas på en manometer.
- 4) Elektrisk metod: Ett membran ligger innanför filtret och på elektrisk väg omvandlas membranets utböjning till ett värde motsvarande portrycket.

FAKTORER SOM PÅVERKAR PIEZOMETERN

- a) Piezometrar med öppna rör kräver relativt stor vattenvolym för att ge utslag vilket medför stor time lag (measurement time lag).
- b) Filtrets längd har stor betydelse, ju längre filter desto kortare measurement time lag.
- c) Filtrets diameter, ju mindre diameter desto mindre installation time lag, p. g. a. den mindre störningen av den omgivande jorden.
- d) Piezometern bör konstrueras så att läckage av vatten längs röret ned till spetsen förhindras. Spetsarna konstrueras ofta med större diameter än själva piezometerröret, vilket ger problem med längs röret nedläckande vatten.

- e) Materialet i filter och rör bör ej kunna bilda gaser t. ex. på elektrolytisk väg. Mätningen bör inte heller utföras så att snabba tryckfall sker, då i så fall gas kan frigöras ur vattnet.
- f) Skarvar mellan rör, slangar, manometer o. dyl. skall vara helt täta och släta, för att förhindra att gas samlas vid ojämnheter, vilket kan förändra det uppmätta trycket jämfört med det verkliga.
- g) Man bör göra mätningen genom att låta trycket i piezometern stiga, vilket minskar risken för att luft kommer in i filtret.
- h) Rent vatten bör i förekommande fall fyllas på i röret, detta för att förhindra att susp. partiklar sätter igen filtret innifrån, vilket kan minska filtrets permeabilitet.
- i) Små tryckförändringar vid testet minskar risken för erosion i jorden och därmed risken för antingen igensättning av filtret utifrån eller urspolning av det finaste materialet och därmed förändring av permeabiliteten närmast filtret.
- k) Om annan vätska än vatten används i mätaren finnes risken för felaktiga värden genom olikheter i ytspänning mellan aktuell vätska och vatten vid kontakt i filtret.
- l) Mätare kan även påverkas av lufttrycksvariationer, avdunstning, kondensation, temperaturvariationer, dålig kontakt i elektriska instrument o. dyl. samt dålig funktion hos rörliga delar.
- m) S. k. large air entry filter förhindrar att luft kommer in i filtret och förändrar tryckbilden.
- n) Om jorden ej är vattenmättad kan man lätt få missvisande värden.

En del av ovanstående faktorer + ytterligare några framgår av fig. 1.

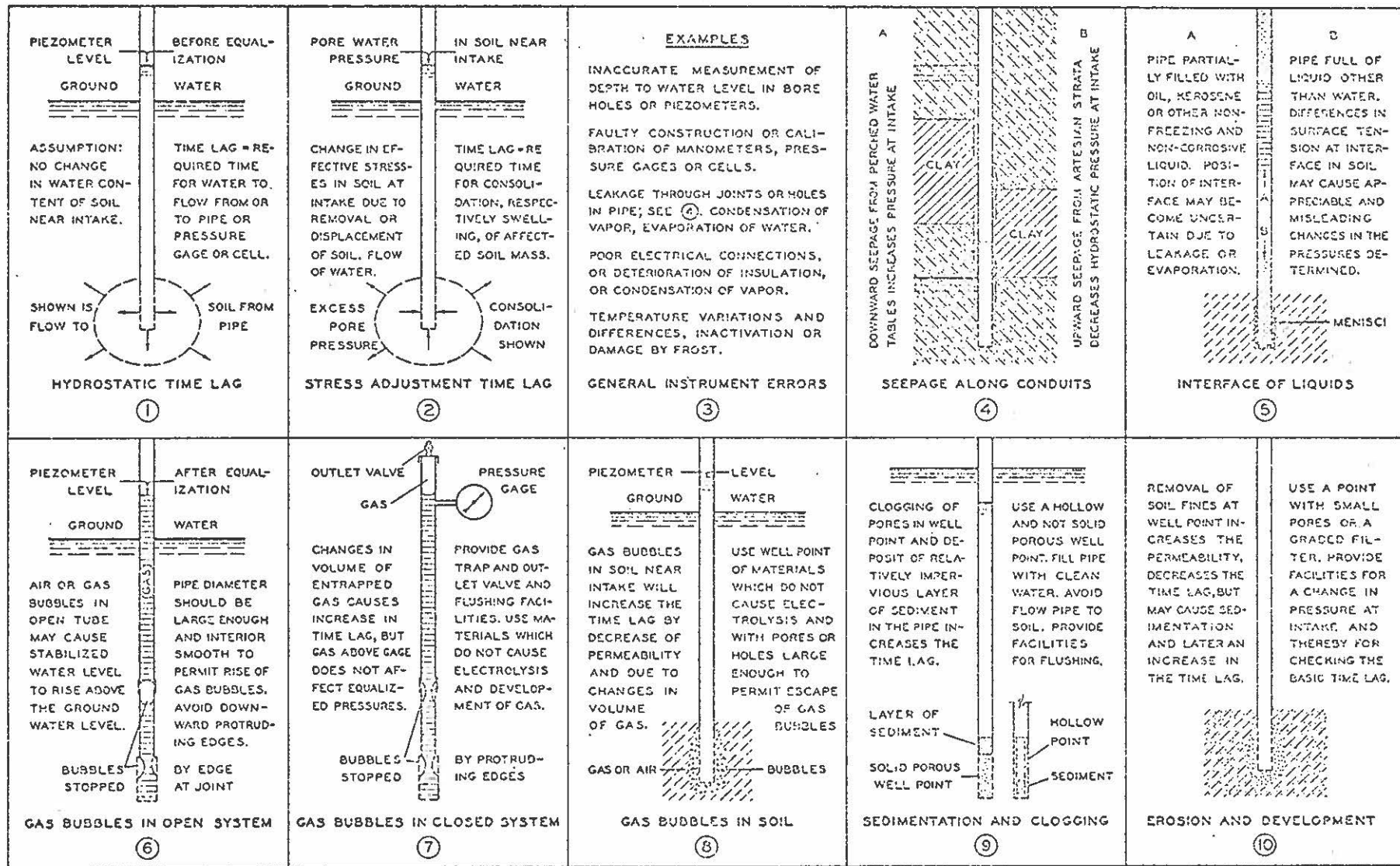


Fig. 1 Sources of error in determination of ground-water pressures

NÅGRA OLIKA TYPER AV PIEZOMETRAR

1) Några typer av Casagrande piezometrar framgår av fig. 2, 3 och 4.

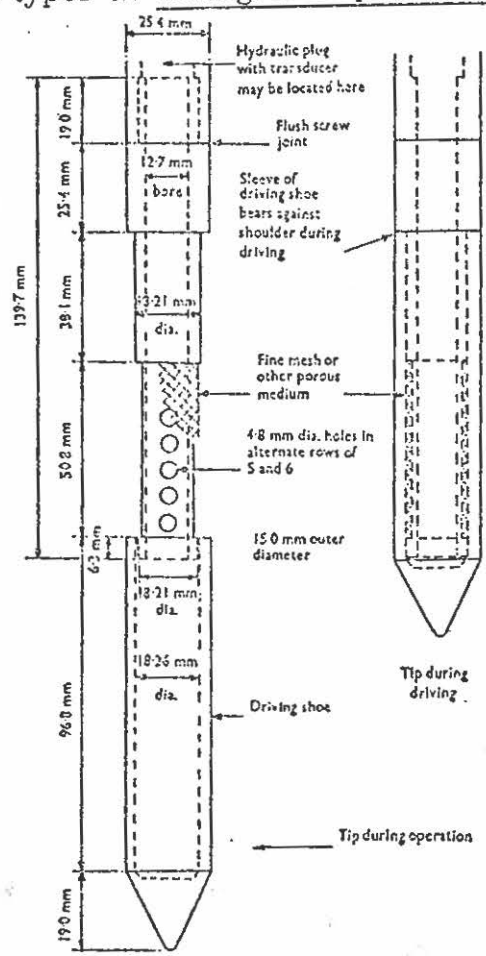


Fig. 2 Details of piezometer tip
CASED INSTALLATION

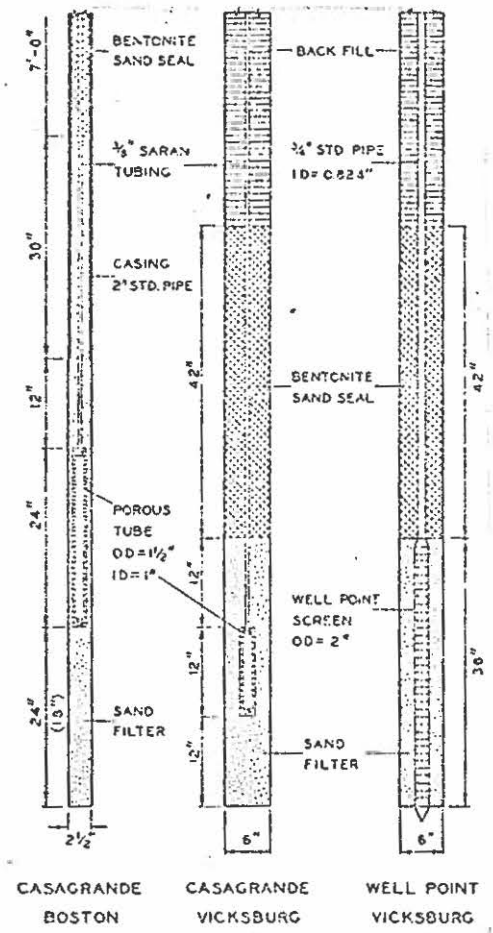


Fig. 3
UNCASED INSTALLATION

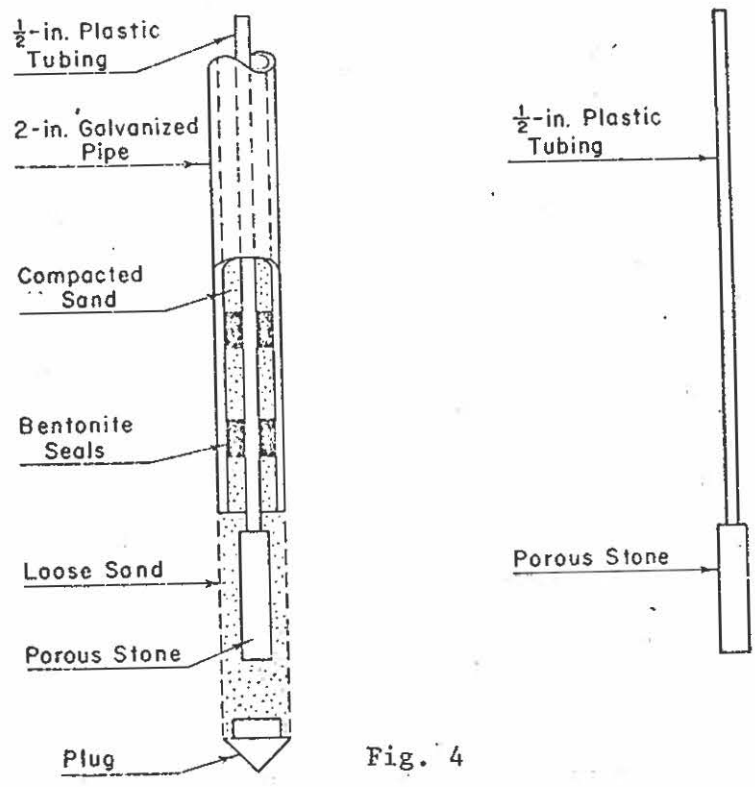


Fig. 4

Trycket avläses genom att man avkänner vattennivån i rören.

Fig. 2 visar en piezometer utvecklad vid University of Cambridge. Den drivs ned utan foderrör och kan användas som en vanlig piezometer av Casagrande typ. Den kan även användas som en elektrisk piezometer. Då ansluts en elektrisk tryckomvandlare. Denna kan sänkas ned genom röret och tätar på något sätt detta. Den elektriska omvandlaren kan således tas upp och kalibreras om, eller för att kontrollera ev. nollpunktsförskjutning.

