



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.

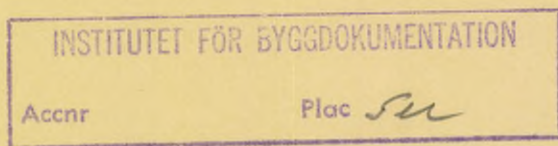


Avsänkt grundvattenyta i urbant område

Djupinfiltration samt vattenfyllning av
bergtunnel med 150 kPa övertryck

Rolf Rosén
Erik Almling

K
Alm



R61:1984

AVSÄNKT GRUNDVATTENNYTA I URBANT OMRÅDE
Djupinfiltration samt vattenfyllning av
bergtunnel med 150 kPa övertryck

Rolf Rosén
Erik Almling

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770364-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Hagconsult AB, Lidingö.

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

R61:1984

ISBN 91-540-4146-5
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

1	BAKGRUND	5
2	GEOLOGI	6
2.1	Allmän geologi	6
2.2	Markförhållanden	6
2.3	Berggrund	6
3	GRUNDVATTEN	8
4	DJUPINFILTRATIONSSYSTEM	9
4.1	Infiltrationssystemets placering	9
4.2	Infiltrationssystemets utformning	9
4.3	Infiltrationsutrustning	9
5	INFILTRERADE VATTENMÄNGDER OCH INFILTRATIONSTRYCK	11
5.1	Infiltrationseffekter	11
5.2	Avstängning av infiltrationsanläggningar	12
6	ANALYS AV INFILTRATIONSRISULTAT	13
7	VATTENFYLLNING AV TUNNELN	15
8	LÄCKAGE AV VATTEN UT UR TUNNELN	16
9	LÄCKAGE AV LUFT UT UR TUNNELN	17
BILAGA 1	Teckenförklaring till ritning 5	18
BILAGA 2	Tabell över infiltrationsmängder och -tryck	19-22
BILAGA 3	Foton visande ur tunneln läckande luft	23-26
BILAGA 4	SGF Beteckningsblad 1-4	
RITN. 1	Översiktsplan, skala 1:10 000	
RITN. 2	Längdprofil, skala 1:10 000	
RITN. 3-4	Sektion av jordprofil vid infiltrationsplatsen	
RITN. 5	Geoppföljning, plan över infiltrationsplatsen	
RITN. 6-8	Grundvattenobservationer, infiltrationsmängder	

SAMMANFATTNING

Under åren 1975 och 1976 byggdes en tunnel från Motala Ström till Malmölandet inom Norrköpings kommun för att försörja ett nytt pappersbruk med sötvatten. Enligt vattendomen fick grundvattenytan inte avsänkas av tunnelarbetena. Vid tunnelns passage genom några regionala störningszoner i berggrunden uppstod vid utsprängningen kraftiga vattenläckage, vilket medförde en grundvattensänkning inom ett mäktigt sedimentområde ovan tunneln. Trots omfattande tätningsarbeten inifrån tunneln sänktes grundvattennivåerna ca 4 m.

För att inte hindra den fortsatta driften av tunneln och för att inte ytterligare avsänka grundvattennivåerna utfördes djupinfiltration i jordlagren ovan tunneln. Genom infiltrationen, som utfördes med kommunalt ledningsvatten i från markytan placerade infiltrationsrör, kunde grundvattenbalansen upprätthållas under pågående tunnelarbeten. Under de 9 månader som infiltrationen pågick infiltrerades ca 12 m³ vatten/tim. eller totalt ca 80.000 m³. Infiltrationen stängdes av ca 2 veckor innan tunneln vattenfylldes.

Omfattande mätningar utfördes av grundvattenytans förändringar i samband med vatteninfiltrationen, avstängningen av anläggningen samt vattenfyllningen av tunneln. Mätvärdena har analyserats och redovisas i diagram.

Grundvattenobservationerna visade att vattenfyllningen av tunneln hade direkt inverkan på grundvattenytan som omgäende höjdes efter att ha tillåtits sjunka efter avstängningen av infiltrationen.

Sedan tunneln tagits i bruk är vattentrycket i tunneln 100-150 kPa högre än grundvattentrycket. Läckaget ut ur tunneln är trots detta mycket litet och har ej medfört märkbar förhöjning av grundvattennivåerna som 2 år efter vattenfyllningen av tunneln har normala fluktuationer.

Efter vattenfyllning av tunneln läckte instängd luft ut ur tunneln och upp genom marklagren under 8 månaders tid.

Vatteninfiltration kan i teorin synas vara ett enkelt och effektivt sätt att kompensera en grundvattensänkning. Det aktuella infiltrationsprojektet har varit framgångsrikt och följt uppställda intentioner. Analyser av mätvärden visar dock att ingående parametrar mycket komplext påverkar förutsättningarna för infiltrationen och dess resultat.

1 BAKGRUND

Holmens Bruk AB invigde år 1977 ett nytt pappersbruk, Braviken, på Malmölandet i Norrköpings kommun. För att försörja bruket med sötvatten byggdes en tunnel från Motala Ström i Norrköpings centrala delar, via industriområdena Slottshagen och Händelö, till Malmölandet. Tunnelns sträckning och djupläge redovisas på översiktsplan och längdsektion på ritning 1 och 2. Motala Ström passerar två gånger av tunneln. Tunneln utsprängdes under tiden april till november 1976. Tunnelns längd är ca 7,5 km, arean är ca 7,5 m² och den är belägen på nivå ca -75. Vattnet transporteras genom självfall i tunneln. Vattenövertrycket under drift varierar mellan 100-150 kPa, 1-1,5 kp/cm², beroende på uttagets storlek. Enligt vattendomen fick grundvattenytan ej avsänkas av tunnelarbetena.

Längs större delen av tunnelsträckan påverkade sprängningsarbetena ej grundvattenytan, men på Händelö, där tunneln passerar några regionala störningszoner i berggrunden, erhöles vid utsprängningen kraftiga vattenläckage. Omfattande tätningsarbeten genom cementinjektering nedifrån tunneln minskade läckagens omfattning. Trots detta fortsatte grundvattennivåerna i pejlingsrören kontinuerligt att sjunka inom ett ca 1 km² stort område, där en maximal avsänkning av ca 4 m kunde avläsas våren 1976.

Ett flertal för grundvattensänkning känsliga anläggningar finns här, bl.a. den stora oljelagringsanläggningen på Händelö. Den består av dels bergrum under jord, med botten på nivå ca -50, och dels cisterner och servicebyggnader ovan jord. Vidare finns ett flertal stora industrianläggningar samt järnväg, vägar och ledningar.

För att snabbt återställa grundvattenbalansen i området påbörjades vatteninfiltration från markytan. Härvid utnyttjades 3 infiltrationsanläggningar vardera med 2 ä 3 infiltrationsrör, vilka anslöts till kommunens vattenledningsnät.

2 GEOLOGI

2.1 Allmän geologi

Tunnelns huvudsakliga sträckning i SV-NO gör att markförhållandena varierar starkt längs tunneln. Detta beror på att de jordarter som avlagrats efter sista istiden präglats av en isrörelse som gått nära vinkelrätt mot tunnelsträckningen. Svaghetszoner i berggrunden har eroderats av inlandsisen. Landskapet har skulpterats i dalar med riktningen NNV-SSO. Vid isens avsmältning avlagrades morän med varierande mäktighet ovanpå bergytan. Mäktiga smältvattenälvar inne i isen förde med sig material och deponerade detta utanför den retirerande iskanten. Det grövsta materialet hamnade utanför iskanten direkt ovanpå berget och bildade en lång höjdrygg i isrörelseriktningen, medan det finare materialet ända ner till lera sedimenterade ut över det omgivande moräntäcket. Isen var flera kilometer mäktig och i Norrköpingstrakten skedde all materialavlagring under vatten. Issmältningen gick ryckvis beroende på årstidsväxlingarna. Detta gav sig uttryck i smältvattenälvarnas transportkapacitet med variation i avlagringarnas kornstorlek till följd. Det finaste sedimentet, den glaciala leran, är tydligt varvig. De understa varven som avsatts närmast iskanten innehåller ofta grövre material och är relativt mäktiga. Det tidigare skulpterade landskapet utjämnades med mäktiga leravsättningar i dalarna.

Inlandsisen pressade ner jordskorpan och efter istiden har landytan höjt sig upp ur havet för att återta sin ursprungliga nivå. Vågorna bearbetade under landhöjningen alla uppstickande holmar och landskapet utjämnades ytterligare genom tillskott av s.k. postglacial lera i dalstråken.

2.2 Markförhållanden

Bergtunneln passerar efter intaget vid Motala Ström under Norrköpingsåsens centrala avlagringar, varefter tunneln går under flera jordfyllda dalar med avsevärda lermäktigheter.

Vid platsen för vatteninfiltrationen på Händelö består jordlagerföljden av överst ca 0,3 m mylla på ca 1 m torrskorpelera följd av ca 10 m postglacial lera på upp till ca 10 m glacial lera underlagrad av 10-15 m morän på berg. Ställvis saknas den glaciala leran helt. Närmast över moränen förekommer sand- och grusskikt med upp till ca 5 m mäktighet. De vattenförande sand- och grusskikten förekommer dock endast sporadiskt och deras vattenförande kapacitet varierar starkt. Jordlagerföljden vid infiltrationsplatsen redovisas på ritning 3 och 4.

2.3 Berggrund

Berggrunden utgörs av huvudsakligen grå - gråröda slirgnejser med varierande grad av förskiffring. Mindre avsnitt med röd eller grå pegmatit och grå granit förekommer. Diabasgångar i NV-SO-lig riktning övertvåras tunneln. Gnejsen är i allmänhet orienterad med nära O-V-lig strykning och med medelbrant - brant stupning mot söder. Sprickfrekvensen i berget längs tunnelsträckningen varierar

starkt. Vissa partier med hög sprickfrekvens uppvisar sprickfyllnader av klorit, kalцит och lera. De flesta sprick- och krosszonerna följer gnejsens huvudstruktur med NV-SO-lig riktning, huvudsakligen i botten av de dalstråk som karakteriserar landskapet. Svaghetszoner, bergnivåer m.m. vid infiltrationsplatsen framgår av ritning 5, se även teckenförklaring i BILAGA 1.

Grundvattenytan inom det aktuella området på Händelö ligger relativt nära markytan. Detta beror på närheten till Bräviken och landskapets ringa höjd över havet. Markytan sluttar mot SÖ och den naturliga grundvattenströmmen följer denna riktning. Grundvattenmagasinets rörlighet är emellertid beroende av de permeabla jordarternas utbredning och utanför den centrala Norrköpingsåsen torde således endast sand- och grusskikt vid glacialerans botten- varv transportera nämnvärda grundvattenmängder. I övrigt är permeabiliteten mycket låg i leravlagringarna och ofta även i den närmast berget liggande moränen.

I samband med utbyggnaden av tunneln monterades ett omfattande system av grundvattenobservationsrör, totalt ca 60 st, varav 15 rör placerades på Händelö. Grundvattenobservationer påbörjades innan sprängningsarbetena för tunneln startade och utfördes därefter kontinuerligt ca 1 gång/vecka till april 1977 och därefter sedan tunneln vattenfylldes 1 gång/månad till februari 1979.

Grundvattennivån inom Norrköpingsregionen var under större delen av utsprängningsperioden lägre än normalt till följd av det extrema torråret 1975. På Händelö låg grundvattenytan ca 1,5 m under markytan när utsprängningsarbetena påbörjades. Tunnelarbetena påverkade ej grundvattennivåerna längs tunnelsträckan fränsett två lokala områden inom Händelö och Malmölandet. Under utsprängningen av tunneln uppstod således kraftig vatteninläckning där tunneln passerar några regionala störningszoner i berggrunden på Händelö, vilket medförde en grundvattensänkning av maximalt ca 4 m. Vid en av störningszonerna, sektion 4/000, uppskattades inläckningen till 80 l/min., innan tätning av berget påbörjades. Efter omfattande injekteringsarbeten, varvid inläckningen reducerades till 50 l/min., beslöt man att prova infiltration av vatten från markytan för att inte ytterligare hindra drivningen av tunneln och för att inte ytterligare avsänka grundvattennivåerna.

Infiltrationen, som gjordes med kommunalt vattenledningsvatten, startades i april 1976. Den pågick under ca 9 månader och avslutades ca 2 veckor innan tunneln vattenfylldes i februari 1977.

På Malmölandet sänktes grundvattennivån i samband med tunnelsprängningen och var avsänkt ca 2,5 m från augusti 1976 till februari 1977 då tunneln vattenfylldes. Då området främst utgörs av jordbruksmark och då en temporär grundvattensänkning inom området ej bedömdes ha negativ inverkan på markens användbarhet, utfördes ej någon vatteninfiltration här utan endast tätning av tunneln genom cementinjektering.

4 DJUPINFILTRATIONSSYSTEM

4.1 Infiltrationssystemets placering

För att kunna utnyttja infiltrationsrören måste förekommande permeabla marklager i jordlagerföljden lokaliseras. Dalgångarna på Händelö går parallellt och relativt nära Norrköpingsåsens huvudsträckning. Det finns då förutsättningar att glaciallerans bottenvarv innehåller vattenförande sand- och grusskikt. Skiktens geologiska bildningssätt medför att sand- och gruslagren kan antas vara mäktigast mot dalgångarnas NO-sida eftersom dessa ligger mest distalt från åsens huvudkärna.

Sonderingsborrning genom marklagren och provtagning i friktionsjorden utfördes i sektioner genom dalgångarna. På grund av det stora jorddjupet, upp till 30 m, användes tung borrutrustning, Roc 601. I båda dalgångarna kunde fastställas att de permeabla sand- och grusskikten i botten av glacialleran och ovanpå moränen hade sin största mäktighet mot NO-sidan, se ritning 3 och 4. I flera borrhål och på skilda nivåer erhöles spolförluster vid borring i friktionsjorden. Grusskikt med upp till 5 m mäktighet påträffades.

4.2 Infiltrationssystemets utformning

Infiltrationsanläggningen utformades i tre grupper om vardera 2 ä 3 rör, sammanlagt 8 rör. Rörens inbördes avstånd i grupperna var 20-40 m. Grupp 1, som placerades ca 50 m SO om tunnelns längdsektion 4/200, bestod av 3 st infiltrationsrör, I1-I3. Grupp 2, som placerades i samma dalgång ca 200 m söderut parallellt med tunneln, bestod av 3 st infiltrationsrör, I4-I6. Rörlängderna i grupp 1 och 2 var ca 20 m. Grupp 3, som placerades ca 50 m SO om tunnelns längdsektion 3/700, bestod av 2 st infiltrationsrör, I7-I8. Rörlängden uppgick till ca 15 m.

