



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

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



Rapport

R144:1979

**Bestämning av sprick-
vattentryck i berg kring
tunnlar och berggrum med
hänsyn till risken för
grundvattensänkning**

Bo Alte

Tord Olsson

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R144:1979

BESTÄMNING AV SPRICKVATTENTRYCK I BERG
KRING TUNNLAR OCH BERGRUM MED HÄNSYN TILL
RISKEN FÖR GRUNDVATTENSÄNKNING

Bo Alte
Tord Olsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740139-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Civilingenjör
Bo Alte AB, Göteborg.

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

R144:1979

ISBN 91-540-3109-7
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 959312

INNEHALL

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
1 INTRODUCTION	11
2 SPRICKVATTENTRYCKSMÄTNING	13
2.1 Inledning	13
2.2 Mätutrustning	13
3 FÖRSÖK	19
4 TEORETISK BEHANDLING	21
4.1 Inledning	21
4.2 Tolkning av resultaten från sprickvatten- trycksmätning	21
5 FÖRFARINGSSÄTT VID KONTROLL MED SPRICKVATTEN- TRYCKSMÄTARE	27
REFERENSER	29



FÖRORD

Denna forskningsuppgift initierades av att man inom den så kallade "tunneltätargruppen" kände behov av en ny mätmetod för bestämning av den inverkan, som vatteninläckning i en berganläggning har på vattentrycket i anläggningens omgivning. Syftet med projektet, som finansierats av Statens råd för byggnadsforskning, var främst att få fram en mätutrustning, som kan installeras inifrån berganläggningen i takt med utsprängningen.

För att kunna prova mätutrustningen i fält har vi varit hänvisade till en tunnel under byggnation och vi tackar Göteborgs VA-verk och entreprenören BPA för visat intresse i samband med försökens genomförande. Dessutom tackar vi Civ ing Göran Ejdeling vid Chalmers Tekniska Högskola, som ställt ett FEM-program för beräkning av grundvattenströmning till förfogande.

Projektet har i övrigt utförts av civilingenjör Bo Alte AB och ett tack riktas till den personal, som bidragit till projektets genomförande.

Göteborg i september 1979

Bo Alte

Tord Olsson



SAMMANFATTNING

I rapporten presenteras en mätmetod där man i samband med och efter byggnation av en berganläggning mäter vattentrycket runt anläggningen inifrån densamma. Den nu framtagna utrustningen med vilken man mäter trycket i en bestämd punkt installeras i ett 5-30 m långt borrhål med diametern $\varnothing 43$ mm. Utrustningen och förfaringssättet vid installation presenteras i detalj. I rapporten visas med exempel hur en förväntningsmodell framtagen med hjälp av finit elementberäkning kan upprättas över vattentrycken runt en berganläggning vid olika täthet i den injekterade zonen. Resultaten ställs i relation till utförda sprickvattentrycksmätningar för att se huruvida en trycksänkning runt anläggningen påverkar de ovanförliggande jordlagren.

BAKGRUND

I samband med byggnation i berg orsakas ofta grundvattensänkningar som inom lerområden kan ge upphov till svåra sättningsskador på exempelvis byggnader. De kontrollmetoder som främst används idag vid exempelvis tunnelbyggande är mätning av hur mycket vatten tunneln dränerar på en viss sträcka samt grundvattenobservationer i öppna rör som installeras från markytan. Den förstnämnda metoden visar dock ej om läckaget orsakar en skadlig grundvattensänkning eftersom sänkningens utbredning bland annat styrs av grundvattenmagasinets storlek och permeabilitet. Observationsrör är ett bättre instrument i det avseendet men kontrollmetoden är som regel mycket dyr och begränsas bland annat därför till ett fåtal observationspunkter.

AVSIKT

Avsikten med projektet var att utveckla en sprickvattentrycksmätare som kan installeras inifrån en berganläggning. Målsättningen vid projektets start kan sammanfattas enligt följande:

1. Utifrån mätresultat vid sprickvattentrycksmätning skall besked beträffande berganläggningens täthet kunna erhållas.
2. Mätresultaten bör ge svar på om grundvattensänkningen sprider sig till jordlagren med risk för skadliga sättningar som följd.
3. Mätningen skall utföras omedelbart bakom fronten och i takt med utsprängningen, varvid resultaten kan användas för att tidigt avgöra om kompletterande tätningarbeten erfordras.
4. Sprickvattentrycksmätaren skall vara enkel i sitt utförande så att mätning kan ske i ett stort antal punkter.
5. Sprickvattentrycksmätaren skall kunna utformas permanent.

MÄTUTRUSTNING

Vid framtagningen av utrustningen har vi främst strävat efter, dels att tryckmätningen kan hänföras till en bestämd punkt i berget och dels att vattentrycket skall kunna mätas även i tunna sprickor där vattentillrinningen är liten. Av praktiska skäl avser vi med en bestämd punkt ca 1.0 m av den innersta delen i ett 5-30 m långt borrhål. Figur 1 visar schematiskt sprickvattentrycksmätaren installerad i berg.

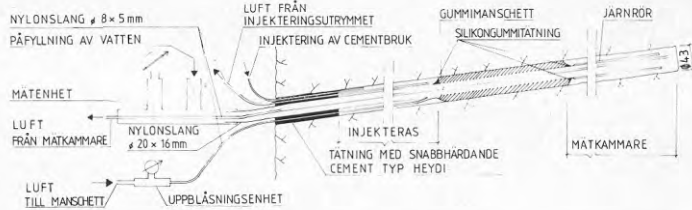


FIG. 1 Skiss över samtliga detaljer i sprickvattentrycksmätaren.

Installationen sker i princip enligt följande arbetsordning:

- 1) Borra hål $\varnothing 43$ mm
- 2) Installera samtliga slangar
- 3) Täta borrhålsöppningen
- 4) Blås upp gummimanschetten
- 5) Injektera cementbruk
- 6) Montera mätenhet
- 7) Fyll på vatten tills rundgång i systemet erhålles
- 8) Stäng samtliga kranar på mätenheten

FÖRSÖK

Utrustningen har testats i en spillvattentunnel under byggnation. Lerdjupet inom tunnelavsnittet är ca 15 m och berget under de djupaste partiet är starkt uppsprucket. På ömse sidor om tunnelsträckningen har grundvattenobservation utförts i rör borrarade i berg från markytan. Figur 2 visar resultat från sprickvattentrycksmätningarna som ställs i relation till observationerna från markytan.

Som synes erhålles en god bild av tryckförhållandena närmast tunneln. I detta fall då bergtäckningen ovan tunneln är relativt liten påverkas sannolikt jordlagren direkt av tryckminskningen. Påpekas bör att mätningen utfördes innan de avsedda förstärkningsåtgärderna var vidtagna.

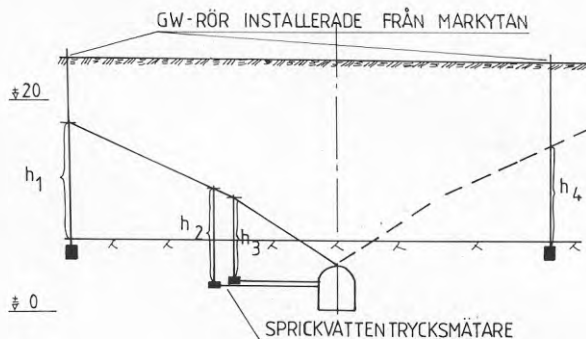


FIG. 2 Resultat av sprickvattentrycksmätningar i relation till grundvattenmätningar från markytan.