2) Hydrauliska piezometrar, samma princip som Casagrande-piezometern men röret anslutes till en manometer på vilken trycket avläses. I vissa typer verkar trycket på ett membran ovanför vilket man har olja i stället för vatten. På detta sätt undviker man problemet med isbildning i systemet.

Fig. 5 visar en portrycksmätare av Gloetzl-typ.

- a₁ är ett keramiskt filter
- b membran
- c tryckledning
- d returledning

Filtret och utrymmet mellan detta och membranet vattenfylls noggrant. Trycket mäts därefter genom att man med en pump lägger på ett tryck via tryckledningen tills membranet böjer ut och oljan strömmar vidare genom returledningen. Det tryck man mäter är summan av portryck, oljepelarens tyngd och friktionsförluster i tryckledningen.

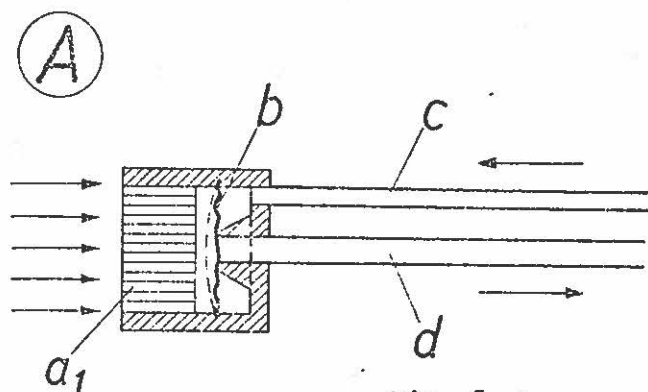
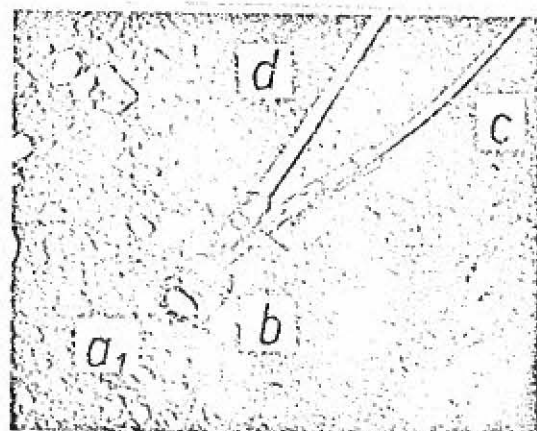


Fig. 5



Mätaren kan installeras i ett uppborrat eller uppspolat hål försett med foderrör. Foderröret dras upp och i samband med detta fylls hålet igen.

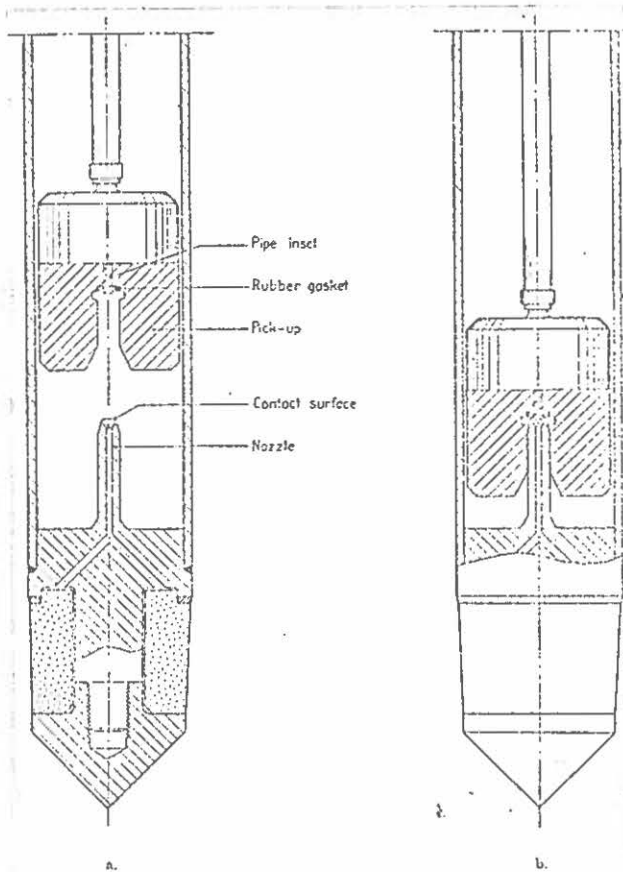


Fig. 6 SGI instrument connection.
a. Before connecting.
b. Connected.

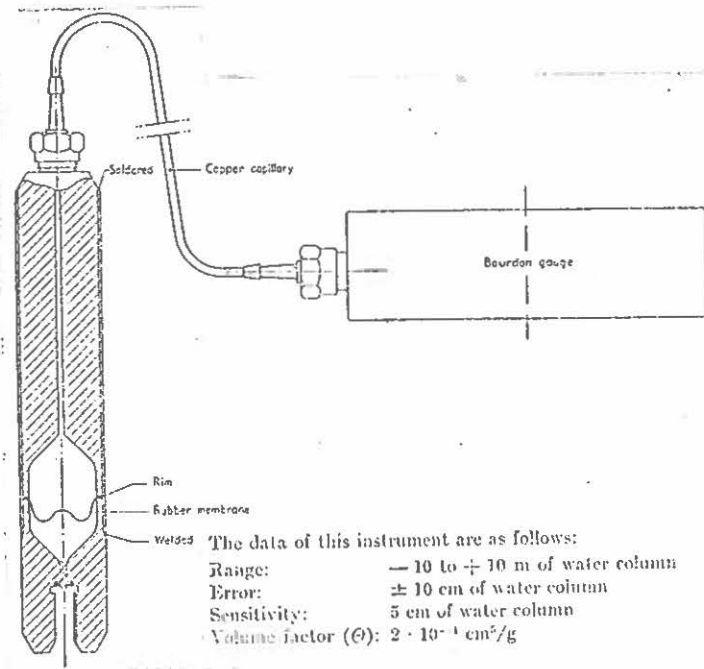


Fig. 7 Oil-filled pick-up. Longitudinal section.

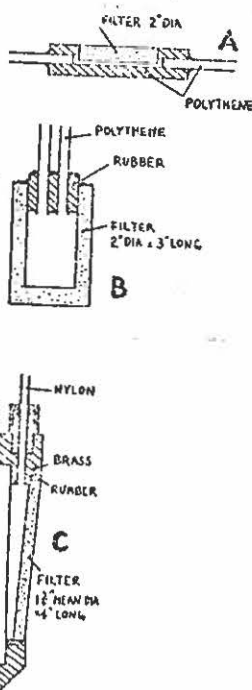


Fig. 8

Fig. 6 visar SGI:s mätare. Denna har vattenfyllt system. "Pick-upen" kan tas upp medan spetsen lämnas kvar. Fig. 7 visar "pick-upen" med gummi-membran som åtskiljer vatten och olja. Denna kan anslutas till samma spets som i fig. 6.

Fig. 8 visar några olika piezometerspetsar.

Fig. 9 visar en "suction bellow Appartus". Denna består av ett stålrör med en filter-spets där $k_{spets} > k$. Piezometern trycks ned. I övre ändan finns en metallbälg med

en känd fjäderkonstant, tryckmätare och registreringsapparat. Röret vattenfylls och en ventil i rörets övre ända hålls öppen för evakuering av luft. Vid mätning trycks bälgen ihop och ventilen stängs. Därefter lossas bälgen och då den utvidgar sig uppstår en sugkraft och vatten sugas in genom filtret. Tryckförändringen med tiden registreras och permeabiliteten kan beräknas. Närmare detaljer har ej gått att hitta i litteraturen.

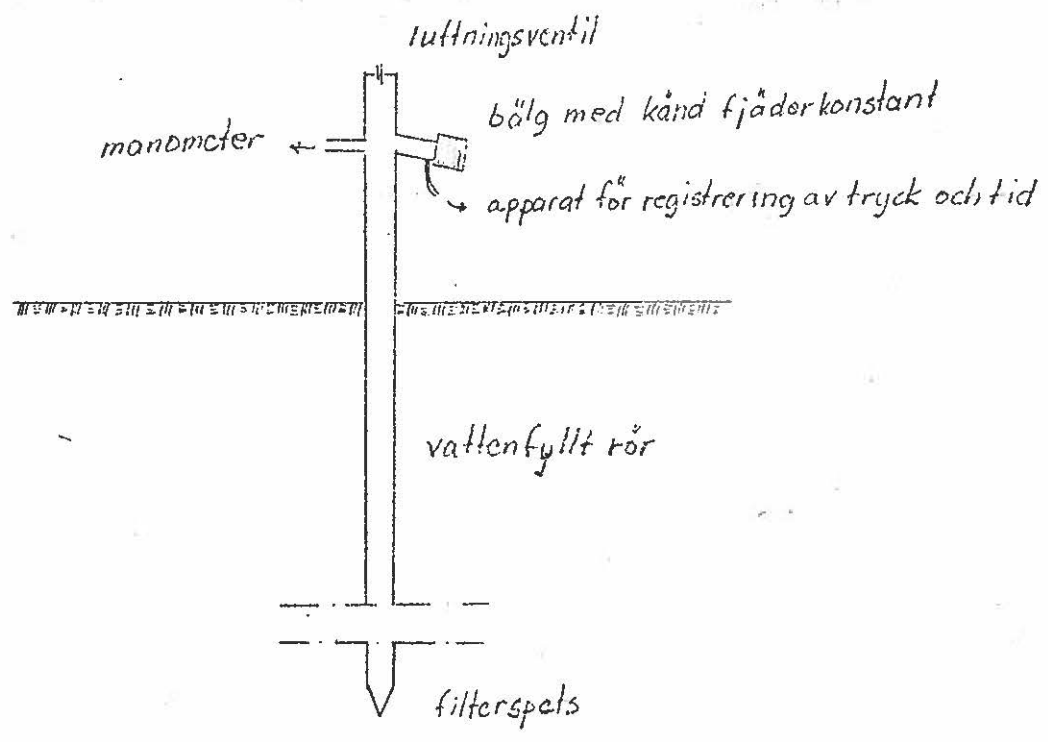


Fig. 9

Short cell apparatus, fig. 10, används för direkt mätning av permeabiliteten. Två rör drivs ned till samma nivå på ett visst avstånd från varandra. De ansluts till en manometer som mäter tryckdifferensen mellan dem. Genom det ena spolras vatten ut och tryckutjämnningen mellan dessa för studeras.

$$k \text{ (cm/s)} = \frac{Q \text{ (gal/min)}}{H \text{ (inch of water)}} \cdot 3 \cdot 10^{-1} \text{ för cell med 2" diameter och längden 18"}$$

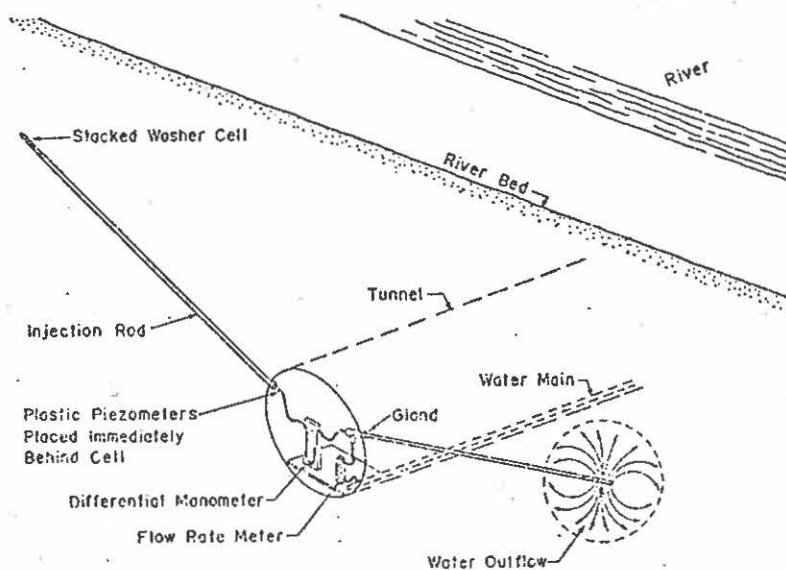


Fig. 10 --Diagram of Short-Cell Permeability Test Equipment.

