



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**

**R18:1978**

**Portryck kring  
va-ledningar i lera**

**Erfarenheter från mätningar  
1971—1976**

**Jan Berntson**

**Byggforskningen**

TEKNISKA HOGSKOLEN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

R18:1978

PORTRYCK KRING VA-LEDNINGAR I LERA  
Erfarenheter från mätningar 1971-1976

Jan Berntson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740256-1 från  
Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB, Göteborg

Nyckelord:

geohydrologi  
grundvatten  
nivåändringar  
portryck  
ledningsgravar  
rörledningar  
VA-ledningar  
dränerande verkan  
geoteknik  
lera

UDK 556.3  
624.131.6  
628.24

R18:1978

ISBN 91-540-2821-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 850792

## INLEDNING

Under senare år har problemen med inläckage av ovidkommande vatten till spillvattenledningarna krävt allt större uppmärksamhet. Genom bidrag från Statens råd för byggnadsforskning samt Göteborgs VA-verk har VIAK AB undersökt huruvida avloppsledningar dränerar ut vatten i omgivande jordlager. Utredningen har omfattat sammanställning av äldre undersökningsmaterial samt kompletterande fältarbeten inom ett nybyggnadsområde norr om Göteborg.

Till underlag för projektet har från Göteborgs VA-verk erhållits resultat från tidigare utförda grundvatten- och portrycksmätningar. Projektet har där handlagts av civilingenjör Åke Mattsson, som visat stort intresse för utredningens genomförande.

Projektledare och författare har varit byggnadsgeolog Jan Berntsson medan mätningar och fältarbeten har utförts av fil.kand. Stig Hård samt personal inom VIAK AB.

Manuskriptet har lästs och kommenterats av fil.lic. Torsten Blomquist och civilingenjör Göran Lindh.

Till ovanstående personer och förvaltningar framföres ett varmt tack för värdefulla insatser.

För några avsnitt har här gjorts vissa begränsningar i redovisningen. En mer fullständig forskarrapport innehållande teoretiska betraktelser samt en fullständig redovisning av alla data för området publiceras i Geohydrologiska forskningsgruppen vid Chalmers Tekniska Högskolas (GHFgrp-CTH) meddelandeserie (Meddelande nr 26).

Göteborg i september 1977

JAN BERNTSON

## INNEHÅLL

1	BAKGRUND .....	7
2	MÅLSÄTTNING .....	10
3	DEFINITIONER .....	11
4	ORIENTERING OM KÄRRA-OMRÅDET .....	16
4.1	<i>Orientering om undersökningsplatsen</i> .....	16
4.2	<i>Exploatering</i> .....	16
4.3	<i>Tidigare utförda undersökningar</i> .....	17
4.3.1	Grundvatten-och portryckmätningar .....	17
4.3.2	Geotekniska och geologiska undersökningar .....	17
4.4	<i>Geologisk-geoteknisk beskrivning av Kärra-området</i> ....	18
4.4.1	Topografi .....	18
4.4.2	Geologisk och geoteknisk översikt .....	18
5	PROJEKTUPPLÄGGNING .....	21
5.1	<i>Allmänt</i> .....	21
5.2	<i>Utvidgade jordvattenmätningar</i> .....	23
5.2.1	Grundvattentryckmätningar .....	23
5.2.2	Portryckmätningar .....	23
5.3	<i>Nederbörds</i> mätningar .....	24
6	DELRAPPORT I – GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN INOM KÄRRA-OMRÅDET .....	25
6.1	<i>Allmänt</i> .....	25
6.2	<i>Resultat</i> .....	25
6.2.1	Grundvatten och portryck 1971-1976 .....	25
6.2.1.1	Grundvattenzonen .....	25
6.2.1.2	Porvattenzonen .....	27
6.2.1.2.1	Allmänt .....	27
6.2.1.2.2	Portrycksprofiler .....	27
6.2.2	Grundvattenmätningar inom SGUs grundvattenkors 1971-1976, jämförelser .....	28
7	DELRAPPORT II – GRUNDVATTEN OCH PORTRYCK INOM OCH INVID VA-LEDNINGSGRAVAR .....	30
7.1	<i>Avloppsledningar inom Kärra-området</i> .....	30
7.1.1	Allmänt .....	30
7.1.2	Grundläggning och utförande av ledningsstråk A .....	31
7.1.3	Grundläggning och utförande av ledningsstråk B .....	31
7.1.4	Kontroll av ledningar .....	32
7.1.4.1	Provtryckning .....	32
7.1.4.2	Filmning .....	32
7.2	<i>Resultat av mätningar</i> .....	33
7.2.1	Ledningsstråk A .....	33

7.2.1.1	Station 3	.....	33
7.2.1.2.	Station 4	.....	34
7.2.1.3	Station 22	.....	35
7.2.1.4	Station 5	.....	36
7.2.2.	Ledningsstråk B	.....	36
7.2.2.1	Station 21	.....	37
7.2.2.2	Station 23	.....	38
7.2.2.3	Station 20	.....	39
7.2.2.4	Station 24	.....	39
7.3	<i>Slutsatser</i>	.....	40
7.3.1	Allmänt	.....	40
7.3.2	Observationer inom ledningsgravar	.....	40
7.3.3	Invid ledningsgravar	.....	41
7.3.4	Strömningsavskärande fyllningar och konstruktioner	...	44
7.3.5	Ledningskonstruktioner	.....	44
8	SAMMANFATTNING	.....	46
LITTERATUR			47
BILAGOR			48-79





Utbyggnaden av våra tätorter ger i regel upphov till en rubbning av den naturliga vattenbalansen och medför en sänkning av den ursprungliga grundvattennivån. Sänkningen uppkommer genom att den naturliga infiltrationen av nederbördsvatten på ett eller annat sätt förhindras genom inläckning och bortledning av grundvatten i ledningar eller bergtunnlar, genom ökad avdunstning etc. Inom finsedimentområden (lera-silt) medför en sänkning av grundvattennivån att portrycksänkningar erhålls i jordprofilen och att sättningar uppkommer som kan ge svårbemästrade problem under lång tid.

När Kärra-området, norr om Göteborgs Centrum, (FIG. 1 och 2) projekterades under åren 1968-1970 diskuterades riskerna för grundvatten- och portrycksänkning i samband med utbyggnaden av området. Speciellt framfördes farhågor från husbyggarna om att va-ledningarna skulle orsaka kraftig utdränering av områdets lösa, vattenrika leror. En sådan utdränering skulle då orsaka portrycksänkningar med åtföljande marksättningar.

Risken för att grundvattnet i ujupt liggande friktionsmaterial (grundvattenzonen) skulle avsänkas av huvudavloppsledningarna bedömdes dock som liten utom i de punkter där ledningarna gick direkt igenom jordlager av friktionsmaterial. Likaså bedömdes risken för en utdränering av de mäktiga lerlagren, vilka skulle komma att genomkorsas av va-ledningarna som relativt ringa då porvattnets "tryckminskningstratt" intill en ledning i tät lera ansågs vara mycket brant. Man framhöll dock att detta inte gäller markvattennivån i den ytliga torrskorpan som ofta sjunker när ett område exploateras. Avsänkningen här kan bero på att infiltrationsytor väsentligt reduceras genom hus, parkeringsdäck, gator, gångvägar, grönytor som läggs i lutning mot gatubrunnar så att regnvattnet avrinner, etc. Dessa ingrepp och åtgärder resulterar i ett reducerat infiltrationsområde med mindre infiltration till jordlagren, vilket kan medföra en framtida grundvatten- och portrycksänkning. Sådan effekt erhålles alltså inte genom att ledningarna dränerar ut marken utan genom att ledningarna avleder regn-

vatten, som annars skulle infiltreras. (Laremark & Lindh, 1970).

Ursprungligen hade husens grundläggningssätt projekterats under förutsättningen att 25 cm sättning för hus och mark skulle tillåtas totalt. Detta innebar att ca 50% av husen var kompenserat grundlagda eller grundlagda med platta på mark. Övriga hus var kohesionspålade eller stödpålade. I ett senare skede när merparten av ledningarna lagts har kravet på acceptabel sättning skärpts till högst 10cm vilket medfört att andelen kompensationsgrundlagda hus minskat.

Då krav framfördes från husbyggarna att va-ledningarna skulle utföras så gott som helt täta, beslöt Göteborgs VA-verk i samarbete med VIAK AB, att vidtaga speciella grundläggningsåtgärder för att så långt möjligt eliminera ledningarnas dränerande påverkan (se vidare punkt 8). Kontrollmätningar av grundvatten- och portryckvariationer inom området igångsattes också med upprättande av observationsstationer i början av januari 1971. (Laremark, Blomquist & Lindh, 1971).

Observationer har sedan pågått kontinuerligt fram till hösten 1974. Härefter har en mer detaljerad och intensifierad undersökning utförts vilken alltså utgör detta BFR-projekt. Omnämnas kan vidare att under perioden augusti 1972 till januari 1973 utfördes också vissa kompletterande och intensifierade mätningar (Berntsson, 1975).

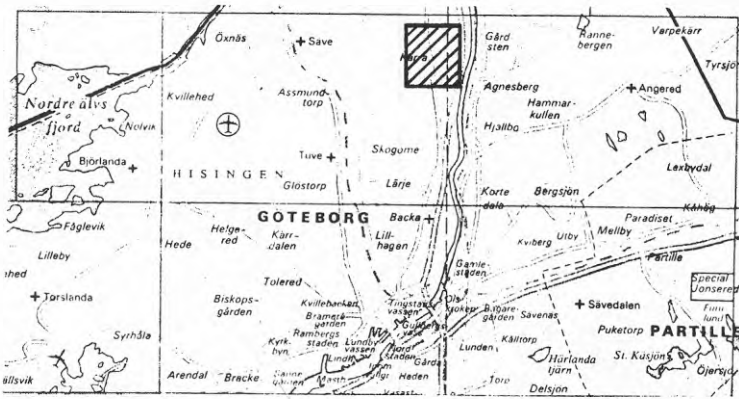
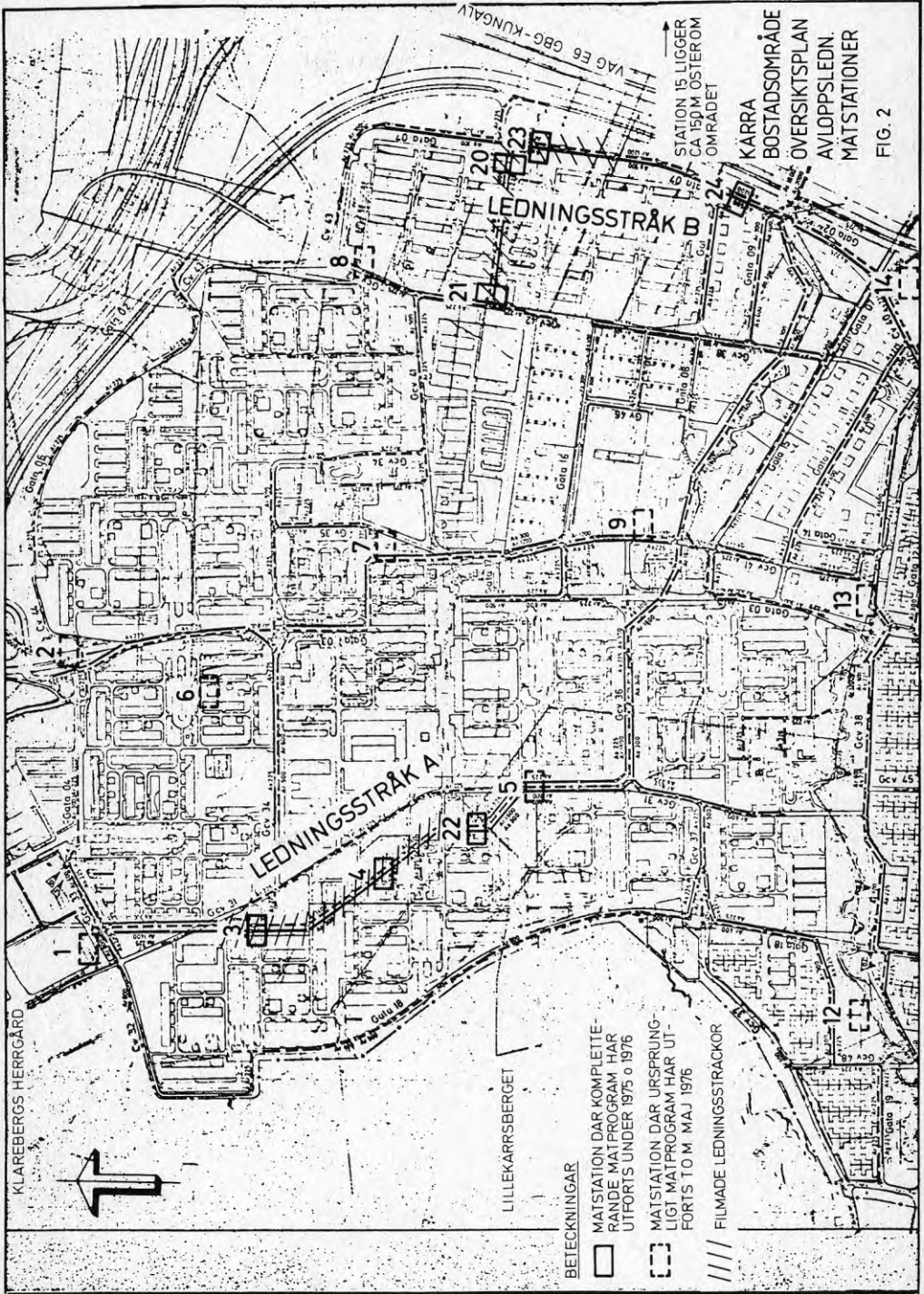


FIG. 1 Situationsplan utvisande Kärva-området (▨)



## 2 MALSÄTTNING

Projektets målsättning har varit att inom ett urbaniserat område med jordlager av i huvudsak lera kontrollera avloppsledningars påverkan av grundvatten- och portryckbalans. Detta innebär att projektarbetet har omfattat

- att* sammanställa och redovisa det grundmaterial som finns från geohydrologiska och geotekniska undersökningar i Kärra-området, vilka utförts före hösten 1974
- att* från detta äldre material samt kompletterande mätningar utröna hur va-ledningar påverkar grundvatten- och portryckförhållandena inom ledningsgravar och i omgivande finsediment (lera)
- att* till viss del utforma undersökningen så att försök till jämförelser med tidigare forskning kan utföras
- att* studera effekterna av vidtagna, förebyggande tätningsåtgärder
- att* beskriva eventuella skadliga effekter och möjligheter att motverka dessa effekter
- att* av resultaten från detta område försöka ge vissa riktlinjer för projektering av va-ledningar varvid geohydrologiska förhållanden beaktas

Vatten i jord är till viss del rörligt och ingår i det hydrologiska kretsloppet. Beroende på jordartens kornfördelning, vattnets bindning till mineralet och de olika sätt som vattnets tryck registreras på har det i dagligt tal fått en rad olika benämningar såsom "fritt grundvatten" i friktionsmaterial, "porvatten" i lera, kapillärt vatten, porvinkelvatten, sprickvatten osv. Nedan definieras kortfattat de i denna rapport använda begrepp och typfall av jordvattenprofiler, vilka till vissa delar är modifieringar och bearbetningar från några tidigare förslag (Todd, 1959; Andersson, S., 1962; Gustavsson & Ploman, 1972; Knutsson, G., 1973; Berntsson, 1975).

Sambandet mellan en jordarts vattenkvot och vattnets bindingsenergi kan uttryckas med en s.k. pF-kurva, se FIG. 3. pF är ett mått på hur hårt vattnet är bundet (mätt i cm vattenpelare =  $h_t$ ), vilket i diagrammet i FIG. 3 är angett i en logaritmisk skala ( $pF = \lg h_t$ ), (Odén & Lund, 1959).

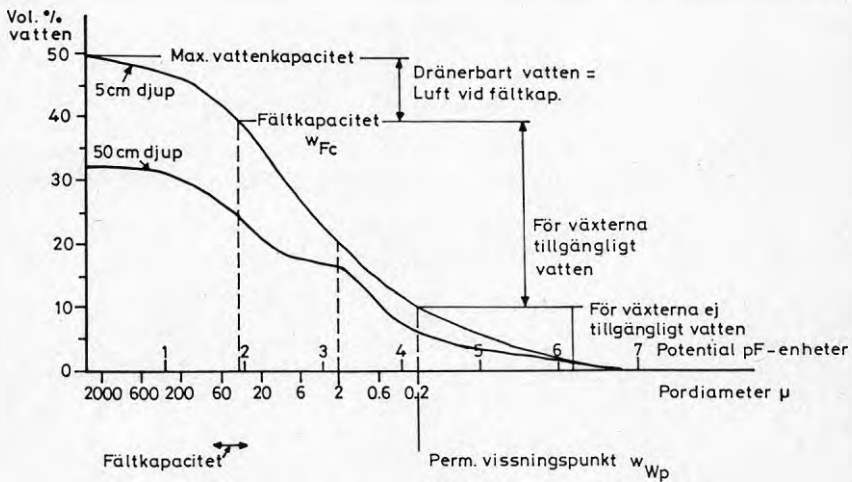


FIG. 3 pF-diagram som visar sambandet mellan vattenhalt och vattnets bindingsenergi för jordmaterial taget från två olika nivåer i en markprofil (efter Odén & Lundh, 1959)

Med benämningarna infiltration avses vattnets inträngande i marken medan perkolations vanligtvis används för vattenrörelser i jordens omättade zon. Perkolationen beror av gravitationen och bindningstryckets gradient.

Den principiella betydelsen av de begrepp som används i denna rapport framgår av FIG. 4. Av figuren utläses att definitionerna kan hänföras till två huvudfall, öppet och slutet trycktillstånd. Detta innebär att vissa begrepp endast är tillämpliga under ett huvudfall – exempelvis porvattenzon förekommer ej då öppet trycktillstånd råder i jordprofilen.

För de i figuren omnämnda begreppen samt ytterligare några ges här nedan en närmare definition

<u>Portryck</u>	är trycket hos porvatten och porgas i en godtycklig punkt i porvattenzonen.
<u>Noll-portrycknivå</u>	är den nivå där porvatten- och porgastryck är lika med atmosfärtryck. (Förkortas noll-p.t.)
<u>Grundvattentrycknivå</u>	är den nivå där grundvattentryck är lika med atmosfärtryck. (Förkortas g.v.t.). Nivån kallas oftast grundvattenyta.
<u>Luftzon</u>	<p>är zonen mellan markytan och g.v.t.-nivån eller noll-p.t.-nivån. Zonen karakteriseras av att ytvatten rinner in i zonen och bildar s.k. sjunkvatten som transporteras nedåt under inverkan av gravitationen. Detta sker endast om vattenkvoten överstiger fältkapaciteten (<math>w_{FC}</math>) och zonen ej är vattenmättad. Zonen kan förutom sjunkvatten innehålla kapillärt stigvatten.</p> <p>Vattenkvoten inom luftzonens övre del skiftar ofta starkt på grund av påverkan av evapotranspirationseffekter, varierande mängder infiltrerat vatten etc.</p>
<u>Markvatten</u>	är sådant kapillärt bundet vatten som växterna kan tillgodogöra sig.

- Porvattenzon är zonen mellan noll-p.t.-nivån eller luftzonen och grundvattenzonen. Jordmaterialet i zonen utgörs av finsediment lera-silt eller ur permeabilitetssynpunkt jämförbart material. Inom porvattenzonen råder full vattenmättnad.
- Grundvattenzon är vanligtvis zonen under porvattenzonen. Jordmaterialet i zonen utgörs av friktionsmaterial eller ur permeabilitetssynpunkt jämförbart material. I zonen råder full vattenmättnad. Grundvattenzonen kan vidare sägas utgöra den zon ur vilket vatten genom enklare metoder (grävning, borring, pumpning) kan utvinnas.

Porvattenzonen och grundvattenzonen kan sammanfattningsvis sägas utgöra två områden med skilda fysikaliska och hydrologiska förutsättningar, Av nämnda definitioner framgår således att gränsdragningen mellan zonerna baserar sig på de jordartsfraktioner (permeabilitet) som återfinns i respektive jordprofil.

I en jordvattenprofil där porvattenzon saknas (i t.ex. friktionsjordar) råder ett öppet trycktillstånd. Om porvattenzon förekommer över och i direkt anslutning till en grundvattenzon talar man om en jordvattenprofil med slutet trycktillstånd (jfr FIG. 4).

I FIG. 4 överst till vänster utgörs jordmaterialet av friktionsmaterial ( $\phi \geq$  finsand). Luftzonen kan ha betydande mäktighet och det kapillära stigvattnet når ej högt. En grundvattenförekomst i denna typ av jordprofil benämns ett öppet grundvattenmagasin.

I FIG. 4 längst ned och till höger är jordmaterialet finkornigt (lera-silt) i profilens övre del (porvattenzonen), vilket sedan kan underlagras av friktionsmaterial. Flera olika fall kan förekomma utöver de två principiella fall som diskuteras här.

*Fall 1* Grundvattentrycknivån ligger högre än noll-p.t.-nivån. Kan förekomma under vegetationsperiod med avdunstning eller där artesiska tryckförhållanden råder. Detta innebär att

portryckförändringar och erforderlig vatteninströmning till porvattenzonen sker nedifrån och uppåt.

*Fall 2* Rikligt med vatten i jordprofilens ytliga lager. (Vår och höst). Torksprickor och rotkanaler till stor del vattenfyllda. Om noll-p.t.-nivån ligger högre än grundvattentrycknivån sker portryckförändring och en vatten-transport uppifrån och nedåt i porvattenzonen.

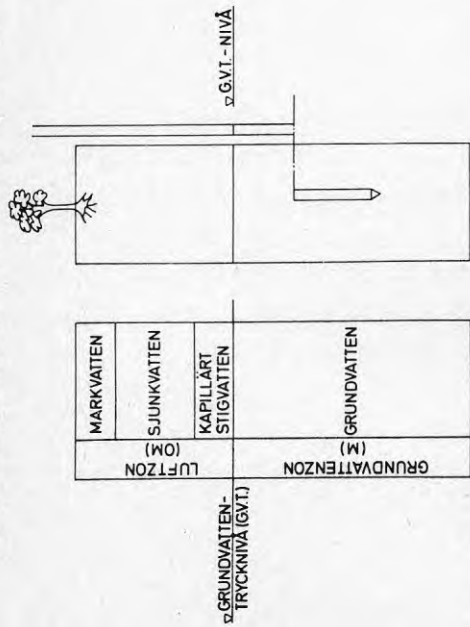
*Kärva* Representerar jordvattenförhållandena i Kärva. I profilen har markerats portryckförändring och strömningsriktning (a) för en temporärt registrerad, nedåtgående tryckförändring i porvattenzonen (Berntsson, 1975).

En grundvattenförekomst i underliggande friktionsmaterial i sistnämnda typ av jordprofil benämns ett slutet grundvattenmagasin. Om grundvattentrycknivån ligger över markytan användes beteckningen artesisikt grundvatten.

En utförligare beskrivning och definition av använda parametrar lämnas i GHFgrp-CTH, meddelandeserie nr 26.