FÖRVÄNTNINGSMODELL

För tolkning av sprickvattentrycksmätningarna krävs att en förväntningsmodell upprättas som visar om grundvattensänkningen sprider sig till jordlagren eller ej. Vid upprättandet av förväntningsmodellen har beräkning utförts i dator med hjälp av finit elementmetod. Om permeabiliteten är känd i berget och i friktionsjordlagret kan tryckfördelningen för olika permeabiliteter i den injekterade zonen runt anläggningen erhållas. Med hjälp av sprickvattentrycksmätningarna fås den mest sannolika permeabiliteten i den injekterade zonen genom att jämföra de uppmätta och beräknade trycken i mät-punkterna, se figur 3.

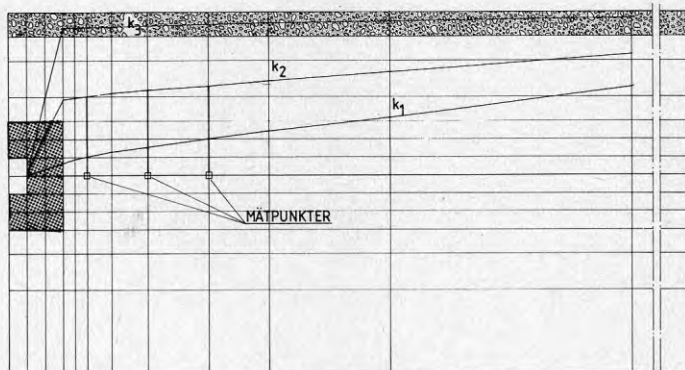


FIG. 3 Vattentryck i en sektion genom mätpunkterna vid olika permeabilitet i den injekterade zonen.

Berg, $k = 10^{-5}$ m/s; friktionsjord, $k = 10^{-7}$ m/s;
injekterad zon, $k_1 = 10^{-5}$ m/s, $k_2 = 10^{-6}$ m/s, $k_3 = 10^{-7}$ m/s

Därefter erhålles ur beräkningsresultaten ekvipotentiallinje-diagram för den aktuella permeabiliteten i den injekterade zonen. I detta diagram kan direkt utläsas om grundvattensänkningen har spridit sig till jordlagren, se figur 4. Ur beräkningarna erhålles även storleken på den inläckande mängden och flödesriktningsdiagram.

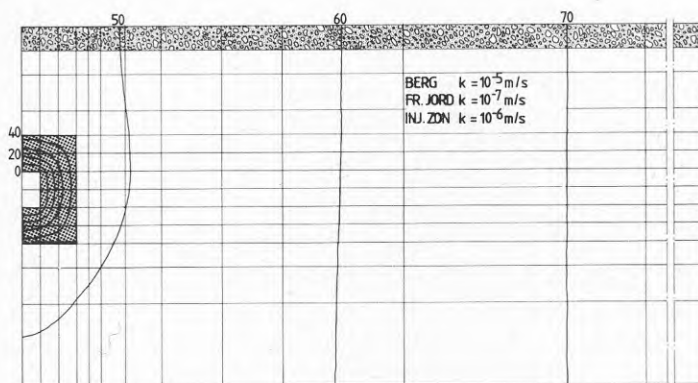


FIG. 4 Ekvipotentiallinjer för ett av de beräknade exemplen.
 Linjerna anger trycket i procent av ursprungligt tryck.

1 INTRODUKTION

På senare tid har man i allt högre grad börjat utnyttja berggrunden för anläggningar såsom tunnlar för avlopp, el, tele och olika typer av kommunikationer. Dessutom blir det allt vanligare att använda berggrunden för lagring av miljöfarliga ämnen t ex olja. Anläggningarna förlägges ofta på stora djup under markytan och därmed som regel under grundvattenytan. Det har tyvärr i många fall visat sig mycket svårt att åstadkomma så täta anläggningar att inläckningen blir betydelslös ur grundvattensänkningssynpunkt. I de fall då grundvattensänkning berör lerområden kan stora skador på egendom till följd av sättningar uppstå och eftersom berganläggningar tenderar öka i omfattning speciellt inom tätbebyggelse kan skadeverkningarna bli mycket omfattande. Grundvattensänkning orsakad av tunnlar och bergrum kan med andra ord inte accepteras och ska vi fortsätta att exploatera vår berggrund måste det utvecklas effektiva tätmetoder och säkrare kontrollsystem, som ger besked om var tätande åtgärder skall sättas in.

För att erhålla tätare anläggningar och därmed förhindra de negativa effekterna av ett annars ganska elegant sätt att t ex lagra olja, transportera spillvatten etc pågår forskning för att förbättra tätningsmetoderna. Den främsta metod, som för närvarande används i Sverige, är injektering dvs man pressar under stort tryck cementsuspension in i det sprickiga berget. Injekteringen kan dels utföras som förinjektering och dels som efterinjektering eller bådadera. Vid förinjektering sker tätningsarbetena före utsprängningen.

Vad vi idag saknar är en enkel och tillförlitlig metod för kontroll av injekteringens tätande effekt. Den vanligaste kontrollen som utförs i tunnlar för närvarande är att mäta hur mycket vatten som tunneln dränerar på en viss sträcka. Dessa resultat ger emellertid inget svar på huruvida läckaget är utspritt längs hela tunneln eller sker lokalt. Metoden kan ej användas inom partier där byggvatten förekommer och resultaten visar ej heller om läckaget orsakar en skadlig grundvattensänkning eftersom sänkningens storlek bland annat beror på det ovanför liggande grundvattenmagasinets storlek och

permeabilitet. För att kontrollera om grundvattensänkning föreligger har det hittills varit nödvändigt att utföra observationer i öppna rör nedsatta från markytan. Rören har dels installerats i jordlagren och dels i berget. Detta kontrollsystem, speciellt rör i berg, är emellertid som regel mycket dyrt och måste därför ofta begränsas till ett fåtal observationspunkter. Dessutom är det svårt att inom tätbebyggda områden placera rören på de mest intressanta ställena till följd av byggnation och andra hinder. För att få en bättre kontroll måste mät-punkterna sitta betydligt tätare än vad som normalt är möjligt med det ovan beskrivna systemet.

Sprickvattentrycksmätning på det sätt som nedan föreslås kan uppfylla dessa villkor och torde därmed ge bättre besked om grundvattensänkningens omfattning och därmed risken för allvarliga sättningar i lerjorden.

Målsättningen vid forskningsprojektets start kan sammanfattas enligt följande.

1. Utifrån mätresultat vid sprickvattentrycksmätning skall besked beträffande berganläggningens täthet kunna erhållas.
2. Mätresultaten bör ge svar på om grundvattensänkningen sprider sig till jordlagren med risk för skadliga sättningar som följd.
3. Mätningen skall kunna utföras omedelbart bakom fronten och i takt med utsprängningen, varvid resultaten kan användas av entreprenör och beställare för att tidigt avgöra om kompletterande tätningsarbeten erfordras.
4. Sprickvattentrycksmätaren skall vara enkel i sitt utförande så att material- och arbetskostnad begränsas. Därmed kan mätning ske i ett stort antal punkter i berganläggningen.
5. Sprickvattentrycksmätaren skall kunna utformas permanent så att mätning av trycket även kan ske efter anläggningens färdigställande.

2 SPRICKVATTENTRYCKSMÄTNING

2.1 Inledning

Det har tidigare gjorts försök att mäta sprickvattentrycket i hål borrade inifrån en tunnel, (Bergman 1976). Mätningarna har tillgått så att en manometer har kopplats direkt på en vanlig injekteringsmanschett varefter trycket avlästs. Vi påstår dock att det på detta sätt uppmätta trycket är ett tryck som bestäms av strömningsförhållandena i den mest permeabla sprickan i borrhålet. Trycket går därmed inte att referera till en viss punkt och resultaten blir således mycket svåra att tolka. Det är högst väsentligt att mätning sker i en bestämd punkt. Jämförelse kan ske med vattentrycksmätning i jord. För att få fram en portrycksprofil måste mätning ske på flera nivåer i jordlagren, se figur 1.