Infiltrationsrören monterades till en början i nedborrade 3" foderrör som sedan drogs upp. Detta gjorde dock att leran kring rören blev så störd att infiltrationsvattnet följde rörens utsidor upp till markytan. Nya försök visade att infiltrationsrören kunde tryckas ned med Roc 601 genom leran i friktionsjorden utan förborring, varvid leran stördes i så ringa grad att läckage ej uppstod. Vid de inledande försöken klarade varje rör i anläggningarna 40 l/min., vilket är ett gott bevis på att filterspetsarna placerats rätt i planläge och nivå.

4.3 Infiltrationsutrustning

Infiltrationsrören bestod av 2" galvaniserade stålrör som i spetsen utrustades med ett en meter långt filter. Varje infiltrationsrör försågs med vattenmätare, tryckgivare och regleringsventil. Då anläggningen skulle vara i drift under hela vintern värmeisolerades de delar som förlagts ovan mark.

Infiltrationsrören anslöts via PVC-rör till kommunens ordinarie vattenförsörjningsnät. Alternativt diskuterades att försörja infiltrationssystemet med vatten från Lindö kanal. Detta alternativ

kom ej till utförande med hänsyn dels till risken för igensättning av infiltrationssystemet samt dels till att det bedömdes som olämpligt att förorena grundvattnet med saltvatten. Kostnaden för det kommunala vattenledningsvattnet reducerades eftersom restitution erhöles från avloppsavgiften.

Vid de inledande försöken i april 1976 hade varje infiltrationsrör en kapacitet av ca 40 l/min. Infiltrationsgrupp 1 och 2 startades 3 maj 1976 med ett infiltrationsflöde av ca 60 l/min. per grupp. Grupp 3 startades 27 april 1976 med ett infiltrationsflöde av ca 70 l/min. Infiltrationsmängderna och infiltrationstrycken för varje infiltrationsrör redovisas i tabellform i BILAGA 2. Av tabellen framgår att infiltrationsflödena och infiltrationstrycken i grupp 1 och 2 under hela driften av anläggningen var relativt konstanta, ca 20 l/min. per rör respektive ca 100 kPa. I tre av rören ökade dock mot slutet av infiltrationsperioden infiltrationstrycket till 150-160 kPa. Infiltrationsflödet i grupp 3 var inledningsvis mer svårinställt med ett flöde mellan ca 15 och 35 l/min. per rör. Under tiden juli 1976 fram till avstängningen av anläggningen i februari 1977 stabiliserades flödet på ca 40 l/min. per rör. Infiltrationstrycken i grupp 3 var betydligt lägre än i de två övriga grupperna. Under större delen av infiltrationsperioden var trycket 10-20 kPa. I slutet av infiltrationsperioden ökade infiltrationstrycket i rör I7 till 50 kPa samtidigt som infiltrationsflödet minskade något. Detta kan möjligen tyda på att en viss igensättning har skett. Vår bedömning är att infiltrationen vid grupp 3 utförts i mer permeabla jordskikt jämfört med infiltrationen vid grupp 1 och 2. En möjlighet är även att den höga infiltrationskapaciteten i kombination med lågt infiltrationstryck för grupp 3 kan bero på uppspolning av kanaler i jordlagren samt kommunikering mellan permeabla friktionsjordlager.

Vid avstängningen av infiltrationsanläggningarna inträffade vid rör I4 i grupp 2 att vatten rann baklänges upp och ut ur röret. Först efter 5 dygn började vattnet sjunka i detta rör. Genom vatteninfiltrationen hade grundvattnet här fått ett kraftigt övertryck. Orsaken till den långsamma utjämningen av övertrycket torde vara att infiltrationen skett i ett relativt slutet lager av friktionsjord samt att uppspolning av kanaler till andra permeabla jordlager ej skett.

Under de nio månader som infiltrationen pågick infiltrerades ca 12 m³ vatten/tim. eller totalt ca 80.000 m³. Inläckningen i tunneln vid platsen för infiltrationen var i december 1976 efter utförda injekteringar ca 3 m³/tim. En stor mängd av det infiltrerade vattnet leddes således bort från området.

5.1 Infiltrationseffekter

På ritningarna 6-8 visas resultat av dels grundvattenpejlingar under tiden mars 1975 till februari 1979 och dels infiltrerade vattenmängder för respektive grupp, uttryckt i liter/minut. Vidare anges på tidaxeln tidpunkt för betydelsefulla händelser under tunnelprojektet.

Redan vid de inledande infiltrationsförsöken märktes en temporär höjning av grundvattenytan. Inom ca 1 månad efter starten av infiltrationsanläggningarna höjdes grundvattenytan i området till nära de nivåer som normalt rådde innan tunnelutsprängningen påbörjades. Vid grupp 1 och 2 höjdes nivån först ca 3,0 m och senare i december 1976 och i januari 1977 ytterligare ca 1,0 m, dvs. till normal grundvattennivå.

Vid grupp 3 höjdes grundvattennivån direkt ca 2 m. En månad efter starten sjönk nivån relativt snabbt, men sjunkningen bromsades genom en fördubbling av infiltrationsintensiteten. Under juni till oktober sjönk nivån ca 1 m men höjdes igen och låg därefter ca 0,5 m under normal nivå.

Vid all infiltration finns stor risk för omlagring av jordmaterialet med exempelvis stora marksättningar som följd. Detta måste särskilt beaktas när infiltrationen utförs i direkt närhet till befintlig bebyggelse där konsekvenserna kan bli förödande. Andra effekter som kan uppstå vid infiltration är exempelvis uppspolning av kanaler i jordmaterialet, vilket i vissa fall kan ha en positiv spridningseffekt men i andra fall omintetgöra infiltrationseffekten. Alternativt kan också igensättning uppstå i jordmaterialet med följd att infiltrationseffekten uteblir. Detta belyser hur problematiskt det är att dels projektera en infiltrationsanläggning och dels att få den att fungera optimalt.

5.2 Avstängning av infiltrationsanläggningar

Cirka 2 veckor före vattenfyllningen av tunneln stängdes infiltrationsanläggningarna av. Härefter pejldes vattenytan även i infiltrationsrören. Pejlingarna i infiltrationsrören utfördes varje dag under februari för att noggrant studera grundvattenbalansen i samband med vattenfyllningen av tunneln.

Vid grupp 1 sjönk vattentrycket i både infiltrationsrören och grundvattenobservationsrören med så gott som lika hastighet till nivån ca -1,0.

Vid grupp 2 sjönk vattentrycket i rör I6 och rör V32 relativt lika till nivån ca -2,0. I rör I4 rann vatten istället upp och ut ur röret. Detta pågick under 5 dygn. Därefter sjönk vattentrycket relativt snabbt till nivån ca ± 0 . I rör I5 sjönk vattentrycket snabbt till nivån ca ± 0 och stabiliserades där. Först cirka en månad efter att tunneln vattenfylldes ökade vattentrycket i detta rör.

Vid grupp 3 sjönk vattentrycket i infiltrationsrören och grundvattenobservationsrör V28 långsammare och ej lika mycket som vid de övriga grupperna. Vattentrycket i rör I7, I8 och V28 sjönk till de inbördes olika nivåerna ca +1,0, +0,5 resp. ± 0 .

6 ANALYS AV INFILTRATIONSRESULTAT

I teorin kan vatteninfiltration synas vara ett enkelt och effektivt sätt att kompensera en grundvattensänkning.

I praktiken visar det sig dock att det oftast inte finns några enkla och entydiga samband mellan

- infiltrationstryck
- infiltrerade flöden
- geologiska förutsättningar
- grundvattenhöjningarnas storlek
- grundvattenhöjningens spridning
- tidseffekter

I detta projekt har omfattande arbeten nedlagts på att mäta och analysera infiltrationseffekterna. Analyserna visar att inga entydiga samband finns mellan ovanstående parametrar.

I detta fall har de omfattande mätningarna och analyserna påvisat flera svårförklarliga fenomen trots att projektet som helhet varit framgångsrikt.

Erforderligt infiltrationstryck är exempelvis dels en funktion av jordens permeabilitet men dels även en funktion av den permeabla jordvolymens storlek liksom dess vattenförande kommunikation med omgivande marklager. Detta är särskilt markant i områden med aktuell typ av geologi och kan även avläsas i de skilda hastigheter med vilka vattennivån i respektive rör stabiliserades inom de olika infiltrationsgrupperna.

Grupp 1 har de största differenserna i infiltrationstrycken under vatteninfiltrationen 30, 90 resp. 150 kPa. Trots detta är grundvattentrycket så gott som lika i samtliga rör omedelbart efter avstängningen av vatteninfiltrationen och även fortsättningsvis efter tunnelns vattenfyllning, se BILAGA 2 och ritning 6.

Vid grupp 2 är förutsättningarna för infiltration likartade de vid grupp 1 med den skillnaden att friktionsjordlagrens mäktighet här är mindre. Allmänt kan sägas att resultaten från infiltrationen liksom resultaten från mätningarna före och efter avstängning av infiltrationsanläggningen i stort överensstämmer med resultaten vid grupp 1. Några väsentliga avvikelser kan dock konstateras, jfr ritning 6 och 7.

- Den lägsta grundvattennivån uppmättes i rör V32 vid grupp 2. Grundvattennivån var här ca 1,2 m lägre än vid grupp 1 fram till vattenfyllningen av tunneln.
- Efter avstängningen av vatteninfiltrationen rann vatten baklänges upp och ut ur rör I4 under 5 dygn. Det hade vid infiltrationen således byggts upp ett kraftigt övertryck i jordlagren. Jordprovtagning visar förekomst av relativt tjocka skikt, ca 0,5 m, av silt och lera nära infiltrationsrörens spetsnivå, se ritning 3.

- Efter avstängningen av vatteninfiltrationen stabiliserades vattentrycket i rör 15 inom ca ett dygn på nivån ± 0 . Först ca en månad efter att tunneln vattenfylld steg vattennivån i detta rör. Den stabila trycknivån i rör 15 kan ha orsakats av igensättning vid infiltrationsrörets spets eller alternativt kan spetsen vara placerad i en separat akvefär.

Vid grupp 3, rör 17 och 18, erfordrades de lägsta infiltrationstrycken trots att infiltrationsflödet vid dessa rör var det dubbla jämfört med övriga rör. Vid avstängningen av vatteninfiltrationen reagerade vattennivåerna i de två rören lika men långsammare än vid de andra infiltrationsgrupperna, se ritning 8. Detta beror på att tunnelläckaget här var mindre men sannolikt även på att denna infiltrationsgrupp placerats i ett relativt sett större grundvattenmagasin. Anledningen till tryckdifferenserna mellan grundvattenobservationsröret och infiltrationsgruppens rör belägna på ca 110 m avstånd orsakades sannolikt av olika permeabla skikt i grundvattenmagasinets jordlager.

7 VATTENFYLNING AV TUNNELN

Den 15 februari 1977 påbörjades vattenfyllningen av tunneln genom att intaget vid Motala Ström öppnades. Efter 6 dygn var tunneln vattenfylld. Under förutsättning av konstant vattenflöde fylldes tunnelns horisontella del efter 4 dygn och de lutande delarna vid in- resp. utlopp efter ytterligare 2 dygn. Detta verifieras av grundvattenpejlingarna, som visar att grundvattenytan efter avstängningen av infiltrationen sjönk ca 2 m fram till omkring den 19 februari för att därefter åter höjas. Vattenfyllningen av tunneln hade således direkt inverkan på grundvattenytan. Sedan tunneln helt vattenfylld och läckaget därmed upphört höjdes grundvattennivån kraftigt under mars och april. Den ytterligare höjningen torde främst ha orsakats av snösmältning och nederbörd. Grundvattenpejlingarna härefter fram till februari 1979 visar att grundvattensituationen normaliserats.

8 LÄCKAGE AV VATTEN UT UR TUNNELN

Under påsken 1977, då driften i pappersbruket ej pågick, mättes läckaget ut ur tunneln. Detta tillgick så att intaget vid Motala Ström stängdes liksom utloppet till vattenverket vid Braviken. Därefter mättes dels inläckande vattenmängder genom sätarna vid intaget och dels vattenytans sänkningshastighet i svalltornet vid Braviken. Mätningarna, som utfördes vid vattennivån ca +13,0, dvs. vid ca 10 m vattenövertryck på Händelö, visade att läckaget ur tunneln uppgick till ca 2 m³/tim. Läckaget kan jämföras med inläckningen i tunneln som var ca 8,3 m³/tim vid ca 80 m avsänkning av vattentrycket. Läckaget ut ur tunneln var således proportionellt sett högre än den tidigare uppmätta inläckningen. Senare observationer, se följande rubrik, har dock visat att större delen av utläckaget bestod av utläckande instängd luft. Mätningarna av läckaget ur tunneln indikerar att förlusten vid normalt vattenuttag, 1 m³/s är mindre än 0,1 ‰.

Då hela industrianläggningen skulle startas så snart vattentunneln hade färdigställts fanns ej tillfälle att såsom planerats utföra en etappvis fyllning av tunneln med ytterligare mätningar av läckaget ur tunneln vid olika övertryck och i samband därmed studera förändringarna av grundvattentrycket.

Grundvattenpejlingar utförda sedan tunneln tagits i drift visar att vattenövertrycket i tunneln ej har medfört någon märkbar förhöjning av grundvattennivåerna jämfört med rådande förhållanden före tunnelprojektet. Ej heller har någon försumpning av markytan ovan tunneln kunnat konstateras.

Till följd av att tunneln ur arbetstekniska skäl sprängts med lutning stängdes stora volymer luft in i tunneln vid vattenfyllningen. Frågan ställdes vad som skulle ske med den inständda luften. Skulle den ligga kvar i tunneln eller skulle den pressas ut ur tunneln och in under leran eller skulle den med tiden försvinna genom upplösning i vattnet? Frågan kunde besvaras efter det att tunneln vattenfylldes.