En hydraulisk och elektrisk piezometer visas i fig. 11. Portrycket verkar på den nedre bälgen så att mikrokontakten startar en liten motor. Med hjälp av denna ändras trycket i den övre bälgen tills trycket i hela systemet blir detsamma som i den nedre bälgen, d. v. s. lika med portrycket.

Den övre bälgen har förbindelse med en skrivare i form av ett krökt rör som registrerar trycket på en roterande rulle.

3) Pneumatisk piezometer

Thorpiezometern, fig. 12, fungerar på så sätt att luft pressas in genom slang B från en kontrollbox. Samma tryck byggs upp i slang A. Då trycket motsvarar portrycket, stängs ventilen genom teflonbollen och slang A har då samma tryck som porvattnet, oberoende av om trycket i slang B ökar. Då ventilen stängs måste en liten, men dock vattenvolym pressas undan. För att den inte skall pressas ut i jorden och förändra trycket så evakueras vattnet genom slang C som är öppen och har atmosfärstryck. Volymen $< 0,1 \text{ cm}^3$.

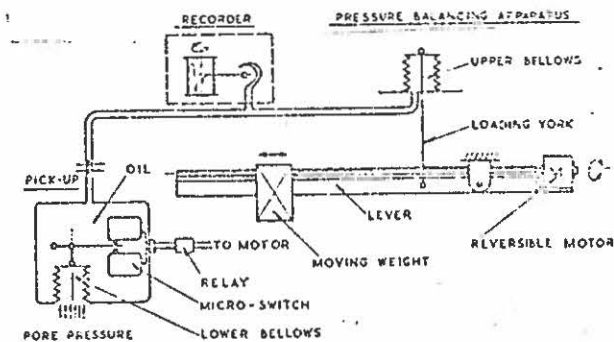
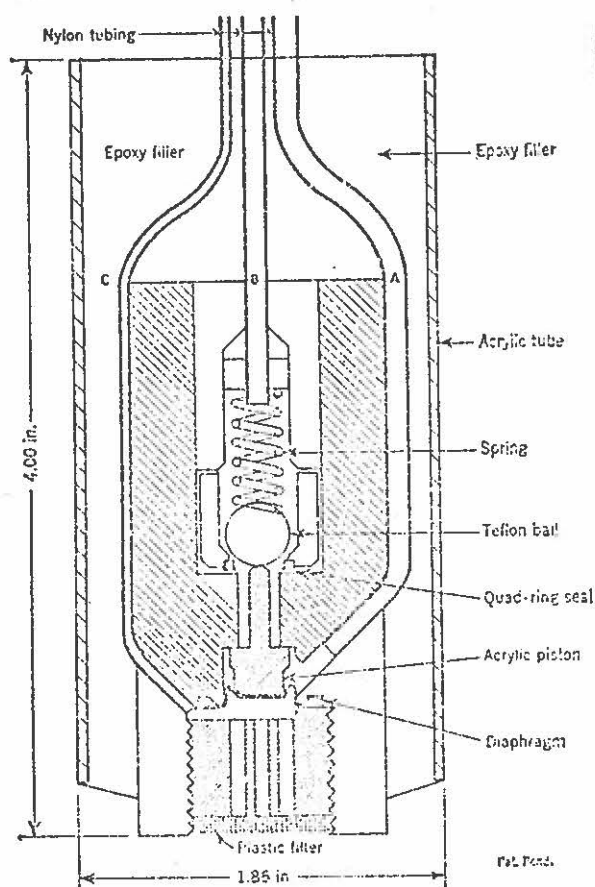


Fig. 11 -Outline of Automatic Pore Pressure Meter.

Fig. 12 Schematic diagram of the piezometer tip showing the ball check, hydraulic balance system.



4) Elektriska piezometrar, svängande sträng; en sträng som är fäst i ett membran sätts i svängning av en elektromagnet. Beroende på trycket mot membranet blir strängen mer eller mindre spänd. Den frekvens med vilken strängen svänger registreras. Mätaren är i förväg kalibrerad och ett visst antal svängningar per sek. motsvarar ett visst tryck. Ev. kan registreringen ske genom att tiden för en svängning tas i stället för frekvensen. Ett par olika typer visas i fig. 13 - 15.

Fig. 16 visar en elektropneumatisk pick-up av SGI-typ. Vattentrycket verkar på ett nedre membran vilket böjs ut. Med hjälp av ett pålagt lufttryck fås ett övre membran att böja ut tills kontakt fås mellan det övre och det undre membranet. Genom att man vet det pålagda lufttryckets storlek känner man till det övre membranets utböjning. Då man vet totala avståndet mellan membranerna kan det undre membranets utböjning beräknas och därmed det tryck som verkar på detta. "Pick-upen" anslutes till samma typ av spets som visas i fig. 6.

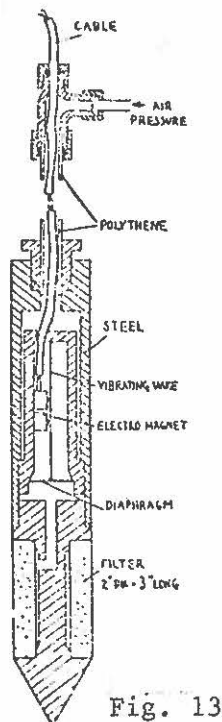


Fig. 13

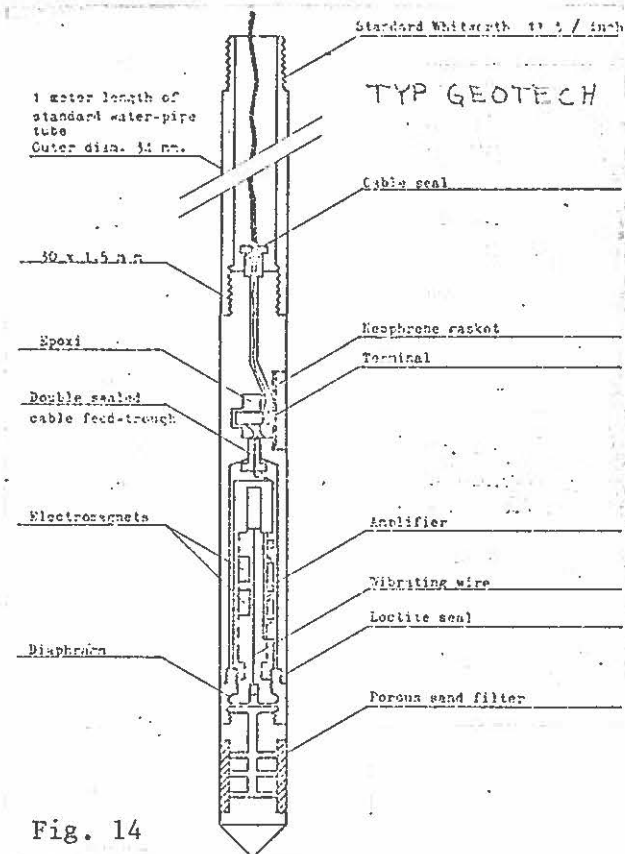


Fig. 14

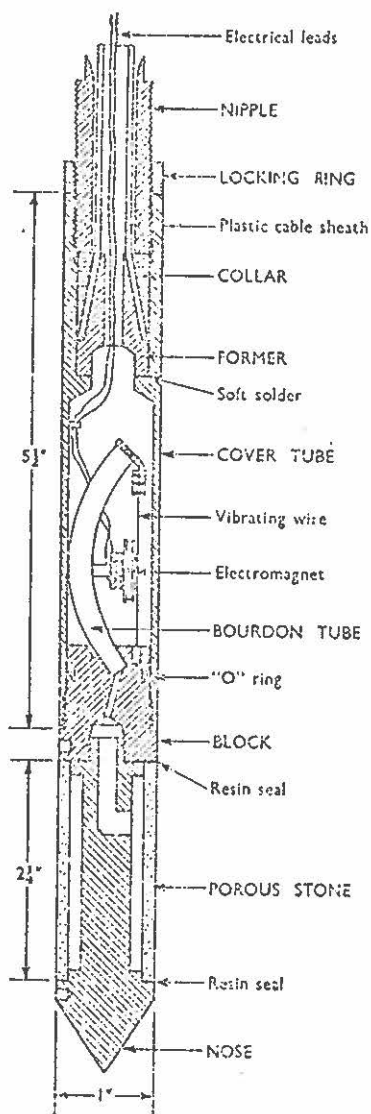


Fig. 15 Diagram of B.R.S. vibrating-wire piezometer

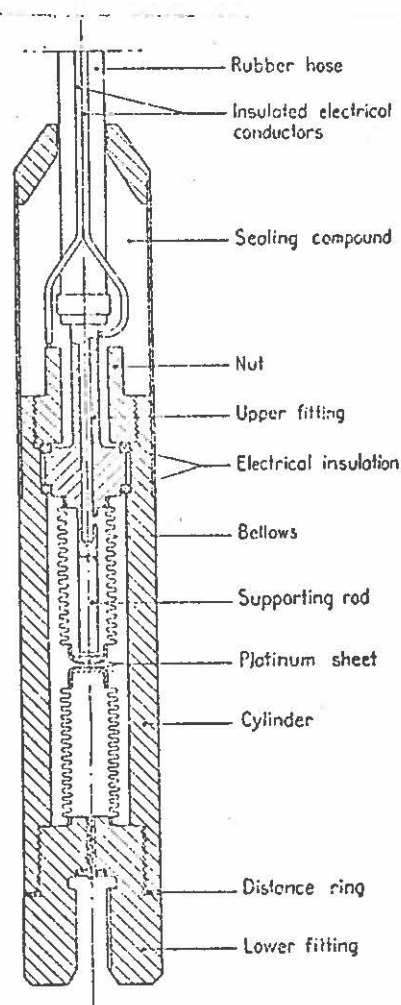


Fig. 16 Electro pneumatic pick-up. Longitudinal section.

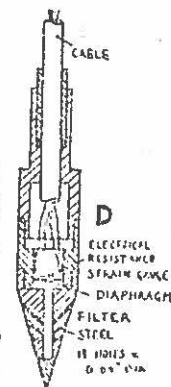


Fig. 17

Med hjälp av trådtöjningsgivare på membranet, fig. 17, kan trycket med hjälp av kalibreringskurvor bestämmas.

Piezometern på fig. 18 är enligt uppgift mycket känslig, $\sim 0,5$ cm vp. Den elektriska tryckomvandlaren är ett resultat av det amerikanska rymdprogrammet. Den kan kalibreras i fält och är lätt att installera.

Particular advantages of the system are:

1. Rapid and easy installation
2. Radical reduction in recording time lag because minute volume changes activate the transducer
3. Reliability, accuracy, and continuous recording of pore-pressure changes, if desired, through automatic systems
4. In-place flushing and calibrating
5. Ease of recoverability

Konstr. av J. Wilson, Woodward -
Clyde - Sherard and Ass Soils Lab.

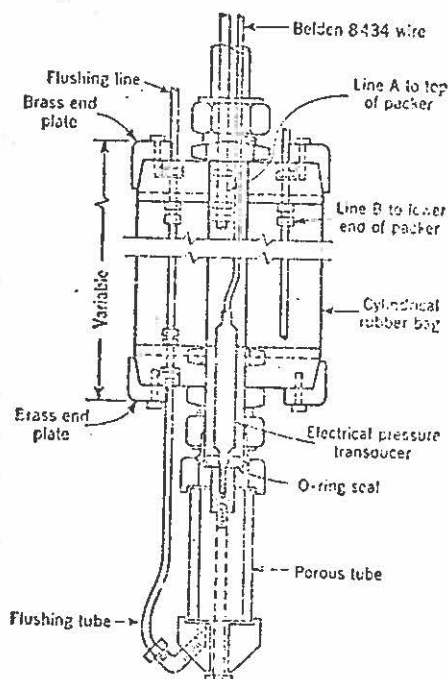


Fig. 18 Recoverable electric piezometer has been developed for use in the field, to provide greater accuracy, easier installation, and more rapid response.