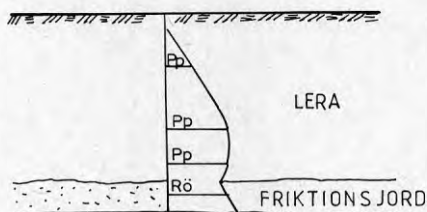


FIG. 1 Exempel på portrycksprofil i jord

Example on a pore pressure profile in soil

2.2 Mätutrustning

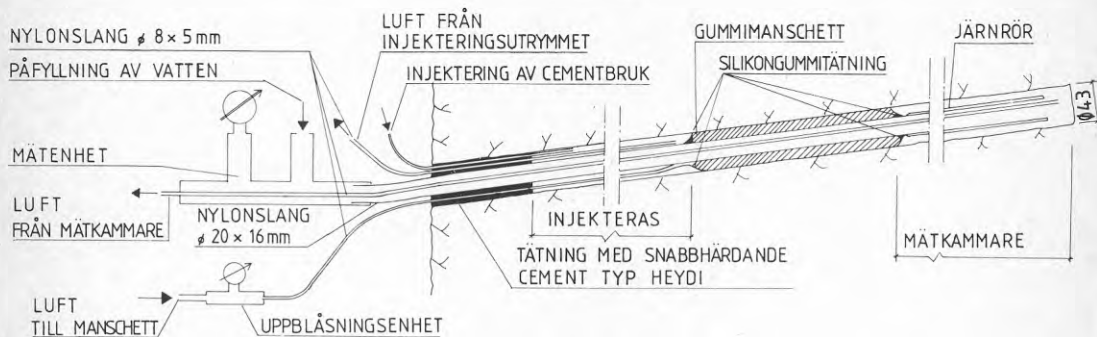
Två absoluta krav vid framtagningen av mätutrustningen har varit dels att tryckmätningen kan refereras till en bestämd punkt i berget och dels att vattentrycket skall kunna mätas även i tunna sprickor och således vid mycket liten vattentillrinning.

Vårt arbete har av praktiska skäl resulterat i en mätutrustning, där vi med en bestämd punkt avser ca 1.0 m av den innersta delen i ett 5-30 m långt borrhål.

För att kunna mäta vattentrycket även i tunna sprickor måste sprickvattentrycksmätaren ge utslag vid mycket små vattensmängder. Jämförelse kan även här göras med porvattentrycks-

mätning i lera, där den tillrinnande vattenmängden är liten på grund av lerans låga permeabilitet. En strävan har därför varit dels att tillverka ett mätsystem där luft kan undvikas och dels att få trycket mätt med en manometer som ger utslag vid små vattenmängder. Systemet måste också kunna genomspolas för att på så sätt få bort en eventuell luftkudde som kan bildas efter en längre tid. Genomspolning kan också bli nödvändig för att rengöra systemet.

Med dessa förutsättningar har en mätutrustning framtagits och utrustningen framgår i detalj av figurerna 2-4.



ARBETSORDNING:

1. Borra hål $\varnothing 43$ mm
2. Installera samtliga slangar
3. Täta borrhålsöppningen
4. Blås upp gummimanschetten
5. Injektera cementbruk
6. Montera mätenhet
7. Fyll på vatten tills rundgång i systemet erhålles
8. Stäng samtliga kranar

FIG. 2 Skiss över samtliga detaljer i sprickvattentrycksmätaren
Sketch showing all details of the spatial water pressure gauge

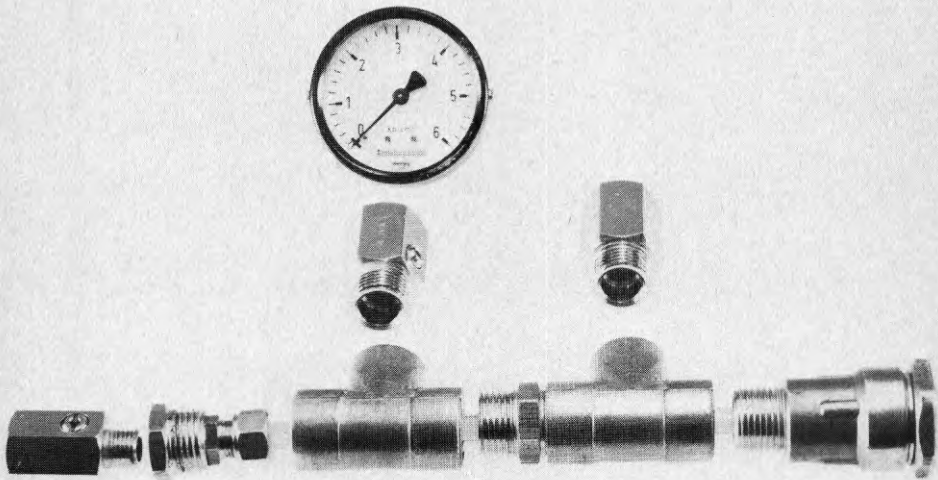
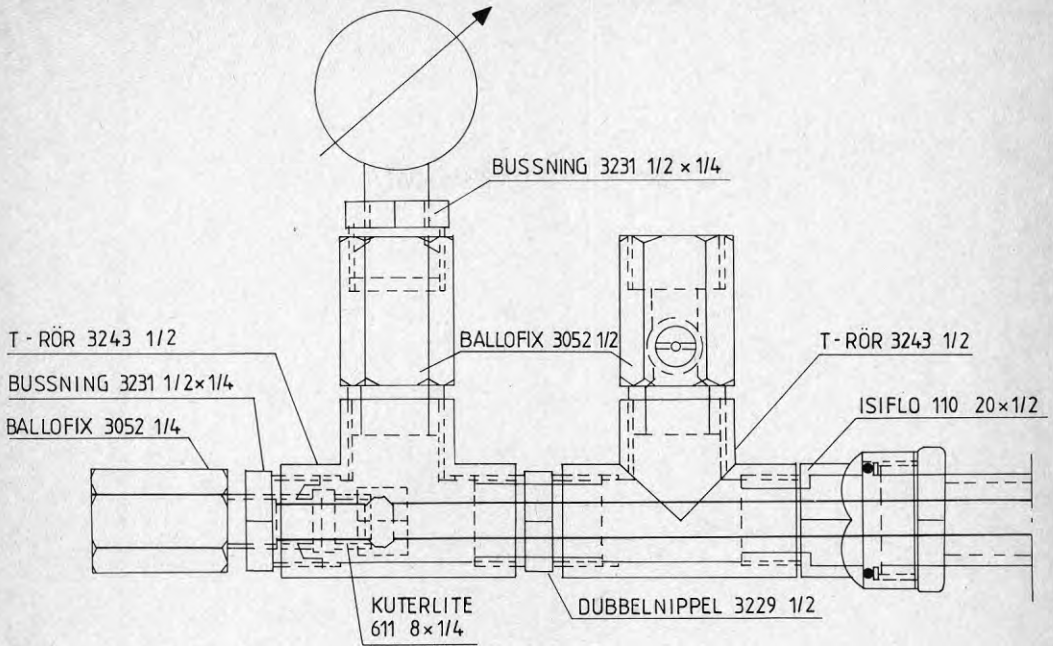