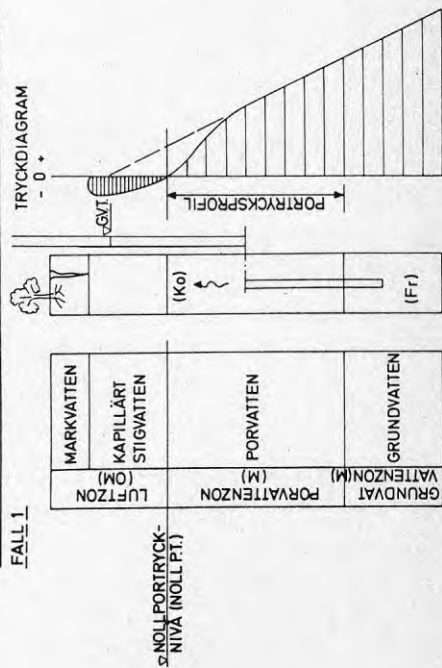


## JORDVATTENPROFIL, ÖPPET TRYCKTILLSTÅND



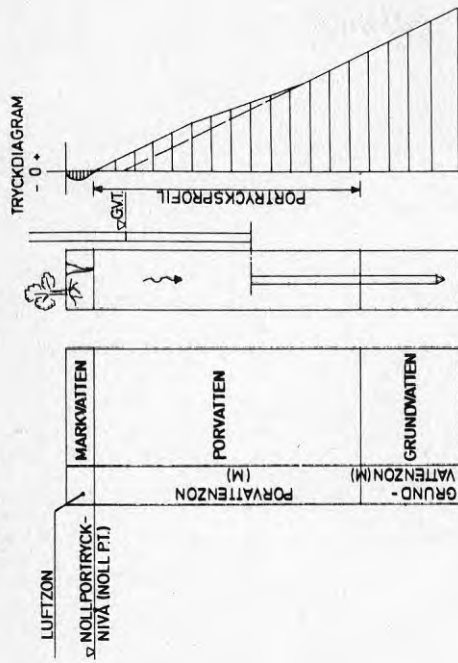
ANM. JORDMATERIALET UTGÖRES AV FRIKTIONSAMATERIAL

## JORDVATTENPROFIL, SLUTET TRYCKTILLSTÅND

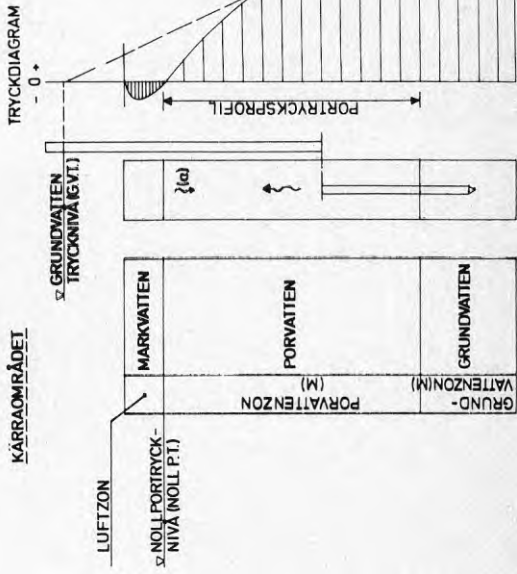


FALL 1

FALL 2



KÄRRÅMRÅDEI



## 4 ORIENTERING OM KÄRRA-OMRADET

### 4.1 *Orientering om undersökningsplatsen*

Kärра-området sträcker sig från söder vid Nortagene norrut mellan motorvägen (E6) och Lillekärrsberget till Klarebergs herrgård. Längs områdets norra avgränsning har under 1976 påbörjats en byggnation av en större trafikled.

Kärra-området utgjordes vid undersökningarnas början 1971, till största delen av åker- och ängsmark. Byggnader för jordbruksändamål fanns endast kvar perifert i området. Fast bebyggelse i form av villa- och radhusfastigheter fanns inom ett mindre centralt beläget område.

### 4.2 *Exploatering*

Under 1971 påbörjades den nya Kärra-bebyggelsen då vissa lednings- och vägarbeten igångsattes vilka sedan i olika skeden har pågått och fortfarande pågår inom området. Uppförandet av nya fastigheter startade i mindre omfattning vid årsskiftet 1971/72.

Vid planläggningen av området 1968-1970 beslutades om en byggnation i huvudsak bestående av flerfamiljshus. Efter byggstart har diskussioner om en övergång till fler småhus medfört att stadsplanen reviderats och utbyggnaden av området försenats. Vid årsskiftet 1976/77 är det nordvästra markområdet (ledningsstråk A - FIG. 2) fortfarande ej exploaterat liksom området för centrumbebyggelsen.

Vidare kan framhållas att området planlagts så att bebyggelsen så gott som genomgående ligger på den gamla åker- och ängsmarken. Höjdpartierna med tillhörande sluttningar har således ej exploaterats utan lämnats orörda. Den trädvegetation som fanns tidigare inom området har också i mycket stor utsträckning bevarats.

### 4.3 *Tidigare utförda undersökningar*

#### 4.3.1 Grundvatten- och portryckmätningar

Inom Kärra-området har sedan 1971 kontinuerligt utförts mätningar av grundvatten och portryck i totalt sju stationer. Inom stationerna utförs grundvattentrycknivåmätningar i öppna 2"-stålrör med perforerad spets samt vidare portryckmätningar på vanligtvis två skilda nivåer. Portryckmätarna är av typ NGI – öppet system med bronsfilterspets (se vidare punkt 5). Dessutom har enbart portryckmätningar utförts i fyra sektioner vinkelrätt ut från avloppsledningarna (stn 3, 4, 5 och 7). I dessa sektioner har portryckmätarna genomgående varit placerade på djupet 5 m under markytan. Spetstyp har även här varit av typ NGI. Genom denna placering av mätarna avsågs att erhålla kontroll av utbredningen i sidled av en eventuell påverkan av portrycken i de övre jordlagren.

I dessa äldre mätstationer har mätningar utförts kontinuerligt en gång per månad fram till hösten 1974 då detta projekt startade (se vidare punkt 5). Under en begränsad period (augusti 1972 till januari 1973) utfördes dock vissa kompletterande och intensifierade mätningar i vissa stationer, främst stationerna 2, 6 och 12 (Berntsson 1975).

Placeringen för de äldre stationerna visas på FIG. 2. Av observationspunkterna är station 14 och 15 placerade i utkanten respektive utanför området och är härvid avsedda att utgöra referensstationer.

#### 4.3.2 Geotekniska och geologiska undersökningar

Geotekniska undersökningar inom Kärra-området har utförts av ett flertal konsulterande ingenjörbyråer samt av Göteborgs kommuns gatukontor. Från dessa undersökningar har erhållits uppgifter om de tekniska egenskaperna hos jordmaterialet samt uppgifter om jordlagerföljd och jorddjup.

En detaljerad geologisk kartering av Kärra-området har utförts 1972 (Berntsson, 1975).

#### 4.4 *Geologisk-geoteknisk beskrivning av Kärra-området*

##### 4.4.1 Topografi

Mellan Göteborg och Kungälv utgör Göta älvdalen en topografiskt mycket väl markerad dalgång. Den nord-sydgående berggrundsryggen längs den västra dalsidan är på flera ställen genomsatt av SV/NO-liga skjuvzoner. En större sådan skjuvzon ansluter till Göta älvdalen vid Kärra. Här har skett en kraftig sönderbrytning av dalsidan så att ett större sedimentfyllt berggrundsbäcken har anlagts.

Marken bestod före exploateringen inom området av övervägande åker- och ängsmark. Marken sluttar från områdets norra och västra del svagt ned mot Göta Älv. I SV och V begränsas området av höjdparter som når 50 å 60 m över intilliggande mark. Mot N har Kärra-området en fortsättning i två separata, nästan parallella, smala dalgångar, åtskilda av ett smalt höjparti. Höjpartierna utgörs av kalt berg eller täcks av tunna friktionsjordar.

Tre bäckenraviner med max 3 å 4 m djup har genomkorsat området. Två av dem, med nord/sydlig riktning är numera kulverterade. Den tredje sträcker sig i öst/västlig riktning inom områdets södra del.

##### 4.4.2 Geologisk och geoteknisk översikt

Med utgång från den geologiska karteringen och utförda geotekniska undersökningar kan följande sammanfattande översikt lämnas.

Jordlagren inom Kärra-dalen utgörs till allra största delen av leror. Lagerföljden är dock ej helt homogen utan inlagringar av grövre material förekommer. Detta gäller främst närmast höjdpartierna där det förekommer en mer skiftande jordlagerföljd uppbyggd av s.k. landhöjningssediment, vilket är mycket typiskt för göteborgsförhållanden.

Totala djupet till fast botten varierar starkt mellan 15-40m. Lokalt har i NV och SV uppmätts 45-55m djup.

Leran består i sin övre del till 1 ä 2m djup av s.k. torrskorpelera. Under torrskorpan följer sedan lös till halvfast lera som ofta kan vara något siltig och i allmänhet är sulfidflammig. Inlagring av grovkornigare material i form av silt, sand och skal i tunna skikt förekommer och tilltar mot höjdpartierna. Leran torde inom större delen av området överlagra ett tunt lager av friktionsmaterial på berg.

Av laboratorieresultaten framgår att viss skillnad förekommer i lerans geotekniska egenskaper mellan den västra och östra delen av området. Vattenkvoten varierar inom den östra delen mellan 40 och 120% och inom området i övrigt mellan 30 och 90%. Flytgränsen (finlekstalet) för leran varierar normalt inom den östligaste delen mellan 40 och 80 medan det i väster närmare dalsidorna varierar mellan 30 och 60 %. Vattenkvoten och flytgränsen avtar som väntat i regel mot djupet. Uppmätta sensitivitetvärden (St) är som regel mycket höga – max har registrerats 350.

Kompressionsförsök i ödometer har gjorts på lerprover. Lägsta värden på lerans kompressionsmodultal (m) 3.6 har uppmätts för lera på 6 ä 8 m djup. För ytlig lera inom området varierar m mellan 8.6 och 5.7 medan konsolideringskoefficienten i genomsnitt har uppmätts till  $c_v = (2-4) \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ . Lerlager på stort djup uppvisar i allmänhet  $m = 6.9-5.3\%$  och  $c_v = (1-2) \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Kompressionsförsöken visar vidare att leran i anslutning till höjdområdet i väster är överkonsoliderad med 30 ä 40 kPa medan längst i öster råder ett förhållande med mer normalkonsoliderade sediment. I ravinerna uppgår dock överkonsolideringen till i regel 20-40 kPa med undantag för den södra där en så hög överkonsolidering som upp till 100 ä 120 kPa kan registreras.

## 5 PROJEKTUPPLÄGGNING

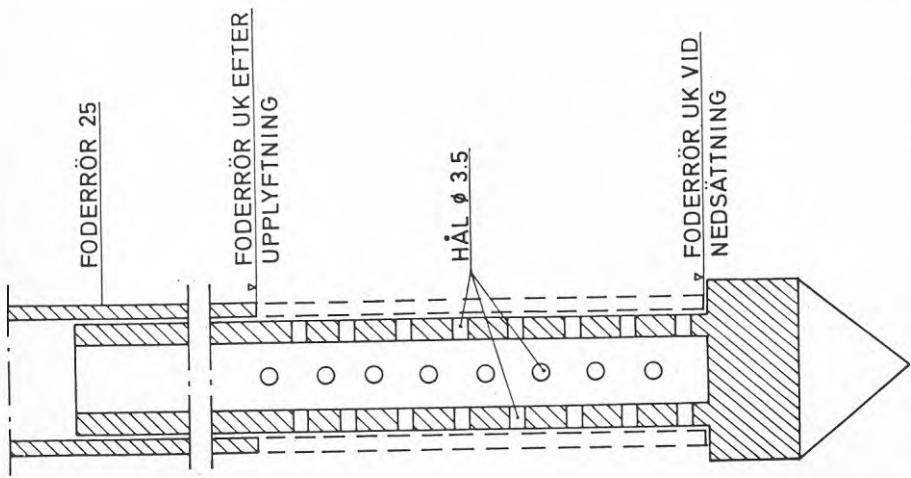
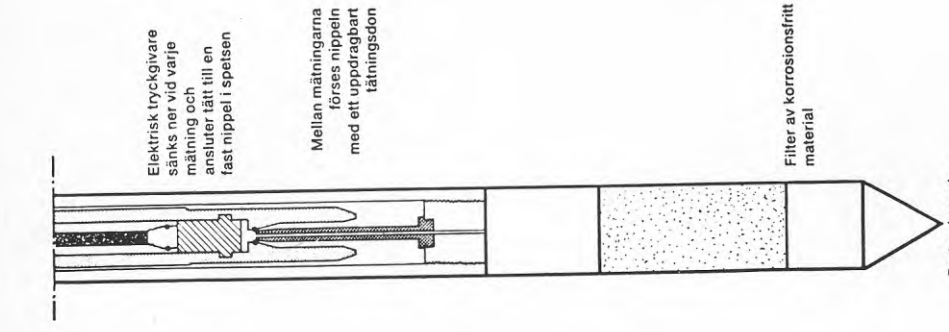
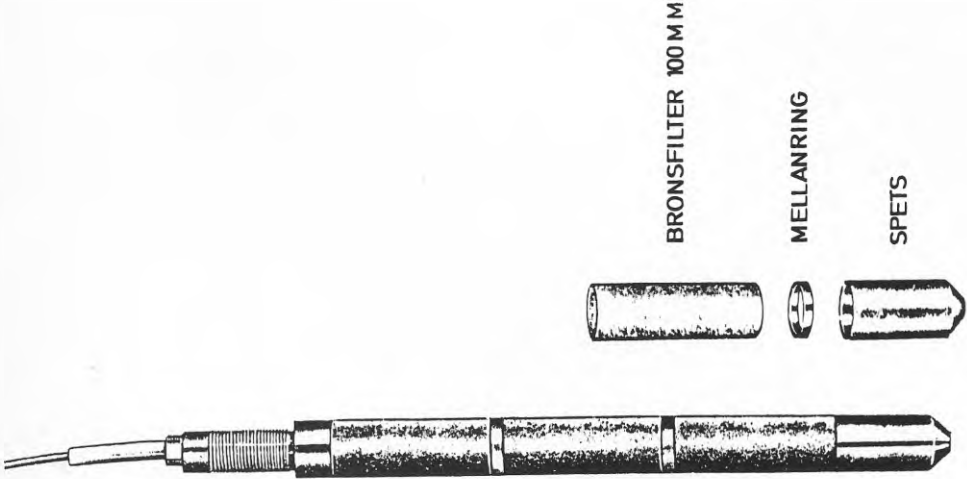
### 5.1 *Allmänt*

Under höstan 1974 planerades och igångsattes detta BFR-projekt. Mätningar inom gamla kompletterade mätstationer samt helt nya stationer har sedan kontinuerligt utförts till juli 1976. I samband med utvärderingsarbetet har vissa kompletterande mätningar gjorts i september-november 1976. Vissa ledningsavsnitt har funktionskontrollerats genom filmning i juli 1977.

Projektet har i princip omfattat två huvuddelar vilka i denna rapport "avrapporteras" var för sig.

Del 1 omfattar en sammanställning och kortfattad redovisning av äldre (före 1974) erhållet observationsmaterial från den mera översiktliga allmänna uppföljningen av hela Kärra-områdets geohydrologi.

Del 2 omfattar en kartläggning av va-ledningarnas eventuella påverkan av grundvatten- och portryck. Forskningsinsatsen på denna del omfattar förutom sammanställning av äldre mätresultat också kompletterande och intensifierade mätningar i fält. Fältarbetena för detta ändamål har kommit att utföras i två faser. I en första fas har två typer av ledningsstråk (se vidare punkt 8) kontrollerats avseende grundvatten- och portryckförhållanden i ledningsgravarna. Ledningsstråken skiljer sig från varandra beträffande grundläggningssätt, olika typer av strömningsavskiljande skärmar, skilda återfyllningsförfaranden, etc. Tre mätstationer inom vardera ledningsstråket upprättades. Med utgång från resultaten av dessa kontrollmätningar samt geologiska och geotekniska betingelser har sedan i en andra fas portryckmätare satts i 5 sektioner ut från ledningarna. Härigenom avsågs att mera ingående än tidigare beskriva omfattningen av en eventuell portryckavsänkning i sidled, s.k. "tryckminsknings-tratt".



Elektrisk tryckgivare sänks ner vid varje mätning och ansluter tätt till en fast nippel i spetsen

Mellan mätningarna förses nippeln förres nippeln med ett uppdragbart tätningsdon

Filter av korrosionsfritt material

Portrycksspets för långtidsmätningar

RÖRSPETS FÖR GRUNDTVATTENOBSERVATION I LEDNINGSGRAV MED FRIKTIONSMATERIAL (BETECKNING I DIAGRAM □)

TYP NG1 (BETECKNING I DIAGRAM □)  
 TYP B.A.T (BET. I DIAGRAM ■)  
 PORTRYCKSSPETSAR



## 5.2 *Utvidgade jordvattenmätningar*

### 5.2.1 Grundvattentryckmätningar

Förutom mätningar i äldre grundvattenrör har kompletterande grundvattentryckmätningar utförts i friktionsmaterial i ledningsgravar i 4 pkt. Mätningarna har här skett i nysatta 1"-rör med perforerad insticksspets, se FIG. 5. Grundvattenrören har genomgående placerats mellan spill- och dagvattenledningar. Avläsningsintervallet för de nya mätarna samt vissa av de äldre varierar mellan 2-3 ggr/månad.

Sammanfattningsvis har totalt följande installationer skett för grundvattentryckmätningar.

- sju punkter med 2"-rör nedslagna till grundvattenzon under lera 1, 2, 6, 8, 12, 13 och 14 (äldre installationer)
- i 4 pkt med 1"-rör nedslagna till betongplatta under avloppsledningar, stationerna 20, 21, 23 och 24.

### 5.2.2 Portryckmätningar

Trycket av vatten och gas i lerans porer har uppmätts med två typer av portryckmätare. De först installerade var av typ "öppet system". Dessa fungerar i princip på samma sätt som de öppna grundvattenrören med registrering av vattennivå i ett öppet rör, se FIG. 5. I Kärre har använts en spets av typ NGI med bronsfilterspets.

I samband med detta projekt har de nyinstallerade spetsarna utgjorts av en helt ny typ av portryckmätare. Mätarna – som har beteckningen BAT – fungerar enligt ett annat system som i motsats till ovan relaterade sägs vara av typ "slutet system", se FIG. 5. Vid mätning i lågpermeabel jord som lera fordras s.k. slutna mätsystem för att korttidsförändringar i portrycken skall kunna uppmätas. Mätsystem typ BAT består av en elektrisk, resistiv tryckgivare som sänks ned till mätspetsen vid varje avläsningstillfälle. Härigenom kan den elektriska givaren regelbundet funktionskontrolleras på laboratorium, vilket ökar tillförlitligheten.

Sammanfattningsvis har portryckmätare installerats på följande sätt

- i anslutning till 2"-grundvattenrör på skilda nivåer oftast 5 och 10m djup - för att erhålla s.k. portrycksprofil, stationerna 1, 2, 6, 8, 12 och 13 (äldre inst).
- i ledningsgravar i ledningsstråk A där återfyllnadsmassorna utgörs av lera. Spetsen står mellan spill- och dagvattenledning i nivå ungefär med vattengång i spillvattenledning.
- i sektioner vinkelrätt ut från va-ledningar. Mätningarna har fått begränsas till djupet för spillvattenledningens grundläggningsnivå eller strax under, stationerna 3, 4, 5, 7, 9 (äldre) samt 21 och 23.

Mätningar av portrycksprofiler utförs för att kontrollera om dels portryckminskning inträffar på någon nivå i jordprofilen samt dels hur portrycken korresponderar med grundvattentryck i friktionsjorden under leran. Kontroll erhålls också på spridningen av en eventuell avsänkning i grundvattenmagasinet.

Kontrollstationen som placerats mellan väg E6 och Göta älv (stn 15) är avsedd att ge riktvärden för vad som utgör normala portryck för detta område. Ingen bebyggelse har skett inom detta område ( $\approx 3 \text{ km}^2$ ). Avläsningar har under 1975 och 1976 utförts 1-2 ggr/månad.

### 5.3 *Nederbördsmätningar*

För nederbördsregistrering har använts en station där Göteborgs VA-verk utför kontinuerliga mätningar ca 1 km söder om Kärra i Göta älvdalen. (Stn 108 Lärjeholm). Stationen ingår i ett system av mätare där nederbörden registreras i 13 punkter inom göteborgsregionen (Göteborgs VA-verk, 1976). Redovisningen av nederbördsmätningar finns i form av stapeldiagram med två tidskalor BILAGA 9 och BILAGA 32. Beroende på olika mätfel vid nederbördsmätning kan månadssumman vara 5-15% för liten - gäller speciellt snömätning. Avvikelser i nederbördsmängd mellan olika stationer på grund av lokala betingelser får också beaktas.

## 6 DELRAPPORT I — GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN INOM KÄRRA-OMRÅDET

### 6.1 *Allmänt*

Geohydrologiska studier inom Kärra-området påbörjades tidigt, före exploateringsarbetenas igångsättande. Observationer har sedan pågått kontinuerligt med mätningar både inom grundvattenzon och porvattenzon.

Under pkt 3 — definitioner — har principiellt beskrivits den typ av jordvattenprofil som förekommer inom Kärra-området med slutet trycktillstånd. Från mätningar i jordvattenprofiler framgår att trycknivån i friktionsmaterialet i så gott som samtliga mätstationer ligger över markytan d.v.s. grundvattnet är artesiskt. Portrycken är ofta artesiska på större djup (10 - 15m) medan spetsar satta på 4 - 5 m djup visar en portrycknivå korresponderande med markytan. Detta senare förhållande kan nu efter 6 års mätningar sägas ha varit mer accentuerat vid mätningarnas påbörjan än under 1976. För mer detaljerade uppgifter om Kärra-områdets geohydrologi än vad här nedan redovisas, hänvisas till GHFgrp-CTH, Meddelande nr 26.

### 6.2 *Resultat*

#### 6.2.1 Grundvatten och portryck 1971-1976

##### 6.2.1.1 Grundvattenzon (Tillh.bil.1-12)

I grundvattenzonen under finsedimenten har friktionsmaterialet en mycket oregelbunden sammansättning. Materialets permeabilitet synes variera starkt då det troligen skiftar i uppbyggnad mellan en relativt tät morän och mer vattengenomsläppligt sorterat material.

Mätningar påbörjades i grundvattenzonen i januari 1971 och har sedan kontinuerligt pågått fram till juli 1976. Samtliga rör fungerar

fortfarande mycket bra. I alla rör utom i stn 8 ligger trycknivån i grundvattenmagasinet hela tiden över markytan – artesiska förhållanden råder. Stationer med stora amplituder hos grundvattentrycket är som väntat belägna nära infiltrationsområden. En sammanställningskurva för grundvattenrören har upprättats, BIL. 8, varav framgår att en regelbunden årsfluktuation har förekommit under hela mätperioden.

Grundvattenmagasinet har en gradient och flödesriktning ned mot Göta älvdalen, (Berntsson, 1975).

Om trycknivåkurvan för enskilda stationer studeras kan en del speciella kortvariga avvikelser noteras. För stn 12 har vid vissa tillfällen som exempelvis under åren 1974 och 1975 kunnat misstänkas att en grundvattensänkning skulle förekomma på grund av mycket brant sjunkande tryckkurvor. Denna avtagande tendens har under åren 1974-1975 pågått från januari fram till september-oktober – under 75 till och med december – innan någon återhämtning har skett. Både vid årsskiftet 74-75 och 75-76 har dock en återhämtning inträffat varför stationen idag icke torde vara påverkad av någon grundvattensänkning.