Den cylindriska "gummisäcken" fylls med vatten, vilket effektivt tätar installationshålet så att ej vattenströmning längs mätaren kan påverka mätvärdena.

TIME LAG

I samband med neddrivning av en piezometer störs jorden och en förändring av portrycket sker. Se fig. 19. Den tid som åtgår innan trycket har stabiliserats igen kallas Installation time lag eller Stress adjustment time lag.

Försök gjorda av SGI antyder att denna tid i stort sett är proportionerlig mot kvadraten på rörets diameter.

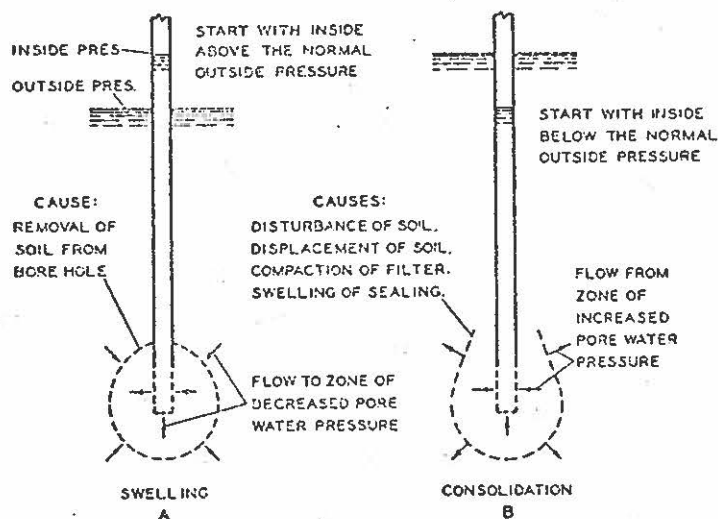


Fig. 19 Initial disturbance and stress changes

Den tid som åtgår för att utjämna tryckdifferensen i samband med mätning, vid höjning eller sänkning av trycknivån i piezometern, eller i samband med en naturlig tryckförändring kallas Hydrostatic time lag eller Measurement time lag.

Basic time lag definieras i fig. 20.

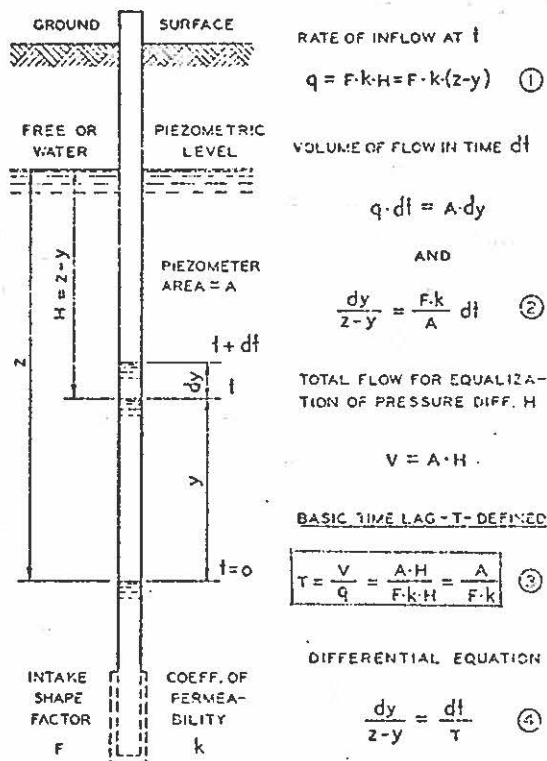


Fig. 20 Basic definitions and equations

Denna definition är gjord under förutsättning att faktorerna 2 - 10 i fig. 1 försummas eller förhindras.

Fig. 21 och 22 sammanfattar bestämningen av Basic time lag under olika förutsättningar.

Bestämning av measurement time lag enl. Kallstenius & Wallgren 1956

Jorden antas vara vattenmättad, gasfri och ha portrycket u_s . I samband med mätning visar mätaren vid en viss tidpunkt värdet u_i .

$$u_s - u_i = \Delta u \quad (3)$$

där Δu (g/cm^3) således är avvikelser från det verkliga värdet u_s .

$$u_s \text{ varierar vanligtvis med tiden } u_s = f(t) \quad (4)$$

$$\text{Differentiering m. a. p. tiden ger } \frac{\partial \Delta u}{\partial t} = \frac{\partial f(t)}{\partial t} - \frac{\partial u_i}{\partial t} \quad (5)$$

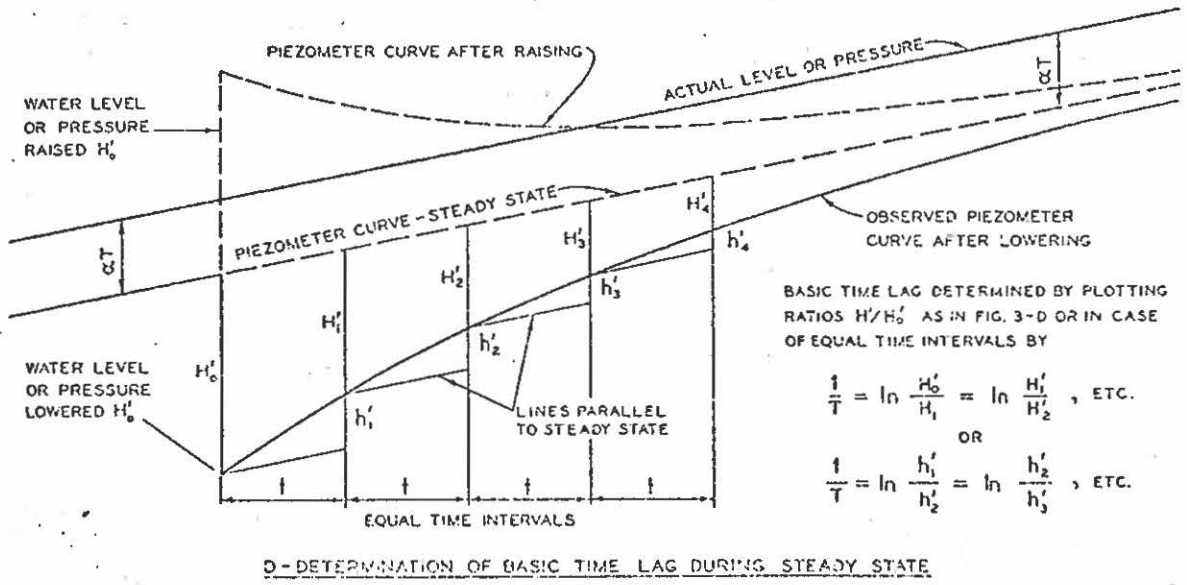
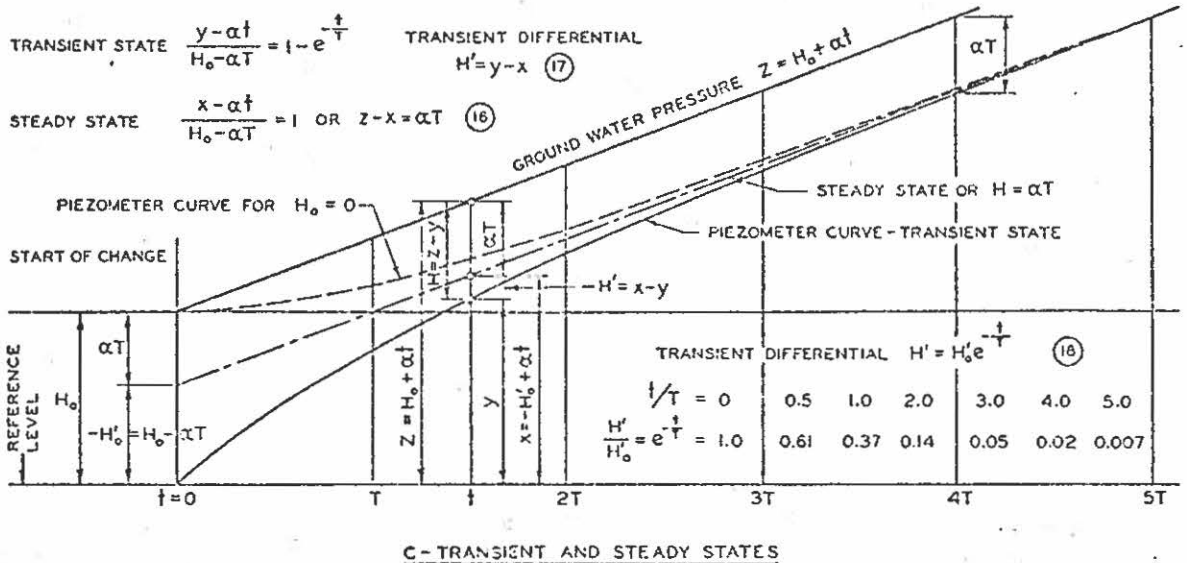
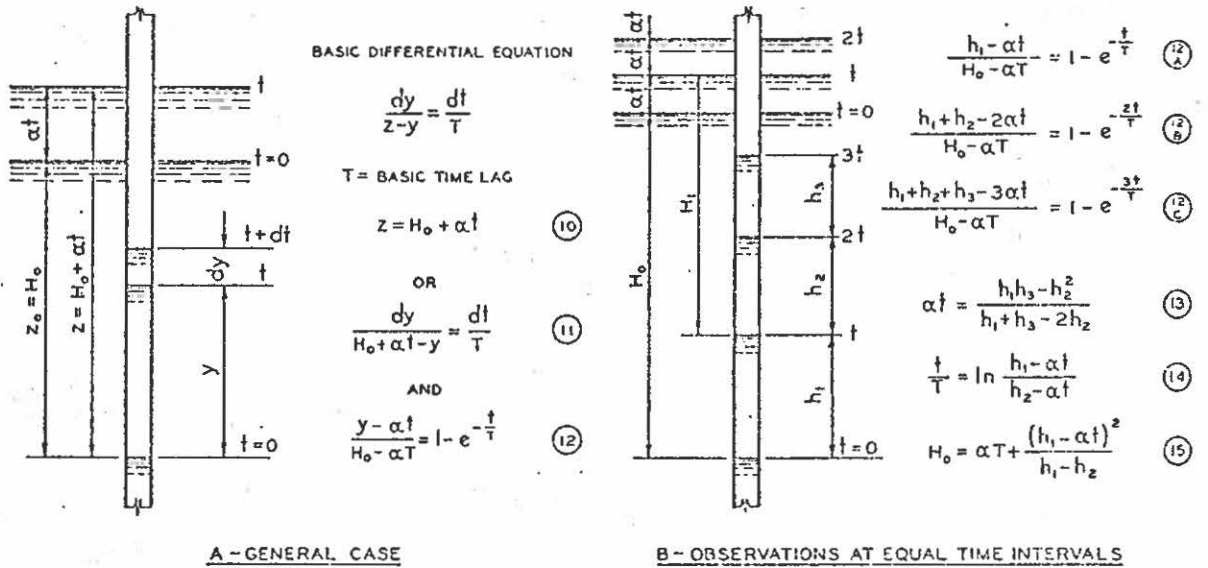
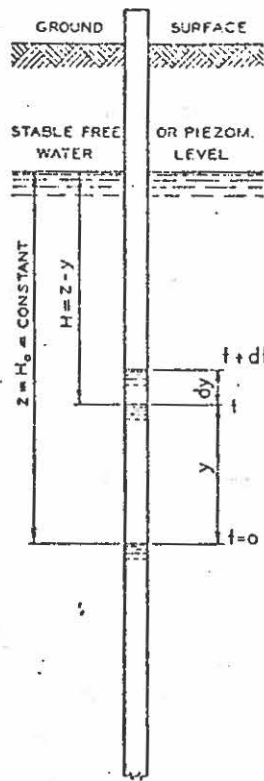