FIG. 3 Mätenhet
Measuring unit

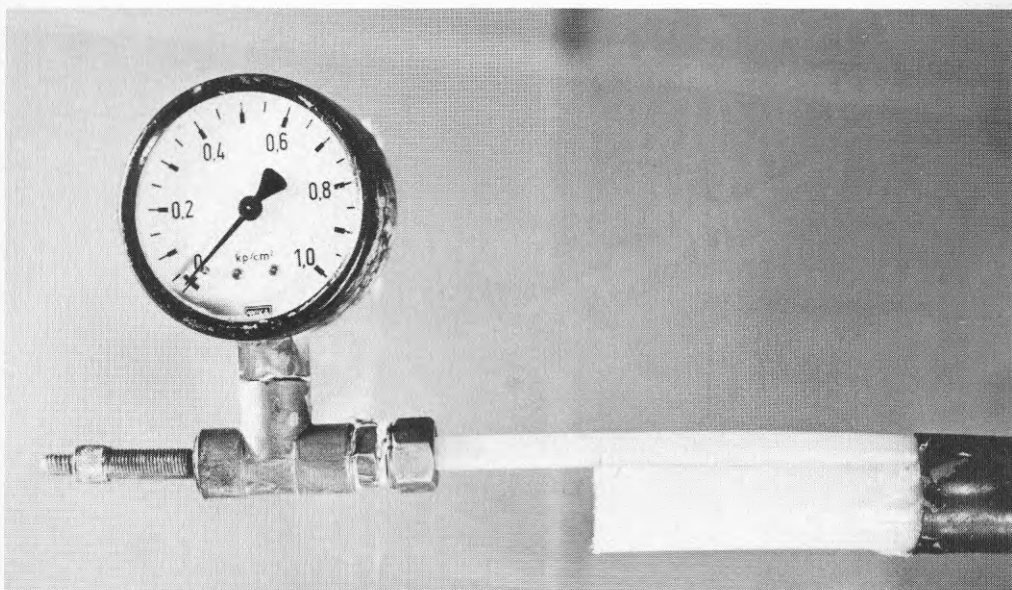
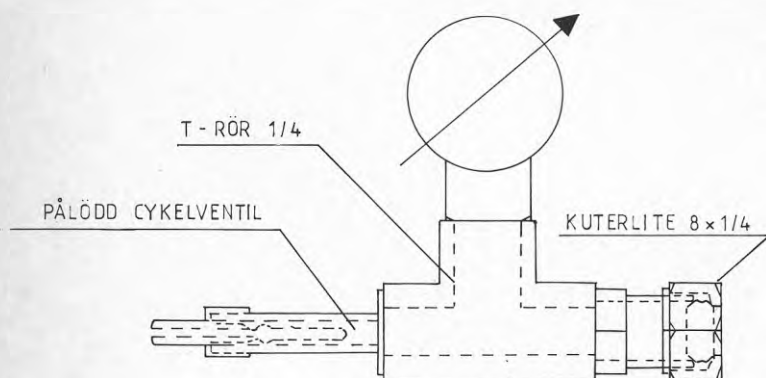


FIG. 4 Enhet för uppblåsning av gummimanschett
Unit for blowing up the rubber packer

Mätkammarens längd har som tidigare nämnts valts till ca 1 m. Resterande utrymme mellan mätslangen $\varnothing 20$ mm och borrhålsväggen injekteras med trögflytande cementbruk. Mätkammaren är vid injekteringen avskild från injekteringsutrymmet med den uppblåsbara gummimanschetten. Gummimanschetten utgöres av en vanlig cykelslang som förs på mätslangen före installation och tätning i ändarna utföres med silikongummi.

Med hjälp av skvallerlangen $\varnothing 8$ mm från injekteringsutrymmet tillses att luft ej instängs under injekteringen. När injekteringsbruket når fram till den uppblåsta gummimanschetten registreras direkt en tryckökning på uppblåsningenshetens manometer dvs injekteringsutrymmet är fullt. Injekteringen får icke ske under övertryck då man kan riskera att bruket passerar i sprickor förbi den tätande gummimanschetten.

Mätutrustningen består som synes mestadels av standardenheter och det är bara gummimanschetten som måste förtillverkas med hänsyn till att silikongummitätningen skall hårdna. I övrigt göres således all montering på arbetsplatsen.

Borrning måste utföras med skarvborrstänger eftersom borrhålen har en längd av 5-30 m. En förutsättning för att utföra injekteringen och för att tömma mätkammaren från luft är att borrhålet lutar något uppåt. Vid våra praktiska försök hade vi svårigheter att borra med stor lutning uppåt från tunneln och vi valde därför att luta borrhålet endast några grader uppåt från horisontalplanet. Detta medförde ej några direkta olägenheter och vi föreslår att man tills vidare använder detta tillvägagångssätt.



3 FÖRSÖK

Försöken med sprickvattentrycksmätaren har förlagts till en tunnel under byggnation i Göteborg. Tunneln, som är avsedd för spillvatten, ingår i GRYAAB:s tunnelsystem, delen Slottsskogen - Annedal - Mölndal. Sprickvattentrycksmätarna installerades inom partiet där tunneln korsar Övre Husargatan enligt fig 5.

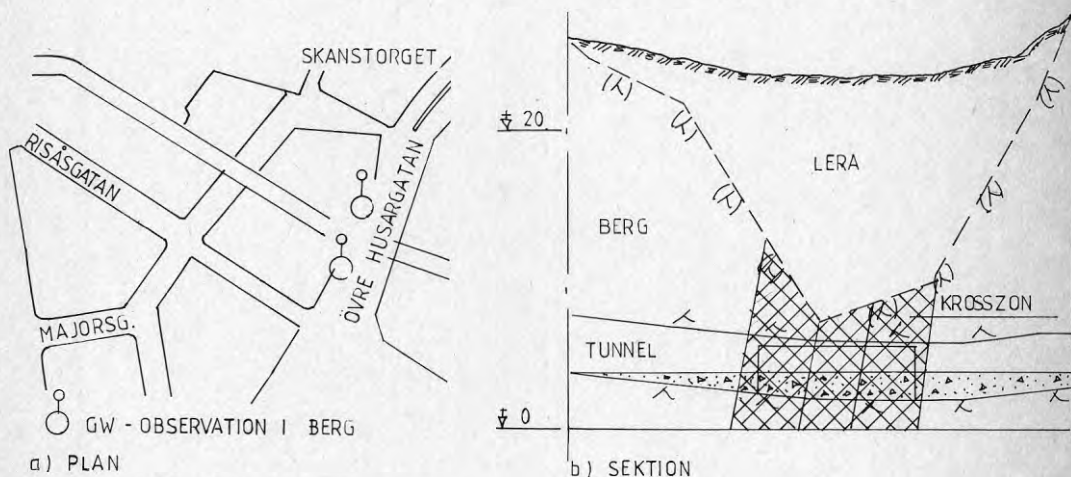


FIG. 5a Plan över försöksområdet

5b Sektion längs aktuell tunnelsträcka

5a Plan showing the test area

5b Section along actual part of the tunnel

Av sektionen framgår att jordlagren inom detta parti är relativt mäktiga och att det underliggande berget är starkt uppsprucket. Tunneln är i färdigt utförande kraftigt förstärkt på grund av det dåliga berget inom detta parti, men när mätningarna utfördes var förstärkningsarbetena ej färdiga.