Cirka en månad efter vattenpåfyllningen observerades att luft strömmade upp genom marken. Detta iaktogs dels i två grundvattenrör, 43 vid Johannesborgs slottsruin och 37 på Malmölandet och dels på ett översvämmat område på Malmölandet där isen fortfarande låg kvar och luft strömmade upp genom vattnet i en större och en mindre vak. Se ritning 1. Tunnelns horisontella del har vid dessa båda områden lokala höjdpunkter. Genomslag skedde här och luften i tunneln stängdes in vid vattenpåfyllningen. Luftens transport upp till markytan genom leran möjliggjordes således genom grundvattenrören men även genom tidigare sonderingshål. I rör 37 iaktogs uppströmmande luft fram till oktober 1977, dvs. 8 månader efter det att tunneln vattenfylldes. Se foton, figur 9:1-:4, BILAGA 3:1-:4.

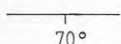
TECKENFÖRKLARING

Geologiska beteckningar

Berg i dagen



Bergnivåkurva, förmodat berg



Bergarts strykningsriktning, stupning angiven



Bergarts strykningsriktning, vertikal stupning



Regional, större svaghetszon



Regional, mindre svaghetszon

Geotekniska beteckningarSondering

Enkel sondering utan angivande av jordens fasthet, t.ex. sticksondering. Cirkelns centrum anger borrhållets läge.



Sondering för bestämning av jordens ungefärliga fasthet genom belastning med eller utan vridning ("statisk sondering"), t.ex. viktsondering, trycksondering och maskinsondering.



Sondering för bestämning av jordens ungefärliga fasthet genom slagning eller vibrering ("dynamisk sondering"), t.ex. hejarsondering och sondering med slagborrmaskin.

Provtagning

Tagning av störda jordprover, med t.ex. spadborr



Tagning av ostörda jordprover, med t.ex. kolvborr

Djup- och bergbestämning

Sondering till förmodad fast botten



Sondering till förmodat berg (s.k. bergsvar erhållet)



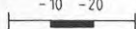
Bergsondering minst 3 m under förmodad bergyta



Nivå sondstopp



Seismisk profil med angivna bergnivåer



Seismisk profil, låghastighetszon i berg

INFILTRERADE VATTENMÄNGDER OCH INFILTRATIONSTRYCK

Datum	Flöde [l/min] / Tryck [kPa]												Anmärkning			
	Grupp 1			Grupp 2			Grupp 3			Totalt						
	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7	I 8	Totalt m ³	Totalt m ³	Totalt m ³					
1976-04-27																
04-28																
05-03	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/	20/
05-11	20/	21/	20/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/	21/
05-13	19/70	22/80	20/80	25/100	22/90	26/110	28/20	25/40	28/20	25/40	28/20	25/40	28/20	25/40	28/20	25/40
05-17	22/60	23/100	22/100	19/100	21/100	22/110	18/10	18/30	18/10	18/30	18/10	18/30	18/10	18/30	18/10	18/30
05-20	21/60	18/90	19/80	20/100	21/100	22/110	30/20	25/50	30/20	25/50	30/20	25/50	30/20	25/50	30/20	25/50
05-24	20/60	19/90	18/80	20/100	20/100	22/110	20/10	20/40	20/10	20/40	20/10	20/40	20/10	20/40	20/10	20/40
05-31	20/60	19/90	18/80	19/100	20/90	21/110	21/10	21/20	21/10	21/20	21/10	21/20	21/10	21/20	21/10	21/20
06-03	21/60	20/90	18/80	20/100	20/100	21/110	20/10	22/20	20/10	22/20	20/10	22/20	20/10	22/20	20/10	22/20
06-08	21/60	19/100	18/80	20/100	20/100	21/110	18/10	19/20	18/10	19/20	18/10	19/20	18/10	19/20	18/10	19/20
06-10	21/60	19/100	18/90	21/100	21/100	21/110	18/10	20/10	18/10	20/10	18/10	20/10	18/10	20/10	18/10	20/10
06-14	21/60	19/100	18/90	21/100	21/100	21/110	17/10	19/10	17/10	19/10	17/10	19/10	17/10	19/10	17/10	19/10
06-17	22/60	20/100	18/90	20/100	20/100	21/110	20/10	20/10	20/10	21/110	20/10	20/10	20/10	20/10	20/10	20/10
06-21	18/60	17/100	18/90	18/100	18/100	18/110	16/10	17/10	16/10	17/10	16/10	17/10	16/10	17/10	16/10	17/10
06-23	22/70	20/100	24/130	21/100	23/100	21/110	30/20	30/20	30/20	21/110	30/20	30/20	30/20	30/20	30/20	30/20
06-28	23/60	21/90	18/90	21/100	22/100	22/110	32/10	30/20	32/10	22/110	32/10	30/20	32/10	30/20	32/10	30/20

Total mängd infiltrerar infiltrationsförsök Manometrar monterade.

INFILTRERADE VATTENMÄNGDER OCH INFILTRATIONSTRYCK (forts.)

Datum	Flöde [l/min] / Tryck [kPa]												Anmärkning
	Grupp 1			Grupp 2			Grupp 3			Totalt m ³	Totalt m ³	Totalt m ³	
	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7	I 8					
1976-07-01	24/60	22/100	18/100	22/100	22/100	22/110	30/10	30/20	5589				
07-05	20/60	22/100	20/120	22/100	22/110	23/110	29/10	31/20					
07-08	20/60	21/100	21/120	23/100	23/110	22/110	40/10	39/20					
07-12	20/60	22/100	21/130	23/110	23/110	23/110	40/20	41/20					
07-15	20/60	22/100	22/130	21/110	21/110	21/110	40/10	39/20					
07-19	21/60	22/100	22/120	20/110	21/110	20/110	40/10	40/20					
07-22	21/60	22/100	22/120	20/110	20/110	20/110	40/10	40/20					
07-26	21/60	22/100	22/120	20/110	20/110	20/110	40/10	40/20					
07-29	20/60	22/100	22/120	20/110	20/110	20/110	40/10	40/20					
08-02	20/60	21/100	22/120	20/100	22/100	20/110	40/10	40/20	9146				
08-05	20/60	22/100	21/130	20/100	20/100	20/110	38/10	40/20					
08-09	21/60	22/100	22/130	21/100	21 110	21/110	38/10	40/20					
08-12	20/60	20/100	20/130	20/110	20/110	21/110	37/10	39/20					
08-16	21/60	20/100	22/140	20/100	20/110	20/110	40/10	40/20					
08-20	21/60	21/100	24/120	16/110	21/110	21/110	39/10	40/20					
08-20	22/60	21/100	22/100	21/110	21/110	21/110	39/10	42/20					
08-26	21/60	21/100	21/120	21/110	19/120	20/110	40/10	43/20					
08-30	23/60	23/100	22/130	24/110	21/120	22/120	42/10	42/20					

INFILTRERADE VATTENMÄNGDER OCH INFILTRATIONSTRYCK (forts.)

Datum	Flöde [l/min] / Tryck [kPa]										Anmärkning	
	Grupp 1		Grupp 2		Grupp 3		Grupp 4		Grupp 5			Totalt m ³
	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7	I 8	I 9	I 10	Totalt m ³	
1976-09-02	22/60	22/100	21/130	22/100	21/120	23/110	10/10	24/20			11534	12598
09-06	22/60	22/100	21/120	22/110	21/120	22/110	40/10	44/10				
09-09	23/60	23/100	21/120	21/100	21/120	23/110	42/10	40/10				
09-13	23/60	23/100	21/140	21/80	21/120	23/110	42/10	40/10				
09-16	23/60	23/100	21/140	20/80	21/120	22/110	42/10	40/10				
09-20	23/60	22/100	21/140	20/80	20/120	23/110	42/10	40/10				
09-23	23/60	22/100	21/140	20/80	21/120	23/110	41/10	40/10				
09-27	23/50	22/100	21/140	21/80	21/120	23/110	41/10	41/10				
09-30	23/60	22/100	21/140	21/100	21/120	22/110	41/10	40/10				
10-04	23/50	22/100	21/140	21/100	21/120	23/110	28/10	55/20			14497	16550
10-07	23/50	22/100	20/150	21/100	21/120	23/110	40/10	40/10				
10-28	23/50	21/100	21/140	21/100	20/130	22/110	41/30	40/10				
11-01	23/50	21/100	21/140	20/100	20/130	23/110	41/30	41/10			16736	19985
11-05	19/30	21/160	21/140	20/100	20/130	23/100	41/30	41/10				
11-08	19/30	21/160	21/140	20/100	20/130	22/110	41/30	40/10				
11-11	19/40	21/160	20/130	21/100	20/130	23/100	41/30	40/10				

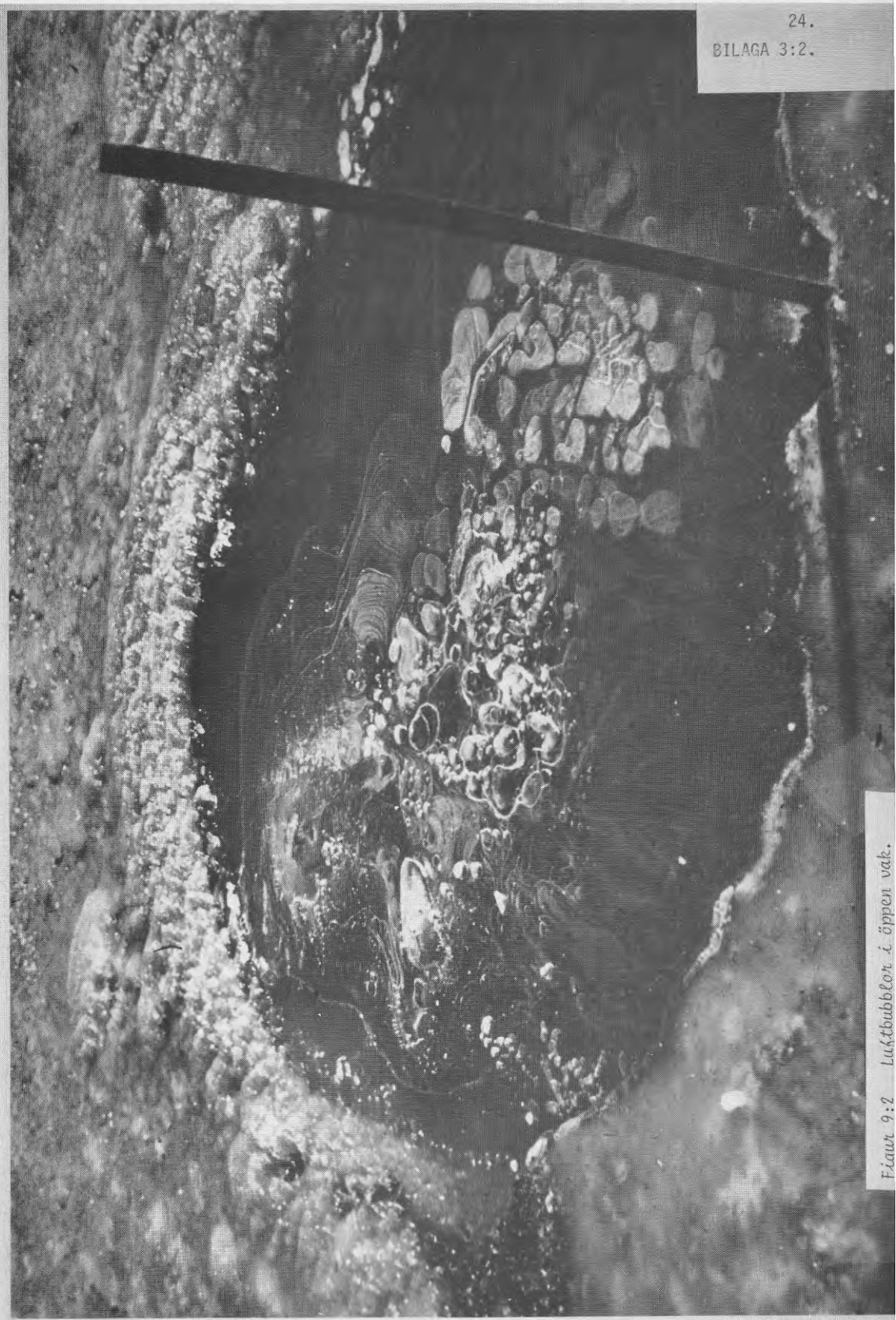
Infiltrationsanläggningarna värmeisolerade var för avläsn. ej kunde göras i dec.

INFILTRERADE VATTENMÄNGDER OCH INFILTRATIONSTRYCK (forts.)

Datum	Flöde [l/min] / Tryck [kPa]												Anmärkning				
	Grupp 1			Grupp 2			Grupp 3			Totalt							
	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7	I 8	Totalt m ³	Totalt m ³	Totalt m ³	Totalt m ³					
1977-01-14																	
01-17																	
01-20	20/30	19/90	20/150	22/90	20/160	20/100	37/50	40/10	24076	24112	29473	38/50	40/10				
01-24	21/30	19/90	20/150	22/90	21/160	20/110	37/50	40/10				37/50	40/10				
01-27	21/30	19/90	20/150	22/90	21/160	20/110	37/50	40/10				37/50	40/10				
01-31	21/30	19/90	20/150	22/90	21/160	20/110	37/50	40/10	25042	25136	30645	37/50	40/10				
02-02																	Anläggningen stängdes av



Figur 9:1 Öppna vakar i isen, bildade av uppträngande luft från tunneln.



Figur 9:2 Luftbubblor i öppen vakt.



Figur 9:3 Från tunneln genom matken och vattnet uppdrängande luftbubblor.



Figur 9: 4 Hål efter uppträngande luft i den torra markytan,
i samma område som i figur 9: 3.