Vid en jämförelse mellan sammanställningskurvan för grundvattentrycknivåerna och nederbördsdiagrammet, se BIL. 8 och 9, kan noteras ett mycket regelbundet samband i tryckförändringar och nederbördsvariationer.

Exploateringen inom området har också hittills varit koncentrerad till partier som inte utgör infiltrationsytor till grundvattenmagasinet. Inom vissa avsnitt av Kärredalen kommer dock utbyggnaden den närmaste tiden att ske inom dylik infiltrationsmark. Härvid kan kanske balansen inom området komma att rubbas något om infiltrationsbefrämjande åtgärder ej vidtages.

I en undersökning som utförts av Carlstedt (1975) har däremot fastslagits påverkan inom grundvattenmagasinet där ledningarna på längre sträckor är grundlagda i en grundvattenzon. I utredningen framhålls att hur långt från ledningsgraven som denna påverkan sträcker sig generellt beror på de vattenförande jordlagrens genomsläplighetsegenskaper och grundvattenbildningen i detta jordlager. Inom det av Carlstedt undersökta området bedömdes avsänkningarna ha en så liten utbredning att några skadliga sättningar knappast kunde förväntas uppstå. Någon mer ingående uppföljning av markrörelser och eventuella portrycksförändringar hade dock ej utförts.

Sammanfattningsvis kan fastslås att grundvattenzonen ej uppvisar någon påverkan från va-ledningar. Detta förhållande bör också som väntat gälla då ledningsgravar endast i några få begränsade punkter skär igenom grundvattenzonen

#### 6.2.1.2 Porvattenzonen (Tillh. Bil. 1-6, 8, 9)

##### 6.2.1.2.1 Allmänt

Observationer inom porvattenzonen har enligt ovan utförts på principiellt två sätt, dels i "portrycksprofil" dels i direkt anslutning till va-ledningar med bestämmingar av portrycken enbart i den ytligaste delen av jordprofilen (ej djupare än 5 m). Registrering av portrycksprofiler har skett i samma stationer som grundvattentryckmätningar har utförts.

I denna allmänna genomgång av områdets geohydrologiska status kan framhållas att någon bestämning av en genomsnittsnivå för nollportrycksnivån ej har utförts men denna kan bedömmas ligga på ca 1 m djup. Bedömningen baseras på värden från de ytligast placerade portryckmätarna samt ungefärliga läget för torrskorpans underkant.

##### 6.2.1.2.2. Portrycksprofiler (Tillh. Bil. 1-6)

Av diagrammen från stationerna 1, 2, 6, 8, 12 och 13

framgår att portrycksprofilens uppbyggnad i huvudsak är beroende av det artesiska trycket i grundvattenzonen.

Intressant att notera är de stora fluktuationerna hos portrycket. Vidare noteras också att förändringarna hos grundvattentrycket mycket snabbt och endast med en liten fasförskjutning återspeglas i förändringar rakt igenom portrycksprofilen.

Från diagrammen kan också konstateras att portryckprofilen i leran från porvattenzonens undre del upp till nollportrycknivån successivt sjunker i förhållande till grundvattenzonens hydrostatiska trycklinje. Ett mer eller mindre stabilt hydrodynamiskt tillstånd råder således.

#### 6.2.2 Grundvattenmätningar inom SGUs grundvattenkors 1971-1976, jämförelser (Tillh.bil. 9-12)

I samband med studier av grundvatten- och portryckfluktuationer är det av stor vikt att utföra bedömningar av infiltrationsförhållandena till ett grundvattenmagasin. Vid försök till beräkning av tänkbara vattenmängder som infiltreras till jordlagren måste bl.a. en bestämning av evapotranspirationen göras. Detta är mycket vanskligt med ty åtföljande osäkerheter i resultaten.

I samband med en utvärdering av mätresultat från Göteborgs grundvattenkors har gjorts ett försök till uppskattning av nettonederbörden. (Blomquist & Nilsson, 1976). Samtliga data finns redovisade i BIL. 10-12. Nederbörden på diagrammen representeras för varje område av nederbörden för det till varje grundvattenstation närmast belägna SMHI-mätare. Avdunstningen är beräknad som medelvärdet av resultaten från dels Tamms formel, dels F. Bergstens samband mellan månadsmedeltemperatur och total avdunstning i Viskans flodområde.

I rapporten framhålls att erhållna underskott i nederbörden måste betraktas mycket kritiskt. Under längre torrperioder torde avdunstningens storlek starkt kunna reduceras, eftersom motsvarande vattenmängd måste finnas tillgänglig för avdunstning.

Resultat från grundvattentryckmätningarna inom det s.k. Göteborgs grundvattenkors har framtagits som en genomsnittskurva från ett flertal observationsrör inom respektive område. Vid en jämförelse mellan sammanställningskurvan från Kärra (BIL. 8) och genomsnittskurvorna från SGUs områden Harestad och Sandsjöbacka noteras en mycket god överensstämmelse mellan kurvorna. En viss förskjutning i tiden kan dock förekomma för vissa höga värden vid årsskiptena samt likaså de lägre trycknivåerna på sensommaren. Intressant är att notera den kraftigt avtagande tendens i trycknivåerna som återfinns i genomsnittskurvorna från både Kärra och grundvattenkorsets stationer för perioden 1974-76. Denna tendens förklaras vid en jämförelse med nederbördsdiagrammet (BIL. 9), där kraftiga underskott kan utläsas för åren 1974-76.

## 7 DELRAPPORT II – GRUNDVATTEN- OCH PORTRYCK INOM OCH INVID LEDNINGSGRAVAR

### 7.1 *Avloppsledningar inom Kärra-området* (Tillh. bil. 13 och 14)

#### 7.1.1 Allmänt

De avloppsledningar som byggts inom Kärra redovisas på översiktsplanen, FIG. 2. I ledningsgravarna förekommer regnvattenledning, en eller två spillvattenledningar samt vattenledning. Vid projekteringen av va-ledningarna diskuterades flera alternativ till utförande av grundläggning för att så långt möjligt reducera ledningarnas dränerande förmåga. Härvid förelåg förslag om tryckning av ledningarna vilket då ej ansågs vara genomförbart då det ofta förekommer flera ledningar i samma schakt. I stället enades man om vissa specialarrangemang enligt nedanstående samt att också anslutande serviceledningar skulle tätas med s.k. lerskärmar.

Avloppsledningarna är utförda av gummiringsfogade betongrör, F- eller FH-rör, fabrikat Kanmax och Germax, dimensionerade enligt bestämmelser och anvisningar från Svenska vatten och avloppsföreningen (VAV). Ledningsdimensioner framgår av översiktsplanen, FIG. 2.

Täthetsprovning av ledningarna har också utförts enligt anvisningarna från VAV varvid provningsmetoden med luftfyllda ledningar har använts. I övrigt har till grund för projekteringen legat lokala bestämmelser utarbetade av Göteborgs VA-verk samt VA-AMA från 1966

För forskningsprojektet har utsetts två ledningssträckor, betecknat ledningsstråk A och ledningsstråk B med principiellt skilda grundläggningsutföranden. Ledningsstråk A är beläget i den västra delen av dalgången nära dalsidan och med en i stort N/S sträckning. Ledningsstråk B är beläget i områdets allra östligaste del och utgörs av ledningar i N/S och O/V sträckning.



### 7.1.2 Grundläggning och utförande av ledningsstråk A

Ledningssystemet omfattar två ledningar, en Ar-ledning  $\phi$ 1400-1600 samt en As-ledning  $\phi$  300. Ledningarna är grundlagda på en gemensam betongplatta direkt i leran. Återfyllning i ledningsgraven har skett med uppschaktade lermassor. Vid brunnar har utförts extra tätning genom att leran på en sträcka av 5 m på ömse sidor om brunnarna har "puddlats" enligt gällande normer, (Göteborgs VA-verk, 196 ). Grundläggningsförfarandet framgår i detalj av BIL. 13.

I de undersökta punkterna varierar grundläggningsdjupet mellan 3.0 - 4.5 m.

Enligt uppgifter från Göteborgs VA-verk torde regnvattenledningen i detta stråk under kortare perioder vara helt fylld och troligtvis stå under tryck.

### 7.1.3 Grundläggning och utförande av ledningsstråk B

Ledningssystemet omfattar även här två ledningar, en Ar-ledning  $\phi$ 600-2100 samt en As-ledning  $\phi$ 225-500. Ledningarna är dock grundlagda på skilda nivåer med As-ledningen djupast direkt på en betongplatta medan Ar-ledningen ligger i komprimerat friktionsmaterial (samkross 0-8) 0.6-0.9 m över betongplattan. Vid nedstigningsbrunnar har speciella tätskärmar utförts så att ledningarna har ingjutits i grovbetong samt återfyllning med "puddladd" lera på en sträcka av ca 5 m på ömse sidor om brunnarna enligt BIL. 14. Grundläggningsdjup överensstämmer i stort med ledningsstråk A-3.0 till 4.5m djup.

#### 7.1.4 Kontroll av ledningar

##### 7.1.4.1 Provtryckning

Samtliga ledningssträckor har provtryckts med luft enligt föreskrifter i VAV. Redovisningen av provtryckningen utgörs enbart av ett godkännande av respektive ledningssträcka. Några ytterligare noteringar från provtryckningsförfarandet har inte gjorts t.ex. med vilken hastighet sjunker trycket i ledning. En sådan uppföljning borde kunna ge en god upplysning om grader på ledningens täthet. Intressant hade varit att försöka finna eventuella samband mellan trycksänkningshastigheter och grundvatten-portryckdräneringar. Efter diskussion med Göteborgs VA-verk pågår nu utarbetande av nya provtryckningsnormer och experimentella försök.

##### 7.1.4.2 Filmning

Under juli 1977 har spillvattenledningar på två ledningsavsnitt sekvensfilmats. De båda avsnittens läge visas på FIG. 2. Härvid har ett flertal uppgifter erhållits om fogars, rörväggars, servisanslutningars beskaffenhet. Av filmerna från Kärre kunde utläsas för:

##### Ledningsstråk A (sträckan stn 3 - stn 22)

- vid nedstigningsbrunn intill stn 3 finns ett grenrör med viss vatteninläckning
- några mindre svackor förekommer
- mellan stn 4 och stn 22 kunde iakttagas några mindre förskjutningar i rörfogar
- i övrigt mycket god standard

##### Ledningsstråk B (stn 21 - ca 100 m S stn 23)

- vid stn 20 noteras mindre förskjutningar i några fogar
- vid stn 23 förekommer en kraftig svacka på spillvattenledningen på minst 25 cm. En motsvarande svacka på regnvattenledningen kunde också noteras
- större lokala svackor på ledningen har också noterats vid stn 20 samt 50 m söder om stn 23
- 10-20 m öster om stn 20 kunde vissa förskjutningar i fogar iakttagas

## 7.2 Resultat av mätningar

### 7.2.1 Ledningsstråk A

Inom ledningsstråk A har portrycken vid ledningarna studerats i tre stationer sedan 1971 (stn 3, 4 och 5) och ytterligare en i samband med detta projekt (stn 22). De mätare som placerats ut innan ledningsarbeten hade påbörjats står i regel ej närmare ledningarna än ca 8m. Vid de utvidgade studier som genomförts under 75 och 76 har stn 3 och 4 kompletterats med flera mätare inom och strax utanför ledningsgraven. Mätarna står som längst ca 30-40-m från ledningsgravarna.

#### 7.2.1.1 Station 3 (Tillh bil. 15-17)

Av jordartsbestämningar redovisade i BIL. 17 framgår att de ytligaste jordlagren här utgörs av torrskorpelera till ca 1.5m djup varefter lös lera följer. Vattenkvoten är i torrskorpan ungefär 40% men ökar sedan snabbt i den lösa leran. Konflytgränsen (finlekstal) ligger på 55-60% vilket är något lägre än för de östligaste delarna av Kärra-området (jfr pkt 6:2) och således antyder något grövre material. Vid jordarts-karteringen har också strax norr om stationen påträffats silt/sand till ca 1 m djup. I stationen installerades 1971 tre stycken öppna mätare på ca 5 m djup (3:1, 3:2, 3:3) enligt BIL.16. 1975 kompletterades sedan stationen med mätare i ledningsgraven (3:0) samt två stycken (3:10 och 3:11) nära ledningsgraven enligt BIL. 15-17.

Av diagrammet, BIL. 16, framgår att de öppna portrycksspetsarna fram till 1975 har fungerat bra. Under 1975 och 1976 har dock mätarna 3:1 och 3:3 satts ur funktion. När mätarna utplacerats i början av januari 1971 angav de en portrycknivå ca 0.5 m under markytan, BIL. 16. När ledningsarbetena sedan utfördes i januari/februari 1972 påverkades området närmast ledningsgraven vilket framgår av 3:2 vilken omgående registrerar sjunkande portryck i förhållande till 3:1 och 3:3.

Från mätningarna (1975 och 1976) BIL. 17, konstateras först och främst att portrycket (3:0) i återfyllnadsmassorna i ledningsgraven (lera) fluktuerar kraftigt (redovisning av trycknivåer i absoluta höjder). Fluktuationen torde förorsakas av årtidsbundna variationer i infiltrerat vatten till jordlagren och dränering till ledningarna eller

genom ledningsgraven. I samband med kontrollmätning i september/oktober 1976 registreras en fullständig utdränering i ledningsgraven. Stationen har sedan våren 1972 bedömts som påverkad av dränering närmast ledningen. Utdräneringen av ledningsgraven kan vara förorsakad av den under punkt 7.1.4.2 omtalade vatteninläckningen till en nedstigningsbrunn via ett ännu ej inkopplat grenrör. Vidare kan en lokal dränering förekomma till en ravin sydväst om stn 3. Ravinbotten ligger på ungefär samma nivå som ledningarnas grundläggningsnivå. Dräneringens spridning öster om ledningsgraven kan utläsas av sektionen i BIL. 17. Redovisade portryck i 3:1 skall jämföras med tidigare mätningar före 1975 då mätarna fungerade normalt.

Intressant är att notera portryckförhållanden i september/oktober 1976 vid kontrollmätningarna. De stora undertryck som registrerats i 3:11 har uppmätts i två mätare placerade ca 0.5m från varandra. I lerlagren råder således då en kraftig uttorkning vilken bedöms vara orsakad av en dränering och uppsugning av porvatten till vegetationen (gräsarter). Undertrycken uppmättes vid två tillfällen i september. I slutet av oktober stiger portrycken åter efter nederbörd och infiltration. Mätare 3:2 är vid detta tillfälle vanskelig att jämföra med då spetsen dels står på 2 m större djup än 3:11, dels är av typ öppet system.

Under hela 1975 och 1976 kan beträffande 3:10 - placerad väster om ledningsgraven - noteras höga portryck.

#### 7.2.1.2 Station 4 (Tillh.bil.18-20)

De ytligaste jordlagren utgörs här av torrskorpelera till ca 1.3m djup varefter lös lera följer. Vattenkvoten i torrskorpan är ca 30% men ökar sedan successivt i den lösa leran till maximum ca 75% på 2.5 m djup. Konflytgränsen i den lösa leran ned till 3.5 m djup är relativt konstant på drygt 60%, BIL. 20. I stationen installerades 1971 tre stycken öppna mätare på ca 5 m djup (4:1, 4:2, 4:3) enligt BIL. 19. Avståndet till ledningsgraven var stort - mellan 20 och 35 m. 1975 kompletterades stationen med mätare i (4:0) och intill ledningsgraven (4:10 och 4:11), BIL. 18 och 20. Av diagrammet BIL. 19 framgår att alla de öppna mätarna fortfarande efter 5 1/2 års mätningar fungerar tillfredsställande.

När ledningsarbeten utfördes i oktober/november 1971 påverkades portrycken vid 4:1 så att dessa höjdes, vilket har bedömts förorsakat av upplag av matjordsmassor intill mätaren. Matjorden bortforslades först våren 1973, varefter portrycken vid denna spets successivt anpassar sig till portrycken i de båda andra spetsarna. Dessa mätare - 4:2 och 4:3 - utvisar under hela mätperioden stabila förhållanden med årstidsbundna fluktuationer med en maximal amplitud på ca 10 kPa, BIL. 19. Trycknivån från dessa 5m-spetsar varierar mellan markytan och ca 1 m djup.

Av diagrammet, BIL. 19 och 20, med trycknivåer, redovisade i absoluta höjder, noteras således ett lägre portryck för 4:1 och 4:2 än för övriga mätare. Detta betingas av lutande markyta med dränering mot en 3-4 m djup ravin belägen strax öster om 4:3. En svag påverkan från ledningarna förekommer inom ledningsgraven. Lägsta värden uppmätta vid kontrollmätningar efter exceptionella förhållanden i september/oktober 1976. Under hela mätperioden noteras för 4:10 höga portryck.

#### 7.2.1.3 Station 22 (Tillh.BIL.21-22)

Den fasta torrskorpeleran har vid denna station en mäktighet av ca 1.5 m varefter följer lös lera. Portryckmätningar har enbart utförts under 1975 och 1976.

Redovisningen av portryckmätningarna, BIL. 22, utvisar för ledningsgraven endast en mycket svag påverkan. Väster om ledningarna, mot dalsidan, noteras liksom i stn 3 och 4 höga portryck på nivån för ledningarnas grundläggningsnivå.

#### 7.2.1.4 Station 5 (Tillh.BIL.23)

Mätningar inom denna station har utförts i två omgångar på två platser med ca 100 m avstånd från varandra. Mätningar har utförts under 1971-1974. Förändringar i mätarnas placering har varit förorsakade av byggnadsarbeten. I ett första läge under ca 1.5 år var mätarna placerade väster om ledningarna på ett stort avstånd >10 m, varefter stationen år 1972 flyttades norr ut och med mätarna placerade närmare ledningarna, BIL. 23.

Av diagrammet, BIL.23, framgår att portrycknivåerna i det första läget låg strax under eller i marknivån under hela mätperioden. I det senare läget visar alla tre mätspetsarna på portrycksnivån ca 1 m under markytan. Intressant är här också att notera den samlade bilden av portrycknivåer och fluktuationer i portryck.

#### 7.2.2 Ledningsstråk B

Inom ledningsstråk B har grundvatten- och portryckmätningar endast utförts i samband med detta projekt under åren 1975 och 1976. Observationer har utförts i fyra stationer, 20, 21, 23 och 24. Mätare har placerats enbart i ledningsgraven (öppna grundvattenrör) i stn 20 och 24, medan stationerna 21 och 23 är uppbyggda med mätspetsar i sektion vinkelrätt ut från ledningsgravarna. Grundvattenrören består av 1"-rör med perforerad instickspets som nedförts till betongplattan i friktionsmaterial under ledningarna, FIG. 5. Vattensjunkning i röret har kontrollerats vilken genomgående har antytt hög permeabilitet i ledningsbädden. Portryckspetsarna är placerade på ledningarnas grundläggningsnivå och som längst 7-8m från ledningarna.

7.2.2.1 Station 21  
(Tillh.bil.24-25)

Av jordartsbestämningar redovisade i BIL.25 framgår att jordlagren invid ledningsgraven utgörs överst av 0.3-0.4m fyllning på ca 1 m torrskorpelera. Under torrskorpan följer först ett ca 0.2 m mäktigt lager av sand/silt varefter följer lös lera. Vattenkvoten i torrskorpan och siltlagret är mycket låg 15-20% men ökar sedan i den lösa leran till 40-60%. Konflytgränsen i denna lera varierar också mellan 40 och 60% på djupet 2-4 m.

Från mätningarna i grundvattenröret under 1975 och 1976 kan utläsas starkt fluktuerande trycknivåer, BIL. 25. Lägsta trycknivån som noterats under sommaren 1976 har nästan nått ned till vattengången i As-ledningen. Högsta trycknivå når ca 0.5m över hjässan på Ar-ledningen. Trycknivån bedöms vara förorsakad av kraftig naturlig infiltration direkt till ledningsgraven.

Portryckmätarna i leran utanför ledningsgraven uppvisar genomgående mycket höga tryck-i nivå med markytan. Detta är anmärkningsvärt med tanke på att mätpetsarna är placerade så ytligt som på 3,5 m djup. Någon påverkan av portrycken i leran norr om ledningsgraven förekommer således inte alls. Detta förhållande måste vara förorsakat av att infiltration sker genom sand/silt-lagret under torrskorpan som står i förbindelse med höjdpartiet strax norr om stationen. Mätarna skulle kunna sägas vara placerade uppströms ledningsgraven med tanke på just infiltrationsbetingelserna i detta område. Söder ledningsgraven kan förhållandena vara annorlunda. En annan teori för tolkning av sistnämnda förhållanden är att leran under silt/sandskiktet skulle vara mycket homogen samtidigt som portrycken byggs upp i en profil med artesiska förhållanden. Artesiska tryckförhållanden bör också råda i området för

## Ledningsstråk B.

På grund av husbyggnation förstördes 21:12 i januari 1976. Den omotiverade trycksänkningen i 21:11 från och med april 1976 kan vara förorsakad av byggnation av en gångbana strax norr om mätaren. Härvid har Ar-ledningar och kablar lagts ned i ytliga schakter vilka bedöms vara den direkta orsaken till trycksänkningen

### 7.2.2.2 Station 23 (Tillh.BIL.26-27)

Stationen är placerad öster om stn 21 och således ca 150m längre från infiltrationsområdet nordväst om stn 23. Stationen är med mätarna 23 och 23:10 placerad inom färdig gatemark, BIL.27. Jordlagren utanför ledningsgraven utgörs överst av 0.4-0.7m fyllning underlagrad av 0.7-1.0 m torrskorpelera. Under torrskorpan finns närmast ledningsgraven sedan ett lager sand/silt 0.3-0.5 m tjockt som i sin tur underlagras av lös lera. Vattenkvoterna är som tidigare låga i torrskorpan och i sand/silt-lager medan den lösa leran har vattenkvoter mellan 60 och 80%. Konflytgränsen ligger i den lösa leran här mellan 50-70%. Mätspets 23, öppet grundvattenrör, är placerad i friktionsmaterialet i ledningsgraven. Trycknivån för grundvattnet i ledningsgraven ligger under hela mätperioden så gott som konstant på nivån för vattengången i Ar-ledningen. Mätarens funktion har kontrollerats med avrinningsförsök vid ett par tillfällen och då befunnits fungera mycket bra. I januari/februari 1975 förekom reparationsarbeten på As-ledningen varvid ledningsgraven läns pumpades vid två tillfällen, markerat med "TOMT" i diagrammet, BIL.27. Vid utvärderingen av grundvattentrycken i ledningsgraven vid stn 23 skall också en jämförelse göras med registreringar i stn 20, BIL.29 NV om stn 23. Under drygt 1 månads tid april/maj 1975 var ledningsgraven vid stn 20 läns pumpad, innebärande en avsänkning till ca +12.0. Intressant är härvid att notera att grundvattentrycket i det magasin som 23 registrerar



under denna period ej påverkades av denna läns-pumpning och hela tiden ligger på ca + 12.7.

Portryckmätarna i leran öster om ledningsgraven utvisar under hela mätperioden begränsade fluktuationer. Av sektionen i BIL. 27 framgår vidare att dränage till ledningsgraven förekommer med påverkan i 23:10 och 23:11 medan 23:12 hittills inte torde vara nämnvärt påverkad.