I krosszonen installerades två mätare på 8 respektive 10 m avstånd från tunneln (vinkelrät avstånd). Resultatet från sprickvattentrycksmätningarna har ställts i relation till

4 TEORETISK BEHANDLING

4.1 Inledning

En förutsättning för bedömning av nödvändiga tättningsarbeten är kännedom om grundvattensänkningens inverkan på de ovanförliggande jordlagren. Carlsson och Olsson (1978) har utifrån geohydrologiska förhållanden och samband försökt konstruera en modell beträffande influensområdet. Vid upprättandet av modellen har man använt Huismans samband

$$s = s_0 e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

$$\text{där } \lambda = \sqrt{\frac{k s_0}{\eta}}$$

- s = avsänkning på avståndet x från tunneln (m)
 s_0 = avsänkning vid tunneln (m)
 k = bergmassans permeabilitet (m/s)
 η = en funktion som beskriver grundvattenbildningen (s^{-1})

Som framgår av sambandet visar modellen endast grundvattensänkningens influensområde i det fall att tätning ej är utförd runt anläggningen.

Författarna har i artikeln redogjort för två fall, där förväntningsmodeller uppställts, varvid resultaten visar god överensstämmelse med utförda mätningar och de drar därför slutsatsen, att det går att upprätta en förväntningsmodell utifrån konventionell förundersökningsmetodik.

4.2 Tolkning av resultaten från sprickvattentrycksmätning

Syftet med att mäta sprickvattentrycket är, som tidigare nämnts, i första hand att få klarlagt om grundvattensänkningen omkring en berganläggning sprider sig till ovanförliggande jordlager. Huruvida så är fallet är ett jämviktsproblem mellan tillgång och efterfrågan på vatten. Har exempelvis jordlagren hög permeabilitet och stor vattenmängd medan bergets permeabilitet är låg begränsas grundvattensänkningen till tunnelns närhet. Om däremot jordlagren har låg permeabilitet och liten vatten-

mängd medan berget har stor permeabilitet kan influensområdet bli mycket stort.

Eftersom sprickvattentrycksmätningarna som regel utföres på litet avstånd från tunneln relativt bergtäckningen behöver således en registrerad tryckminskning inte nödvändigtvis påverka jordlagren i någon större omfattning. För att kunna tolka resultaten av sprickvattentrycksmätningarna måste därför en teoretisk modell uppställas, som visar trycken i olika punkter under den pågående vattenströmningen till anläggningen.

Emedan berget är inhomogent vore det önskvärt att använda en tredimensionell analys vid konstruerandet av en förväntningsmodell vilket är beräkningsmässigt komplicerat. Vattenströmningen i en krosszon bör dock kunna behandlas vid en tvådimensionell analys och man bör bland annat därför lokalisera sprickvattentrycksmätningen till en påträffad krosszon, se figur 7. Om några direkta krosszoner ej kan iakttagas vid utsprängningen av berganläggningen bör berget kunna anses så homogent att även då en tvådimensionell analys kan användas.

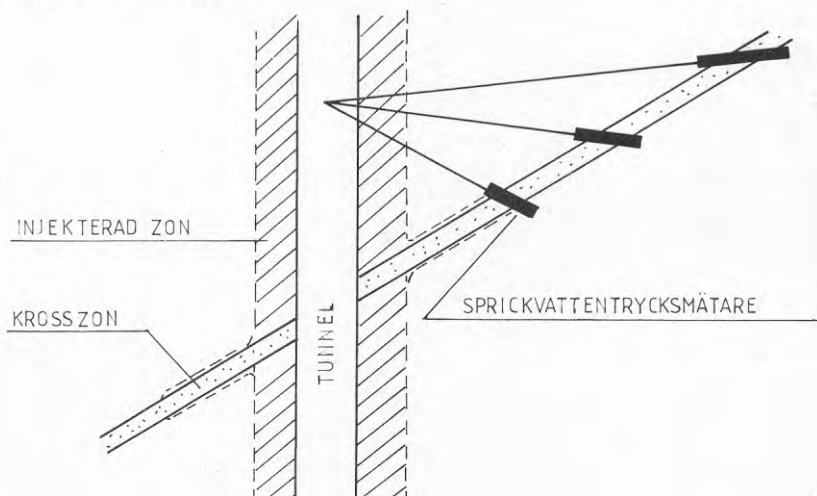


FIG. 7 Exempel på lämplig placering av sprickvattentrycksmätarna

Example on a suitable placing of the spatial water pressure gauges

Med ovanstående förutsättningar samt kännedom om de geologiska och geohydrologiska förhållandena kan modeller konstrueras för olika antaganden beträffande "tätheten" (permeabiliteten) i den injekterade zonen. Ejdeling, CTH, har tillsammans med institutionen för byggnadsstatik utarbetat ett FEM-program (finita element-metoden) för beräkning av grundvattenströmning. För att belysa metoden har vi utfört beräkningar för en sektion med olika antaganden beträffande permeabiliteterna. I beräknings-exemplen har förutsatts att tunneln har arean $3 \times 3 \text{ m}^2$ och tunnel-taket ligger 10 m under bergytan. Den injekterade zonen tjocklek är 3 m. Den valda elementindelningen visas i figur 8. Vattentrycket antages vara opåverkat i den högra randen, 100 m bort.

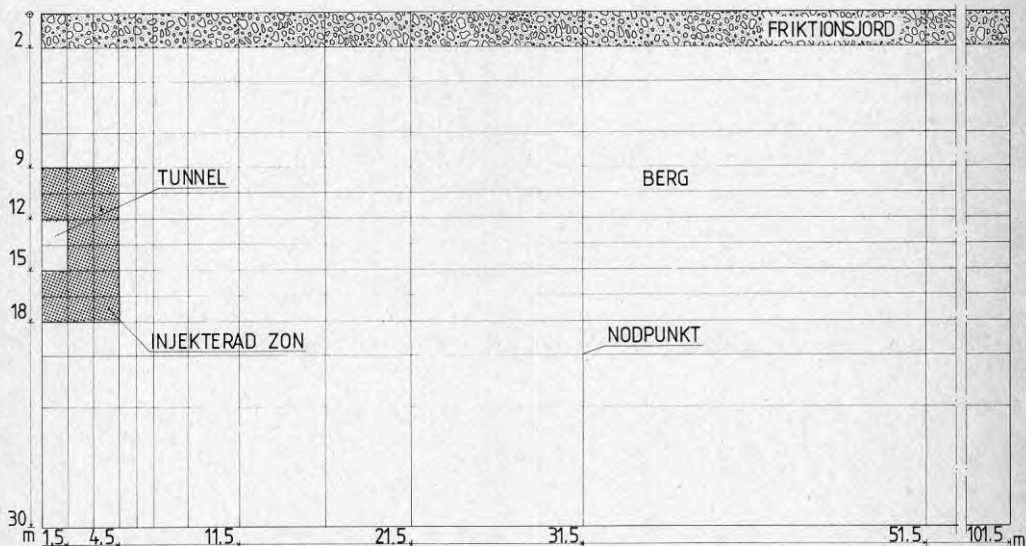


FIG. 8 Elementindelning för beräkning av grundvattenströmning till en tunnel med hjälp av FEM

Element mesh for the calculation of groundwater flow to a tunnel with FEM

Exempel 1:	Medium	Permeabilitet
	Friktionsjord	$k = 10^{-7} \text{ m/s}$
	Berg	$k = 10^{-5} \text{ m/s}$
	Injekteringszon	$k_1 = 10^{-5} \text{ m/s}$
	-"-	$k_2 = 10^{-6} \text{ m/s}$
	-"-	$k_3 = 10^{-7} \text{ m/s}$

Exempel 2:

Medium	Permeabilitet
Friktionsjord	$k = 10^{-4}$ m/s
Berg	$k = 10^{-7}$ m/s
Injekteringszon	$k = 10^{-7}$ m/s

Vid beräkningen erhålles trycken i varje nodpunkt. För att jämföra med de utförda tryckmätningarna ritas trycknivåerna upp i en sektion genom mätpunkterna, se figur 9.