REDOVISNING I PLAN

Sondering

- Enkel sondering (sticksondering utan angivande av jordens fasthet)
 - Statisk sondering (t ex vikt- och trycksondering; jordens fasthet bestämd genom belastning, vid viktsondering med eller utan vridning)
 - Dynamisk sondering (t ex hejarsondering, jord-bergsondering och slagsondering)
- Tillägg för djup- och bergbestämning***
- Sondering till förmodad fast botten
 - Sondering till förmodat berg (s k bergsvar erhållet)
 - Bergsondering minst 3 m under förmodad bergyta
 - D:o samt undersökning av borrhax
 - Kärnbörning minst 3 m under förmodad bergyta
- * Lutande hål redovisas i projektion

Provtagning

- Störda prover (vanligen tagna med spad-, kann- eller skruvprovtagare)
- Ostörda prover (vanligen tagna med kolvprovtagare av standardtyp) Uppgift om använd provtagare finns i regel såväl på ritning som i beskrivande text

Hydrologiska bestämningar

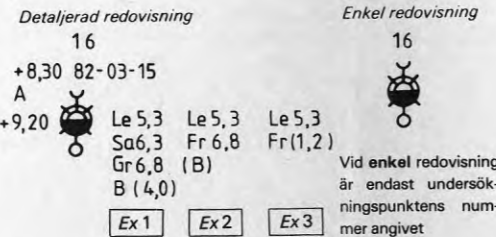
- Vattennivå bestämd, i t ex provtagningshål
- Grundvattennivå (-yta) bestämd vid kort- resp långtidsobservation (öppet system) (Jfr blad 4, hål 5)
- Provpumpning eller infiltrationsförsök
- Porttryckmätning

Övriga bestämningar

- Vingsondering (hållfasthetsbestämning in situ)
- Deformationsmätning i fält medelst t ex jordpegel eller inklinometer
- Seismisk undersökning (Tecknet anger ändpunkt i undersökningslinje)
- Provgrop (större) eller geoteknisk undersökningspunkt i övrigt (t ex provbelastning)

Exempel

Kombination av tecken samt övrig redovisning i plan



- Enligt det kombinerade tecknet har följande undersökningar utförts:
- statisk sondering
 - sondering ned i berg (minst 3 m under förmodad bergyta)
 - tagning av ostörda prover
 - bestämning av grundvattennivån vid korttidsobservation
 - vingsondering

- I övrigt betyder:** (Förkortningar förklaras på blad 3)
- 16 undersökningspunktens nummer
 - + 8,30 grundvattennivå
 - 82-03-15 observationsdatum vid bestämning av grundvattennivå
 - A analys utförd för bestämning av t ex korrosionsrisk
 - + 9,20 markytans nivå (eller annan utgångsnivå för djupangivelse)

Redovisning av lagerföljder enligt exempel till höger om tecknet

Ex 1

Le 5,3 lerans underyta ligger på 5,3 m djup
 Sa 6,3 under leran följer sand ned till 6,3 m djup
 Gr 6,8 därunder följer grus ned till 6,8 m djup
 B (4,0) berg följer direkt under gruslagret, dvs. på 6,8 m djup; sondering har utförts 4,0 m ned i berget (för bergkontroll), dvs. till 10,8 m djup

Ex 2

Le 5,3 lerans underyta ligger på 5,3 m djup
 Fr 6,8 under leran följer friktionsjord ned till 6,8 m djup
 (B) berg bedöms följa på 6,8 m djup

Ex 3

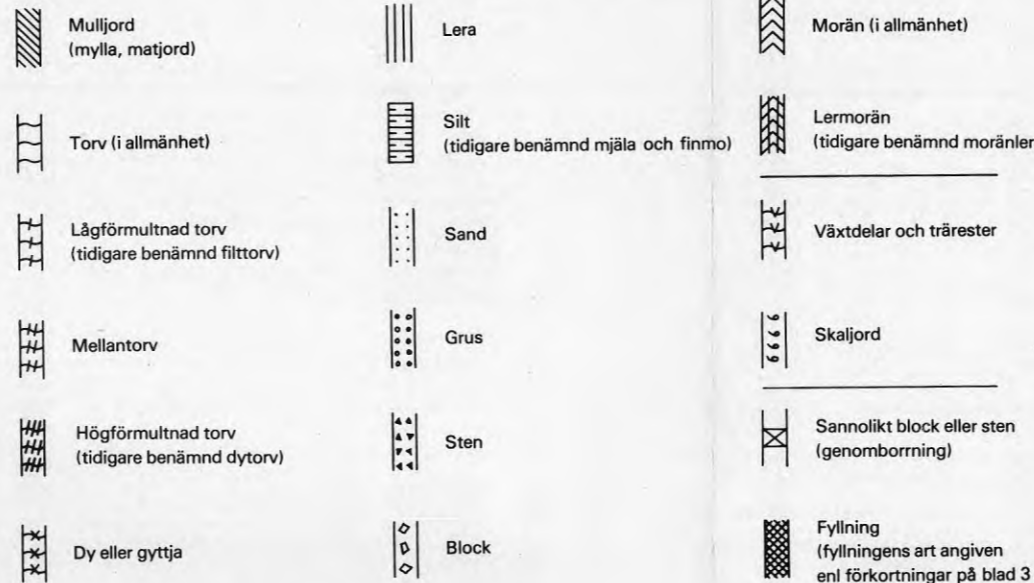
Le 5,3 lerans underyta ligger på 5,3 m djup
 Fr (1,2) parentes anger att sondering utförts 1,2 m ned i friktionsjord

I vissa fall anges nivåer (plushöjder) i stället för djup under referensnivå

REDOVISNING I SEKTION

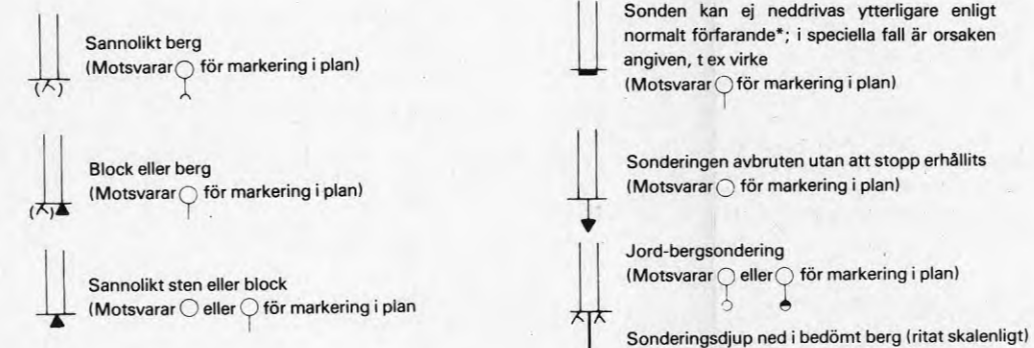
Beteckningar för jordarter vid provtagning

Bedömda jordar vid sondering, se blad 4



Kombinerade tecken anger två eller flera jordarter i naturlig blandning
 Andra påträffade material är angivna med text, t ex virke
 Jfr SGFs Laboratorieanvisningar del 2, Jordarternas indelning och benämning

Sonderingshåls avslutning



* Se "Upphandling av geotekniska utredningar. Anvisningar och kommentarer", utgiven av SGF/SKIF 1971.

FÖRKORTNINGAR

(För berg, jord, utrustning och metod)

Berg och jord

Huvudord	Tilläggsord	Skikt/lager
B berg	bl blockig	
Bl blockjord		
Br rösborg		
Dy dy	dy dyig	dy dyskikt
Gy gytjtja	gy gytjtig	gy gytjtjeskikt
Gr grus	gr grusig	gr grusskikt
J jord		
Le lera	le lerig	le lerskikt
Mn morän		
BIMn block- och stenmorän		
StMn stenmorän		
GrMn grusmorän		
SaMn sandmorän		
SiMn siltmorän		
LeMn lermorän (moränlera)		
Mu mulljord (mylla, matjord)	mu mullhaltig	mu mullskikt
Sa sand	sa sandig	sa sandskikt
Si silt	si siltig	si siltskikt
Sk skaljord		sk skalskikt
Skgr skalgrus		
Sksa skalsand		
St stenjord	st stenig	st stenskikt
Su sulfidjord (svartmocka)	su sulfidjordhaltig	su sulfidjordsskikt
SuLe sulfidlera		
SuSi sulfidsilt		
T torv		t torvskikt
Tl lågförmultnad torv (tidigare benämnd filttorv)		
Tm mellantorv		
Th högförmultnad torv (tidigare benämnd dytorv)		

Jfr SGFs Laboratorieanvisningar, del 2

F fyllning (jfr blad 2)			
Vx växtdelar (trärester)	vx med växtdelar	vx växtdelskikt	

Gy/Le kontakt, gytjtja överst, lera underst (efter huvudord) torrskorpa, t ex Lat och Sit = torrskorpa av lera resp silt	() något, t ex (sa) = något sandig varvig, t ex vLe = varvig lera (beteckningen varvig bör förbehållas glaciala avlagringar)	() tunnare skikt
--	---	-------------------

Tilläggsord är placerade före huvudord och så, att den kvantitativt större fraktionen står efter den mindre.
 Skiktangivelsen står efter huvudordet. Exempel: sisaLe sj = siltig, sandig lera med siltskikt.
 Mineraljordarterna kan indelas i grupperna fin-, mellan- och grov-, resp f, m, och g, t ex Saf = finsand.

Sammanfattande förkortningar

Fr friktionsjord	P oorganisk eller organisk kohesionsjord
Ko oorganisk kohesionsjord	Beteckningen används när man ej kan skilja på dessa jordar.
O organisk jord	X används när jordart ej bestämts eller jord ej bedömts

Fr, Ko och O används när man genom neddrivningsmotstånd eller hörseleintryck (eller av närliggande provtagning) ej kunnat ange jordart. Kan även användas som sammanfattande beteckning vid provtagning.

Anm
 Jord = jordskorpans lösa avlagringar (ej närmare definierade)
 Jordart = klassificerad jord (enligt olika indelningssätt)

Utrustningar och förfaranden i överensstämmelse med SGFs standard har använts resp tillämpats och har angetts på ritning och i beskrivande text

Sondering

Hf hejarsondering (t ex HfA)
Jb jord-bergsondering
Sib slagssondering
Sti stickssondering
Tr trycksondering
TrP porttrycksondering
TrS spettrycksondering
Vi viktsondering
Vim viktsondering, maskinell vridning

Provnig in situ

Pm pressometermätning
Pp porttryckmätning
Vb vingsondering

Provtagare

Fo folieprovtagare
Js jalusiprovtagare
K kannprovtagare
Kr kärnprovtagare
Kv kolvprovtagare
Ps provtagningspsett
Skr skruvprovtagare
Sp spadprovtagare

Speciella metoder

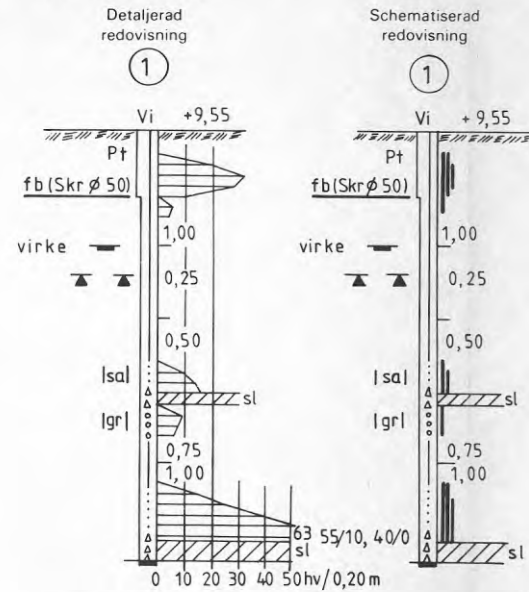
Ikl inklinometermätning
Pg provgrop
Pu provpumpning
Rf rör med filter
Rt rotationsborrning
Rö öppet rör, foderrör
Se seismik
Vfm vattenförlustmätning

Andra förkortningar

A analys (speciell)
fb förborrning, med t ex spad- eller skruvprovtagare
GW grundvattennivå (-yta)
My markyta (My tidigare = mylla)
W vattenyta
w vattenkvot (tidigare -halt)
wL flytgräns
wP plasticitetsgräns
Övriga förkortningar, se resp metod, blad 4

BETECKNINGAR VID GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR
 REDOVISNING I PLAN OCH SEKTION SAMT FÖRKORTNINGAR

Viktsondering



Beteckningar över sonderingshål

- ① hålets nummer (samma som på plan); i stället för cirkel kan rektangel användas
- Vi använd metod (se Förkortningar på blad 3; flera metoder kan förekomma i samma undersökningspunkt)
- + 9,55 utgångsnivå för sondering

Beteckningar i sonderingshål

- koheisionsjord
 - sandig jord
 - grusig jord
 - förekomst av sten (sonden "hugger")
- Bedömt vid fältundersökning, främst med ledning av ljud i sondstängens under neddrivningen

Avslutning av sonderingshål, se blad 2

Detaljerad redovisning

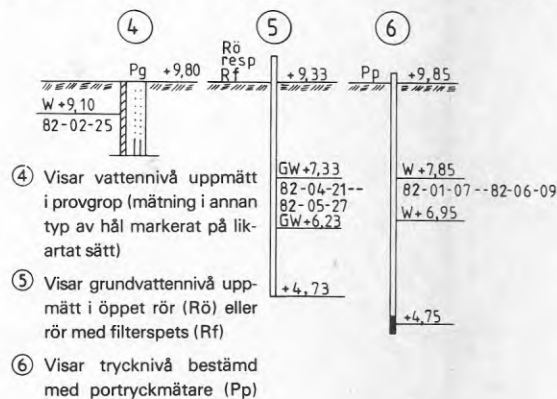
Diagrammet anger antal halvvarv för att sonden skall sjunka 0,20 m (hv/0,20 m). Antalet är avsett vid undre gränsen för varje 0,20 m sjunkning. Belastningen på sonden är då 1,00 kN. Där diagram saknas, sjunker sonden utan vridning för angiven belastning. De horisontala strecken i diagrammet kan vara utelämnade. Beteckningen 63 är exempel på de fall då antalet vridna halvvarv för 0,20 m sjunkning ej ryms inom den angivna skalan. 55/10 och 40/0 är exempel på antal halvvarv för mindre sjunkning än 0,20 m resp 0-sjunkning för 40 halvvarvs vridning.