Fig. 21 Linearly changing ground-water pressures



FOR CONSTANT OUTSIDE PRESS

$$z = H_0 = \text{CONSTANT}$$

DIFFERENTIAL EQUATION

$$\frac{dy}{H-y} = \frac{dt}{T}$$

T = BASIC TIME LAG

TIME LAG RATIO

$$\frac{t}{T} = \ln \frac{H_0}{H_0 - y} = \ln \frac{H_0}{H} \quad (5)$$

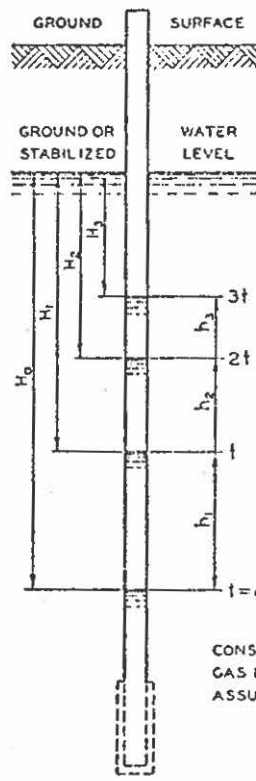
HEAD RATIO

$$\frac{H}{H_0} = e^{-\frac{t}{T}} \quad (6)$$

EQUALIZATION RATIO

$$E = \frac{y}{H_0} = 1 - \frac{H}{H_0} = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \quad (7)$$

A - GENERAL CASE



WITH THE RISE OR FALL OBSERVED AT EQUAL TIME INTERVALS, t , AND EQ. 5

$$\frac{t}{T} = \ln \frac{H_0}{H_1} = \ln \frac{H_1}{H_2} = \ln \frac{H_2}{H_3}$$

AND HENCE

$$\frac{H_0 - H_1}{H_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_2} = \frac{H_2 - H_3}{H_3} = \frac{h_1}{h_2}$$

THE BASIC TIME LAG CAN THEN BE DETERMINED BY

$$\frac{t}{T} = \ln \frac{h_1}{h_2} = \ln \frac{h_2}{h_3}, \text{ ETC. } (8)$$

AND THE STABILIZED PIEZOMETRIC LEVEL BY EQ. 6 OR FIG. -3C OR BY

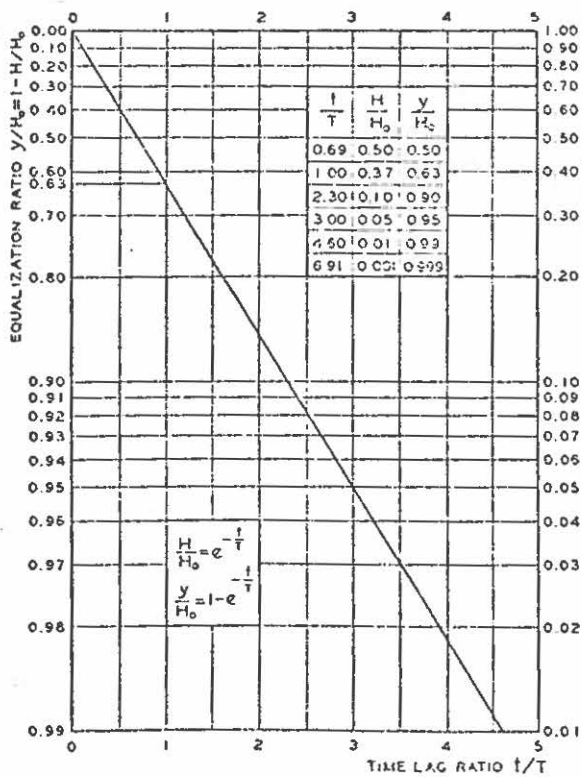
$$H_0 = \frac{h_1^2}{h_1 - h_2} \quad (9)$$

$$H_1 = \frac{h_2^2}{h_2 - h_3}$$

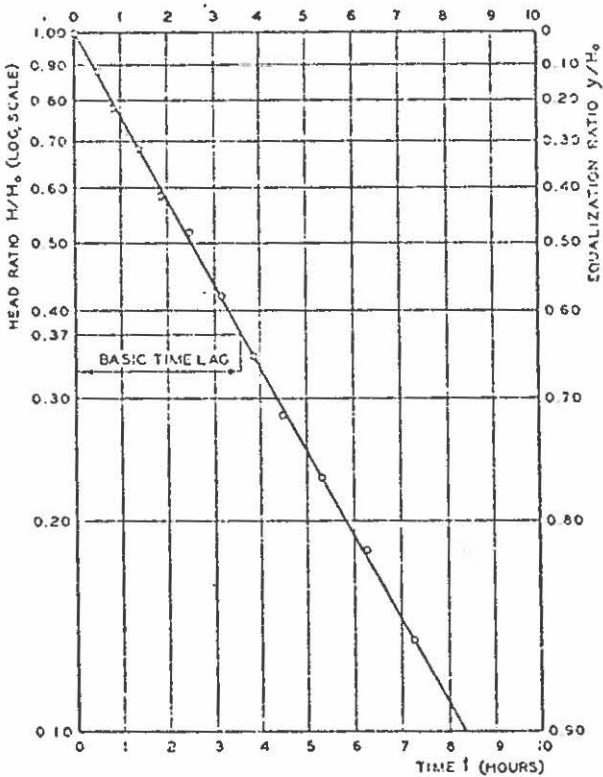
CONSTANT INTAKE SHAPE FACTOR, NO GAS IN SOIL OR WELL POINT, ETC. ASSUMED. GENERAL REQUIREMENT:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{h_2}{h_3} = \frac{h_3}{h_4} \text{ ETC.}$$

B - OBSERVATIONS AT EQUAL TIME INTERVALS



C - HEAD AND EQUALIZATION RATIOS



D - DETERMINATION OF BASIC TIME LAG

Fig. 22 Constant ground-water levels and pressures

V_u (cm^3/s) är den volym som strömmar in i mätaren per tidsenhet.
 θ är en volymfaktor definierad enl.: Den volym i cm^3 som ger förändring i utslag av ett g/cm^2 . har således dimensionen cm^5/g .

$$\text{Detta ger } V_u = \frac{\partial u_i}{\partial t} \cdot \quad (6)$$

Strömningen ger tryckförluster, vilket ger tryckgradienten i:

$$i = \frac{\partial \Delta u}{\partial r} = \frac{v}{k} = \frac{V_u}{k \cdot A_r} \quad (7)$$

v = flödes hastighet (cm/s)

k = permeabilitetskoeff. cm^4/g

r = avståndet från piezometerspetsen till ett visst jordelement (cm^2)

A_r = ytan av en sfär med radien r .

Filterarean representeras av en sfär med ekvivalent radie r_0

$$A = 4\pi r_0^2$$

$$\text{Ur ekv. (7) fås } \Delta u = \frac{V_u}{4\pi k} \int_{r_0}^{\infty} \frac{dr}{r^2} \quad (8)$$

$$\text{Ekv. (6) och (8) ger } \Delta u = \frac{\theta}{2k \sqrt{\pi A}} \cdot \frac{\partial u_i}{\partial t} \quad (9)$$

$$\text{Ekv. (5) och (9) ger } \frac{\partial \Delta u}{\partial t} + \frac{2k \sqrt{\pi A}}{\theta} \Delta u = \frac{\partial f(t)}{\partial t} \quad (10)$$

$$\text{Ekv. (3), (5) och (9) ger: } u_s = u_i + \frac{\theta}{2k \sqrt{\pi A}} \cdot \frac{\partial u_i}{\partial t} \quad (10 a)$$

Vid max och min visar således mätaren riktigt värde ($\frac{\partial u_i}{\partial t} = 0$).

Ekv. 10 löses och ger:

$$\Delta u = \left[(\Delta u)_{t=0} + \int_0^t \frac{\partial f(t)}{\partial t} \cdot e^{-\frac{2k \sqrt{\pi A}}{\theta} t} dt \right] \cdot e^{-\frac{2k \sqrt{\pi A}}{\theta} t} \quad (11)$$

Om u_s är konstant, medan u_i vid $t = 0$ avviker från korrekt värde med Δu_0 , kan man nu beräkna tiden motsvarande ett maximalt tillåtet fel, Δu_T , tiden T = measurement time lag.

$$\text{Ekv. (11) ger då } T = \frac{\theta}{2k \sqrt{\pi A}} \cdot \ln \frac{\Delta u_0}{\Delta u_T} \quad (11 \text{ a})$$

Om man vill veta den maximalt tillåtna ändringen av $\frac{\partial u_s}{\partial t}$ vid vilken Δu är mindre än det tillåtna felet Δu_T antar man att porvattenflödet är konstant $\Delta u = \Delta u_T$.

$$\text{Ekv. (11) ger: } \Delta u_T = \frac{du_1}{dt} \cdot \frac{\theta}{2k \sqrt{\pi A}} \quad (11 \text{ b})$$

$\frac{du_1}{dt}$ bestäms vid mätningen

$\frac{\theta}{2 \sqrt{\pi A}}$ bestäms av mätaren

k bestäms av jorden

T bestäms ur ekv. (11 a)

BESTÄMNING AV PERMEABILITET IN SITU

Permeabiliteten kan bestämmas med hjälp av

- 1) "Constant head"-metoden
- 2) "Rising"- eller "Falling-head"-metoden; dessa definieras i fig. 21 A och B.

$$1) \text{ För "Constant head" gäller ekv. } k = \frac{q}{F \cdot H_c}$$

k = permeabiliteten

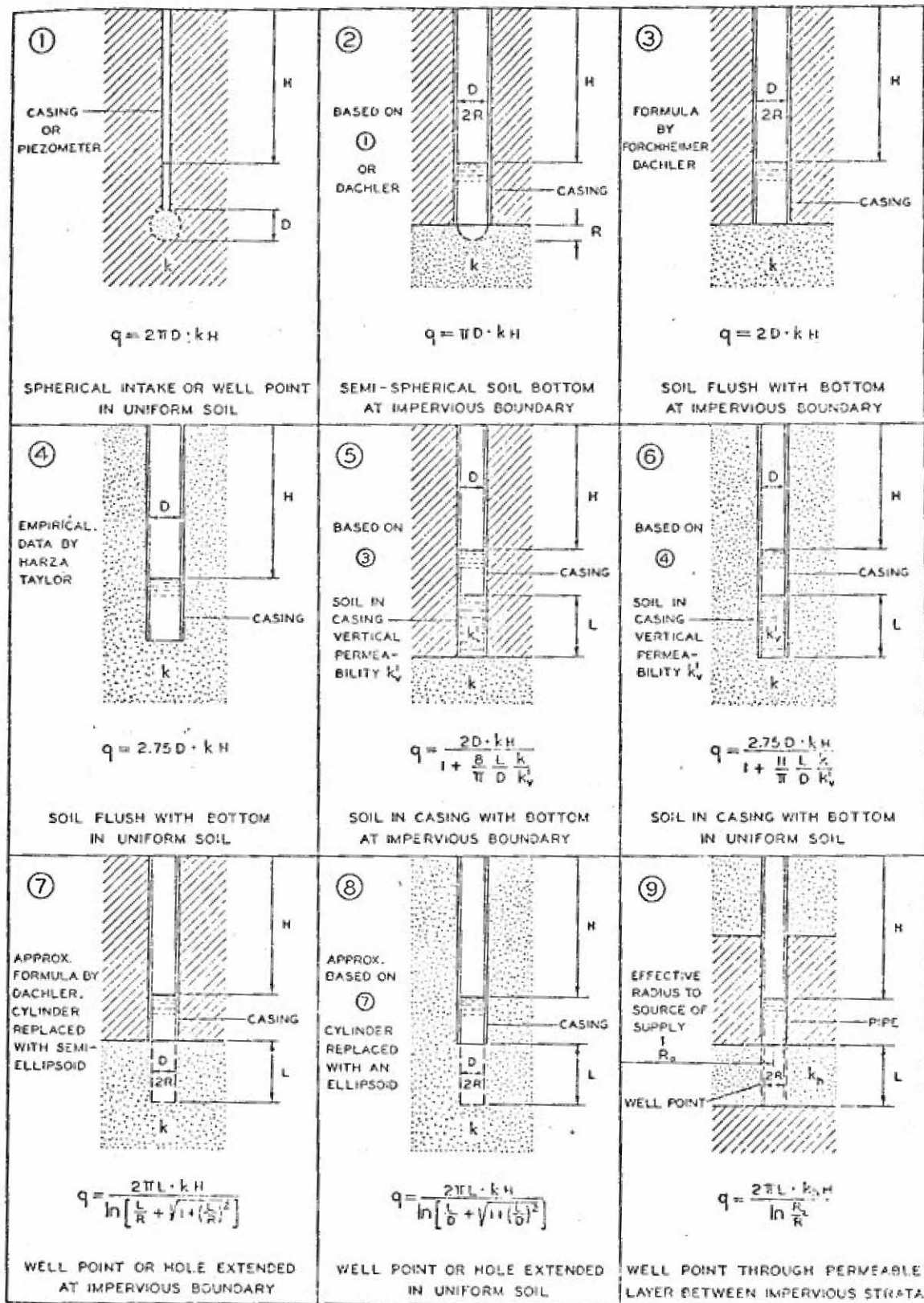
q = den i piezometern inströmmande (eller utströmmande) vattenmängden

H_c = konstant tryckskillnad

F är en faktor som bestäms av piezometerspetsens utseende.