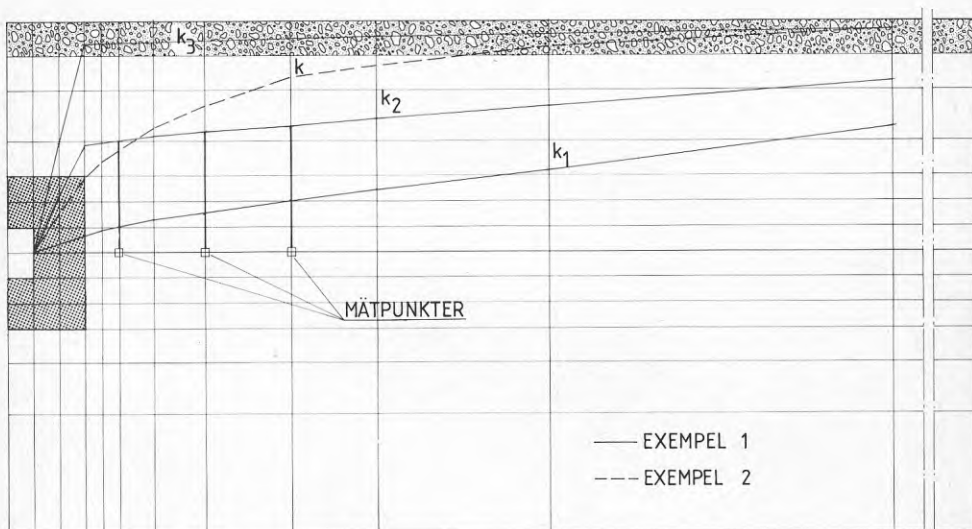


FIG. 9 Vattentryck i en sektion genom mätpunkterna vid olika permeabilitet i jord, berg och injekterad zon

Water pressure in a section through the measure points at different permeability in the soil, rock and injected zone

Om man således kan bestämma eller ungefärligt bedöma permeabiliteten i friktionsjorden och i berget, vilket bl a Carlsson och Olsson (1978) påstår, erhålles således med hjälp av sprickvattentrycksmätningarna och en beräkning enligt ovan en trolig permeabilitet i den injekterade zonen. Med dessa värden på permeabiliteten i friktionsjorden, berget och i den injekterade zonen fås vid databeräkningen ett diagram över ekvipotentiallinjerna i sektionen.

Ur detta diagram framgår om grundvattensänknigen påverkar friktionsjorden. I fig 10-11 redovisas ekvipotentiallinjerna för två av de beräknade exemplen.

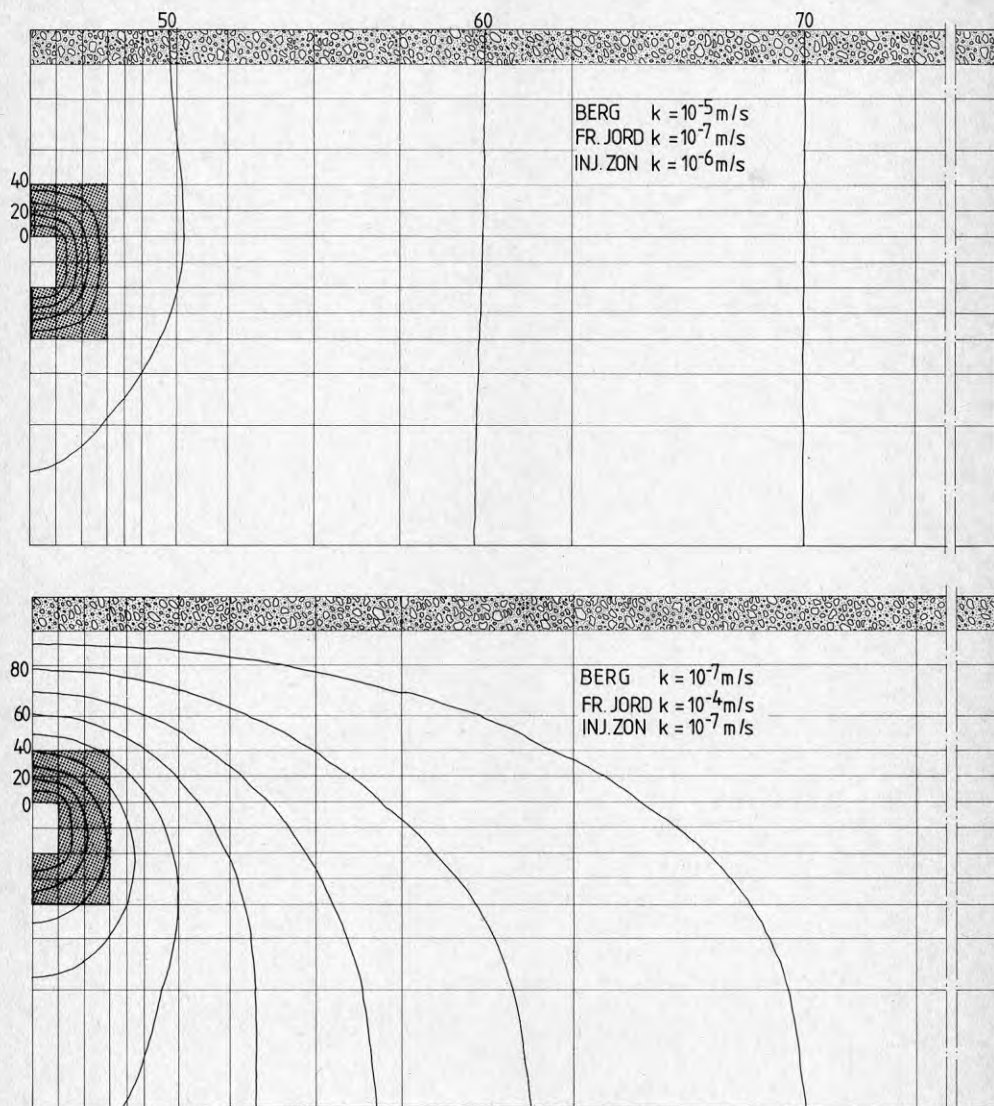


FIG. 10-11 Ekvipotentiallinjer för två av de beräknade exemplen. Linjerna anger trycket i procent av ursprungligt tryck

Equipotential lines for two of the calculated examples. The lines show the pressure in percentage of the original pressure

Ur ekvipotentiallinjediagrammen kan för tydlighetens skull vattentrycksprofilen i det vertikala snittet genom tunneln ritas upp, se fig 12-13.

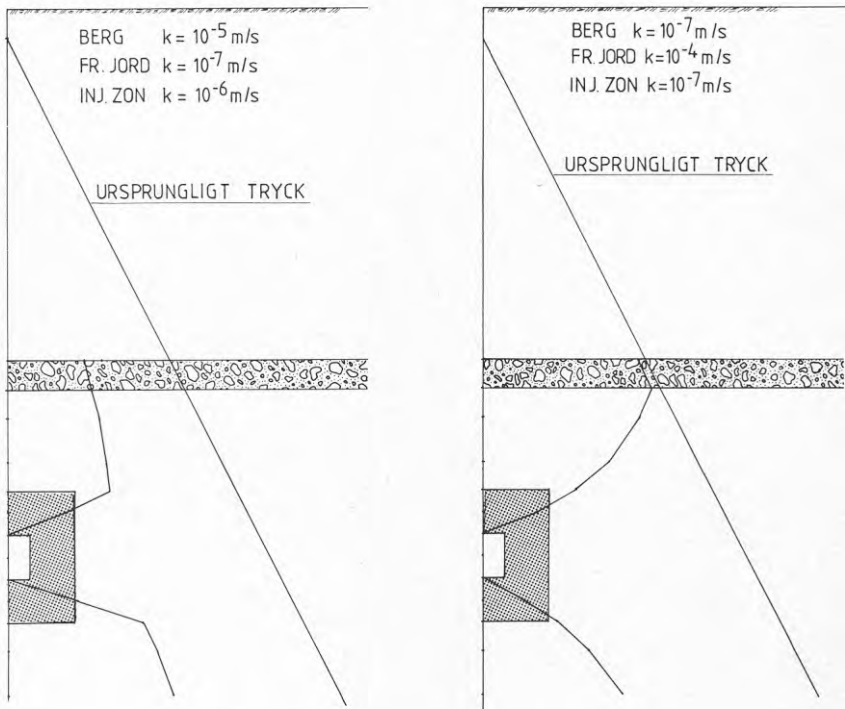


FIG. 12-13 Vattentryck i en vertikal sektion genom tunneln
Water pressure in a vertical section through the tunnel

Slutligen bör nämnas att ur beräkningsresultaten erhålles även storleken på den inläckande mängden och flödesriktningsdiagram.