#### 7.2.2.3 Station 20 (Tillh.BIL. 28-29)

I denna punkt har endast utförts observationer av grundvatten-trycknivåer i ledningsgraven enligt BIL. 28-29. Under hela mätperioden fluktuerar trycknivån i grundvattnet i friktionsmaterialet  $\pm 0.2$  m kring nivån för vattengången i Ar-ledningen. Här framgår att den tidigare omtalade läns-pumpningen vid stn 23 i januari/februari 1975 inte på något sätt påverkade grundvattenförhållandena vid stn 20. Att så inte sker måste vara betingat av en god funktion hos den tätskärm av betong och "puddlad lera" (se även BIL. 14) som utförts vid brunnarna mellan stn 20 och stn 23. Vid de tidigare omtalade avsänkningarna i ledningsgravarna har framkommit att friktionsmaterialet har god permeabilitet.

#### 7.2.2.4 Station 24 (Tillh.BIL. 30-31)

Denna stn har liksom stn 20 enbart varit instrumenterad med ett öppet grundvattenrör placerat i friktionsmaterialet i ledningsgraven. Av BIL. 30-31 kan utläsas mycket små fluktuationer i grundvatten-trycknivån under hela mätperioden på en nivå ungefär mitt emellan vattengångarna för Ar- respektive As-ledningarna. En viss dränering till ett närbeläget djupt dike kan ha bidragit till den låga grundvattennivån.

### 7.3 *Slutsatser*

#### 7.3.1 Allmänt

Ett omfattande grundmaterial har här presenterats ur vilket många positiva resultat och erfarenheter har gjorts. Viss begränsning har dock fått göras i undersökningsprogrammet innebärande bl.a. att portryckmätare ej har placerats i vertikalled i mätpunkterna (portrycksprofil). Likaså är materialet ej tillräckligt för en god beskrivning av tidsaspekten i en pågående avsänkning.

#### 7.3.2 Observationer inom ledningsgravar

Mätresultat:

##### i ledningsstråk A kan konstateras

- periodvis kraftig avsänkning i stn 3, i stn 4 tidvis begränsad medan avsänkningen i ledningsgraven i stn 22 är svag
- stn 3 är fullständigt utdränerad september/oktober 1976. Denna totala utdränering torde vara förorsakad av extremt infiltrationsunderskott vid denna tidpunkt, grundvatteninläckning till en nedstigningsbrunn genom ett ännu ej inkopplat grenrör (se pkt 7.1.4.2) samt möjligen också en lokal dränering till en ravin söder om stationen

##### i ledningsstråk B kan konstateras

- i samtliga stationer redovisas en avsänkning
- grundvattentrycknivån i friktionsmaterialet korresponderar i alla stationer utom i stn 24 mycket väl med nivån för vattengången i Ar-ledningen
- ingen omfattande strömning längs utförda strömningsavskärande konstruktioner synes förekomma (mätn vid stn 20 och 23)

- i stn 24 torde den för detta stråk maximala avsänkningen vara betingad av en dränering till ledningen samt påverkan av angränsande djupa dike.

Av observationerna antyds således inom ledningsstråk A att en relativt god portryckbalans upprätthållits, medan ledningsstråk B får anses vara mer påverkad.

I ledningsstråk B har upprätthållits en mer eller mindre kontinuerlig grundvattenyta i nivå med vattengången i regnvattenledningen. I jämförelse med resultaten från Carlstedts (1975) undersökning framstår Kärra-förhållandena som klart mindre påverkade

### 7.3.3 Invid ledningsgravar

Observationer av portryckförhållandena i leran invid ledningarna har i projektet kontinuerligt utförts i fyra stationer. Från upprättade sektioner i ledningsstråk A kan följande konstateras:

- Väster om ledningsgraven (mätare 3:10, 4:10, 22:10) redovisas under hela mätperioden höga portryck
- Öster om ledningsgraven registrerar mätarna i stn 3 en klar avsänkning, i stn 4 en påverkan vid exceptionella förhållanden under hösten 1976
- Vid schaktning av ledningsgraven kunde konstateras viss sänkning i portrycken närmast öster om graven.
- I stn 3 uppmättes hösten 1976 i 3:11 ett anmärkningsvärt undertryck. Värdena avlästes i 2 parallella mätare vid 3 avläsningstillfällen i september och början av oktober. I slutet av oktober har trycknivåerna i såväl ledningsgraven som 3:11 åter stigit till normala värden. De kraftiga undertrycken torde vara förorsakade av vegetationens (gräsarter) vattenuppsugning.

Från mätningarna i stn 5, BIL.23, har tidigare påtalats skillnader i mätresultat beroende på om stationen var placerad väster eller öster om ledningsstråket. Skillnaden kan bero på följande:

- Infiltrationen till jordlagren väster om ledningen är opåverkad medan däremot en påverkan noteras öster om ledningen genom att ledningsgraven har skurit av tunna infiltrations-skikt av silt/sand från höjdpartiet väster om ledningsstråket
- Mätarna i det senare läget är placerade närmare ledningarna och därigenom registreras en begränsad påverkan närmast ledningarna
- Mätarna i det senare läget utvisar en begränsad avsänkning i området förorsakad av en minskad allmän infiltration genom utförda exploateringsarbeten såsom uppförande av byggnader hårdgöring av markytor etc.

#### i ledningsstråk B kan konstateras

- stn 21 visar ingen påverkan av portryckförhållandena norr om ledningsgraven mot infiltrationsområdet trots avsänkning i ledningsgraven
- stn 23 utvisar däremot tydlig påverkan med en låg grundvattennivå i ledningsgraven. I resultaten från denna stn framträder mycket accentuerat den inledningsvis omtalade "tryckminsknings-tratten".
- den något plötsliga och klara avsänkning i 21:11 under våren 1976 kan vara förorsakad av utförandet av ett dike för kablar och Ar-ledning i närheten av mätaren.

Vid en sammanfattande analys av dessa mätningar invid ledningsgravarna framstår klart ett gemensamt faktum att

- på den sidan av ledningsgraven som är belägen närmast infiltrationsområde råder i det närmaste helt opåverkade förhållanden. På motsatta sidan graven är däremot lerans portryckbalans påverkad.

Förklaringen till detta torde vara att ledningsgravarna skär av de permeabla skikt som står i direkt kontakt med infiltrationsområdena "uppströms" ledningarna. "Nedströms" ledningarna är vattentillförseln till dessa skikt inte alltid lika god som innan ledningsgraven utfördes varför en portryckminskning inträffar i de yttligaste

jordlagren. I vissa sektioner är sådana skikt påträffade i samband med nu utförda geotekniska undersökningar. Fältarbetena har enbart omfattat spadbörning med upptagning av störda prover. Jordlagerbeskrivningar är enbart baserade på okulära bedömningar med den begränsning av möjlighet till registrering av tunna skikt som detta innebär. Tidigare har dock sonderingar förekommit (tryck och vikt) varvid i vissa fall noteras skikt i jordlagerföljderna. Fältundersökningar med exempelvis portryckssondering skulle härvid vara värdefulla.

Av resultaten från mätningarna invid ledningsgravarna kan man allmänt också konstatera följande. De registrerade undertrycken i stn 3 bör medföra att lerans struktur under aktuell tidsperiod genomgår en krympningsfas som i kombination med konsolideringsprocessen i underlagrande jordlager ger upphov till marksättningar. Vid stn 23 har alltså fastslagits en viss avsänkning i ledningsgraven (= u.k. Arledning) samt en "tryckminskningsträtt" öster om graven som bedöms förorsakad av avsänkningen i ledningsgraven i kombination med minskad infiltration. I anslutning härtill är det intressant att notera en rapport från Göteborgs VA-verk om ledningsskador i december 1974 och januari 1975 strax söder om stn 23. Spillvattenledningen hade här skadats, troligtvis på grund av sättningar. Resultaten från sekvensfilmningen av ledningen i juli 1977 visar också på en sättning av ledningar i detta avsnitt. Denna sättning kan delvis vara förorsakad av de portrycksänkningar som registrerats i stationen. Då inga bestämningar eller utredningar om lerans geotekniska egenskaper i området för stn 23 har utförts, kan tills vidare denna hypotes ej bekräftas. Möjligt är också att portrycksänkningen och ökade effektivspänningar (<20 kPa) kompenseras av en hög överkonsolidering i de övre jordlagren, varvid bidrag till sättningen ej skulle vara förorsakad av portrycksänkningar.

Det område som kan vara utsatt för marksättningar vid denna station är i första hand gatuområdet, men även området upp till ca 10 m från ledningarna kan vara påverkat av viss sättning.

Göteborgs VA-verk avser nu att vidtaga vissa åtgärder till förbättring av ledningen.

#### 7.3.4 Strömningsavskärande fyllningar och konstruktioner

I ledningsstråk A konstaterades ovan att grundvatten- och portryck-nivåer har kunnat bibehållas på förhållandevis höga nivåer. Detta har skett trots att regnvattenledningen mestadels under året har liten vattenföring och därigenom skulle kunna förorsaka utdränering. Vidtagna åtgärder såsom:

- ledningarna grundlagda på betongplatta direkt i leran utan någon permeabel ledningsbädd
- strömningsavskärande fyllning med "puddlad" lera vid brunnar, Göteborgs VA-verks normer
- återfyllning i ledningsgrav med lera

får därför anses ha god strömningsavskärande effekt.

I ledningsstråk B förekommer en sänkning ungefär till nivån för regnvattenledningens vattengång. Denna nivå ligger 0.2 - 0.3 m under de strömningsavskärande konstruktionernas (grovbetong) över-yta. Vidtagna åtgärder såsom:

- ledningarna grundlagda på betongplatta direkt i leran utan någon permeabel ledningsbädd
- strömningsavskärande konstruktion av betong kombinerad med återfyllnadsmassor av lera

bidrar här till att avsänkningen i ledningsgraven begränsas.

Att dessa betongskärmar kombinerade med "puddlad" lera har en klar strömningsavskärande effekt bevisas inte minst i samband med ovan omtalade länshållningar i ledningsgravarna. (Jfr. BIL. 27 och 29). Påverkan utanför avsänkt avsnitt var inte mätbar.

#### 7.3.5 Ledningskonstruktioner

Från resultaten kan beträffande ledningarna av betong med gummi-ringsfogning dras följande slutsatser:

- regnvattenledningarna är ej täta

- spillvattenledningarna har förhållandevis bra täthet
- läckaget till ledningarna är ej så stort att en fullständig utdränering av ledningsgraven inträffar
- regnvattenledningen har under vissa perioder efter omfattande nederbörd också en infiltrerande funktion

Vid projekterandet av ett ledningssystem inom ett finsedimentområde är det alltså, vilket ju också eftersträvas, fördelaktigt att grundlägga ledningarna så nära markytan som möjligt inte minst ur geologisk synvinkel. Det kan härvid också vara lämpligt att beakta möjligheterna till infiltration via regnvattenledningarna.

Provtryckningsförfarandet bör förbättras för att kunna ge bättre och mer detaljerade uppgifter om ledningens standard. Dessa resultat skall sedan ställas i relation till de geohydrologiska förutsättningar som gäller för platsen. Härvid kan bedömningar göras om speciella tätningåtgärder behöver vidtas.

För kontroll av ledningars standard med avseende på sättningar, läckage, inträngning av rottrådar etc. har sekvensfilmning visat sig vara en mycket god metod.

Kortfattat ges nedan allmänna konklusioner och rekommendationer beträffande utförandet av va-ledningar i finsedimentjordar (lera/silt).

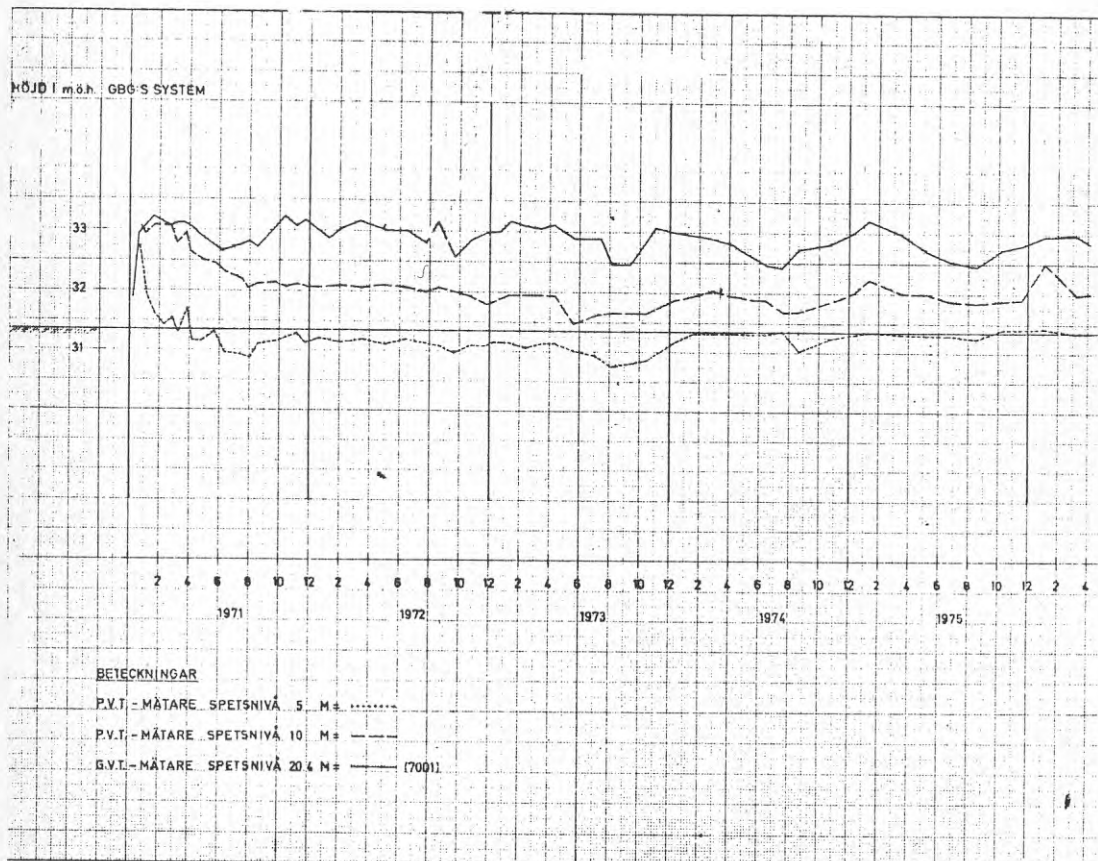
- Ledningar i lera påverkar ej en underlagrande grundvattenzon i friktionsjord. Ledningar i lera kan påverka portrycken i sedimenten kring ledningarna.
- Ledningsgravar som skär av permeable skikt kan åstadkomma avsevärda förändringar av portrycksbalansen.
- Där grundvattenytan står lågt i ledningsgraven (ca 2 m under ursprunglig nivå) noteras efter sex års mätningar en påverkan av portrycken i leran som mest ca 10 m ut från ledningsgraven.
- Strömningsavskärande konstruktioner av grovbetong i kombination med "puddlad" lera kan begränsa strömningen i ledningsgraven.
- Noggranna geotekniska förundersökningar måste utföras i samband med va-projekteringsarbeten - speciellt med tonvikt på kartläggning av permeabla skikt.
- Om geohydrologiska bedömningar visar att risk för skadliga grundvatten- och portrycksänkningar föreligger bör speciella åtgärder vidtas som t.ex. strömningsavskärande konstruktioner, högre täthetskrav på ledningar, infiltration för kompensation av utdränering, etc.
- Bättre ledningskonstruktioner för spillvatten efterlyses. Täthetskrav på ledningarna bör anpassas till de geotekniska och geohydrologiska betingelserna på platsen.
- Provtryckningsförfarandet bör utvecklas för att ge bättre upplysning om ledningars standard.
- Uppföljning och kontroll av ledningar (flödesmätningar, filmning, etc.) inom speciella sättningskänsliga områden bör utföras. Tättnings- och förbättringsåtgärder kan vara nödvändiga.



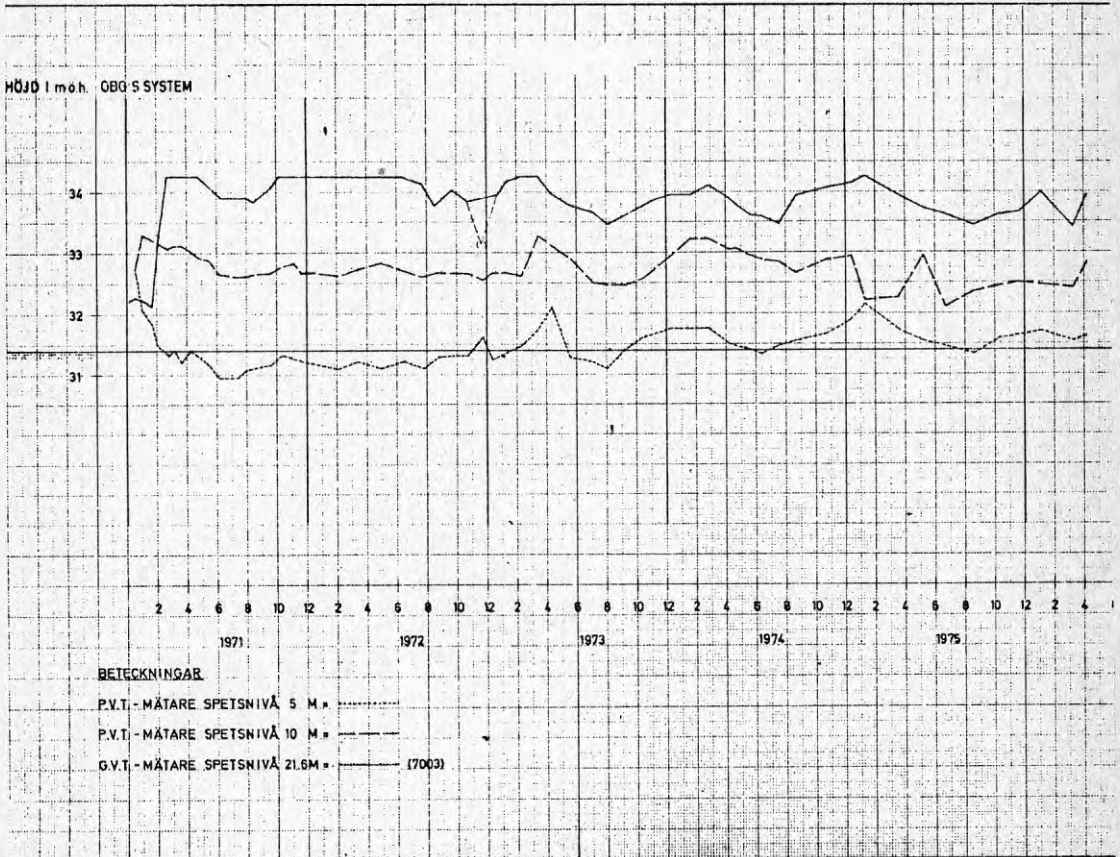
## LITTERATUR

- Andersson S (1962), Markfysikaliska undersökningar i odlad jord XV. Grundförbättring nr 3, Argång 15, Uppsala
- Berntsson J (1975), Hydrogeologiska studier inom Kärra-området i Göteborg. CTH, geologiska inst, Publ B28
- Berntsson J & Laremark G (1976), Resultat av grundvatten- och portryckobservationer inom Kärra-området i Göteborg. VIAK (opubl. stencil)
- Blomquist T & Nilsson L (1976), Översiktlig hydrologisk studie i anslutning till SGUs grundvattennät. VIAK (opubl stencil)
- Blomquist T Laremark G & Lindh B G (1971), Program för mätning av grundvattennivåer och portryck i Kärra-området. VIAK (opubl stencil)
- Carlsson L (1970), Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömhastighet. CTH/GU, geologiska inst, Publ B70:1
- Carlstedt B (1975), Hydrologisk modell. Dränering genom ledningsgravar. BFR-rapport R37:1975
- Gustavsson G & Ploman KF (19 ), Grundvattenterminologi. VIAK (opubl stenciler)
- Göteborgs VA-verk (1972-1976), Nederbörden i Göteborg 1972-1976. Årsrapporter 1972-1976
- Hansbo S (1973), Beräkning av portrycksminskning genom grundvattensänkning. Väg- och Vattenbyggaren nr Laremark G & Lindh B G (1970).
- Knutsson G (1973), Vatten i jord och berg - allmän hydrologi. Ingenjörsförlaget AB, Stockholm.
- Laremark G & Lindh B G (1970), PM angående grundläggning av VA-ledningar i Kärra-området. VIAK (opubl stencil)
- Mark AMA (1972), Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten, Byggandets Samordning, Stockholm
- Odéhn & Lundh (1959), Fältkapacitet i relation till kapillär potential, gradient och ledningsförmåga: Grundförbättring Nr 3, Årg 12, Uppsala
- Todd D K (1959), Ground water hydrology. Wiley & Sons Inc., London.
- VAV P10 (1968), Anvisningar för täthetsprovning i fält av gummiringfögade betongrörledningar för självfall. Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, Stockholm