Ex. på olika F -värden framgår av fig. 23 där

$F = \text{högerledet}/k \cdot H$ (efter Hvorslöv 1951).



q = RATE OF FLOW IN CM³/SEC, H = HEAD IN CM, k = COEF. OF PERMEABILITY IN CM/SEC, $\ln = \log_e$, DIMENSIONS IN CM.

CASES 1 TO 8: UNIFORM PERMEABILITY AND INFINITE DEPTH OF PERVIOUS STRATUM ASSUMED

FORMULAS FOR ANISOTROPIC PERMEABILITY GIVEN IN TEXT

Fig. 23 Inflow and shape factors

2) Variable head. H_1 och H_2 motsvarar tryckdifferensen vid $t = t_1$ resp. t_2 .

$$\text{Ekv. } t_2 - t_1 = T \left(\ln \frac{H_0}{H_2} - \ln \frac{H_0}{H_1} \right) = \frac{A}{Fk} \ln \frac{H_1}{H_2} \quad (\text{ur fig. 21 B, sid. 14}).$$

Detta ger

$$k = \frac{A}{F \cdot (t_2 - t_1)} \ln \frac{H_1}{H_2}.$$

T. Edelman (1953) härleder en formel för beräkning av permeabiliteten, dels utan hänsyn till jordens kompressibilitet, dels med hänsyn tagen till denna. Han kommer fram till samma formel i båda fallen:

$$k = \frac{R^2 \ln \left(\frac{y_0}{y} \right)}{4r T} \quad \text{där}$$

R = rördiameter

y_0 = trycknivå ($t = 0$)

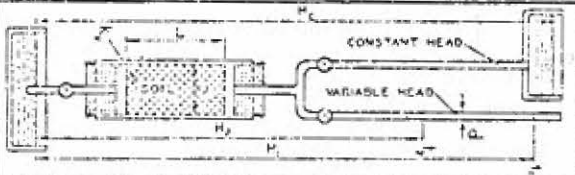
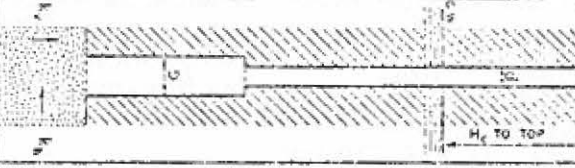
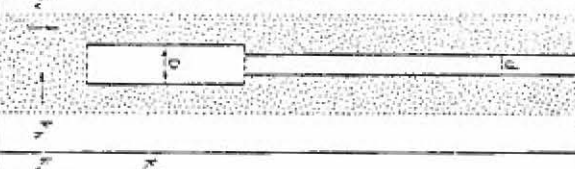
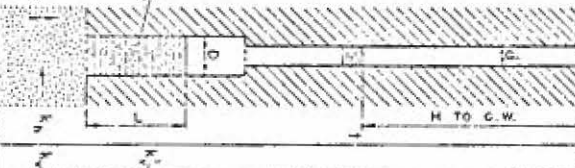
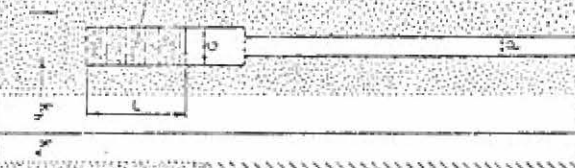
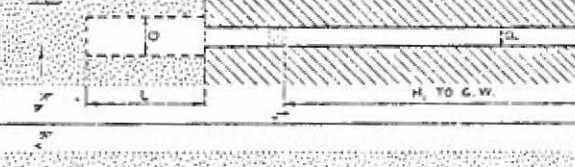

y = trycknivå $t > 0$

r = sfärisk hålighet i rörets nederända

T = tiden för tryckökningen $y_0 - y$

Formeln motsvarar Hvorslevs fall 1, sid. 18.

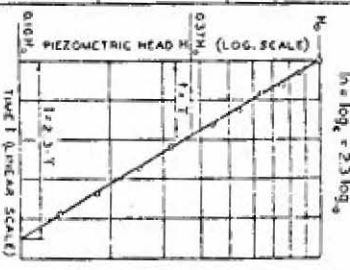
Några exempel på bestämning av permeabilitet enl. Hvorslev.

CASE	CONSTANT HEAD	VARIABLE HEAD	BASIC TIME LAG	NOTATION			
A	 <p>LABORATORY PERMEAMETER (CONSOLIDATEM)</p> <p>CONSTANT HEAD</p> <p>VARIABLE HEAD</p> <p>FLUSH BOTTOM AT IMPERIOUS BOUNDARY</p>	 <p>FLUSH BOTTOM AT IMPERIOUS BOUNDARY</p> <p>CONSTANT HEAD</p> <p>VARIABLE HEAD</p> <p>FLUSH BOTTOM IN UNIFORM SOIL</p> <p>SOIL IN CASING AT IMPERIOUS BOUNDARY</p>	 <p>FLUSH BOTTOM IN UNIFORM SOIL</p> <p>SOIL IN CASING AT IMPERIOUS BOUNDARY</p>	 <p>SOIL IN CASING AT IMPERIOUS BOUNDARY</p>	 <p>SOIL IN CASING AT IMPERIOUS BOUNDARY</p>	 <p>WELL POINT-FILTER/WELL POINT-FILTER AT IMPERIOUS BOUNDARY</p>	 <p>WELL POINT-FILTER/WELL POINT-FILTER IN UNIFORM SOIL</p>
A	$K_v = \frac{4qL}{\pi \cdot d^2 \cdot H_c}$	$K_v = \frac{d^2 \cdot L}{D^2 \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_v = \frac{d^2 \cdot L}{D^2 \cdot T}$	D = DIA. IN CASE, SAMPLE, CM d = DIAMETER, STANDARD, CM L = LENGTH, IN CASE, SAMPLE, CM K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			
B	$K_m = \frac{q}{2 \cdot D \cdot H_c}$	$K_m = \frac{\pi \cdot d^2}{8 \cdot D \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_m = \frac{\pi \cdot d^2}{8 \cdot D \cdot T}$	K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			
C	$K_m = \frac{q}{275 \cdot D \cdot L}$	$K_m = \frac{\pi \cdot d^2}{8 \cdot D \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_m = \frac{\pi \cdot d^2}{8 \cdot D \cdot T}$	K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			
D	$K_v = \frac{4q \left[\frac{\pi \cdot K_v \cdot D}{8 \cdot K_m \cdot m} + 1 \right]}{\pi \cdot D^2 \cdot H_c}$	$K_v = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot K_v \cdot D}{8 \cdot K_m \cdot m} + 1 \right]}{D^2 \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_v = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot K_v \cdot D}{8 \cdot K_m \cdot m} + 1 \right]}{D^2 \cdot T}$	D = DIA. IN CASE, SAMPLE, CM d = DIAMETER, STANDARD, CM L = LENGTH, IN CASE, SAMPLE, CM K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			
E	$K_v = \frac{4q \left[\frac{\pi \cdot K_v \cdot D}{8 \cdot K_m \cdot m} + 1 \right]}{\pi \cdot D^2 \cdot H_c}$	$K_v = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot K_v \cdot D}{8 \cdot K_m \cdot m} + 1 \right]}{D^2 \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_v = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot K_v \cdot D}{8 \cdot K_m \cdot m} + 1 \right]}{D^2 \cdot T}$	D = DIA. IN CASE, SAMPLE, CM d = DIAMETER, STANDARD, CM L = LENGTH, IN CASE, SAMPLE, CM K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			
F	$K_m = \frac{q \ln \left[\frac{\pi \cdot m \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c} + \sqrt{1 + \left(\frac{2mL}{D} \right)^2} \right]}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c}$	$K_m = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot m \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c} + \sqrt{1 + \left(\frac{2mL}{D} \right)^2} \right]}{8 \cdot L \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_m = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot m \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c} + \sqrt{1 + \left(\frac{2mL}{D} \right)^2} \right]}{8 \cdot L \cdot T}$	D = DIA. IN CASE, SAMPLE, CM d = DIAMETER, STANDARD, CM L = LENGTH, IN CASE, SAMPLE, CM K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			
G	$K_m = \frac{q \ln \left[\frac{\pi \cdot m \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c} + \sqrt{1 + \left(\frac{2mL}{D} \right)^2} \right]}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c}$	$K_m = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot m \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c} + \sqrt{1 + \left(\frac{2mL}{D} \right)^2} \right]}{8 \cdot L \cdot (H_t - 1) \ln \frac{H_t}{H_b}}$	$K_m = \frac{d^2 \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot m \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H_c} + \sqrt{1 + \left(\frac{2mL}{D} \right)^2} \right]}{8 \cdot L \cdot T}$	D = DIA. IN CASE, SAMPLE, CM d = DIAMETER, STANDARD, CM L = LENGTH, IN CASE, SAMPLE, CM K _v = CONSTANT PERM. COEFF. CM H _t = HEAD IN CASE FOR t = 0, CM H _b = HEAD IN CASE FOR t = t, CM q = FLOW OF WATER, CM ³ /SEC. t = TIME, SEC.			

ASSUMPTIONS

SOIL - AT INFINITE DEPTH AND DIRECTIONAL ISOTROPY (K_v AND K_m CONSTANT) - NO DISTURBANCE, SEGREGATION, SWELLING OR CONSOLIDATION OF SOIL - NO SEDIMENTATION OR LEAKAGE - NO GAS OR GAS IN SOIL, WELL POINT OR PIPE - NEGLIGIBLE LOSSES IN PIPES, WELL POINT OR FILTER HEADS, WELL POINT OR FILTER HEADS

Fig 24 Formulas for determination of permeability



En direkt metod för bestämning av permeabiliteten är m. h. a. en s. k. Short-Cell Apparatus. Metoden är beskriven på sid. 7.

Gibson (1963) har härlett formeln:

$$k = \frac{Q \gamma w}{4\pi \cdot a u_w}, \text{ där } a \text{ är radien hos en sfärisk piezometerspets.}$$

Denna formel används även av Parry (1971), men där motsvarar a radien hos den sfär som har samma area som en cylinders mantelyta.

u_w är i båda fallen tryckdifferensen vid constant head-försök.