5 FÖRFARINGSSATT VID KONTROLL MED SPRICKVATTENTRYCKSMÄTARE

För att kunna använda sprickvattentrycksmätning kontinuerligt och med ett troligt gott resultat måste dels installationen av mätare arbetas in i drivningsrutinen och dels mätarna placeras med hänsyn till bergets karaktär. Omfattningen av en framtida kontroll i samband med en tunnels projektering och byggnad kan exempelvis vara följande.

A Förundersökning

1. Geoteknisk undersökning inklusive grundvattenobservation minst 2 år före byggstart.
2. Geologisk-tektonisk undersökning.
3. Bestämning av jordens och bergets permeabilitet genom vattenförlustmätning. Bergets permeabilitet måste kanske av praktiska skäl bestämmas i samband med drivningen av tunneln.

B Tunnelldrivningsskede

1. Installation av sprickvattentrycksmätare i takt med drivningen och med en ungefärlig täthet av lägst 50 m. I vissa intressanta avsnitt, t ex krosszoner, placeras 2 eller 3 mätare. Placeringen av mätarna bedöms utifrån geologiska besiktningar.
2. Konstruktion av förväntningsmodeller vid olika antaganden beträffande tätheten i den injekterade zonen (göres när permeabiliteten i berget är bestämd).
3. Jämförelse av mätresultat och upprättad förväntningsmodell.
4. Komplettering med vattenståndsrör från markytan om skadliga trycksänkningar erhålles enligt sprickvattentrycksmätningen.

C Permanentsskede

1. Fortsatt mätning utföres med en omfattning som bedöms från fall till fall. Mätarna kan arrangeras för fjärravläsning om så är nödvändigt.

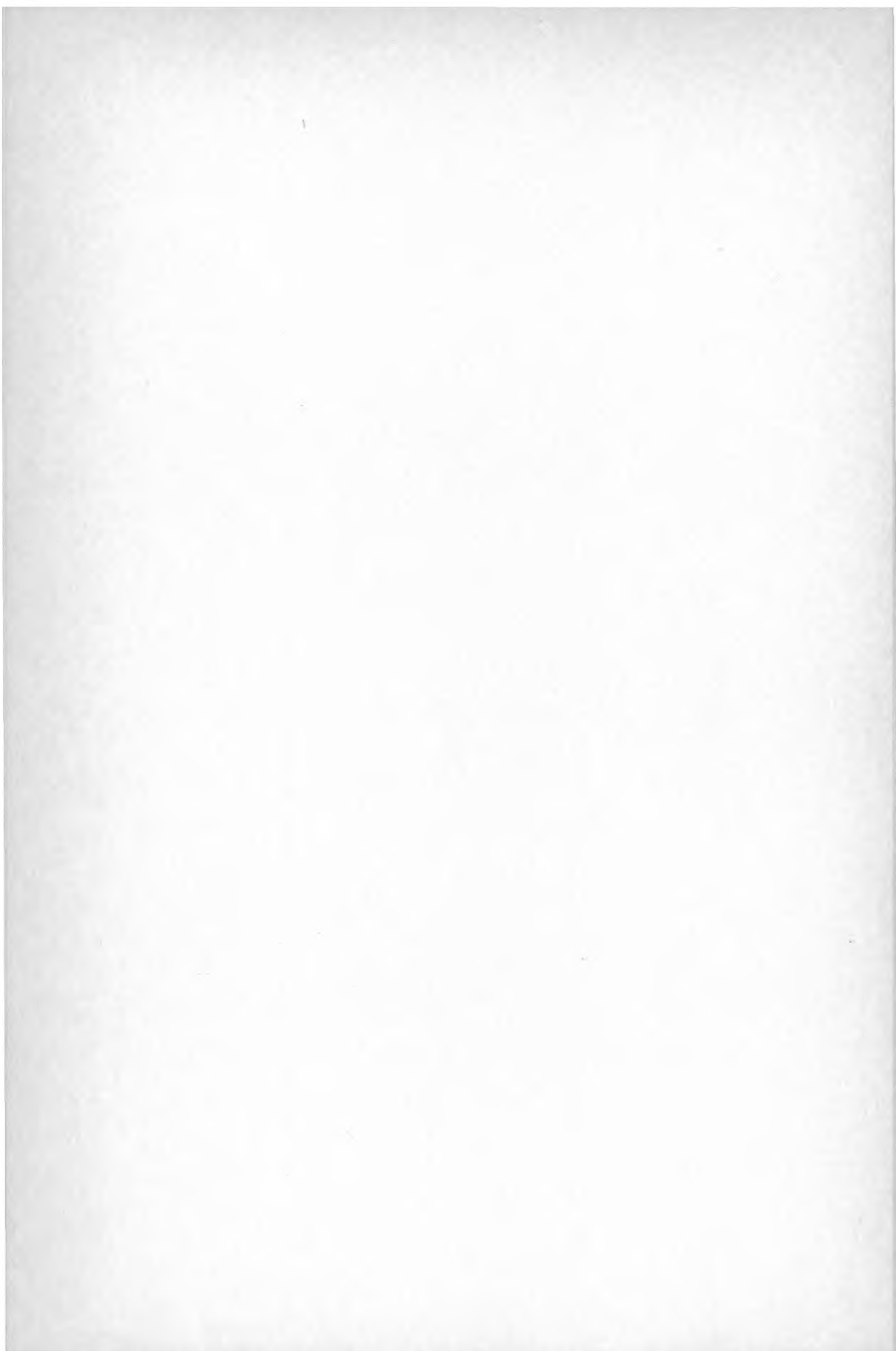
Tryckförhållandena hos sprickvattnet kring tunneln skall alltså styra utbyggnadstakten och injekteringsarbetena så att acceptabla tryck erhålles. Observationer skall utföras under hela arbetsskedet och bör även pågå efter anläggningens färdigställande.