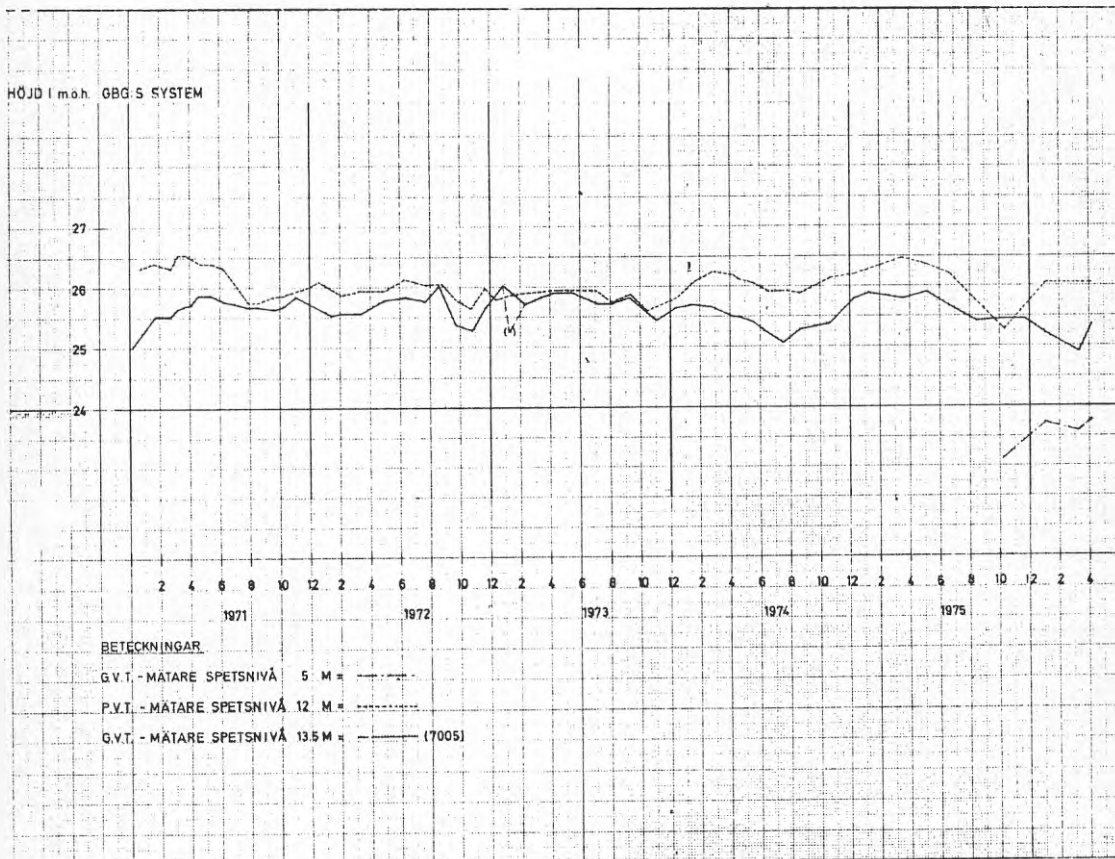
## STATION 1



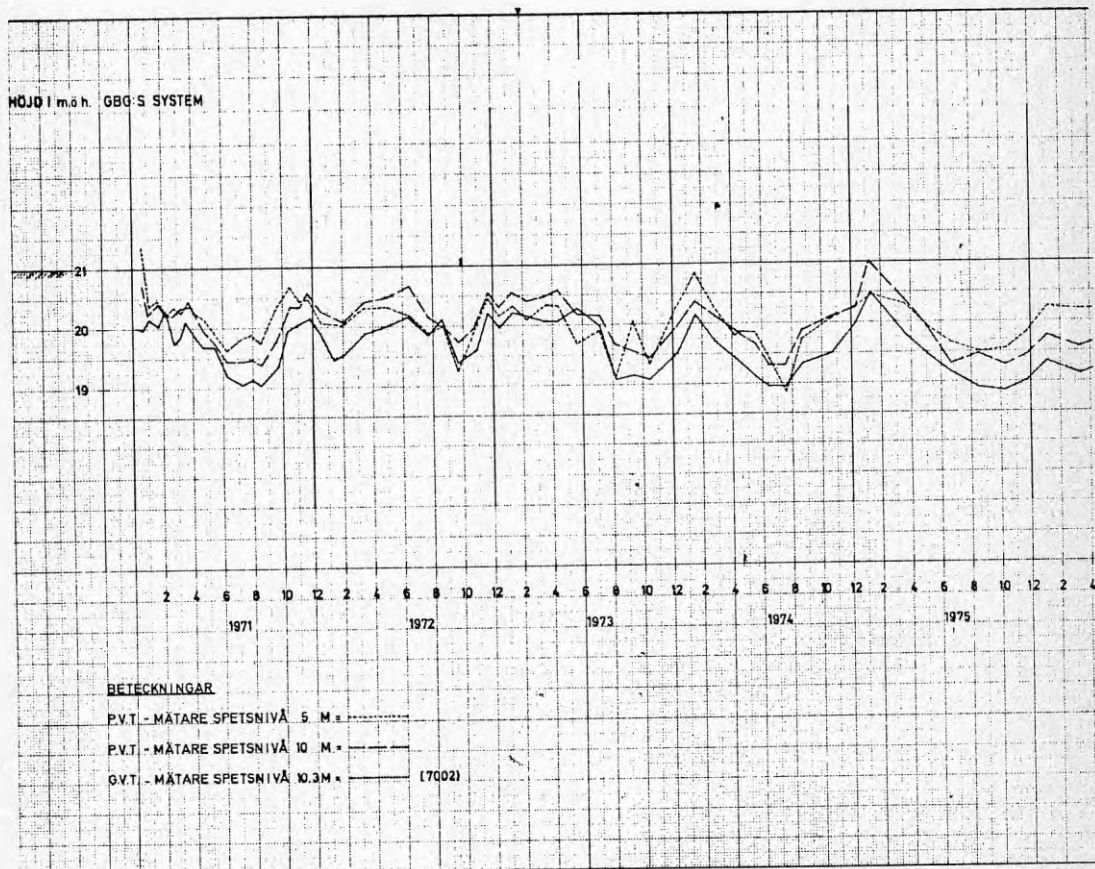
STATION 2



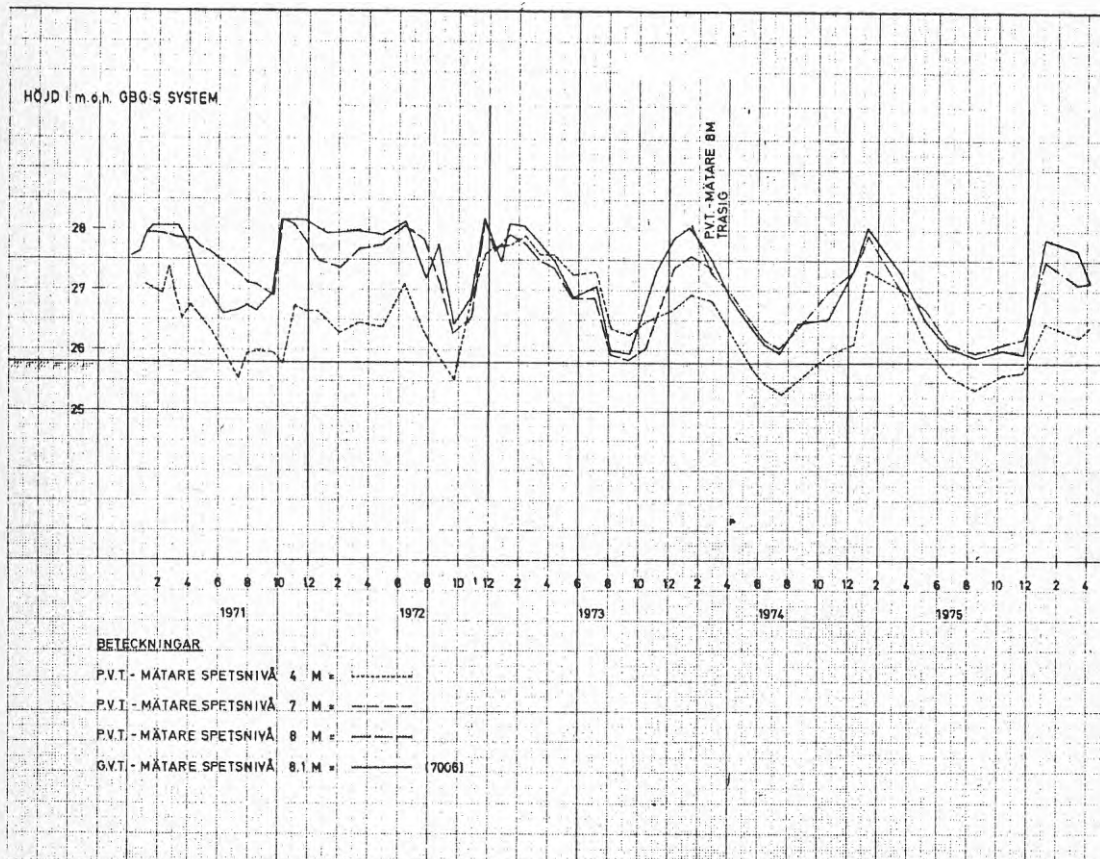
STATION 6



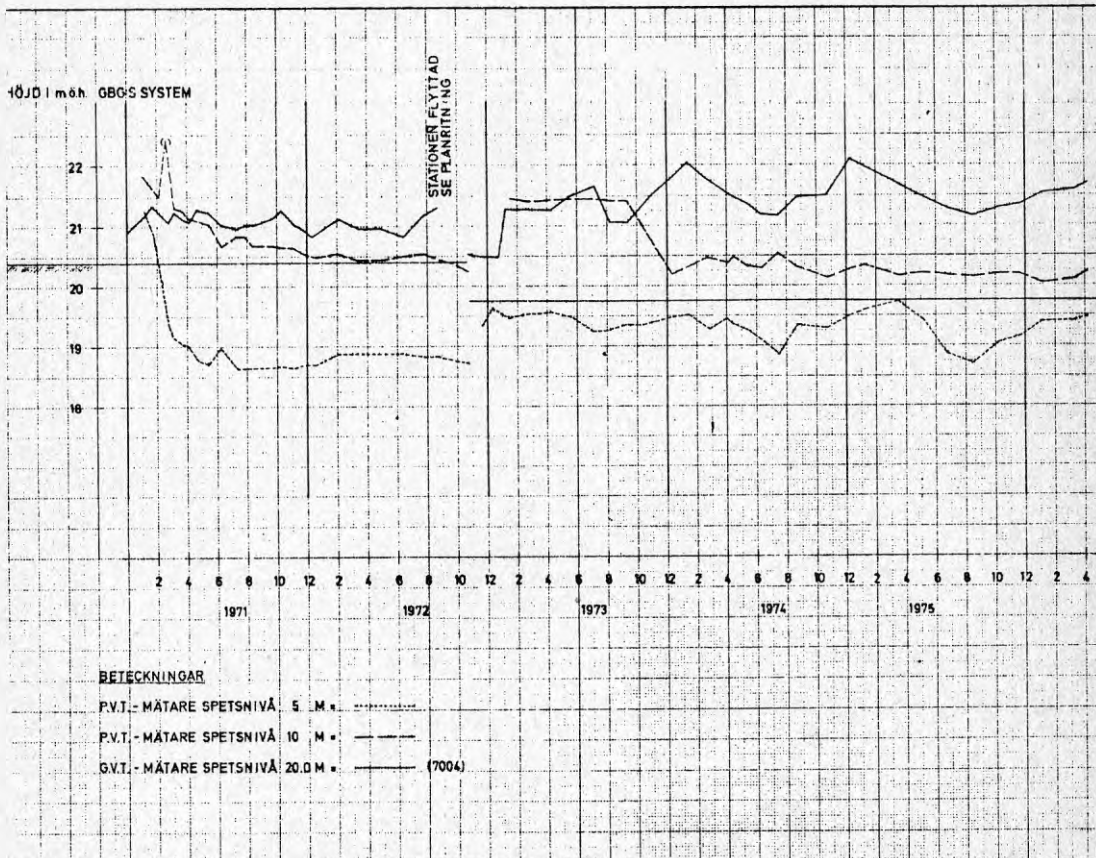
**STATION 8**



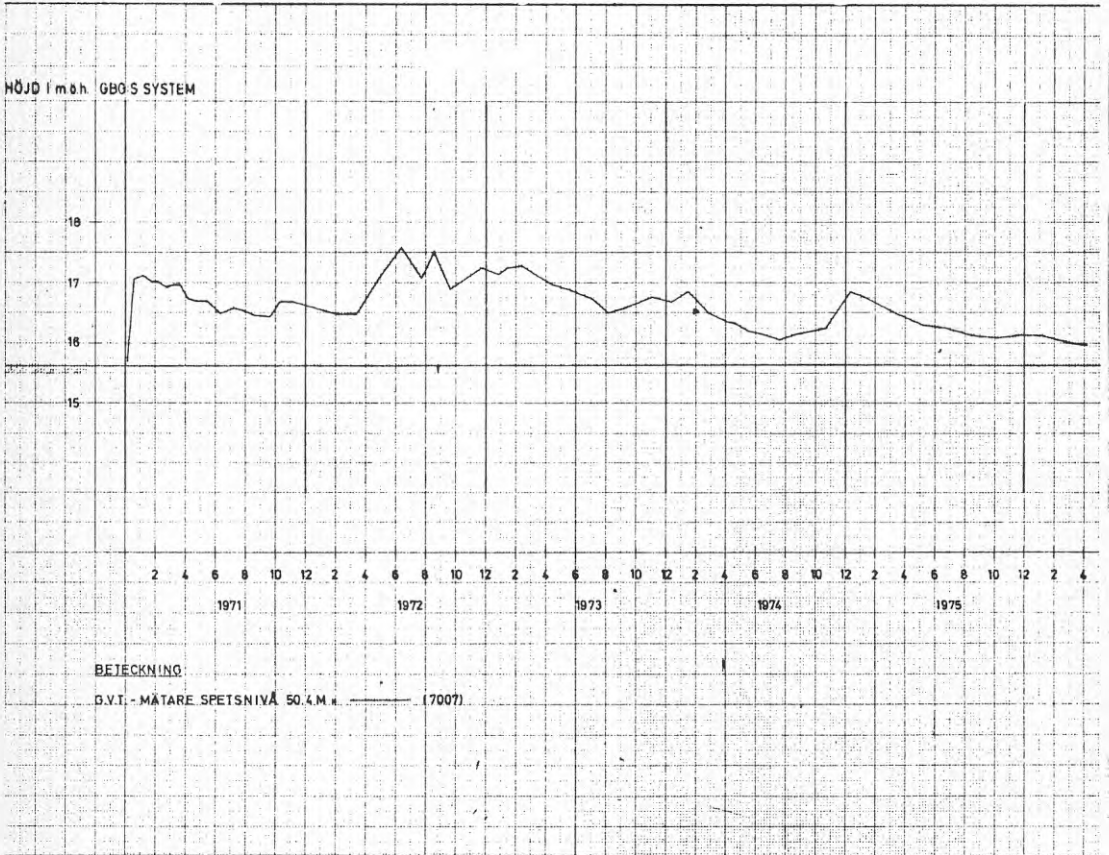
STATION 12



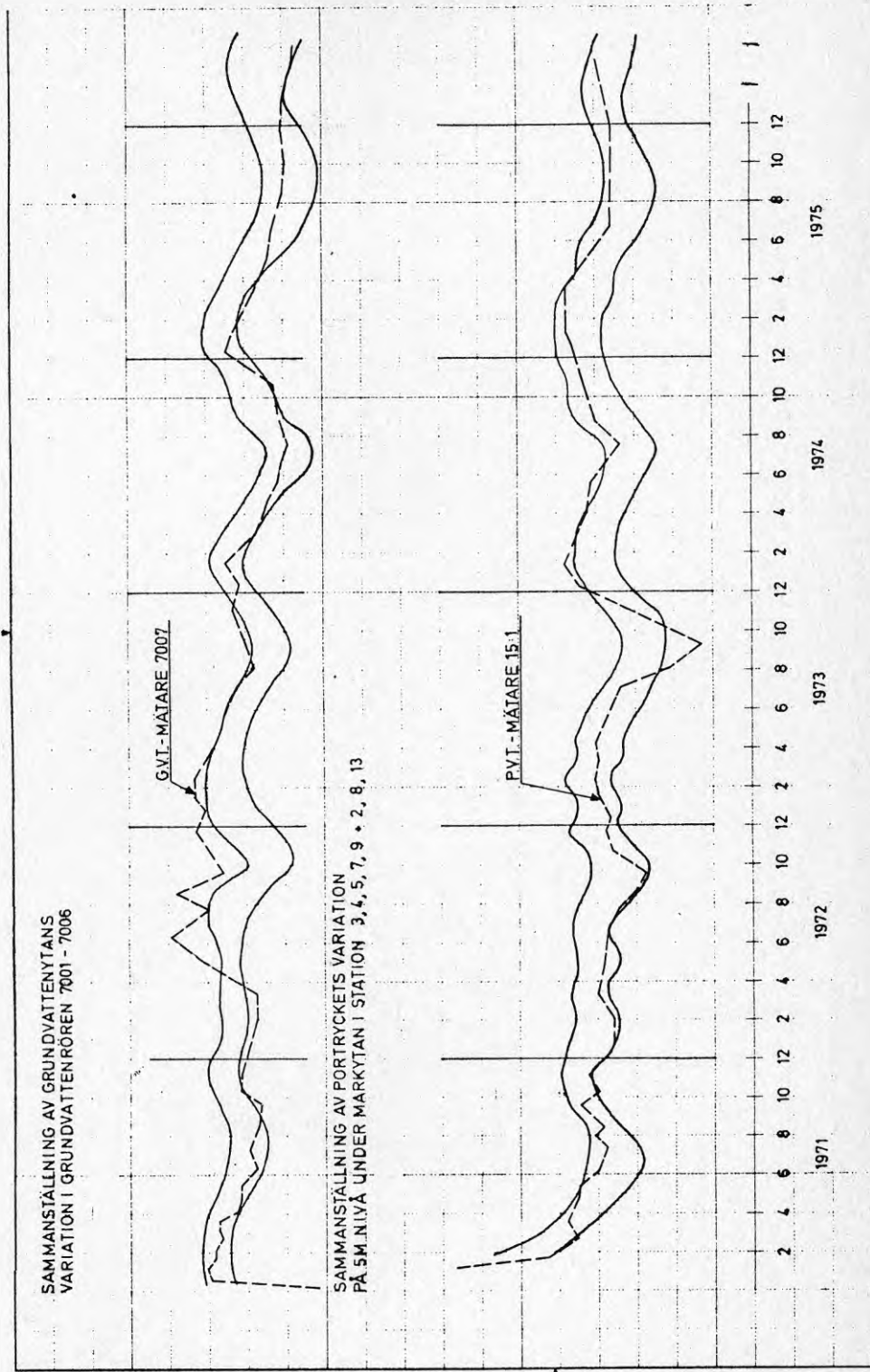
STATION 13

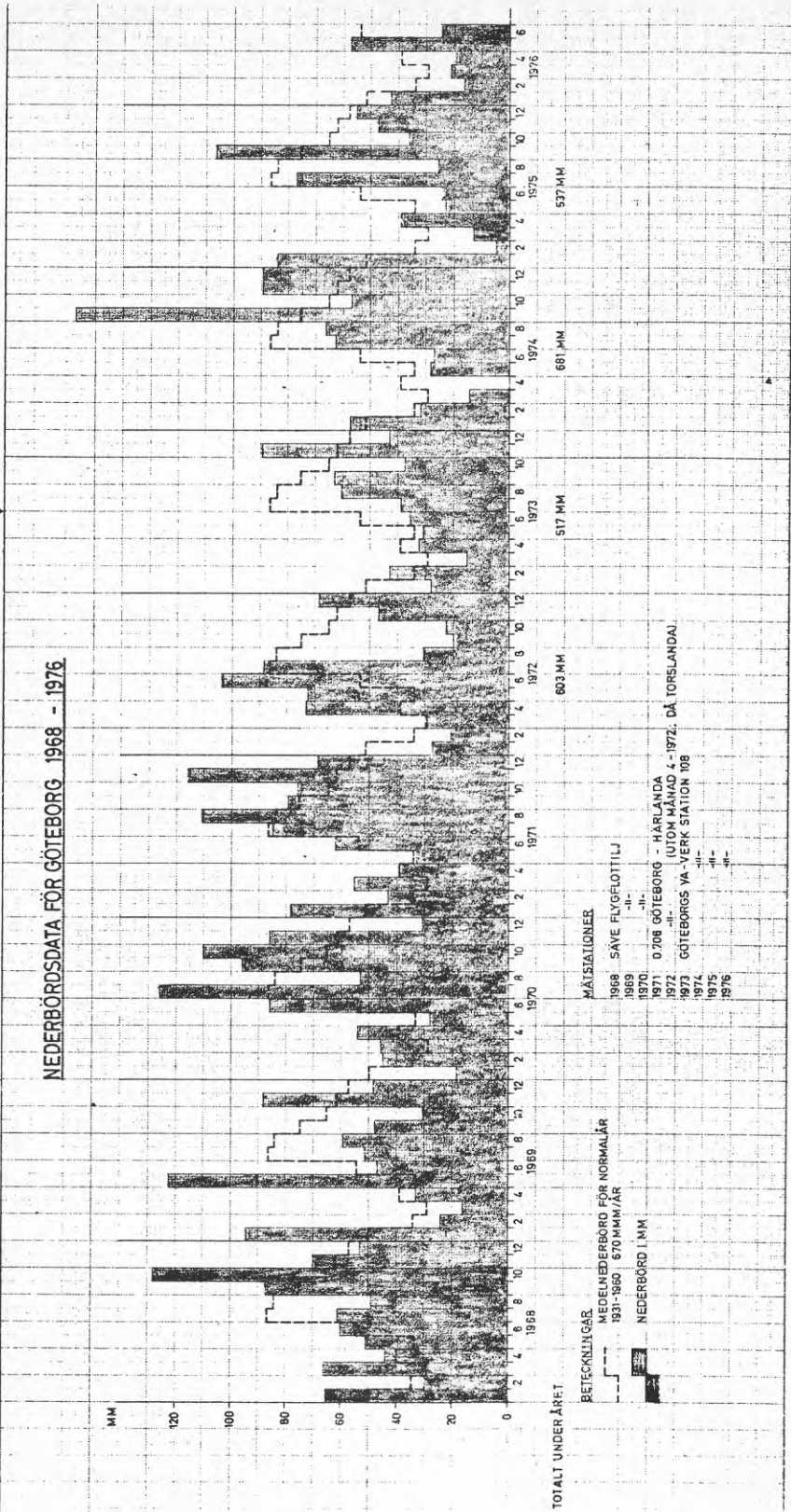


## STATION 14



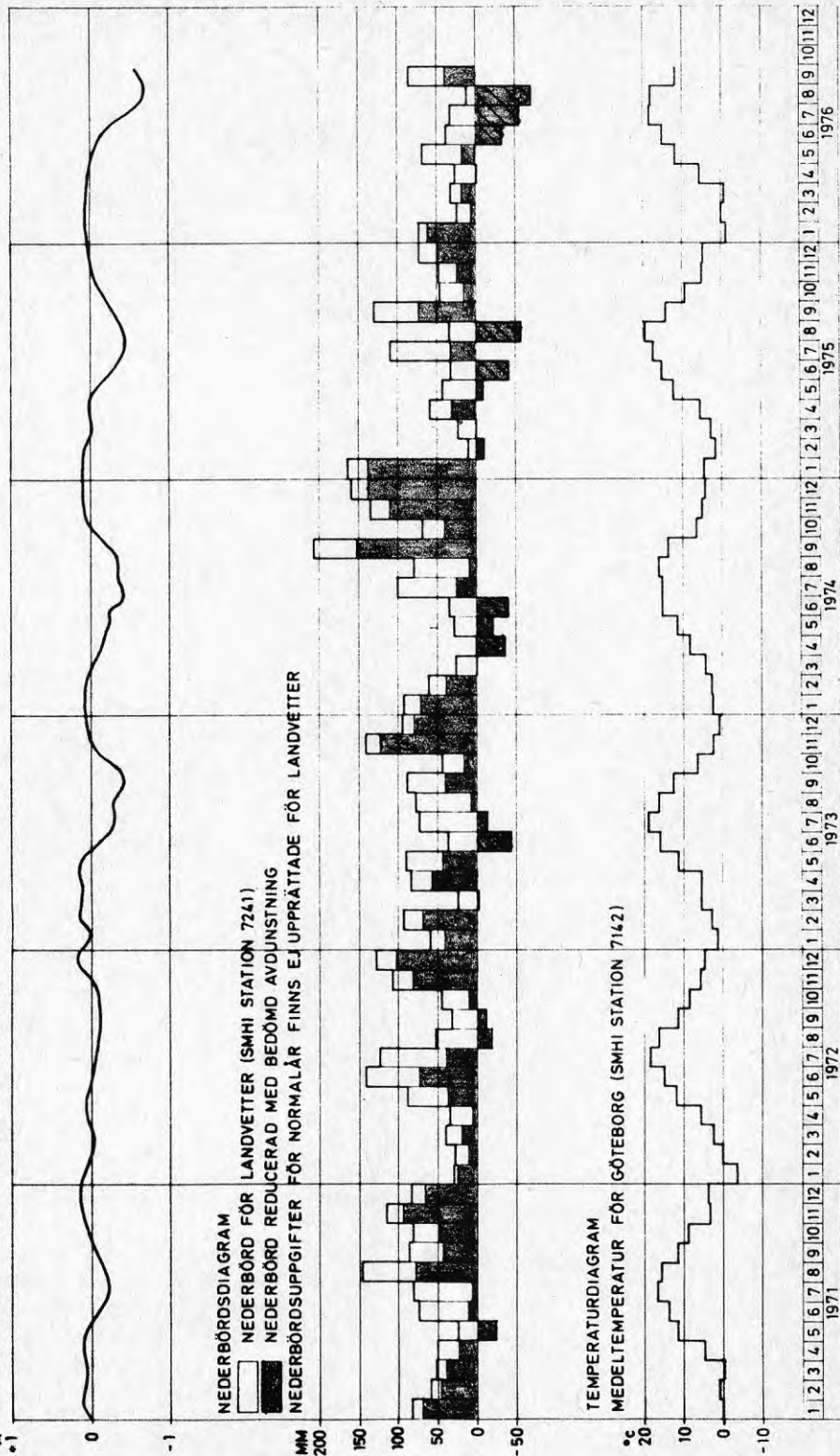






# HÄRSKOGEN

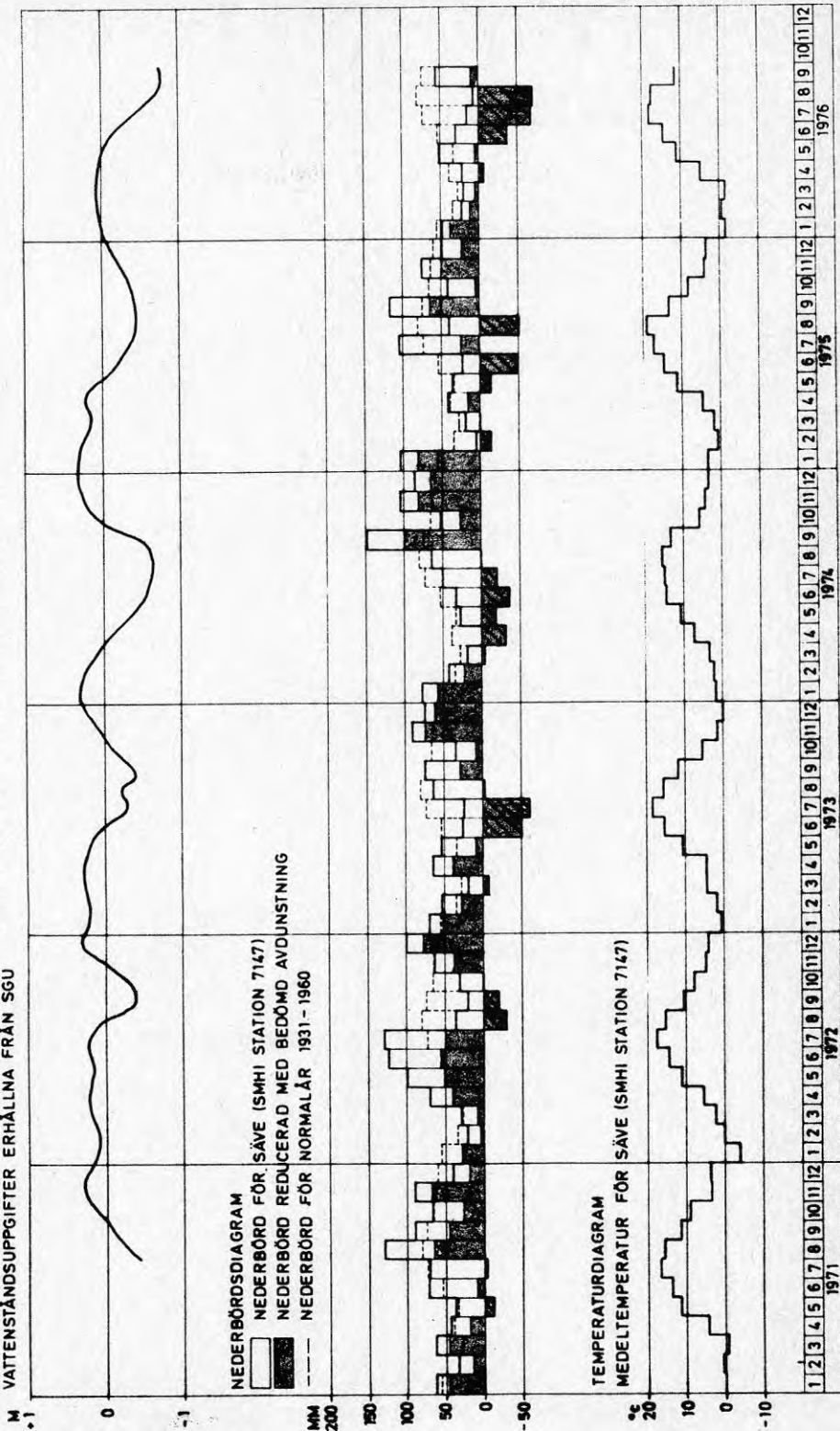
GENOMSNITTSKURVA FÖR GRUNDVATTENNIVÅOBSERVATIONER FRÅN SGU'S GRUNDVATTENÄT I GÖTEBORG  
VATTENSTÅNDSUPPGIFTER ERHÅLLNA FRÅN SGU



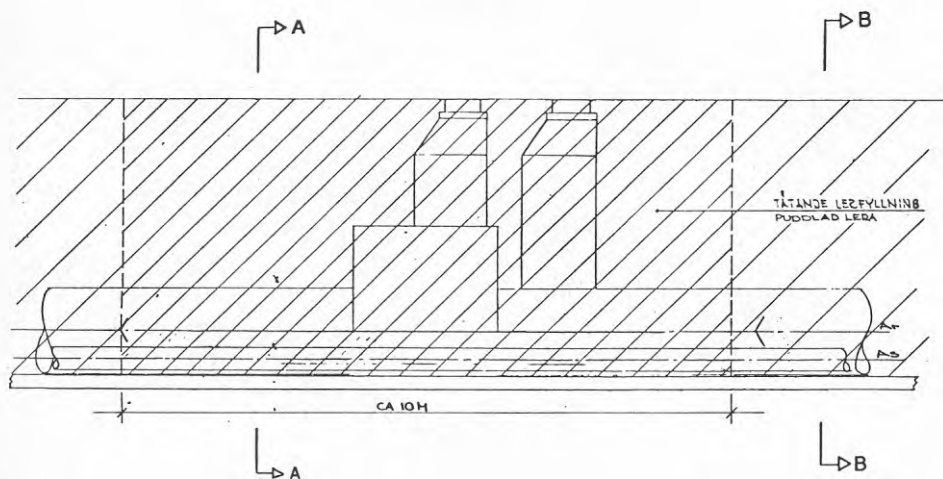


# HARESTAD

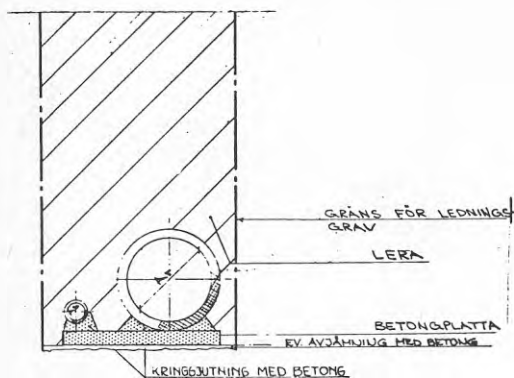
GENOMSNITTSKURVA FÖR GRUNDVATTENNIVÅOBSERVATIONER FRÅN SGU'S GRUNDVATTENÄT I GÖTEBORG  
VATTENSTÅNDSUPPGIFTER ERHÅLLNA FRÅN SGU



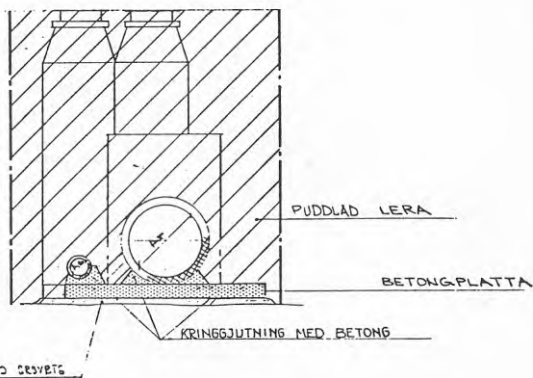