Schematiserad redovisning

Vid schematiserad redovisning ersätts diagrammet av vertikala grova streck, varvid

- ett streck anger 1–10 hv/0,20 m sjunkning
- två streck anger 11–20 hv/0,20 m sjunkning
- tre streck anger >20 hv/0,20 m sjunkning

Observation av (grund)vattennivå och porttryckmätning



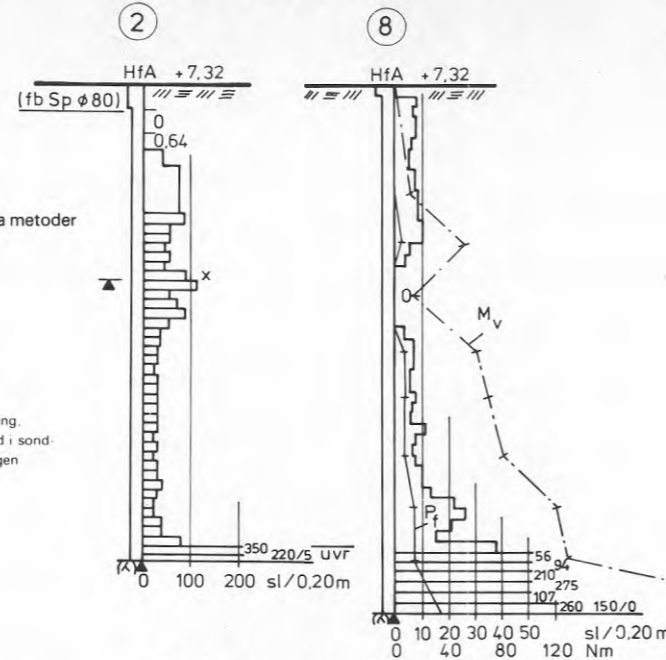
Högsta och lägsta uppmätta vattennivå (trycknivå) samt observationsperiod angivna

GW anger uppmätt grundvattennivå i öppen eller sluten akvifer

W anger andra vattennivåer resp porttryck

Har inte (grund)vatten påträffats, har ordet "torrt" utsetts på lägsta kontrollerade nivå med angivande av observationsdatum

Hejarsondering



Gemensamt gällar

Exemplen följer SGFs standard för hejarsondering enligt metod A. Beroende på jordens fasthet och syftet med undersökningen kan olika skalor behöva användas vid redovisningen. I sonderingshål 2 visas exempel på redovisning i fast jord och i hål 8 i lösare jord.

Blockdiagrammen anger erforderligt antal slag, totalmotstånd, för att sonden skall sjunka 0,20 m (sl/0,20 m). De horisontala linjerna kan i vissa fall vara utelämnade såsom i den schematiserade delen av hål 2 eller som i hål 8. Där diagram saknas, sjunker sonden utan belastning av hejaren (0) resp med belastning (0,64 kN) av hejaren.

M_v anger det vridmoment (Nm) som erfordrats för att vrida sondstängens. P_f är beräknad eller uppmätt mantelfriktion på stängens (sl/0,20 m). (Dessa mätningar utförs alltid.)

Beteckningarna 350, 56, 94 etc är exempel då antal slag för 0,20 m sjunkning ej ryms inom den angivna skalan. Beteckningarna 220/5 resp 150/0 anger att sonderingen avbrutits innan 0,20 m sjunkning erhållits ("fast botten" bedömts uppnådd), dvs sonden har sjunkit endast 0,05 m resp ej sjunkit alls för de angivna slagen.

Övriga beteckningar förklaras under viktsondering. Jfr även blad 2 och 3.

Schematiserad redovisning

Diagrammen eller delar därav kan vara schematiserade såsom visas på exemplet hål 2 övre delen enligt tabellen nedan

Uppmätt sonderingsmotstånd sl/0,20 m	Redovisat med sl/0,20 m
1–10	5
11–20	15
21–50	35
51–100	75
>100	100

Speciella beteckningar

- X längre uppehåll i sonderingen (>5 min)
- uvr vridning ej utförd från den markerade nivån

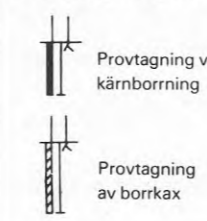
Provtagning i jord

kombinerad med viktsondering och vingsondering samt redovisning av provningsresultat

Stapel t v om hålet anger provtagning, fylld stapeldel ostört prov, streckad stapeldel stort prov. Stapeldels längd motsvarar den totala upptagna provlängden. Horisontalt streck (vid stapeldel) markerar centrum av prov undersökt på laboratorium.

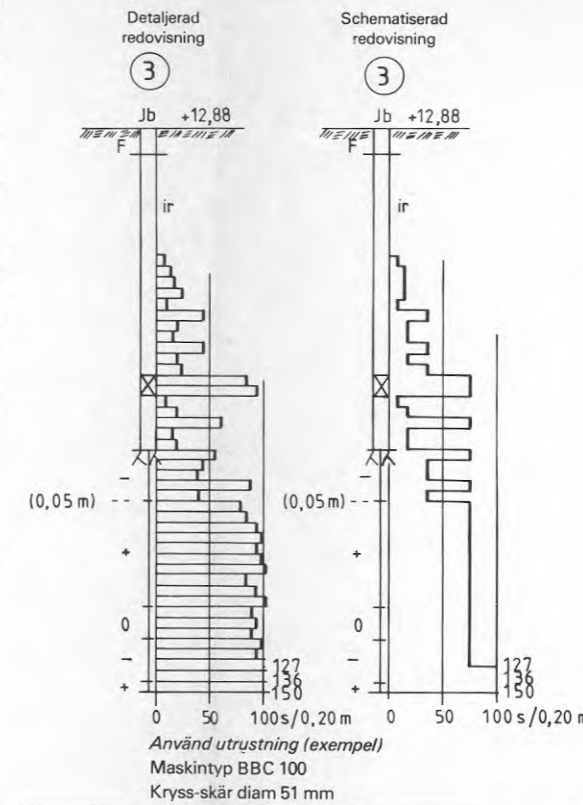
Beteckningar i hålet av jordarter anges dels som jordart bestämd på upptagna prover och markerade enligt blad 2, dels som jordart bedömd med ledning av viktsondering (hål ① på detta blad).

Provtagning i berg



Observera att figurerna på detta blad är nedreproducerade, hål 4–6 till 80 % och övriga hål till 90 %

Jord-bergsondering



Beteckningar i diagram för

- Skjuvhållfasthet (τ_f) och sensitivitet (S_s) enligt:
 - Konförsök*
 - Vingsondering
 - Enaxligt tryckförsök
 - Sensitivitet (S_s) konförsök
 - Sensitivitet (S_s) vingsondering
- Vattenkvot och densitet
 - Naturlig vattenkvot (w) (vikt-% av torrsubstans)
 - Konflytgräns (w_{Lkon})
 - Stötflytgräns ($w_{Lstöt}$)
 - Plasticitetsgräns (w_p) (utrullningsgräns)
 - Skrymdensitet (ρ)

() Anger att värdet ej är helt representativt, t ex på grund av viss störning av provet.

* Utvärderad efter SGFs provisoriska rekommendationer till tolkning av fallkonprov (jan 1962). Ersätts 1982 av utvärderingsmetod enl SGFs Laboratorieanvisningar, del 9, Skjuvhållfasthet, som beräknas utkomma hösten 1982 (avser Hansbos metod, 1957).

BETECKNINGAR VID GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

REDOVISNING I SEKTION AV SONDERING, PROVTAGNING, GRUNDVATTEN-OBSERVATION, VINGSONDERING I FÄLT OCH VISSA LABORATORIERESULTAT

Gemensamt gällar

Övre delen av hålen (dubbla linjer) anger sondering i jord, undre delen (en linje) sondering i berg (bergnivån bedömd). Diagrammen anger sonderingsmotstånd uttryckt i sekunder för varje 0,20 m sjunkning (s/0,20 m) och är i exemplen begränsade till 100 s/0,20 m. Observera de grova vertikala strecken i diagrammen, varigenom jord-bergsondering kan skiljas från hejarsondering. De horisontala linjerna i den detaljerade redovisningen t v kan i vissa fall vara utelämnade.

Använd utrustning och speciella förhållanden vid sonderingen är angivna.

ir sonderingsmotståndet icke registrerat.

Schematiserad redovisning

Diagrammet kan vara schematiserat såsom visas i exemplet t h enl tabellen nedan

Uppmätt sonderingsmotstånd s/0,20 m	Redovisat med s/0,20 m
1–10	5
11–20	15
21–50	35
51–100	75
>100	100

Notering av sprickor och slag

(t v om hålens nedre del mellan nivåmarkeringar på hållinjen)

- + ej märkbara sprickor; jämn sjunkning av sonden
- 0 sprickigt berg; märkbara sprickor (sonden "hugger")
- mycket sprickigt berg; sonden "hugger" hela tiden, svårigheter att vrida sonden
- slag i berget (öppet eller lerfyllt); i stort sett fri sjunkning av sonden; mått och nivå för slaget har noterats
- ib förekomst av sprickor eller slag har icke bedömts

Det bör observeras att någon säker bedömning av sprickligheten med ledning av enbart jord-bergsondering ej är möjlig.

Slagsondering (motordriven) Slb

Diagrammen anger sonderingsmotståndet uttryckt i sekunder för varje 0,20 m sjunkning (s/0,20 m) och är uppritade som vid jord-bergsondering, men med tunna vertikala linjer. Normalt förekommer vidstående skala 0 10 20 30 40 s/0,20 m

Använd maskintyp angiven: t ex Cobra, Pionjär eller Wacker.

Diagrammet kan vara schematiserat enl tabellen nedan

Uppmätt sonderingsmotstånd s/0,20 m	Redovisat med s/0,20 m
1–5	3
6–15	10
16–25	20
26–50	35
>50	50

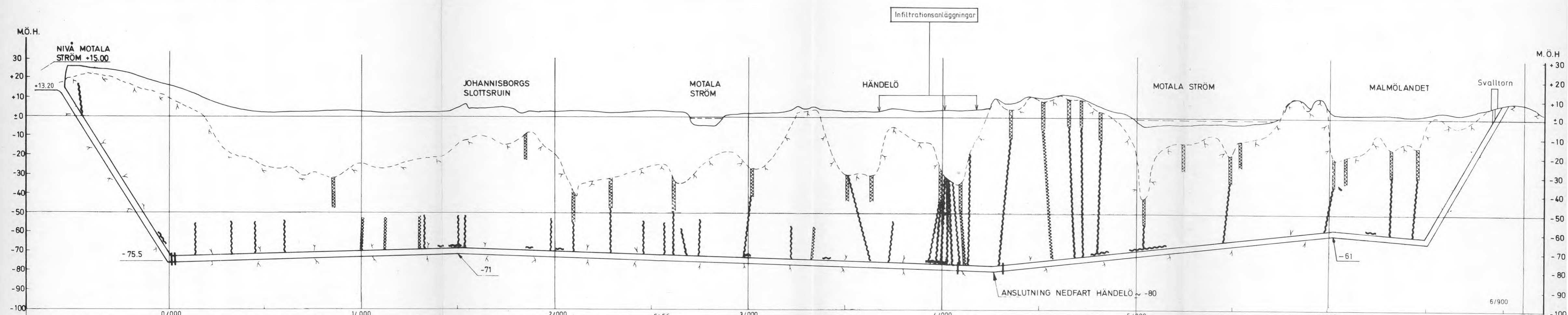
Utrustningar och förfaranden i överensstämmelse med SGFs standard har använts resp tillämpats och har angetts på ritning och i beskrivande text.



- ANMÄRKNING:
- 1 • Observationsrör för grundvatten
 - 01 • " " " " " "
 - 08 • " " " " " "
 - H7 • " " " " " "

REV.	ANT.	REVIDERINGEN AVSER	SIGN.	DATUM

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50			SÖTVATTENTUNNEL MOTALA STRÖM-MALMÖLANDET NORRKÖPING ÖVERSIKTSPLAN		
RIT. D.E.	KONSTR. E.A.	HANDLÄGGARE R. ROSÉN	SKALA 1:10 000		
STOCKHOLM 1983.03.31 <i>Rolf Rosén</i>			UPPDRAGSNUMMER 2 085 121	RITINGSNUMMER 1	REV.



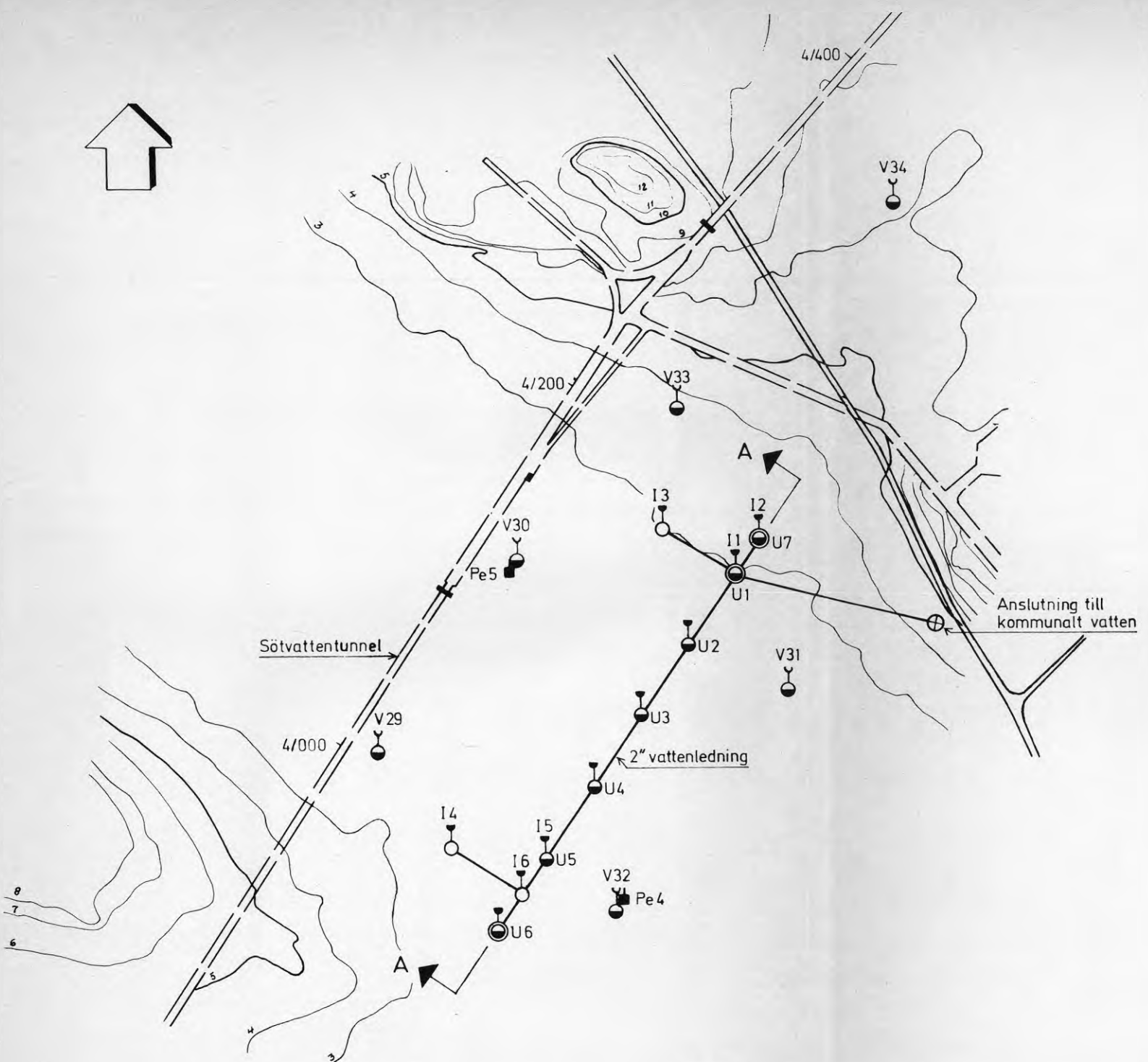
MARKUNDERSÖKNING																				
VATTENINLÄCKNING l/tim	100		25	850	400	25	500	1550	300	600	100	200	450	1600	0	950	25		600	±83 m ³ /h
VATTENINLÄCKNING l/min och km	1		1	38	17	1	35	97	77	43	4	26	41	99	0	53	2		14	