Maasland (1957) behandlar bestämningen av faktorn F i formeln:

$$k = \frac{\pi R^2 \ln(y_1/y_2)}{S(t_2 - t_1)} \quad (\text{Variable head})$$

För en isotrop jord bestäms S av: $S/D = f(d/D, w/D, S/D)$, vilket i ett oändligt medium blir $S/D = f(w/D)$ för värden på w/D mellan 0 och 8 används fig. 26. Då $w/D > 8$ används den appr. formeln (enl. Hvorslev)

$$S/D = \frac{2\pi(w/D)}{\ln 2 w/D}$$

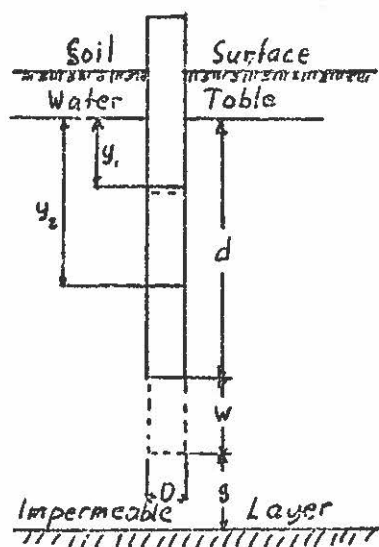


Fig. 25

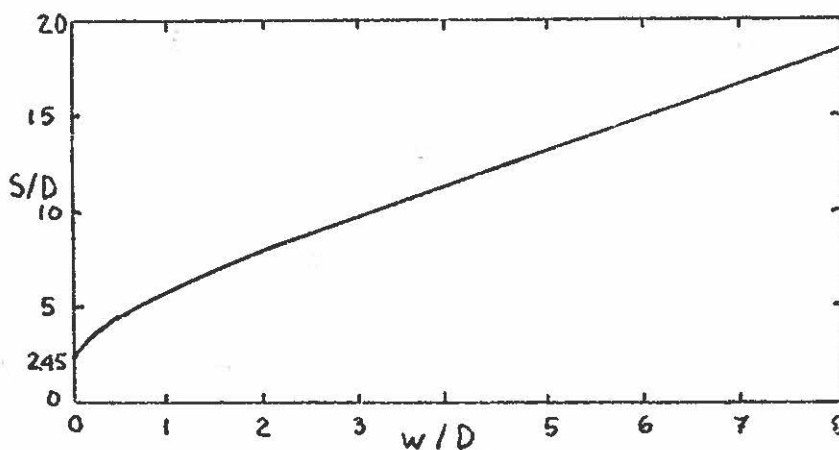


Fig. 26

För en anisotrop jord:

$$k_h \cdot k_v = \frac{\pi R^2 \ln(y_1/y_2)}{S_a(t_2 - t_1)} \quad \text{där } S_a/D = f\left[(k_h \cdot k_v)^{1/2}, w/D\right]$$

Om $w = 0$ används $S/D = 2,45$ ur diagram (fig. 26) i stället för S_a/D . En mätning med $w = 0$ ger därför ett värde på $(k_h - k_v)^{1/2}$. Ytterligare en mätning med $w > 0$ ger S_a/D ur ekv.

$$(k_h \cdot k_v)^{1/2} = \frac{\pi R^2 \ln(y_1/y_2)}{S_a (t_2 - t_1)} \quad \text{då övriga storheter är kända.}$$

z -koordinaten motsvaras av $z' = (k_h/k_v)^{1/2} z$ i ett ekvivalent isotropt system.

Värdet på S_a/D fås då för w'/D ; förhållandet mellan w/D och w'/D bestäms ur:

$$\left. \begin{array}{l} S/D = f(w/D) \\ S_a/D = f(k_h/k_v, w/D) \end{array} \right\} \frac{w'/D}{w/D} = \frac{w'}{w} = \sqrt{k_h/k_v}$$

Både produkt och kvot av k_h och k_v är kända och k_h och k_v kan beräknas.

Azzouz & Raymond (1969) anger formeln:

$$\frac{a_e}{R} = 0,6 + 0,204 \frac{L}{D} \quad \text{för beräkning av den sfärs radie som har lika}$$

area som en cylinder med radien R och längden L .

Värdet på a_e används i Gibsons formel: $k = \frac{Q \gamma w}{4 \pi a_e \Delta h}$.

För inhomogena jordar beräknas $k_m = \sqrt{k_h \cdot k_v} = \frac{Q \gamma w}{4 \pi a_e \Delta h}$

Enl. Penman (1960) kan permeabiliteten bestämmas ur formeln:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 1 - e^{\frac{-Fk}{V\gamma w} \cdot t} \quad \text{där}$$

p_0 = fel i trycknivå vid $t = 0$

p = fel i trycknivå vid $t = t$

F = formfaktor för spetsen

V = volymfaktor (definierad på sid. 16 där kallad θ).

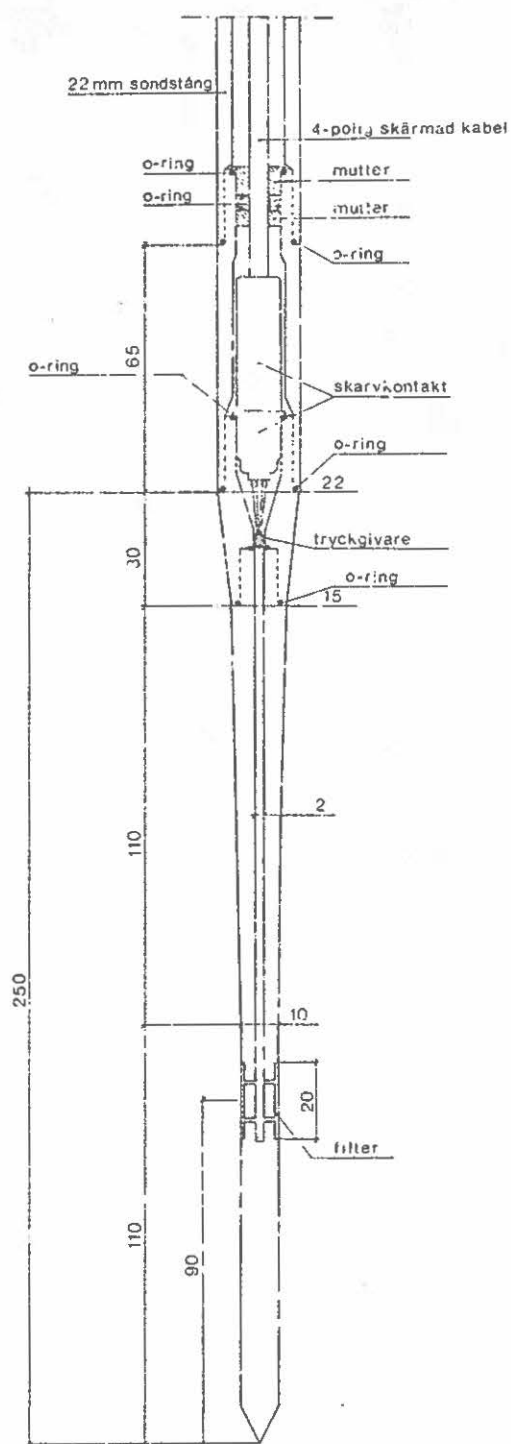
Angivna värden på F:	<u>F</u>
Sfär med diameter d	$2\pi d$
Skiva med diameter d	$2,75 d$
Cylinder: diam. d, längd l	$\frac{2\pi l}{2,3 \log \left(\frac{l}{d} + \sqrt{1 + \left(\frac{l}{d}\right)^2} \right)}$

Försök har visat att tiden för utjämning av trycket väl stämde överens med den teoretiskt bestämda tiden. Formeln avspeglade emellertid dåligt förhållandena under tiden fram till dess en tryckutjämning hade skett.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Aboshi, Hisao, (1963) Automatic Pore Pressure Meter for Field Use. Austr. - New Zealand Conf. on Soil Mech & Found. Eng. 4th Proc. 1963, s. 155-158.
- Bishop and Al-Dhahir (1969), Some comparisons between laboratory tests, in situ tests and full scale performance, with special reference to permeability and coefficient of consolidation. Conf. on In Situ Investigations in Soils and Rocks. Proceedings London 1969, s. 251-264.
- Bjerrum, Nash, Kennard & Gibson (1972), Hydraulic fracturing in field permeability testing. Geotechnique 22, No 2, 1972, s. 319-330.
- Bouwer, Herman (1969), Planning and interpreting soil permeability measurements. Journ. of the Irrigation and Drainage Division, Proc's of the ASCE. No IR3 V 95, s. 391-402.
- Edelman, T. (1953), The Influence of Compressibility of Soil on Some Problems of Ground water Flow. Proc's of the 3rd Inst. Conf. on Soil Mech. & Found. Eng. Switzerland 1953, s. 219-223.
- Gibson (1963), An analysis of system flexibility and its effects on time lag in pore-water pressure measurements, Geotechnique 13, March 1963, s. 1-9.
- Golder and Gass (1963), Field tests for determining permeability of soil strata. Field Testing of Soils. 1963 ASTM STP 322, s. 29-46.
- Griffin, W. (1967), Piezometers monitor water front fill. Civil Engineering ASCE, June 1967, s. 41-43.
- Hosking, A.D. (1968), Subsurface Testing. Australian Road Research Board, Proc's of the 4th Conf. 1968, Vol. 4, part 2, s. 1701-1707.
- Hosking, A.D. and Hilton, J.I. (1963), Instrumentation of Earth Dams on the Snowy Mountains Scheme. Australia - New Zealand conf. on Soil Mech. & Found. Eng. 4th Proc's (1963), s. 251-262.

- Hvorslev, Junl (1951), Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Bulletin No 36. Waterways Experiment Station.
- Kallstenius & Wallgren (1956), Pore Water Pressure Measurement in Field Investigations. SGI Proc's No 13, 1956.
- Lundgren, R. (1966), Electric Piezometer for field installation. Civil Engineering ASCE, Aug. 1966, s. 52-54.
- Parry, R.H.G. (1971), A Simple Driven Piezometer. Geotechnique 21 No 2, June 1971, s. 163-167.
- Penman, A.D.M. (1960), A Study of the Response Time of Various Types of Piezometers. Pore Pressure and Suction in Soils, Proc's Conf. London 1960, s. 53-58.
- Raymond & Azzouz (1969), Permeability determination for predicting rates of consolidation. Conf. on In Situ Investigations in Soils and Rocks, Proc's London 1969, s. 285-293.
- Talsma, T. (1960), Measurement of soil anisotropy with piezometers. Journal of Soil Science, Vol. 11, No 1, 1960, s. 159-171.
- Weber, W.G. (1969), In Situ Permeabilities for Determining Rates of Consolidation. Highway Research Record, No 243, 1969, s. 49-61.
- Wilson, S. (1967), Invest. of Embankment Performance. Journ. of the Soils Mech. & Found. Div. Proc's ASCE, Vol. 93, No SM4, July 1967, s. 139-142.



(Mått i mm)

Piezometerspets konstruerad vid Institutionen för geoteknik med grundläggning, CTH.

LÄGESRAPPORT DELPROJEKT 5

METODSTUDIER FÖR ATT ÅTERSTÄLLA ELLER BIBEHÅLLA
GRUNDVATTENYTAN (GRUNDVATTNETS TRYCKYTA)

Forskningsuppgiftens omfattning

Forskningsarbetet omfattar följande delmoment:

1. Genomgång av litteratur och tidigare genomförda infiltrationsförsök
2. Utvärdering för valda undersökningsområden i Angered och vid Östra Sjukhuset av
 - a) Geologiska förhållanden och parametrar inom resp. infiltrationsområde
 - b) Geohydrologiska förhållanden och parametrar inom resp. infiltrationsområde
3. Upprättande av geohydrologiska beräkningsmodeller över resp. infiltrationsområde
4. Förberedande infiltrationsförsök samt studium av vattenförhållandena i anslutning härtill.
5. Långtidsinfiltration med observation av
 - a) Infiltrationskapacitet
 - b) Grundvattenståndsförändringar i jord och berg
 - c) Portrycksförändringar i kohesionsmaterial (genomföres inom annan forskningsuppgift av institutionen för Geoteknik med grundläggning, CTH)
6. Utvärdering av resultat.