# LEDNINGSSTRÅK A TYPSEKTIONER



STRÖMNINGSAVSKÄRANDE KONSTRUKTION  
VID BRUNNAR



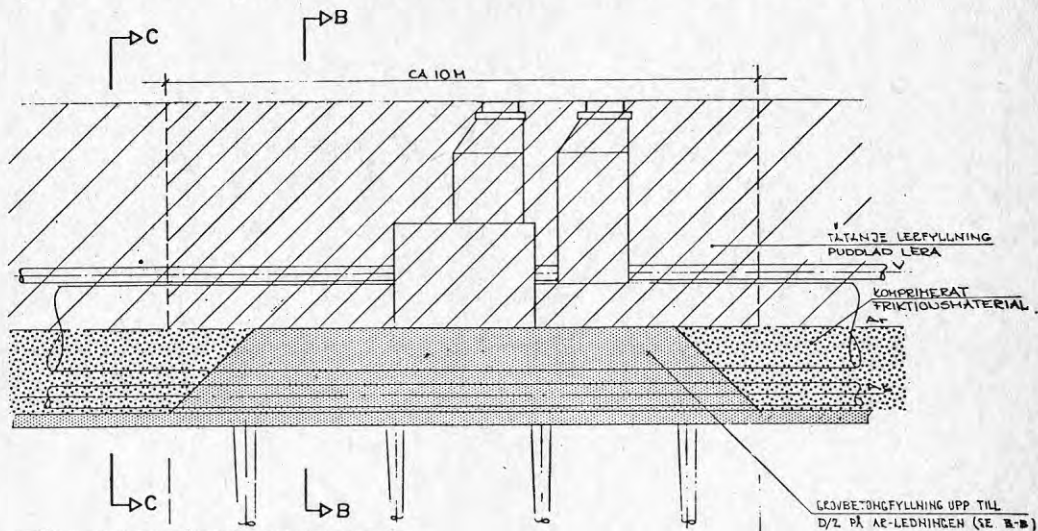
FYLLNING I LEDNINGSGRAV  
SEKTION B-B



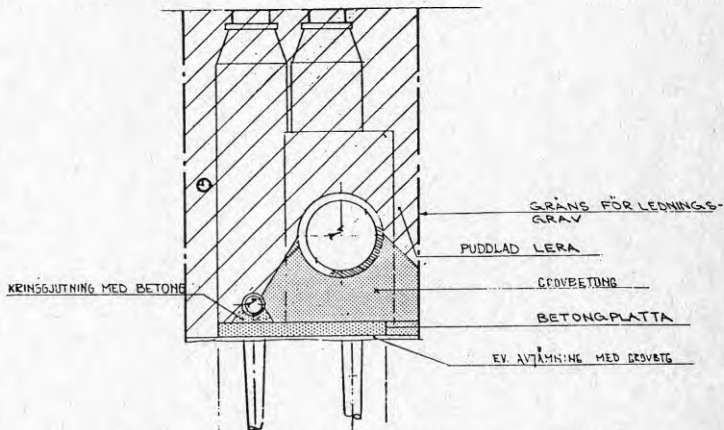
EV. ANJÄMNING MED GESSBETS

STRÖMNINGSAVSKÄRANDE FYLLNING VID BRUNNAR  
SEKTION A-A

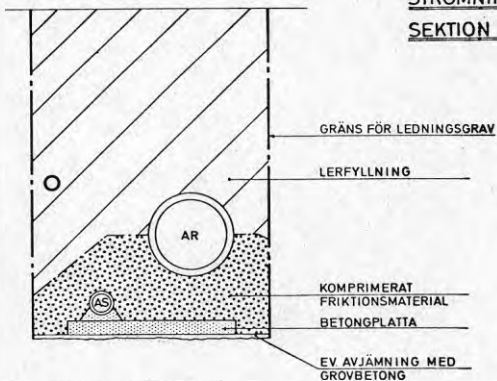
**LEDNINGSSTRÅK B**  
TYPSEKTIONER



**STRÖMNINGSAVSKÄRANDE KONSTRUKTION  
VID BRUNNAR**

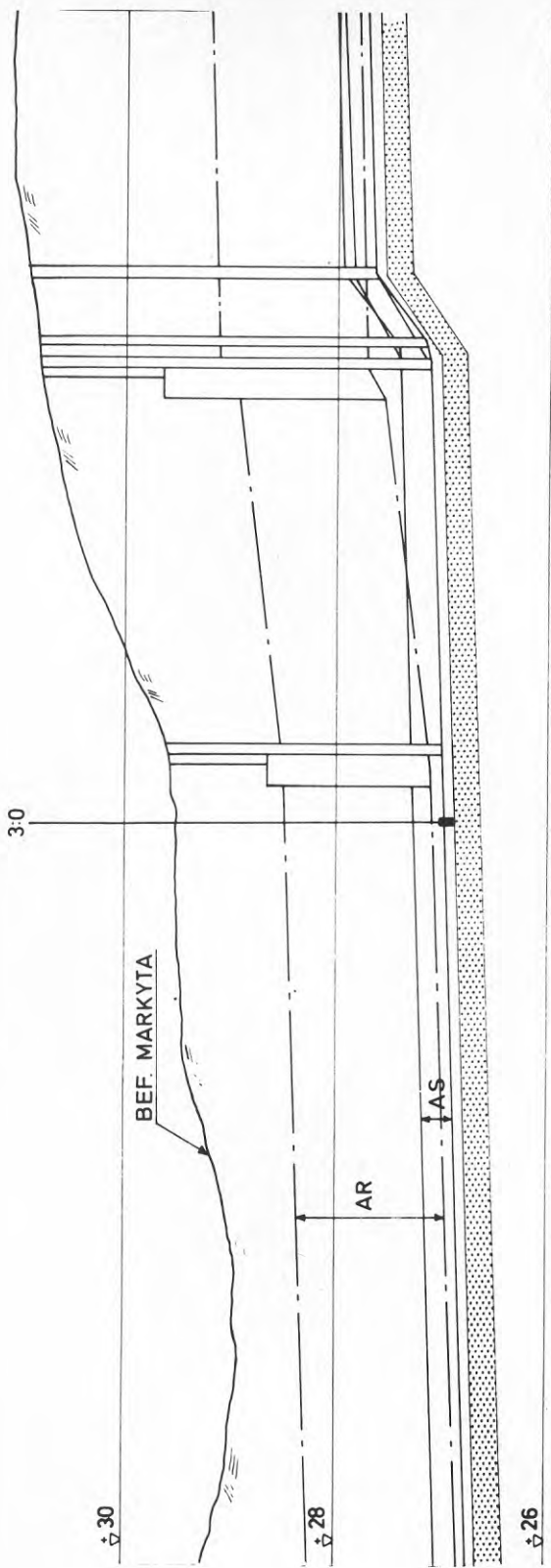


**STRÖMNINGSAVSKÄRANDE FYLNING VID BRUNNAR**  
**SEKTION B-B**



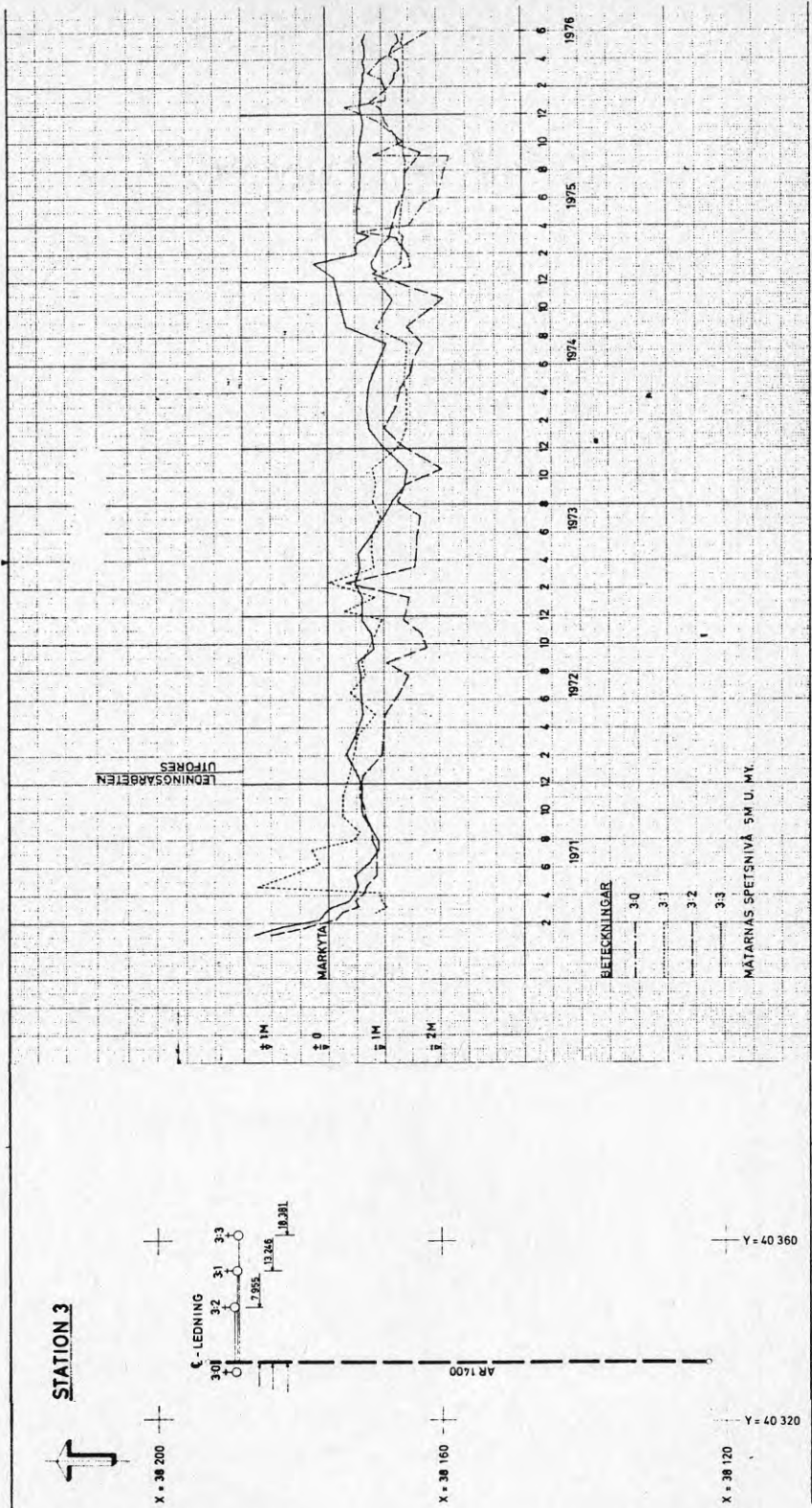
**FYLNING I LEDNINGSGRAV**  
**SEKTION C-C**

LEDNINGSSTRÅK A  
STATION 3



BETECKNINGAR FÖR TYP AV PORTRYCK -  
MÅTARE SE FIG. 5

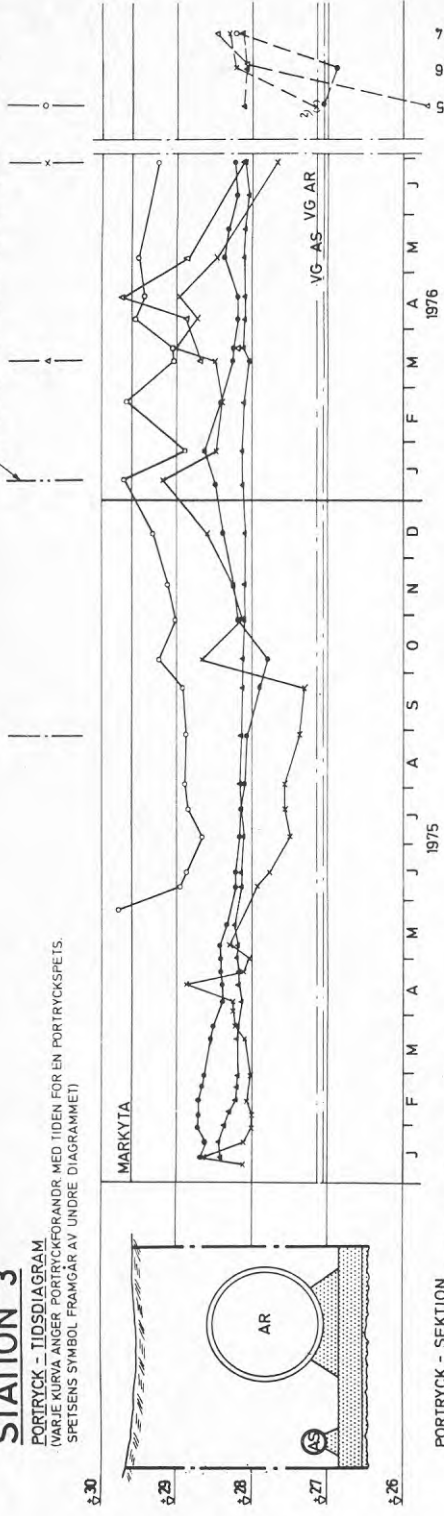




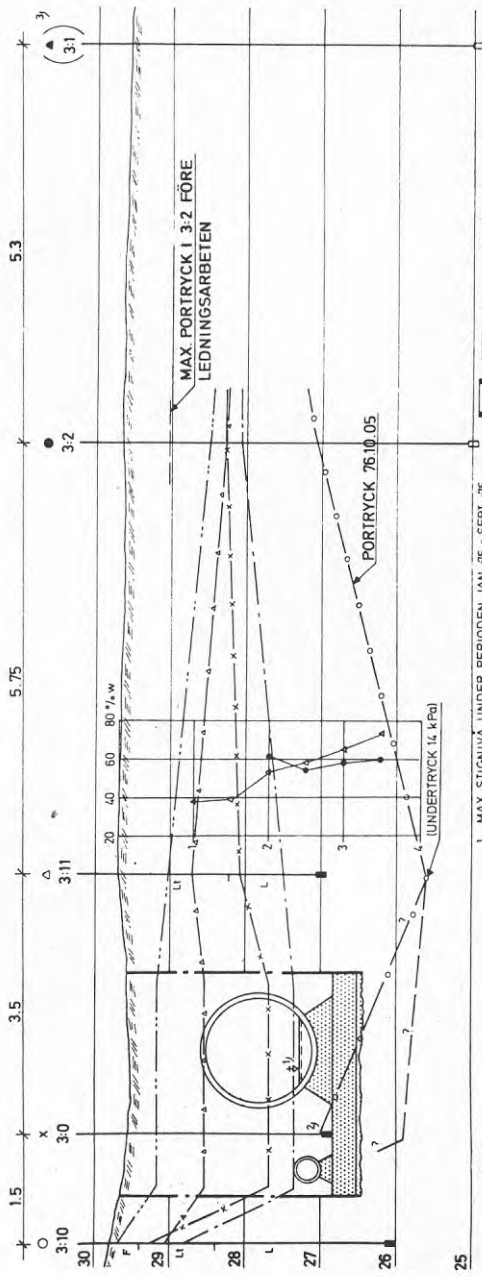
# STATION 3

**PORTRYCK - TIDSDIAGRAM**  
(VARJE KURVA ANGER PORTRYCKFORÄNDR. MED TIDEN FÖR EN PORTRYCKSPETS. SPETSSENS SYMBOL FRAMGÅR AV UNDERDIAGRAMMET)