LÄNGDSKALA 1: 10 000
HÖJDSKALA 1: 1 000

- TECKENFÖRKLARING**
- Sprick- eller krosszon, markundersökning
 - Sprickzon eller uppsprucket avsnitt, tunnelkartering
 - Krosszon, tunnelkartering
 - Mättdamm, inläckande vatten

Sonderingar är utförda med 3-5 m bergkontroll

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER			SÖTVATTENTUNNEL MOTALA STRÖM-MALMÖLANDET NORRKÖPING LÄNGDPROFIL	
BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50			L 1: 10 000 SKALAH 1: 1 000	
RIT. MONIA	KONSTR. E. A.	HANDLÄGGARE R. ROSÉN	UPPDAGSNUMMER 2 085 121	RITINGSNUMMER 2
STOCKHOLM 1983.03.31 <i>Rolf Rosén</i>			REV. ANT. REVIDERINGEN AVSER SIGN. DATUM	



PLAN

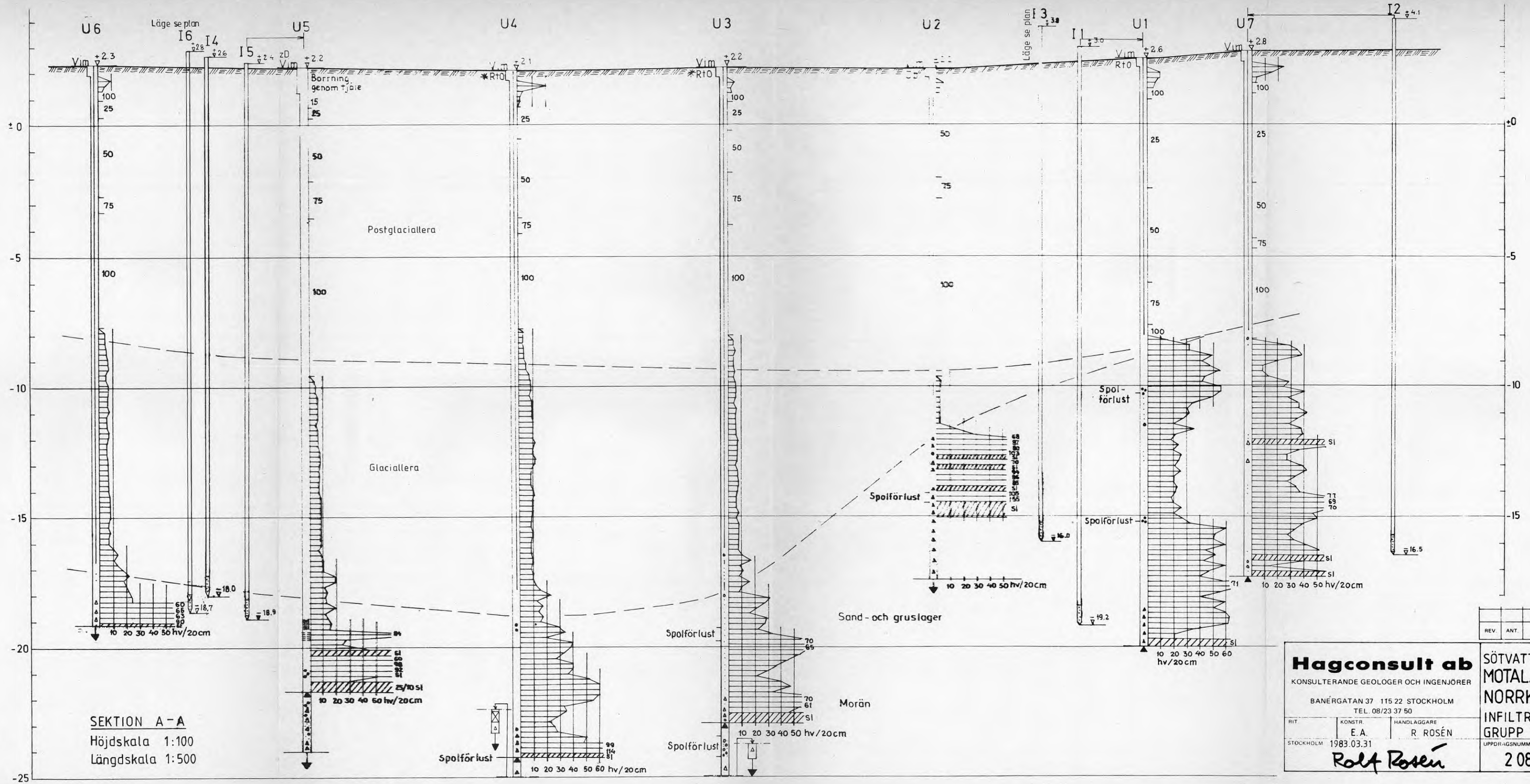
Skala 1:2000

FÖRKLARINGAR

I3 = infiltrationsrör
 U3 = undersökningspunkt
 Pe = peger

Grupp 1 = I1, I2 och I3
 Grupp 2 = I4, I5 och I6

* Rt0 = utförd med 3°0dex

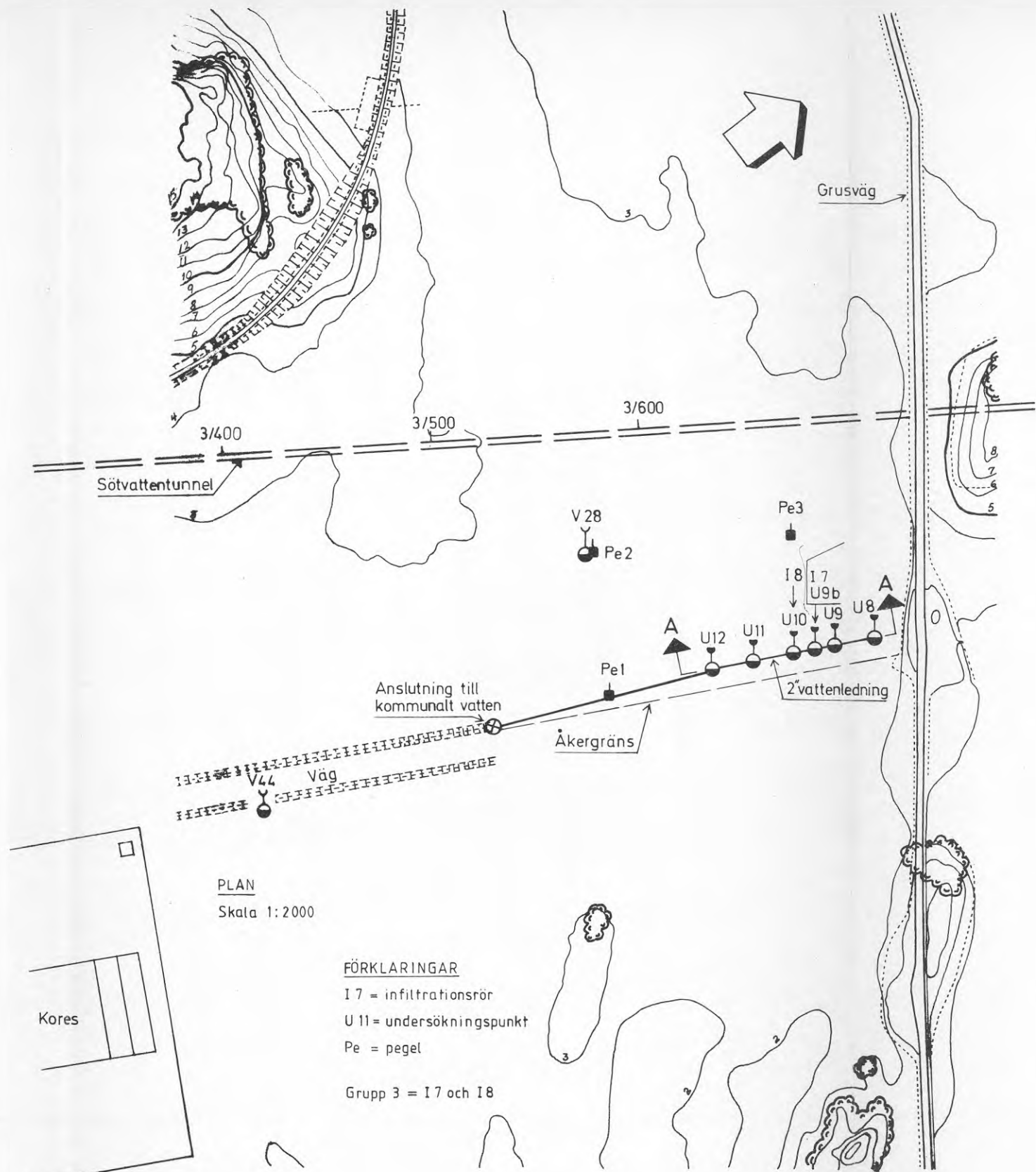


SEKTION A-A

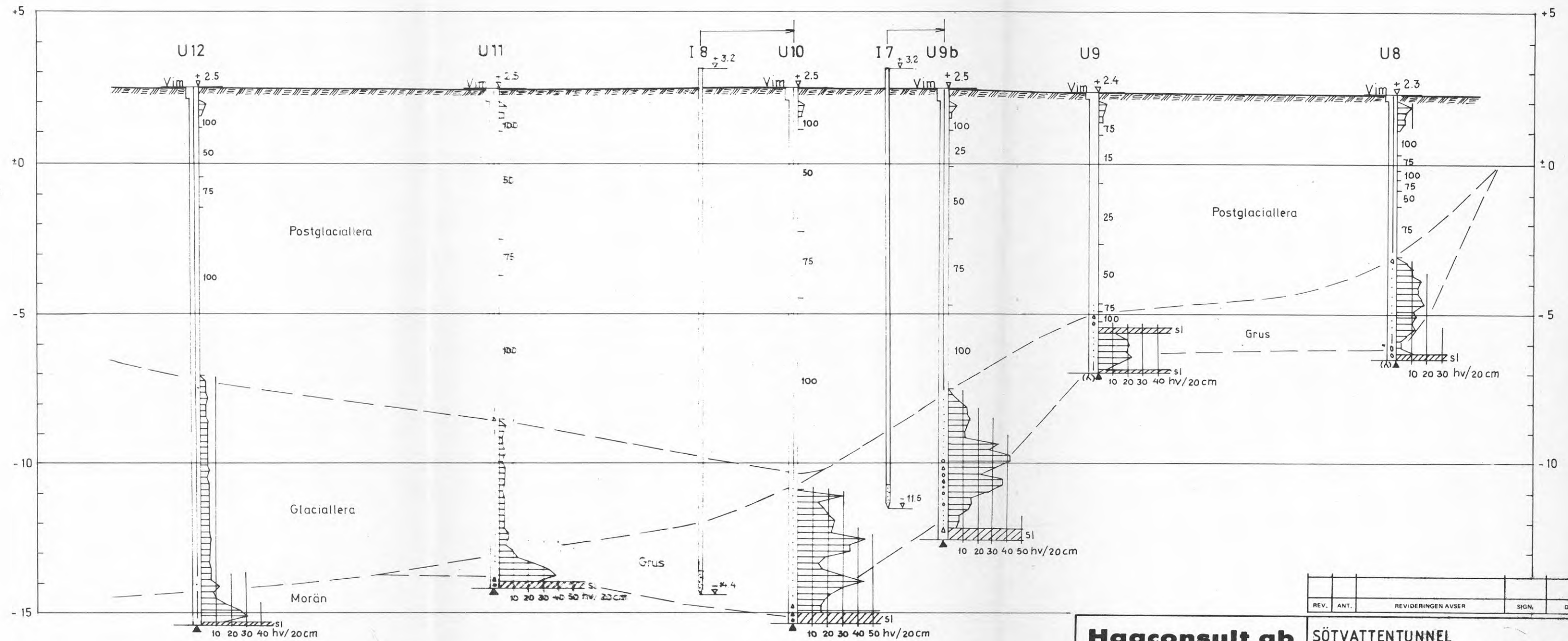
Höjdskala 1:100

Längdskala 1:500

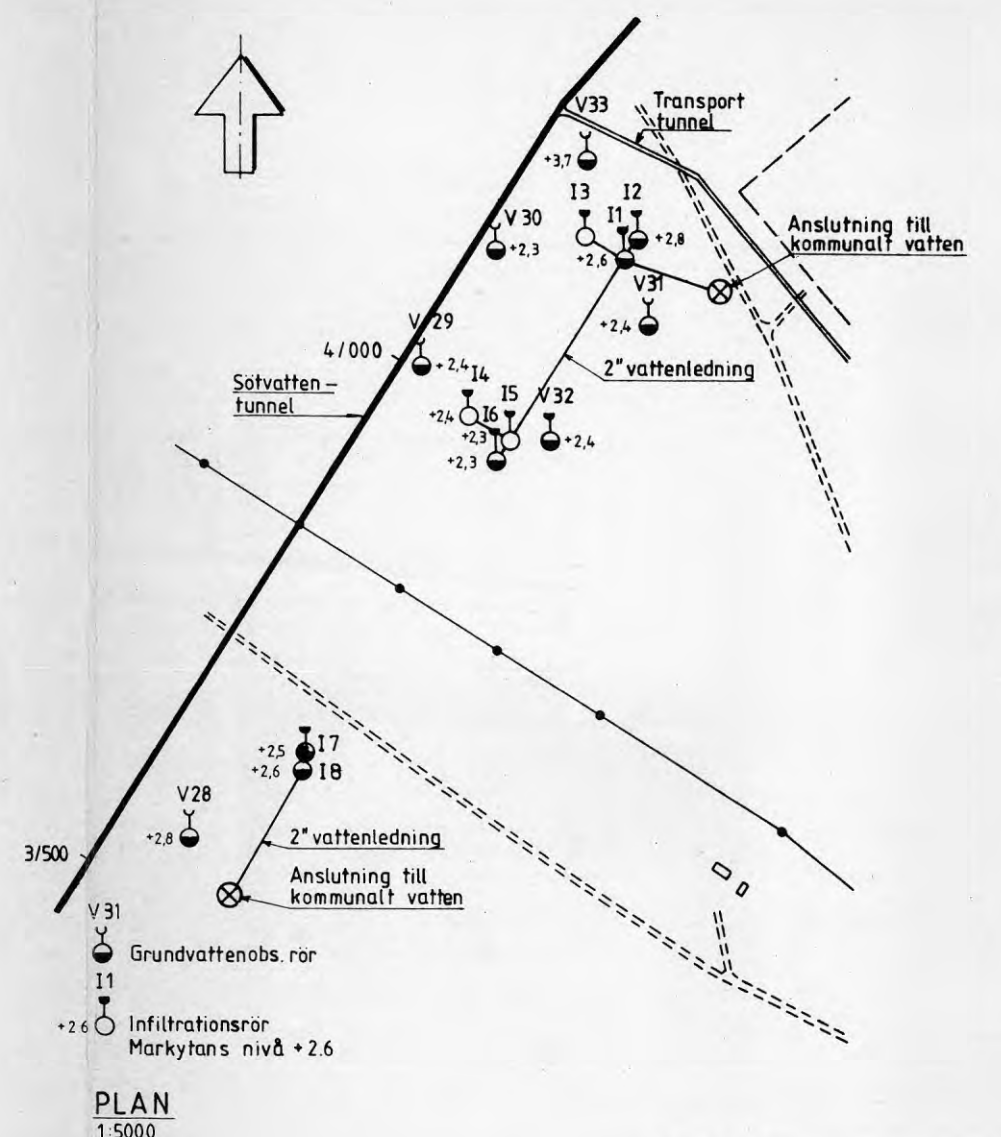
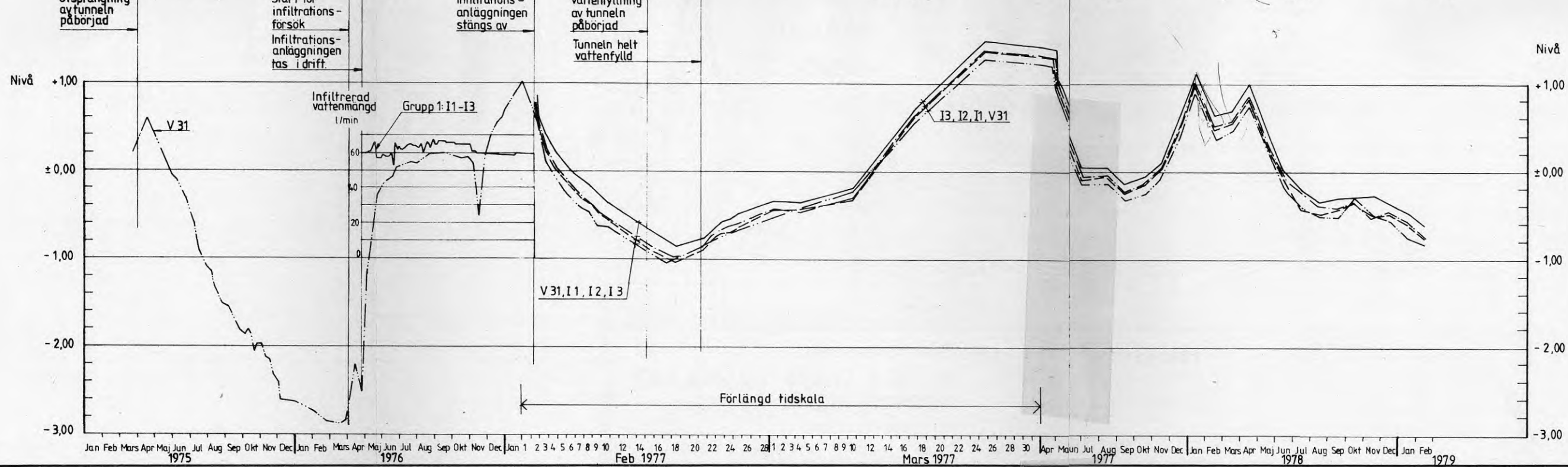
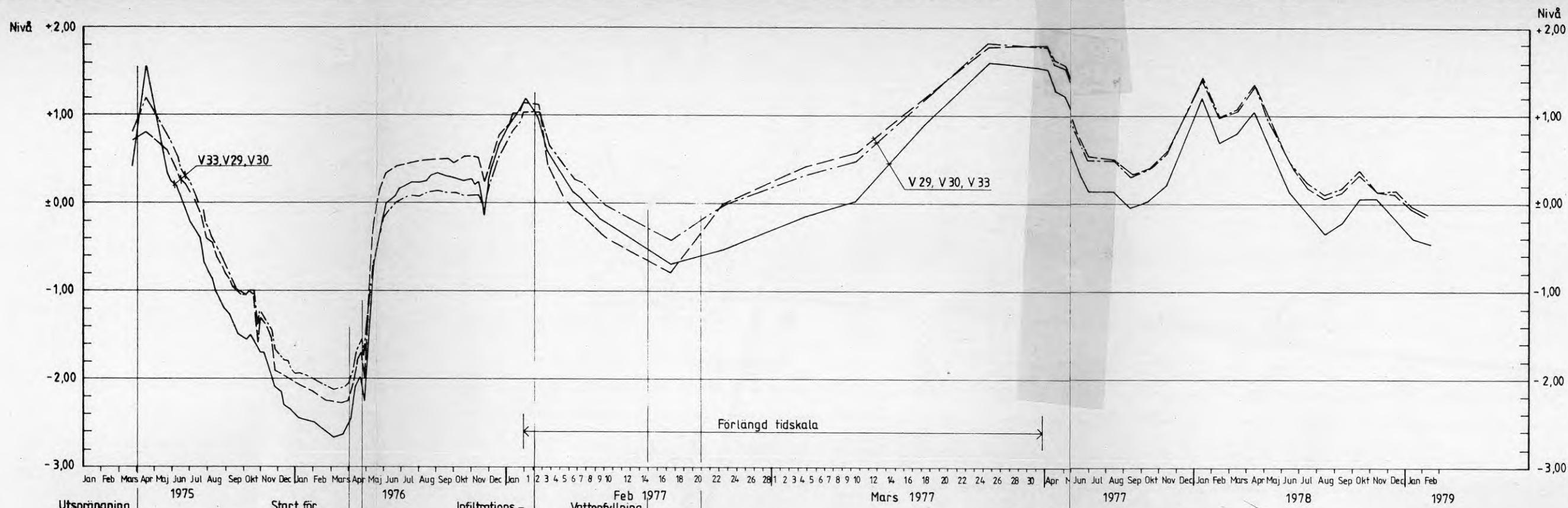