Engagerad personal

Enligt beviljade anslag för budgetåret 1973 - 74 med start den 1 oktober 1972 är följande personer engagerade i forskningsuppgiften:

tekn. lic. Leif Carlsson, geohydrolog 2,25 månader,
civ. ing. Rolf Andersson, lab. ing. 4,5 månader.

Genom projektsamordning finns dessutom tillgång till sekreterare och ritpersonal.

Institutionen deltagar i projektet genom universitetslektor Axel Björkman, projektledare, med en arbetsinsats motsvarande ca 1 månad under löpande period.

Forskningsuppgiftens nuvarande läge (15 mars 1973)

Delmoment 1

Litteraturgenomgång av teori för infiltration samt tidigare genomförda infiltrationsförsök pågår. Härvid har kontakter tagits med olika konsultfirmor samt VA-verket i Göteborg, vilka planerar att genomföra infiltrationsförsök. Löften och tillstånd att få följa dylika försök har erhållits.

Delmoment 2

- a. Genomgång av tidigare utförda undersökningar beträffande Östra Sjukhuset, Göteborg samt sammanställning av detta material har utförts, se bifogad publikation C73:2. Härvid har uppgifter om de geologiska förhållandena liksom inträffade grundvattensänkningar utvärderats.
- b. Beräkningar av geohydrologiska förhållanden och parametrar har genomförts för del av Angeredsområdet utgående från provpumpning utförda av Bo Alte AB, Göteborg. Resultat av dessa beräkningar framgår av bifogad publikation B73:2.

Delmoment 3

Litteraturstudier beträffande geohydrologiska beräkningsmodeller utgående från pumpförsök (omvända förhållande till djupinfiltration genom brunn) har utförts, varvid teorier beträffande samspelet mellan artesisk akvifär och överlagrande akvitard (semipermeabelt lager har beaktats. Sammanfattning av dessa modeller med utgångspunkt från akvifärens reaktion vid grundvattensänkning framgår av bifogad publikation B73:2 (Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 2).

Delmoment 4

Efter sammanställningsarbeten rörande Östra Sjukhuset togs kontakter med berörda myndigheter, vilket resulterade i att ett område inom Östra Sjukhuset ställts till förfogande för förberedande infiltrationsförsök. Inom detta område har en infiltrationsanläggning bestående av 3 st 2" rör med inbördes avstånd av 2 m neddrivits. Rören har öppen nedända samt är perforerade i

sin nedre del. Rören har neddrivits till berg cirka 10,5 m u.m.y. Dessa 3 rör kommer att sammankopplas med vattenbehållare över markytan varvid konstant vattennivå blir möjlig att upprätthålla under försöksinfiltrationen. På varierande avstånd och riktning från denna infiltrationsgrupp har 7 st 2" obsrör neddrivits till berg. Rören har perforerad del i friktionslagret under leran närmast berget. Dessa rör utgör grundvattenståndsrör för observation av grundvattnets tryckytteförändring vid kommande infiltrationsförsök. Rördrivningsarbetet genomfördes under vecka 10 varför resultat från drivningen av resp. rör är under utarbetande. Infiltrationsförsöket är samordnat med portrycksmätningar i leran ingående i institutionens för geoteknik projekt (se nedan).

Delmoment 5

Detta delmoment följer som en naturlig förutsättning av delmoment 4, varvid även institutionen för geoteknik med grundläggning kommer att medverka medelst portrycksmätningar i akvitarden.

Delmoment 6

Någon utvärdering av erhållna resultat kan på nuvarande stadium ej göras. Beräkningar beträffande geohydrologiska parametrar för akvifären inom del av Angeredsområdet synes dock tyda på relativa låga värden på såväl magasinskoefficient, S , som transmissivitet, T , vid en akvifärmäktighet av 0,5 m.



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Publikationsserie C 73:2

ÖSTRA SJUKHUSET, GÖTEBORG

Inventering och sammanställning av borrhinar
och grundvattenundersökningar utförda av
AB Jacobsson & Widmark, Göteborg, samt
bedömning av lämpligt området för infiltration

ÖSTRA SJUKHUSET, GÖTEBORG

INVENTERING OCH SAMMANSTÄLLNING AV BORRNINGAR OCH GRUNDVATTENUNDERSÖKNINGAR UTFÖRDA AV AB JACOBSSON & WIDMARK, GÖTEBORG, SAMT BEDÖMNING AV LÄMPLIGT OM- RÅDE FÖR INFILTRATION

Orientering

Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har beviljat institutionen för VA-teknik anslag för forskningsuppgiften "metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan (grundvattnets tryckyta)". Forskningsuppgiften avser att omfatta studium av metoder för tillförsel av vatten, d. v. s. infiltration (såväl yt- som djupinfiltration) i jord och berg i syfte att återställa eller bibehålla en grundvattenyta (tryckyta). Undersökningen förutsätter ett urbaniserat område där grundvattenförhållandena före exploatering och fram till undersökningstillfället är kända. Dessa förutsättningar har bedömts till stor del vara uppfyllda inom området i och omkring Östra sjukhuset i Göteborg. I avsikt att erhålla underlagsmaterial för bedömningar beträffande val av infiltrationsplats, infiltrationsbrunnar, infiltrationsvattenmängd, observationsrör etc. har en inventering och sammanställning av borrhningar och grundvattenundersökningar utförda av AB Jacobsson & Widmark i Göteborg utförts.

Underlagsmaterial

Till grund för inventeringen och sammanställningen har använts följande rapporter och utredningar av AB Jacobsson & Widmark, Göteborg:

Östra sjukhuset, Göteborg. Översiktlig grundundersökning. 62 - G 122.

Östra sjukhuset, Göteborg. Avloppskulvert. 63 - G 62.

Östra sjukhuset, Göteborg. Grundvattenförhållanden. 67 - G 320.

Östra sjukhuset, Göteborg. Rapport ang. grundvattenförhållanden. 67 - G 320.

Östra sjukhuset, Göteborg. Huvudsjukhus, östra delen. 69 - G 400.

Östra sjukhuset, Göteborg. Huvudsjukhus. 707481.

Östra sjukhuset, Göteborg. Översiktlig ritningssammanställning av utförda byggnadstekniska aktiviteter. Huvuddel D, utgåva nr 3, 1972.

Områdets geologiska uppbyggnad

Området begränsas i norr, öster och söder av cirka 15-20 m höga berg. Den västra begränsningen utgöres av en mot väster sluttande dalgång omgiven av berg i norr och söder. I nordöst finns en mot norr sluttande dalgång kring Fräntorpsgatan omgiven av berg i väster och öster. Jordarterna inom området utgöres av lera med friktionslager närmast omgivande berg. Större mäktigheter av dessa friktionslager finns utefter den norra bergbegränsningens sydöstra och östra sluttning, liksom efter den södra begränsningens östra del. Lerans mäktighet inom området torde vara max. cirka 20 m, i medeltal 10-15 m. Den underlagras av ett friktionslager vars mäktighet maximalt torde vara 1,5 m i områdets centrala del. Mäktigheten av friktionslagret har utgående från utförda trycksonderingar inom området sammanställts i fig. 1. Av denna figur framgår att relativt stora delar av området har friktionslager mindre än 10 cm under lagrande leran. Inom leran har vid trycksonderingarna, vilka utförts av Jacobson & Widmark AB, påträffats skikt med förmodade förekomster av friktionsmaterial. Dessa förekommer dels samlade och dels som enskilda skikt i leran. Nämda skikt liksom bergyta och på bergytan befintligt friktionslager har inlagts i de över området upprättade profilerna i fig. 2-6. Rådande porvattentryck inom lerans undre del i april 1971 har även inlagts.

Fig. 7 utvisar nivåkurvor över fast botten upprättad av AB Jacobsson & Widmark, Göteborg. Eftersom markytan inom området jämfört med bergytan är relativt plan kan fig. 7 tolkas så att de största jordmäktigheterna finns i områdets nordöstra och östra delar.

Grundvattenförhållanden

Grundvattenförhållandena före urbanisering

Den grundvattenbild som var rådande före urbaniseringen av området i och omkring Östra sjukhuset är ej möjlig att på grundval av då utförda observationer rekonstruera då antalet observationspunkter är för få (5 mätpunkter). Under antagande att porvattentrycket i lerlagrets övre delar, d.v.s. cirka 2 m under markytan ej påverkats av grundvattensänkning dels i friktionslager under leran och dels i lerlagrets undre delar torde grundvattenförhållandena före urbaniseringen av området kunna jämföras med grundvattenförhållandena nu rådande i lerlagrets övre delar. Riktigheten av nämnda

antagande torde till stor del verifieras genom de av Jacobsson & Widmark AB upprättade sonderings- och vattentrycksdiagrammen för olika mätpunkter inom Östra sjukhuset samt genom de kontinuerliga grundvattenståndsobservationer som utförts på olika djup under markytan i olika mätpunkter av Jacobson & Widmark AB.

Den grundvattenbild som genom ovan nämnt antagande torde överensstämma med den före urbaniseringen framgår av fig. 8. Av figuren framgår att i områdets södra del förekommer från berg i söder en mot norr riktad gradient medan i områdets norra del en från berg i norr mot söder riktad gradient förekommer. Gradientens storlek inom dessa områden varierar mellan 5 och 30‰, i medeltal cirka 15‰. Inom områdets centrala del synes grundvattenytan (tryckytan) före urbaniseringen varit belägen på nivå +50. Grundvattnets tryckyta sjunker mot sydväst och nordöst, indikerande att grundvatten före urbaniseringen kunnat dränerats åt dessa håll. Nämnade förhållanden tyder även på förekomst av en grundvattendelare inom Östra sjukhusets område, en grundvattendelare som även har sin motsvarighet i en ytvattendelare. Grundvatten har sålunda före urbaniseringen dränerats dels mot nordöst och norr via dalgången vid Fräntorpsgatan och dels mot sydväst och väst mellan bergspartier ned mot Kvarndammen.

Grundvattenförhållanden efter urbaniseringen

Utgående från 23 olika porvattentryckmätare inom området på nivåer mellan 30,7 och 46,9 d. v. s. mellan 4,2 och 18,4 m under markytan, har en grundvattenbild konstruerats för tidpunkten april 1971. Denna tidpunkt motsvara cirka 6 år efter sprängning av råvattentunneln från Göra Älv till Lackarebäck inom området vid Östra sjukhuset. Den erhållna strömbilden framgår av fig. 9. Från såväl områdets södra som norra del förekommer en mot områdets centrala delar riktad gradient. Storleken av denna gradient är mellan 40 och 120‰, i medeltal cirka 75‰. Strömbilden visar att en kraftig avsänkning av porvattentrycket ägt rum inom de centrala delarna av området i anslutning till och väster om Kvinnokliniken. Storleken av avsänkningen är maximalt cirka 10-12 m.

Den enligt fig. 9 upprättade grundvattenbilden visar jämfört med kartan över fast botten, fig. 7, att grundvattnets tryckyta inom större områden är belägen under fasta bottens nivå. Detta förhållande åskådliggöres av fig. 10.

Bedömning av lämpligt område inom Östra sjukhuset för infiltration av vatten med avsikt att återställa eller bibehålla grundvattenytan (grundvattnets tryckyta)

För att medelst infiltration ha möjlighet att påverka en grundvattenyta (tryckyta) inom ett område med en geologisk uppbyggnad av den typ som förekommer vid Östra sjukhuset bör infiltrationen förläggas till den del där kontinuiteten i underlagrande friktionslager är god. Enligt fig. 1 synes detta vara fallet inom det i fig. 11 markerade delområdet. Vid utval av detta område har även hänsyn tagits till tryckytans avsänkning, d.v.s. avsänkningen är här ej så stor att tryckytan inom området är belägen under fast botten. Avsänkningens storlek i april 1971 var inom området cirka 4-6 m.

Göteborg den 15 januari 1973

Institutionen för VA-teknik

Chalmers Tekniska Högskola


Axel Björkman


Leif Carlsson