SYMBOL FÖR TIDPUNKT VID VILKEN PORTRYCKSFÖRHÅLLANDEN I SEKTION REDOVISAS I UNDERDIAGRAMMET



**PORTRYCK - SEKTION**  
(VARJE KURVA ANGER PORTRYCKSFÖRHÅLLANDET VID EN SPECIELL TIDPUNKT SOM MARKERAS MED SÄRSKILD SYMBOL, SE ÖVERST TILL HÖGER)



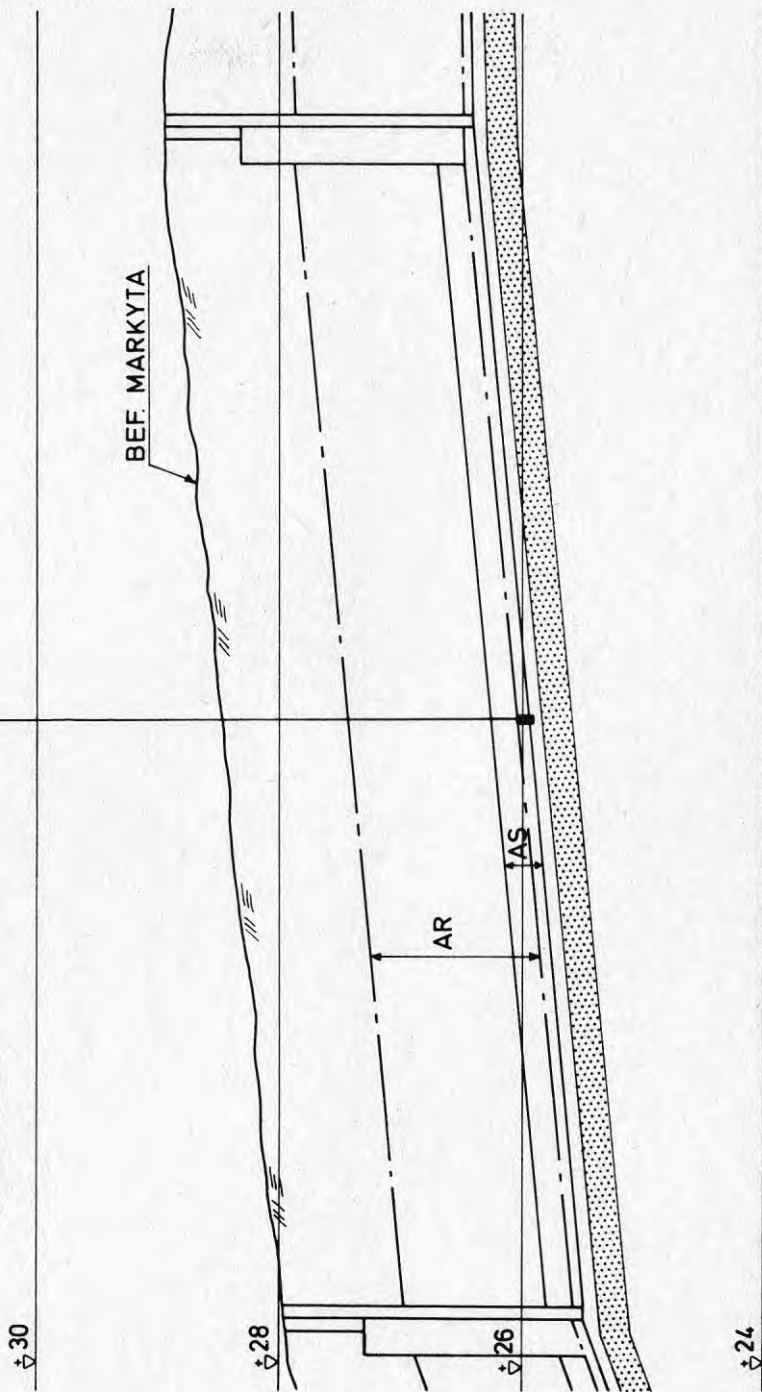
**ANM.**  
BET. FÖR TYP AV PORTRYCKMÅTARE SE FIG 5

1 MAX STIGNING UNDER PERIODEN JAN '75 - SEPT '75  
2 REG. VÄRDE KAN VÄRA FRÅN INSTÄNGD VATTENMANGO  
3 MÅLAREN TROLIGEN UR FUNKTION FRÅN JULI '75

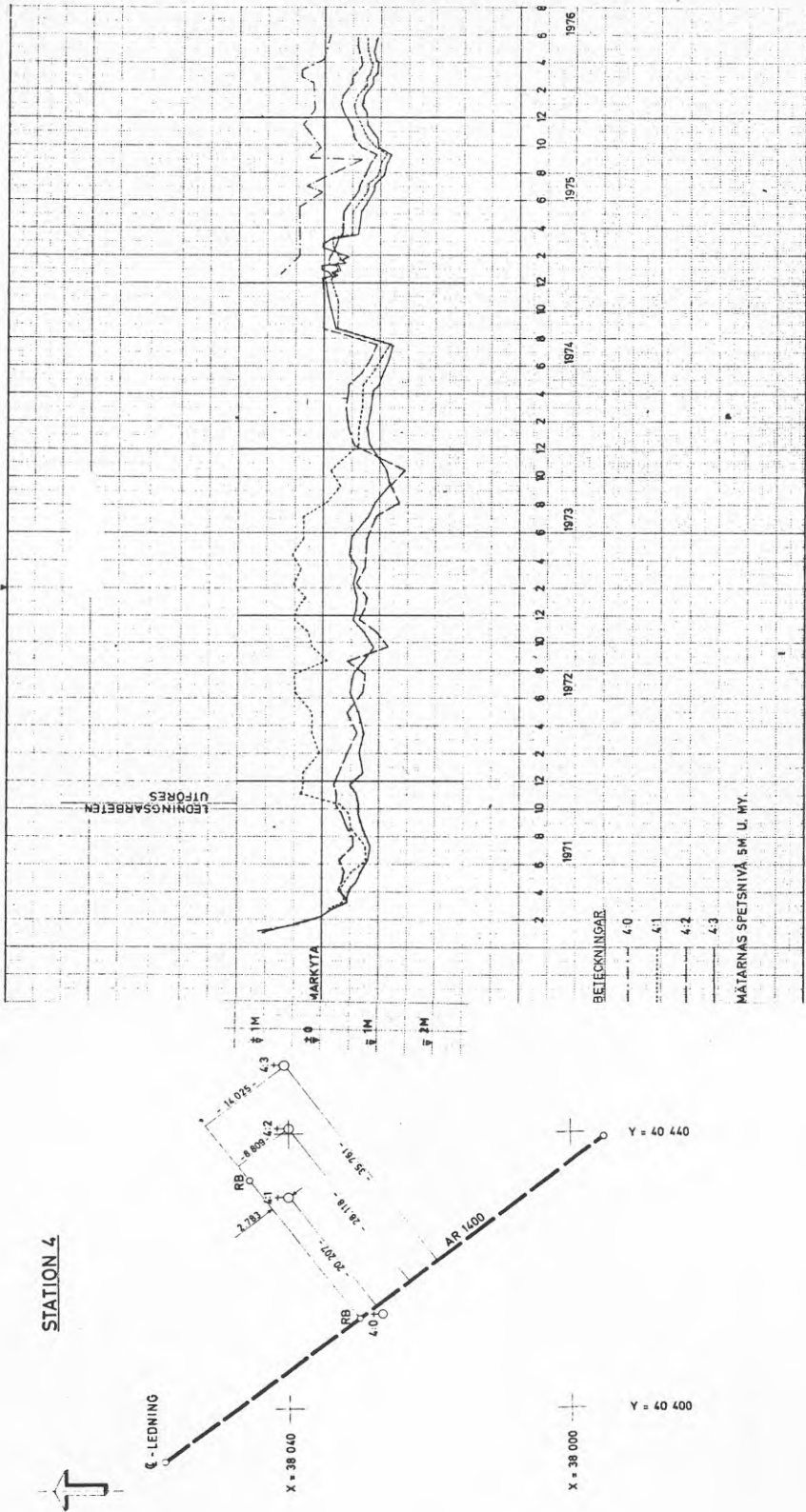
SPECIALBRUNN DÄR TÄTNING OCH GRUNDLAGGNING MED PÅLNING UTFÖRT ENL. BIL. 14

LEDNINGSSTRÅK A  
STATION 4

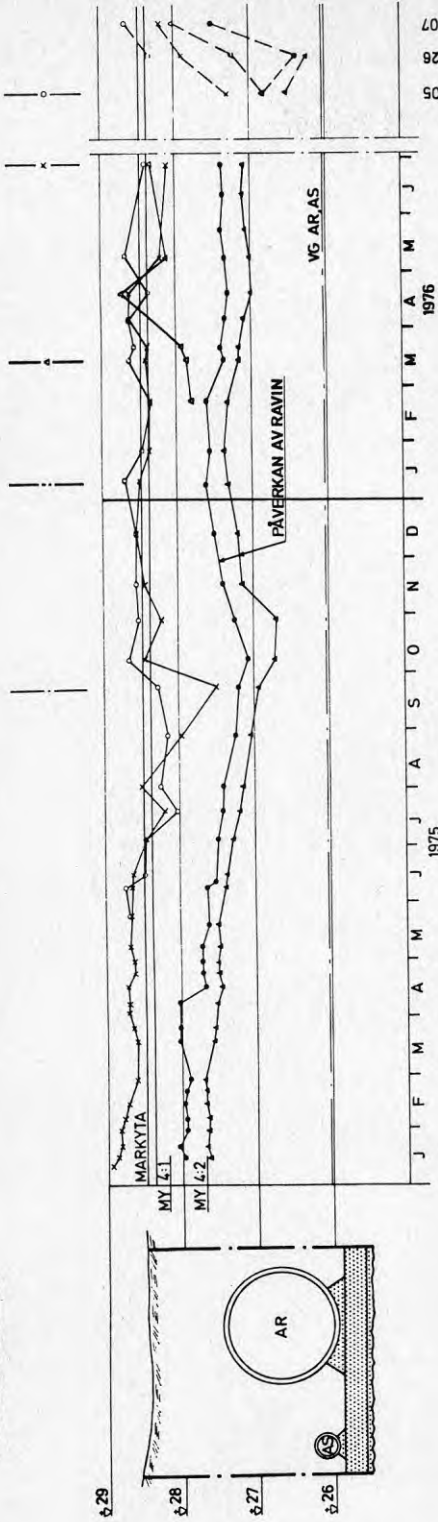
4:0



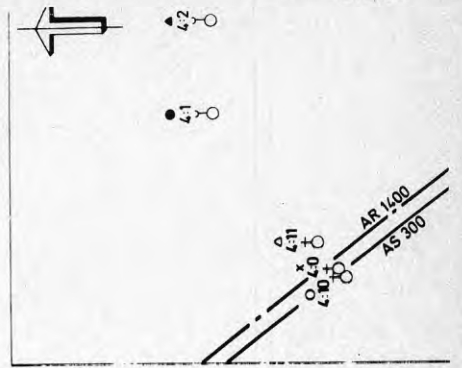
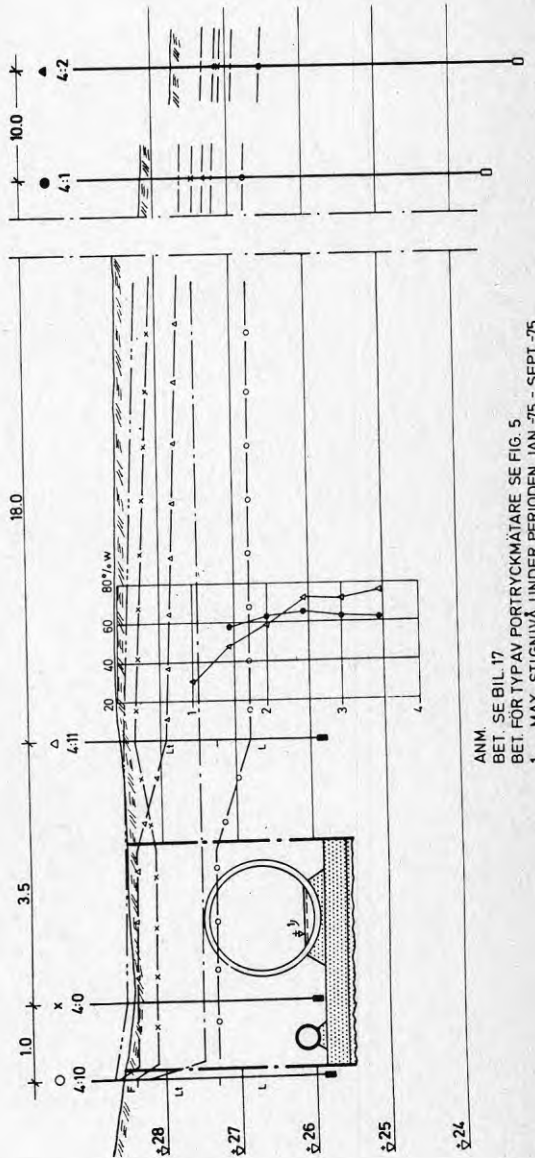
BETECKNINGAR FÖR TYP AV PORTRYCK-  
MÄTARE SE FIG. 5



# STATION 4

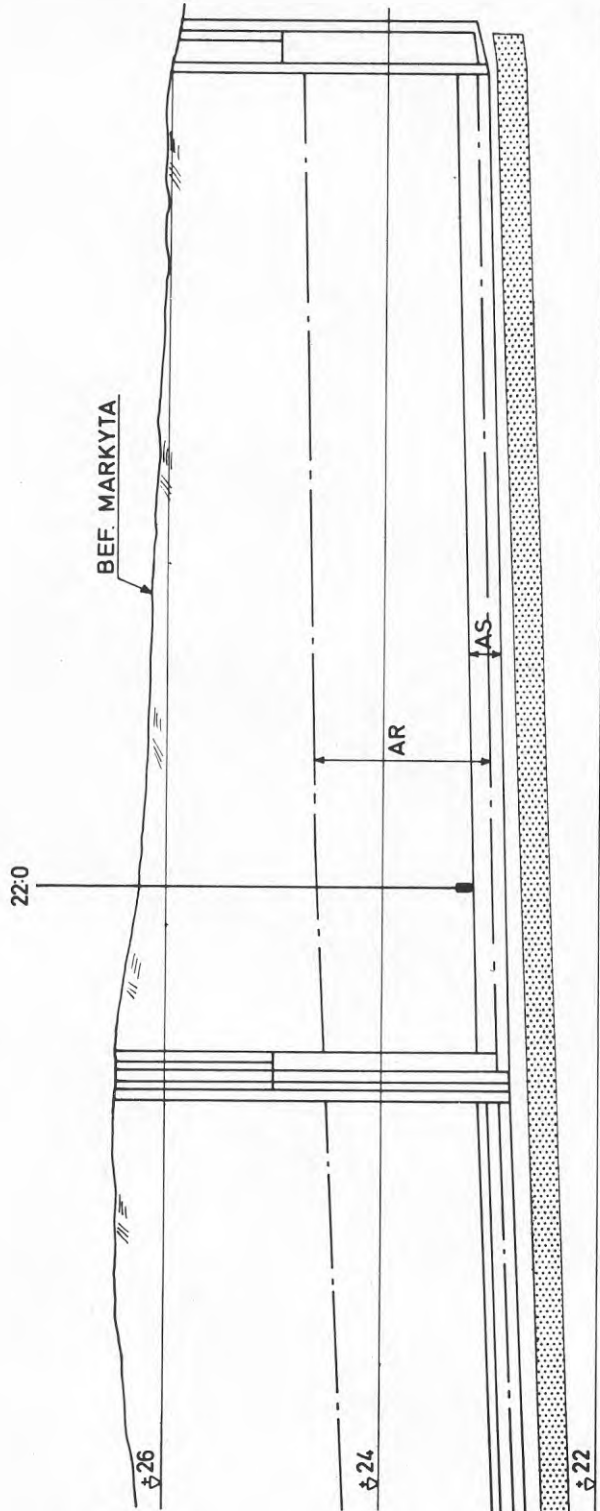


76:10 05  
 76:10 26  
 77:01 07



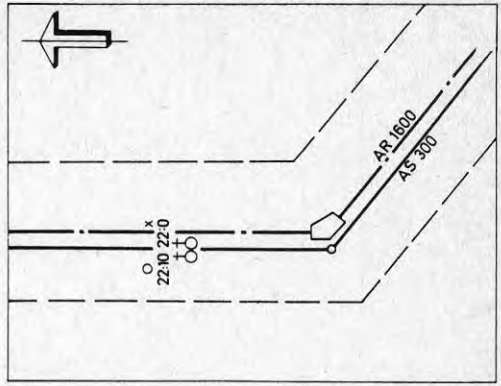
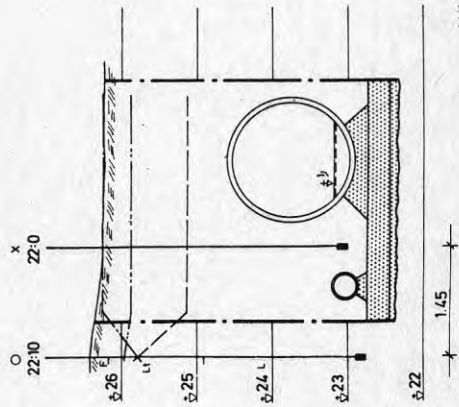
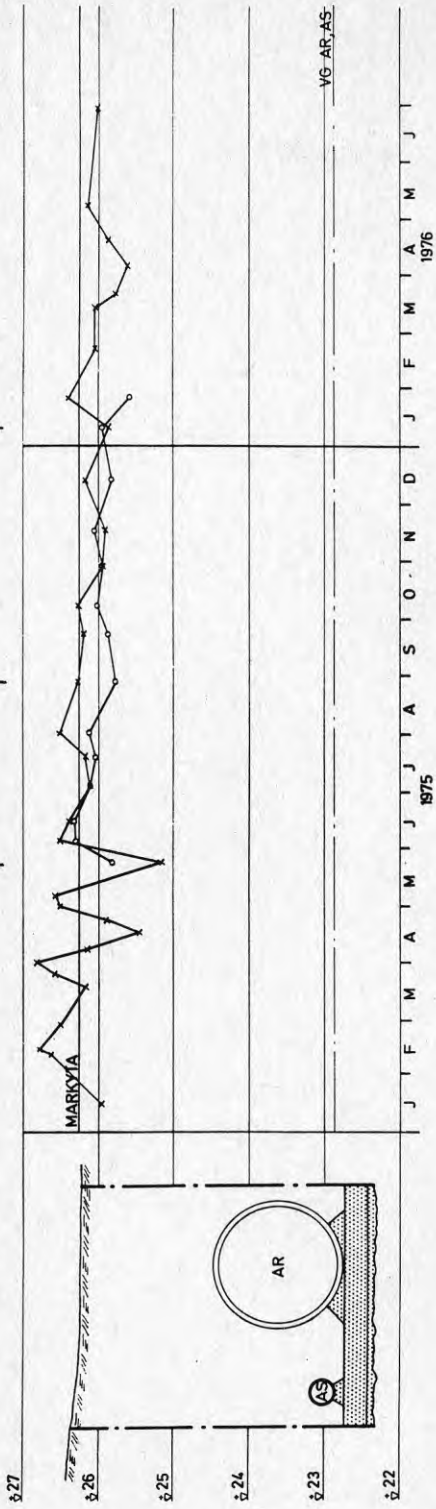
ANM.  
 BET SE BIL 17  
 BET FÖR TYPVÄN PORTRYCKMÄTARE SE FIG. 5  
 j MAX. STIGNIVÅ UNDER PERIODEN JAN -75 - SEPT -75