REV.		ANT.		REVIDERINGEN AVSER		SIGN.		DATUM	
Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50									
RIT STOCKHOLM 1983.03.31					KONSTR. E. A.				
HANDLAGGARE R. ROSÉN					SÖTVATTENTUNNEL MOTALA STRÖM-MALMÖLANDET NORRKÖPING INFILTRATIONSANLÄGGNING GRUPP 1 o. 2				
UPPDRAGSNUMMER 2 085 121					SKALA H 1:100 L 1:500				
RITNINGSNUMMER 3					REV				



SEKTION A-A
Höjdskala 1:100
Längdskala 1:200



Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50		SÖTVATTENTUNNEL MOTALA STRÖM-MALMÖLANDET NORRKÖPING INFILTRATIONSANLÄGGNING GRUPP 3	
RIT. E.A. KONSTR. E.A. STOCKHOLM 1983.03.31	HANDLÄGGARE R.ROSÉN UPPDRAGSNUMMER 2085 121	SKALA H 1:100 L 1:200	RITNINGNUMMER 6



PLAN
1:5000

REV.	ANT.	REVIDERINGAR AVSER	ÖVN.	DATUM

Hagconsult ab
KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER
BANÉRGATAN 37 116 22 STOCKHOLM
TEL. 08/23 37 50

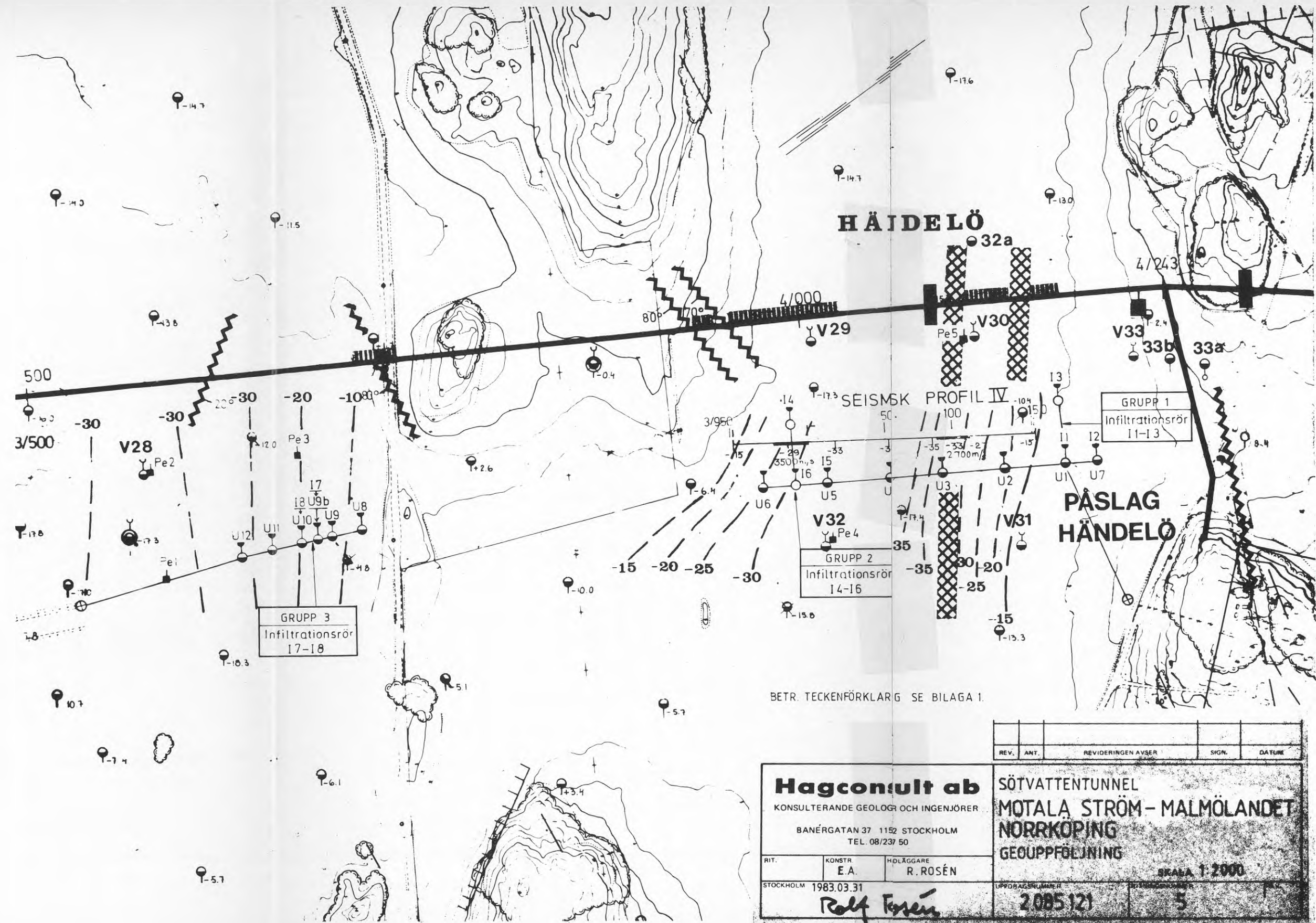
RIT. Ebba KONSTR. E.A. HANDLAGGARE R. ROSÉN

STOCKHOLM 1983.03.31

Rolf Rosén

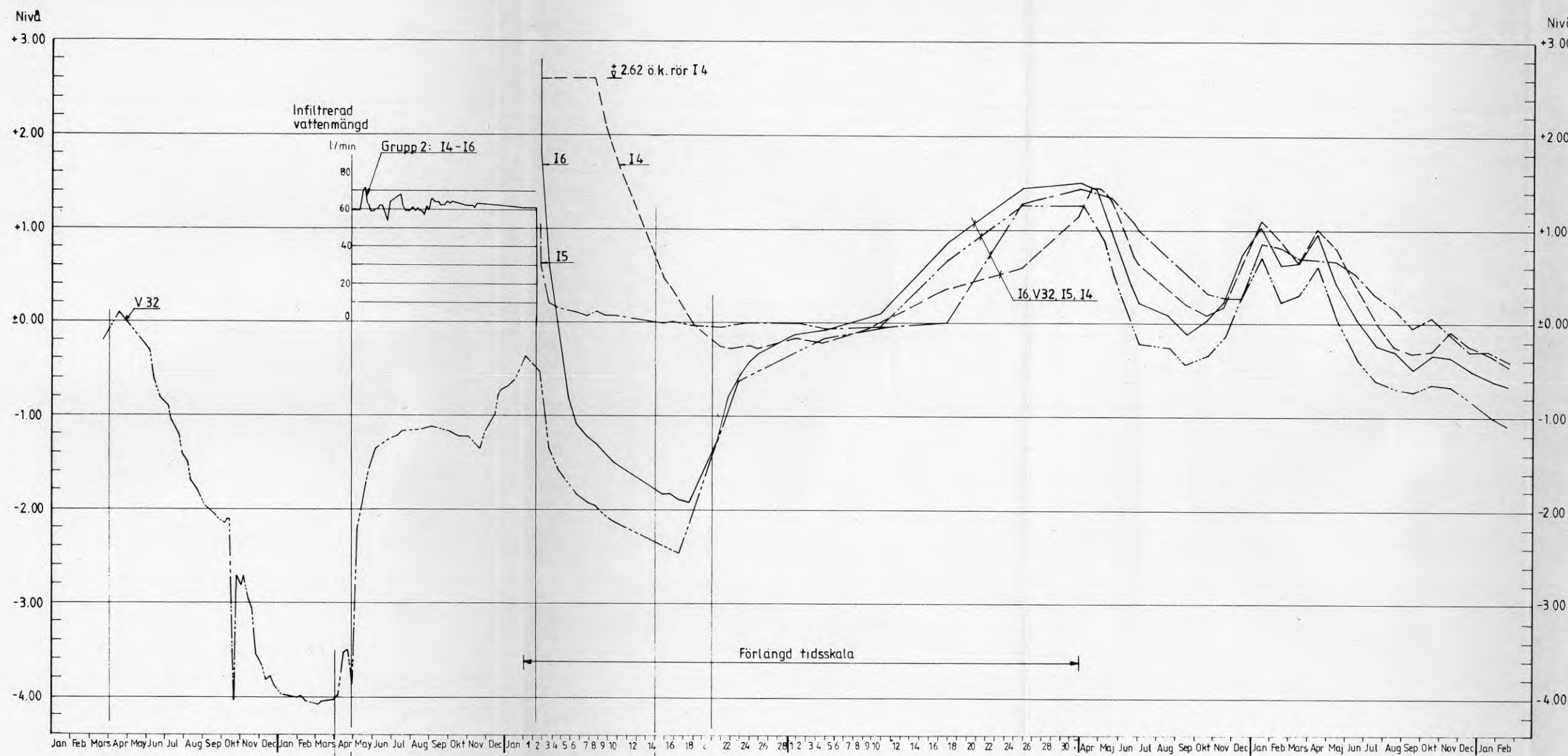
UPPDRAGSNUMMER 2 085 121 RITNINGSNUMMER 6

Sveaprint AB, Malmö



BETR. TECKENFÖRKLARIG SE BILAGA 1.