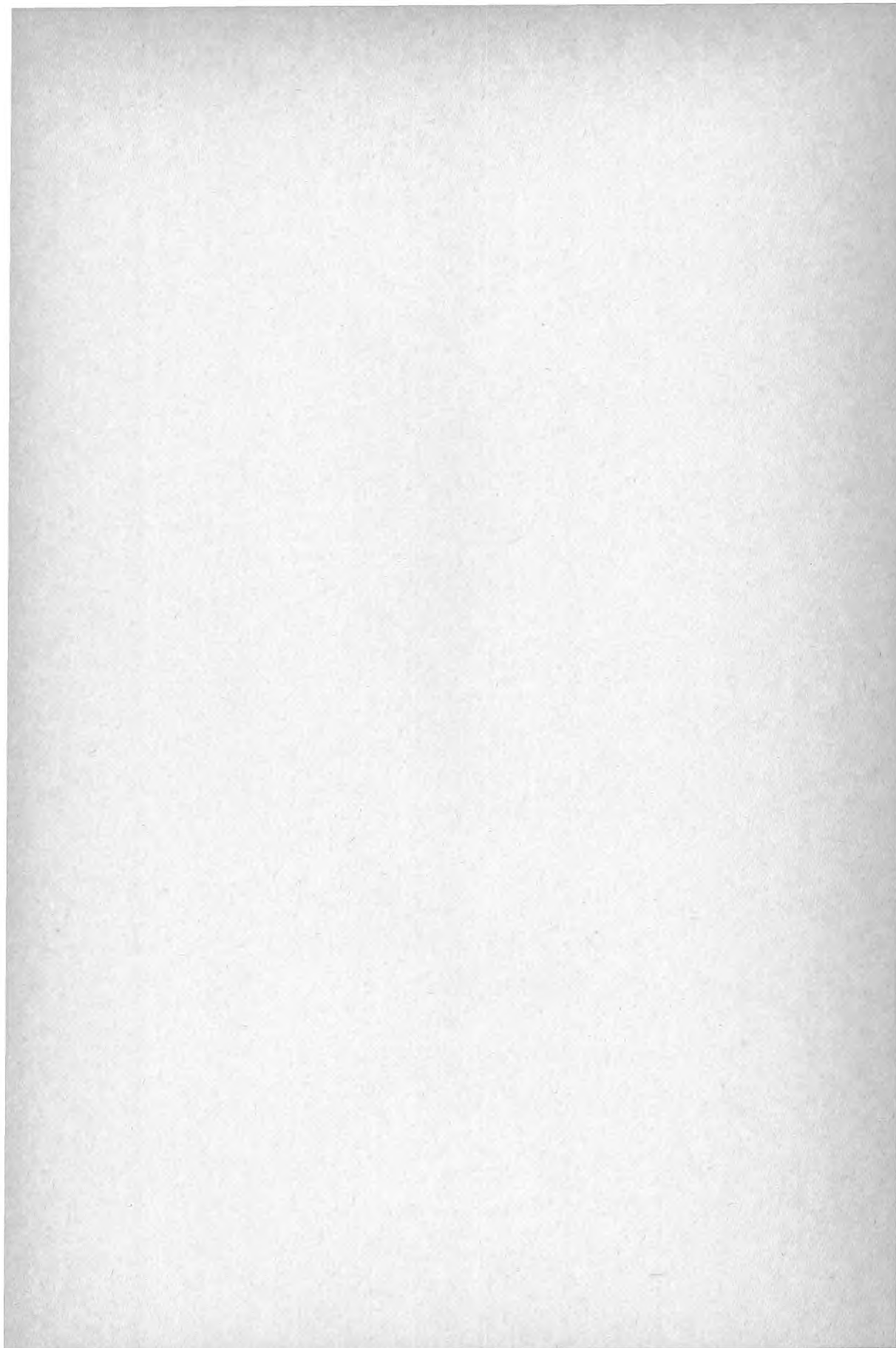
REFERENSER

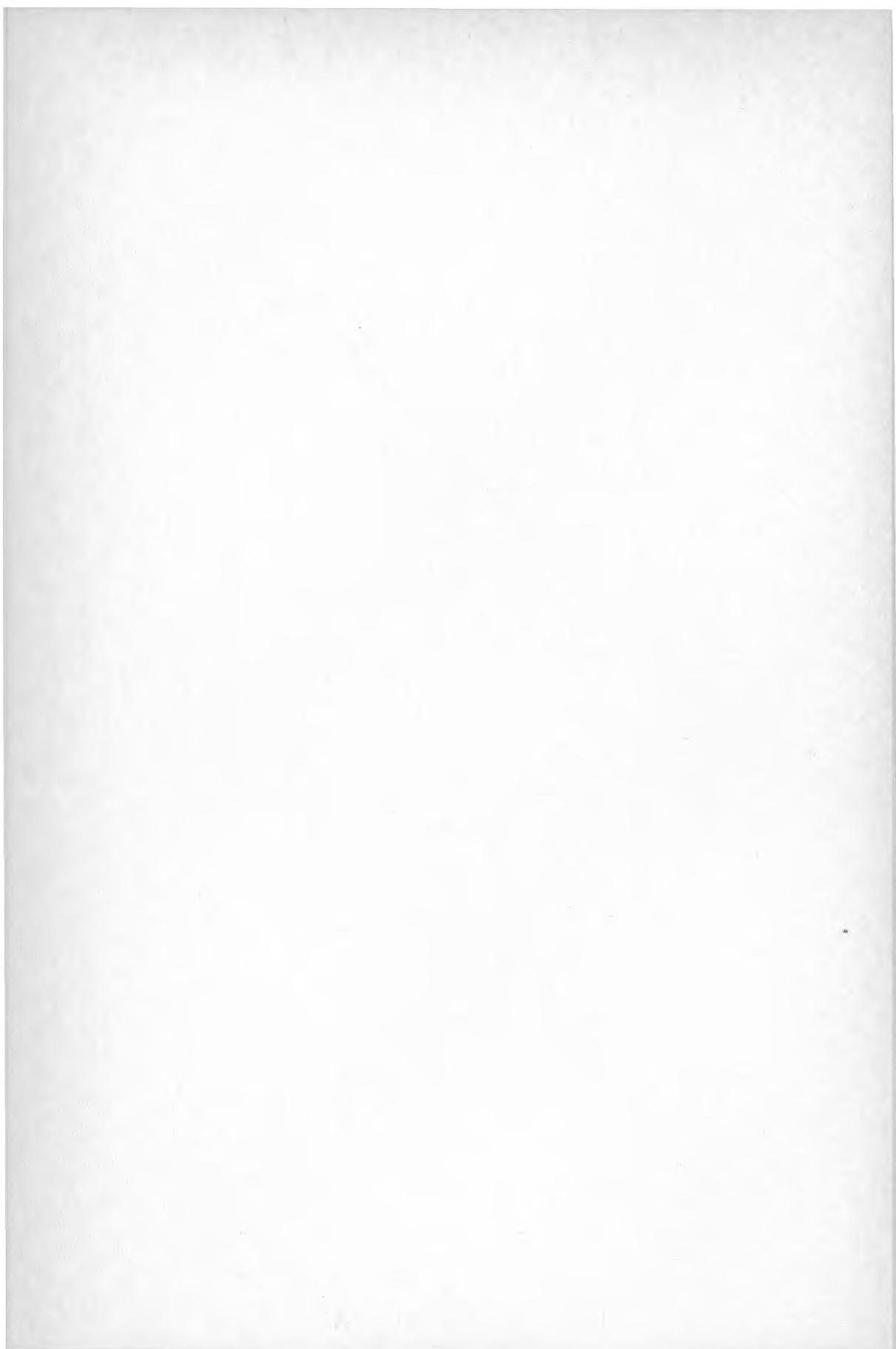
Bergman, G, 1976, Sprickvattentrycksmätningar - erfarenheter av fältmätningar i tre Stockholmstunnlar. Anförande vid Bergmekanikdag 1976.02.10.

Carlsson, A och Olsson, T, 1978, Vatteninläckning till berganläggningar - Förväntningsmodell av influensområde, Byggmästaren nr 11/78, PP 14-16.

Ejdeling, G, 1978, Beräkningsmodeller för prognoser av grundvattenförhållanden, Geohydrologiska forskningsgruppen, meddelande nr 18, 1978, PP 94-108.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740139-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Civilingenjör
Bo Alte AB, Göteborg.**

R144: 1979

**ISBN 91-540-3139-7
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

Art.nr: 6700044

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 15 kr exkl moms