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOG OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 1152 STOCKHOLM TEL. 08/237 50		SÖTVATTENTUNNEL MOTALA STRÖM - MALMÖLANDET NORRKÖPING GEÖPPFÖLJNING	
RIT.	KONSTR.	HÖLÄGGARE	SKALA 1:2000
	E.A.	R. ROSÉN	
STOCKHOLM 1983.03.31	<i>Rolf Fosén</i>		2085121 5



Utsprängning av tunneln påbörjad

Start för infiltrations försök

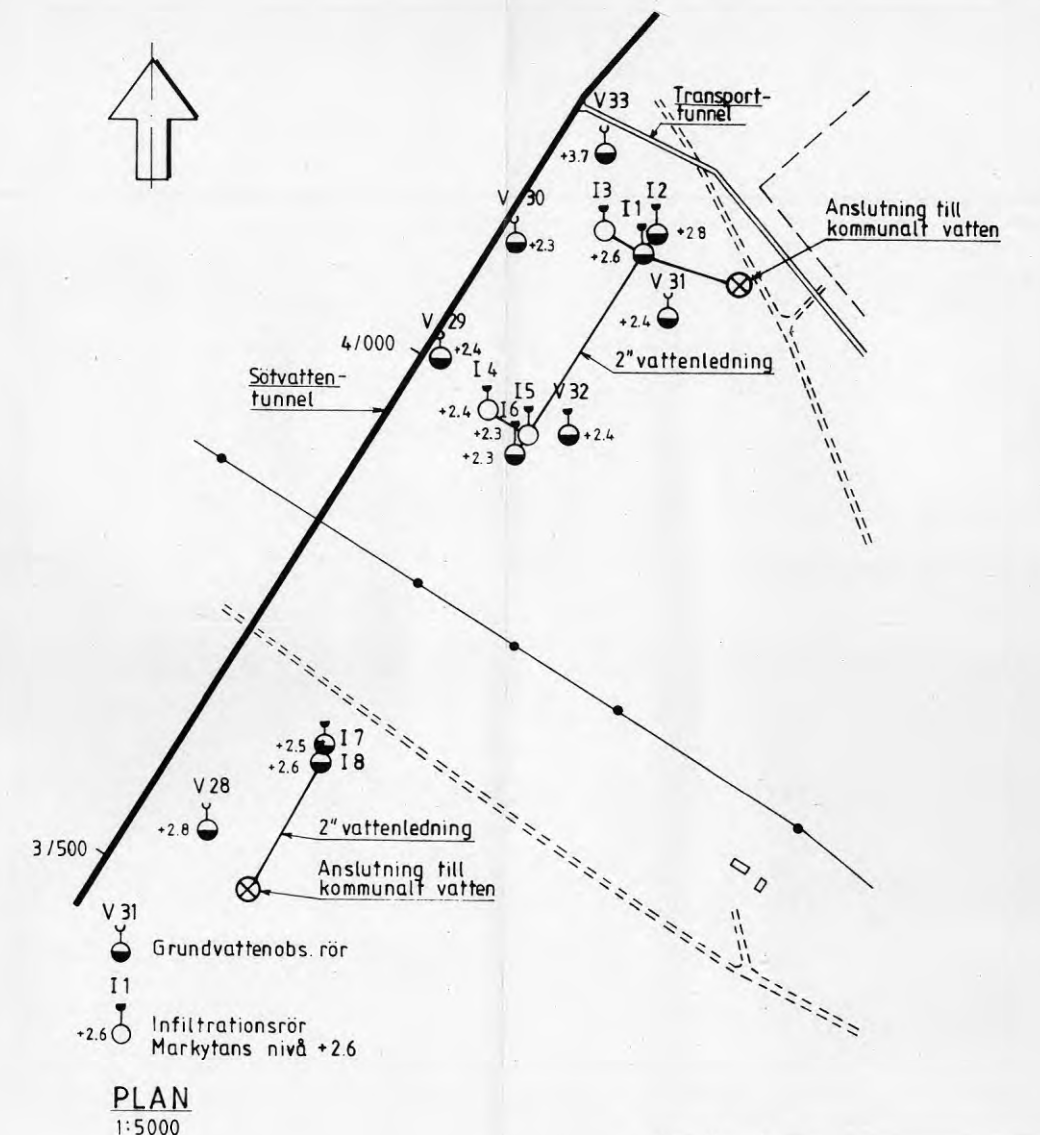
Infiltrationsanläggningen tas i drift

Infiltrationsanläggningen stängs av

Tunneln helt vattenfylld

Februari 1977

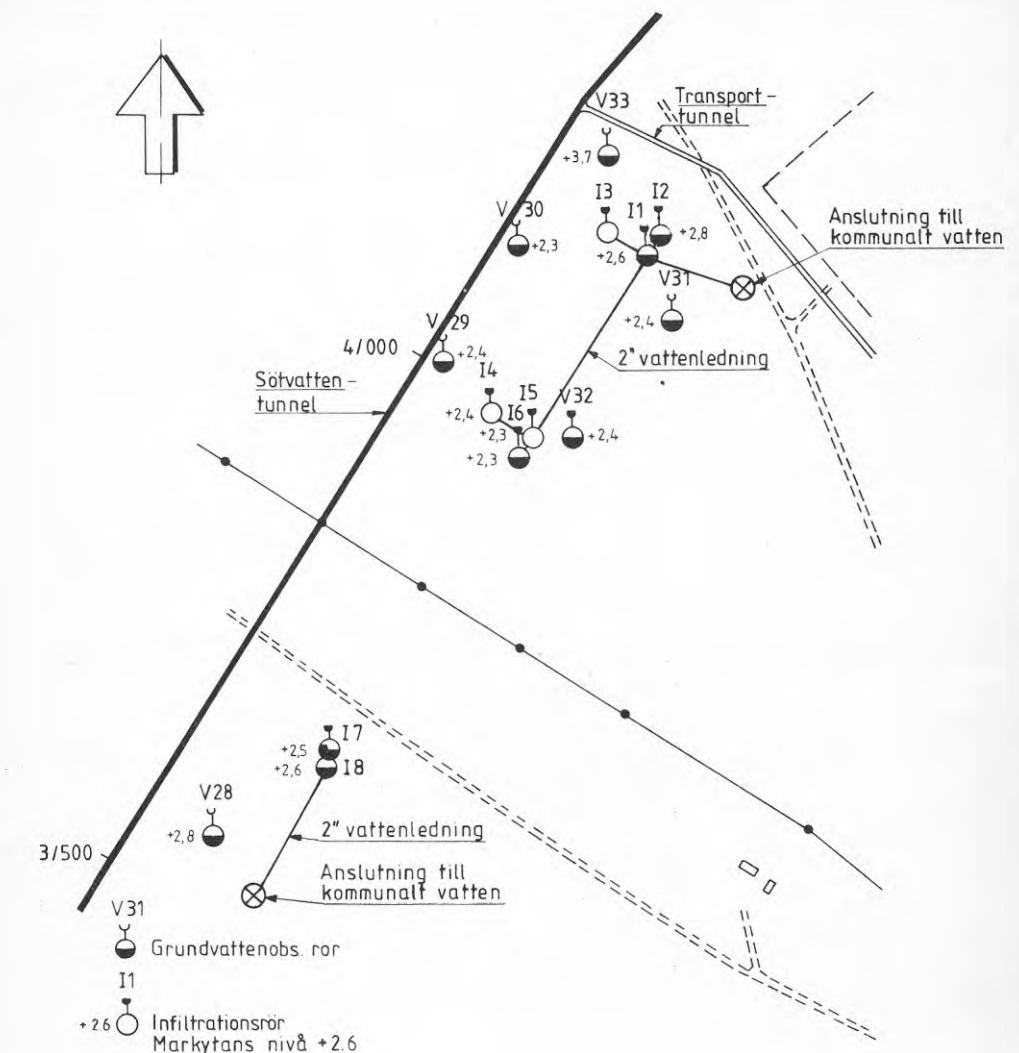
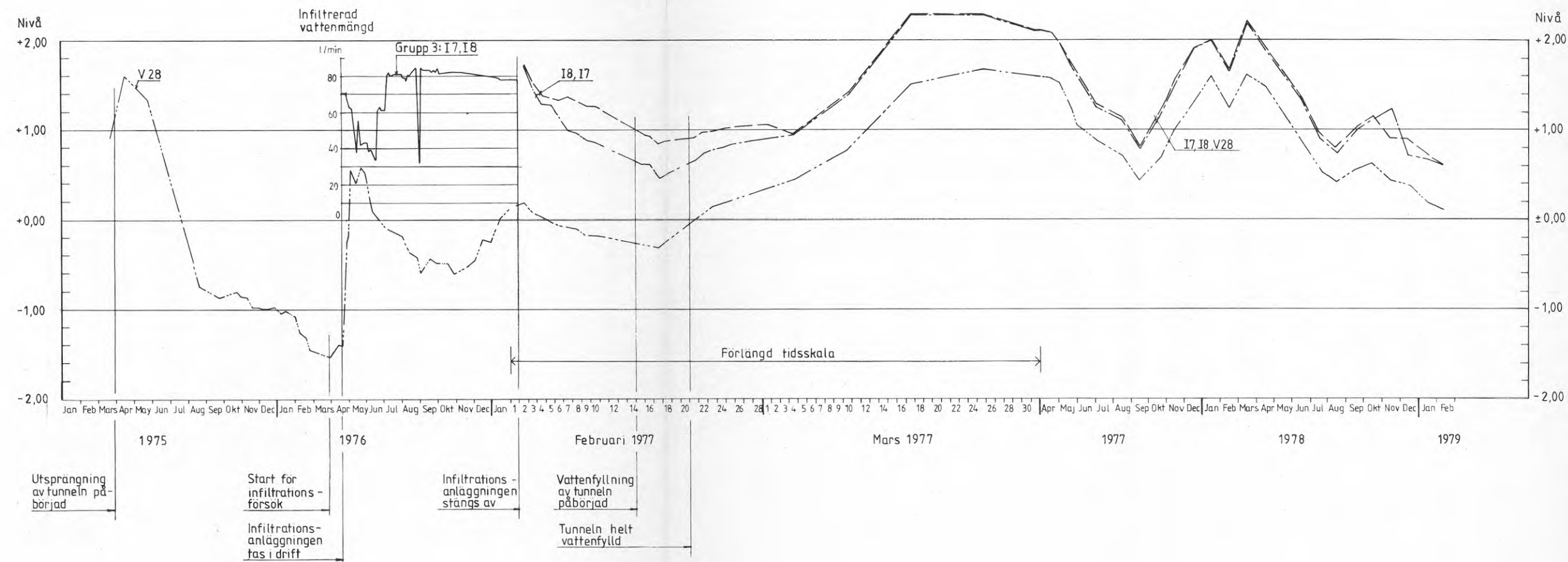
Vattenfyllning av tunneln påbörjad



REV.	ANT.	REVIDERINGEN AVSER	SIGN.	DATUM

Hagconsult ab		SÖTVATTENTUNNEL	
KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER		MOTALA STRÖM-MALMÖLANDET	
BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM		NORRKÖPING	
TEL. 08/23 37 50		GRUNDVATTENOBSERVATIONER	
RIT	KONSTR	HANDLÄGGARE	
Ebba	E.A.	R. ROSÉN	
STOCKHOLM	1983.03.31	UPPDRAGSNUMMER	RITNINGNUMMER
		2 085 121	7

Rolf Rosén



PLAN
1:5000

REV	ANT	REVIDERINGEN AVSER	SIGN	DATUM

Hagconsult ab KONSULTERANDE GEOLOGER OCH INGENJÖRER BANÉRGATAN 37 115 22 STOCKHOLM TEL. 08/23 37 50			SÖTVATTENTUNNEL MOTALA STRÖM-MALMÖLANDET NORRKÖPING GRUNDVATTENOBSERVATIONER INFILTRATION GRUPP 3		
RIT Ebba	KONSTR E.A.	HANDLAGGARE R. ROSÉN	UPPDRAGSNUMMER 2 085 121	RITNINGNUMMER 8	REV
STOCKHOLM 1983 03 31 <i>Rolf Rosén</i>					

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770364-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Hagconsult AB, Lidingö.**

R61: 1984

ISBN 91-540-4146-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704061

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

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

Cirka pris: 35 kr exkl moms