LEDNINGSSTRÅK A  
STATION 22

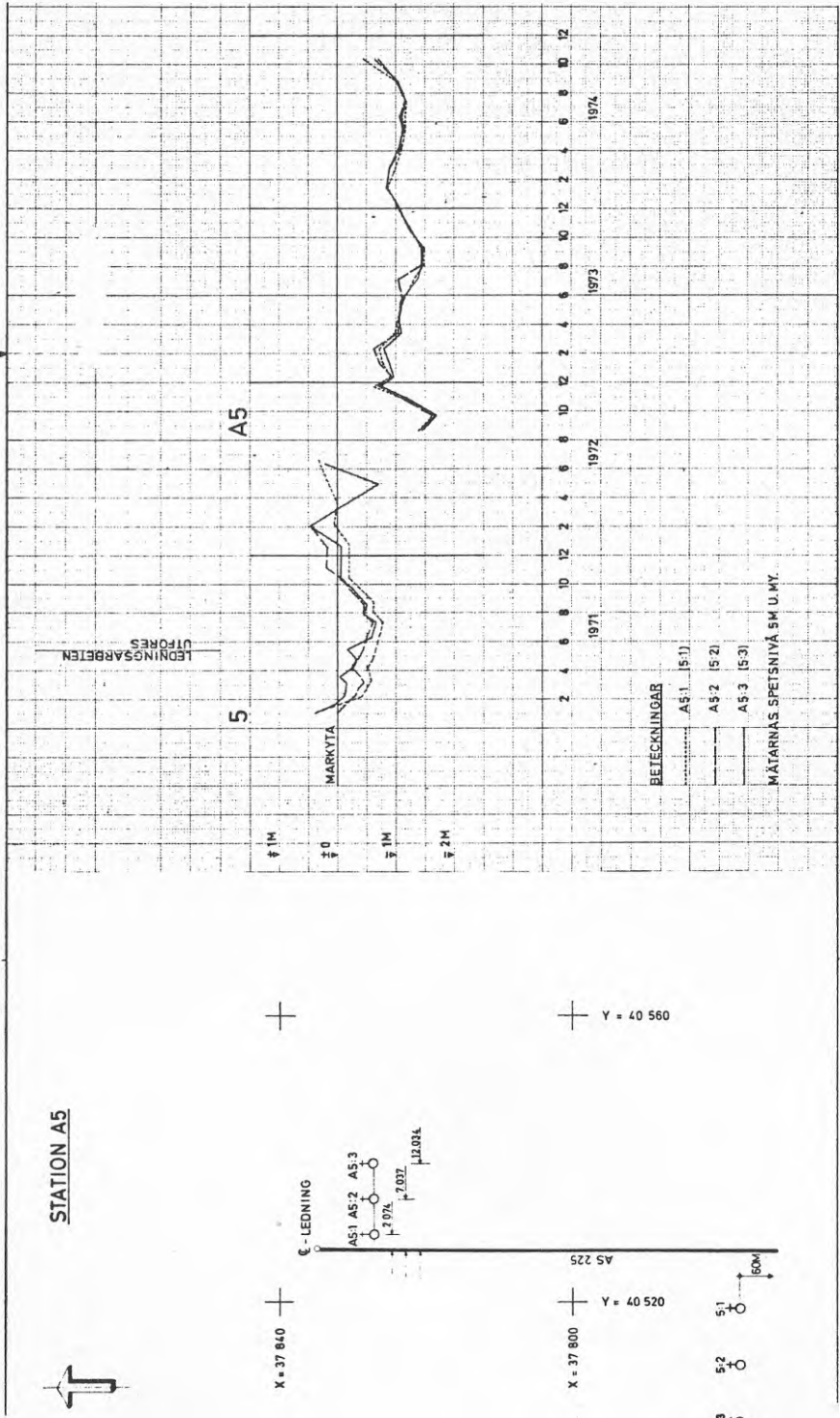


BETECKNINGAR FÖR TYP AV PORTRYCK-  
MÅTARE SE FIG. 5

# STATION 22

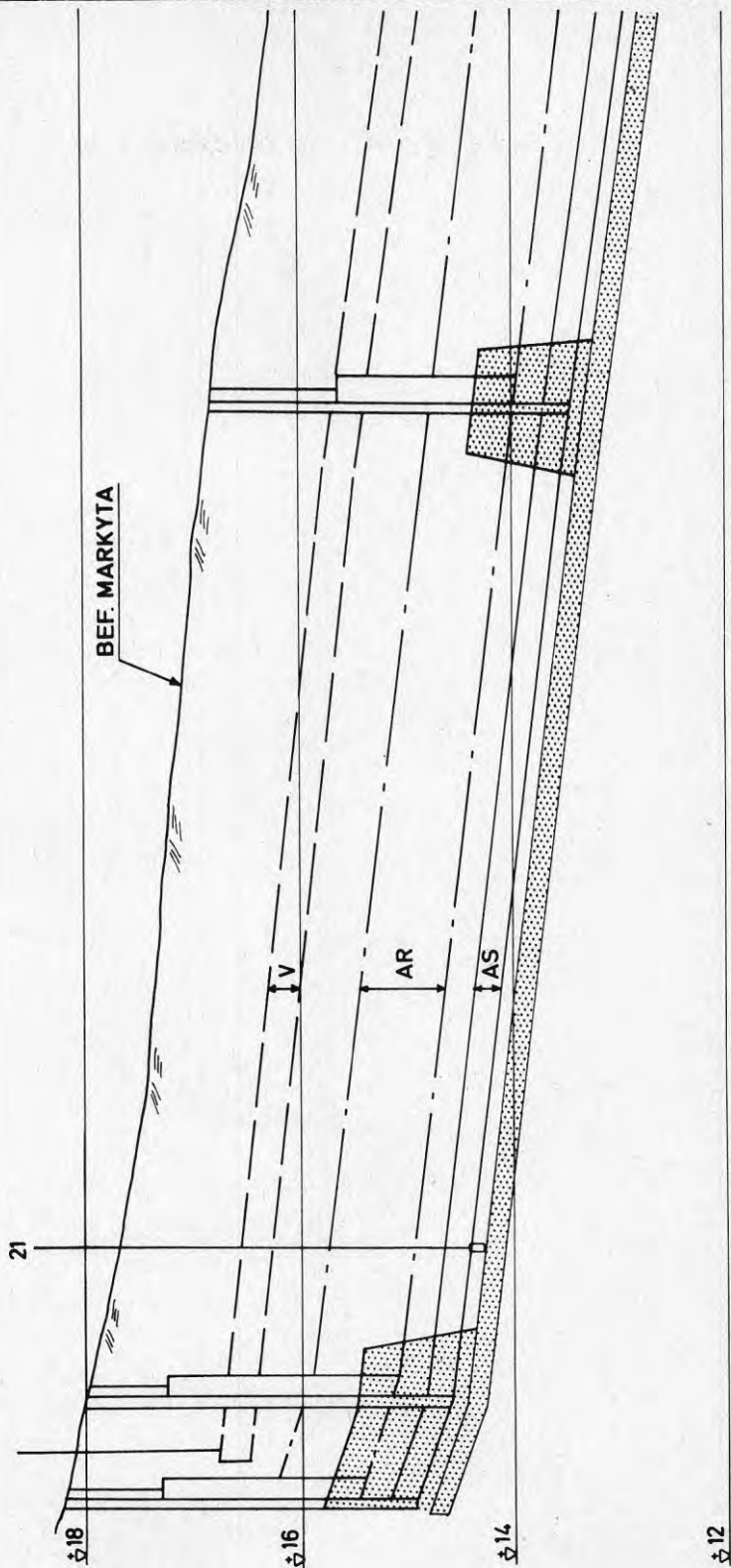


ANM. SE BIL. 17  
 BET. FÖR TYPAV PORTRYCKMÄTARE SE FIG. 5  
 j) MAX. STIGNIVÅ UNDER PERIODEN JAN-75 - SEPT -75



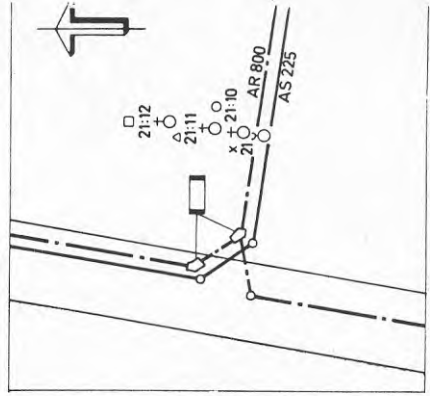
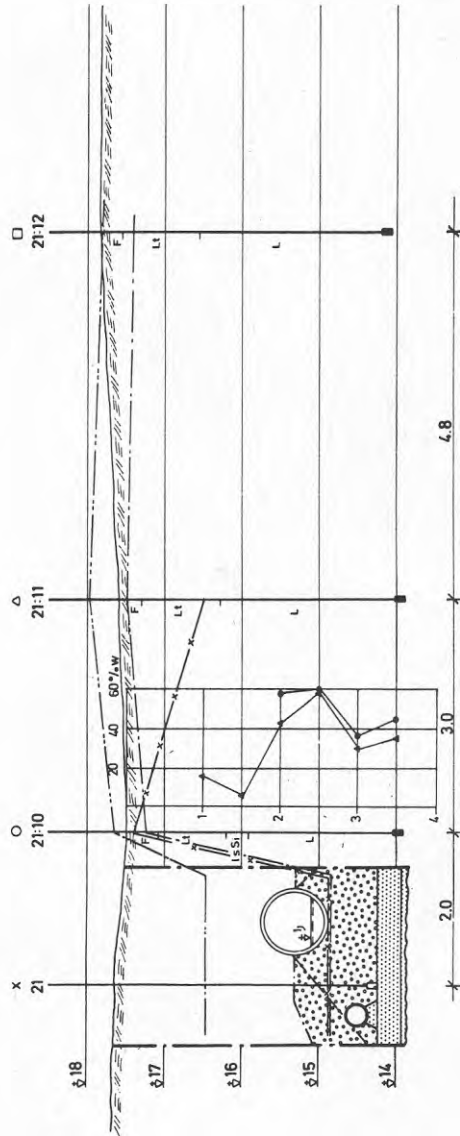
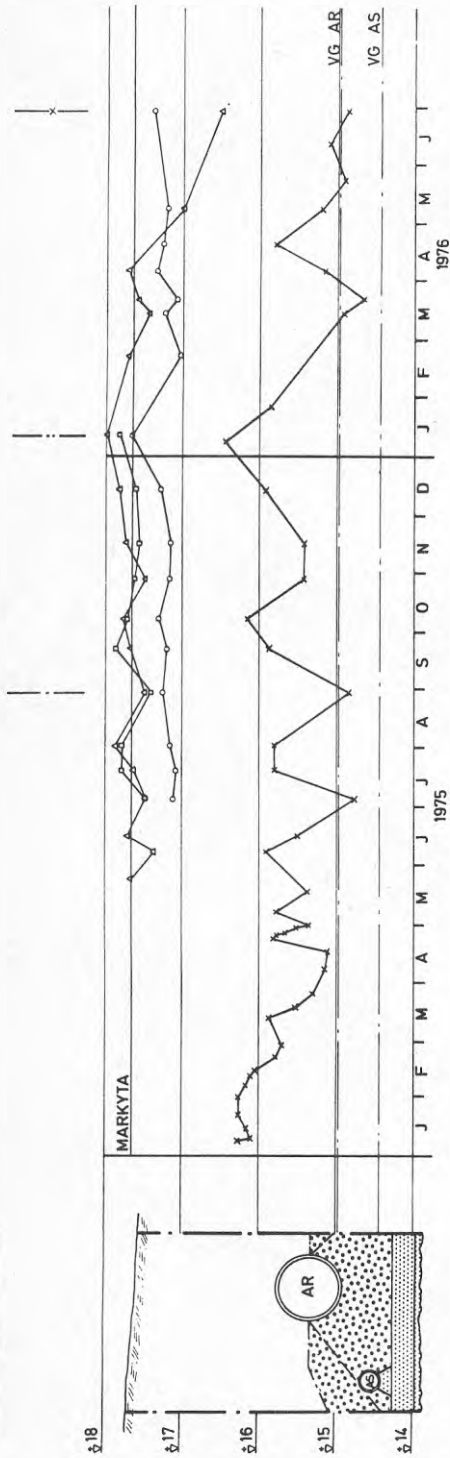


LEDNINGSSTRÅK B  
STATION 21



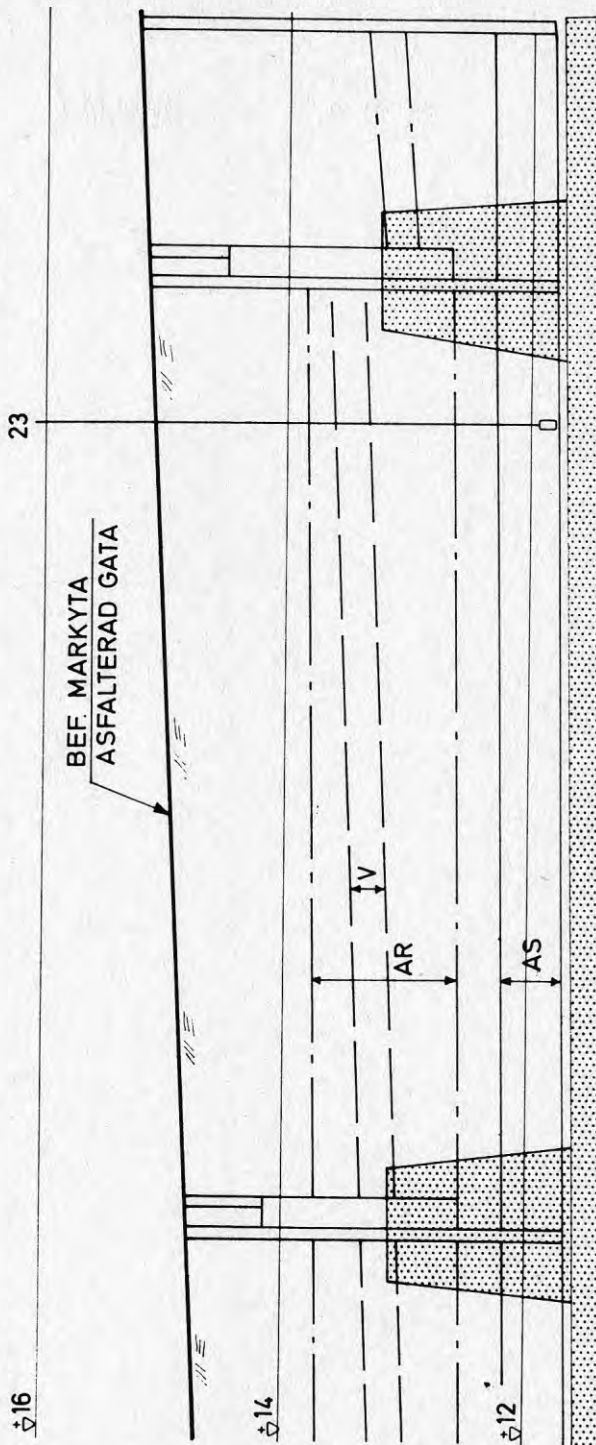
BETECKNINGAR FÖR TYP AV PORTRYCK-  
MÅTARE SE FIG. 5

# STATION 21



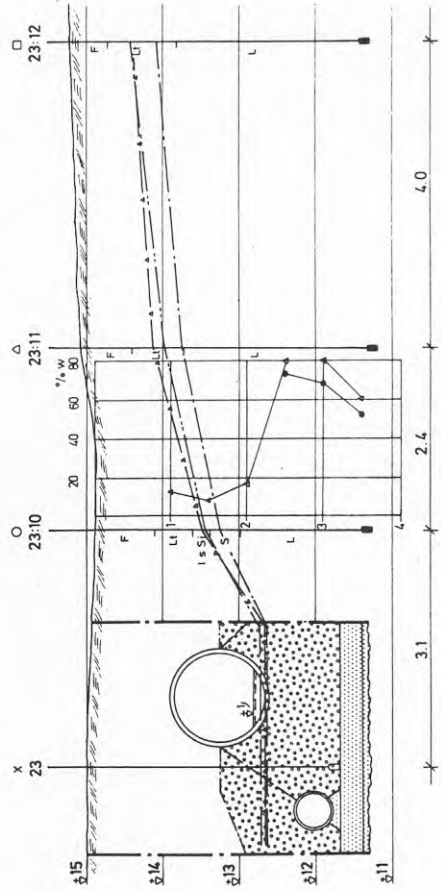
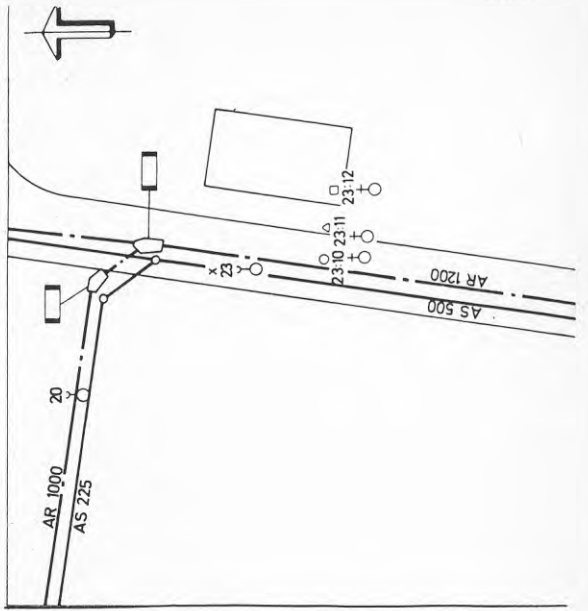
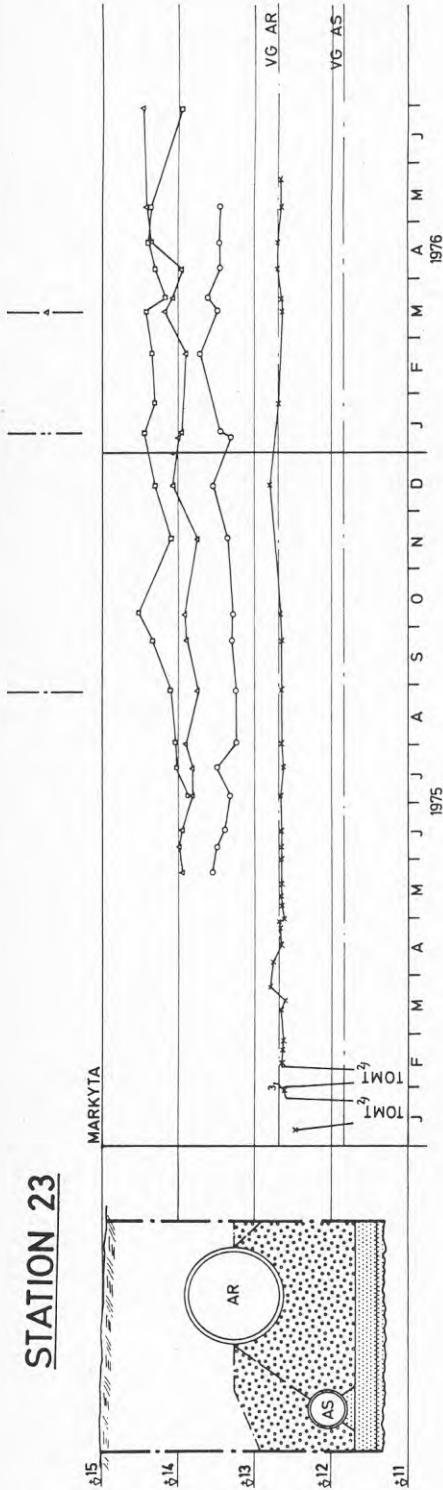
ANM.  
BET. SE BIL. 17  
BET. FÖR TYP AV FÖRTRYCKMÄTARE SE FIG. 5  
1) MAX. STIGNIVÅ UNDER PERIODEN JAN-75 - SEPT-75

LEDNINGSSTRÅK B  
STATION 23



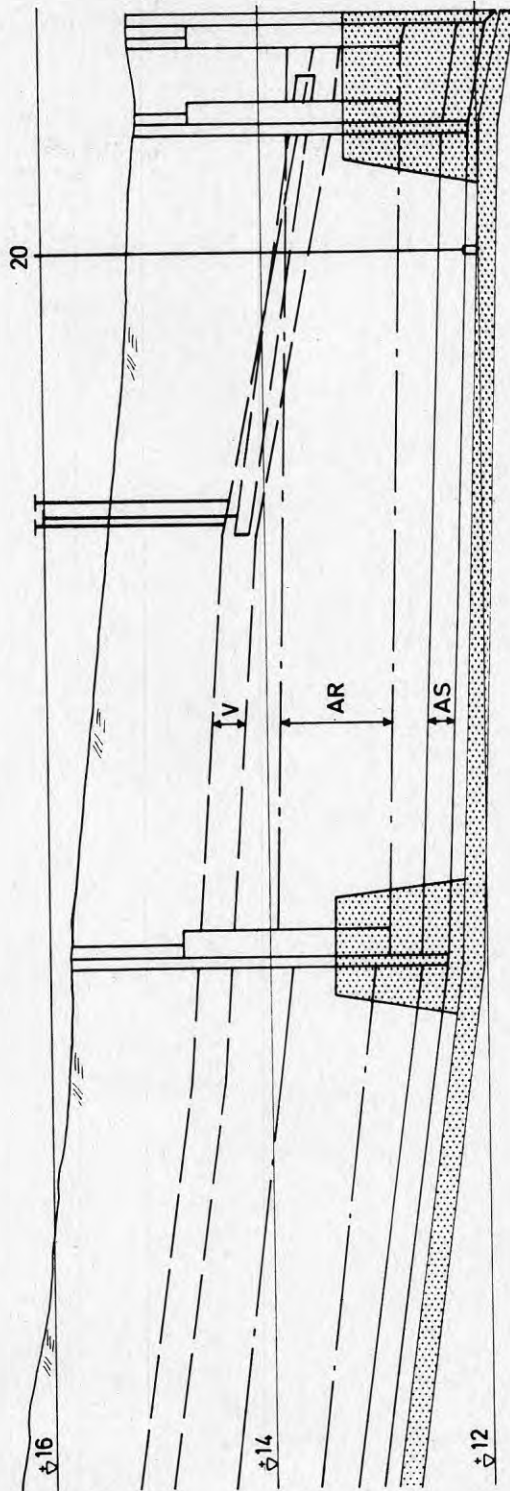
BETECKNINGAR FÖR TYPAV PORTRYCK -  
MÅTARE SE FIG. 5

# STATION 23



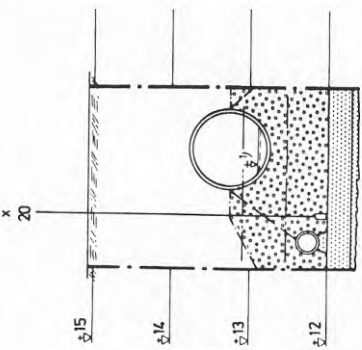
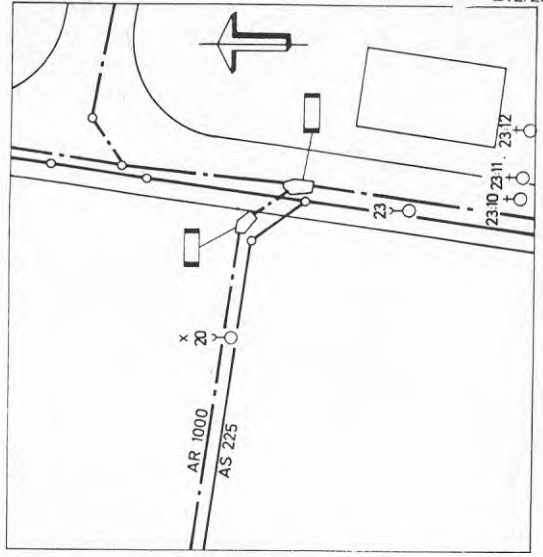
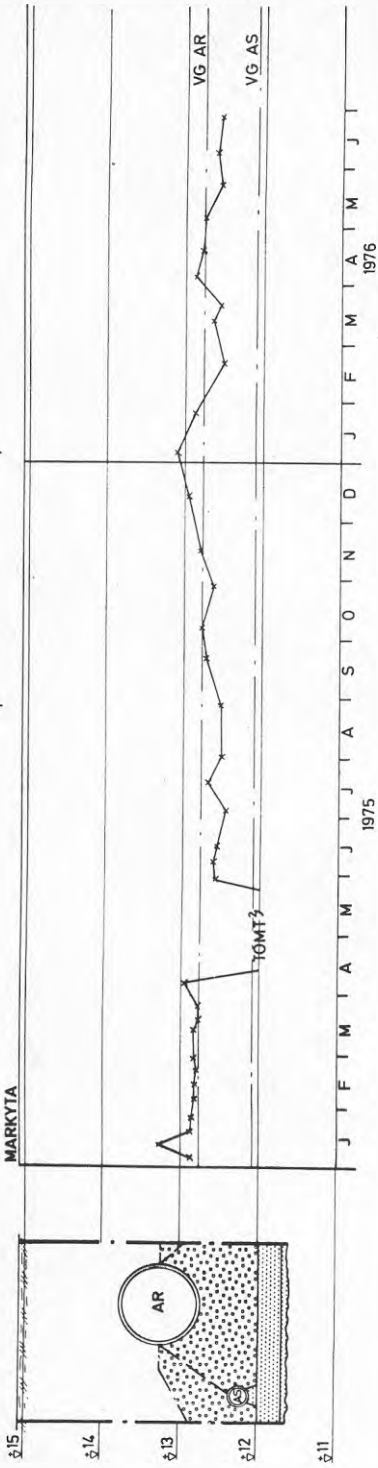
ANM.  
BET. SE BIL. 17  
BET. FÖR TYP AV FÖRTRYCKMÄTARE SE BIL. 5  
1) MAX. STIGNIVÅ UNDER PERIODEN JAN -75 - SEPT-75  
2) SCHAKT OCH LÄNSPUMPNING I LEDNINGAR 10 M FRÅN 23  
3) SCHAKTEN IGENFYLLED 8 DAGAR

**LEDNINGSSTRÅK B**  
**STATION 20**



BETECKNINGAR FÖR TYP AV PORTRYCK-  
MÄTARE SE FIG. 5

# STATION 20



ANM.  
 BET. SE BIL. 17  
 BET. FÖR TYP AV PORTRYCKMÄTARE SE FIG. 5  
 j) MAX. STIGNIVÅ UNDER PERIODEN JAN -75 - SEPT -75  
 z) SCHAKT I LEDNINGSGRAV 3 M FRÅN 20 LÅNSHÅLLNING  
 GENOM ÖPPEN DRÄNERING TILL SPILLVATTENLEDNING

**LEDNINGSSTRÅK B**  
**STATION 24**

BEF. MARKYTA  
ASFALTERAD GATA

24

±16

±14

±12

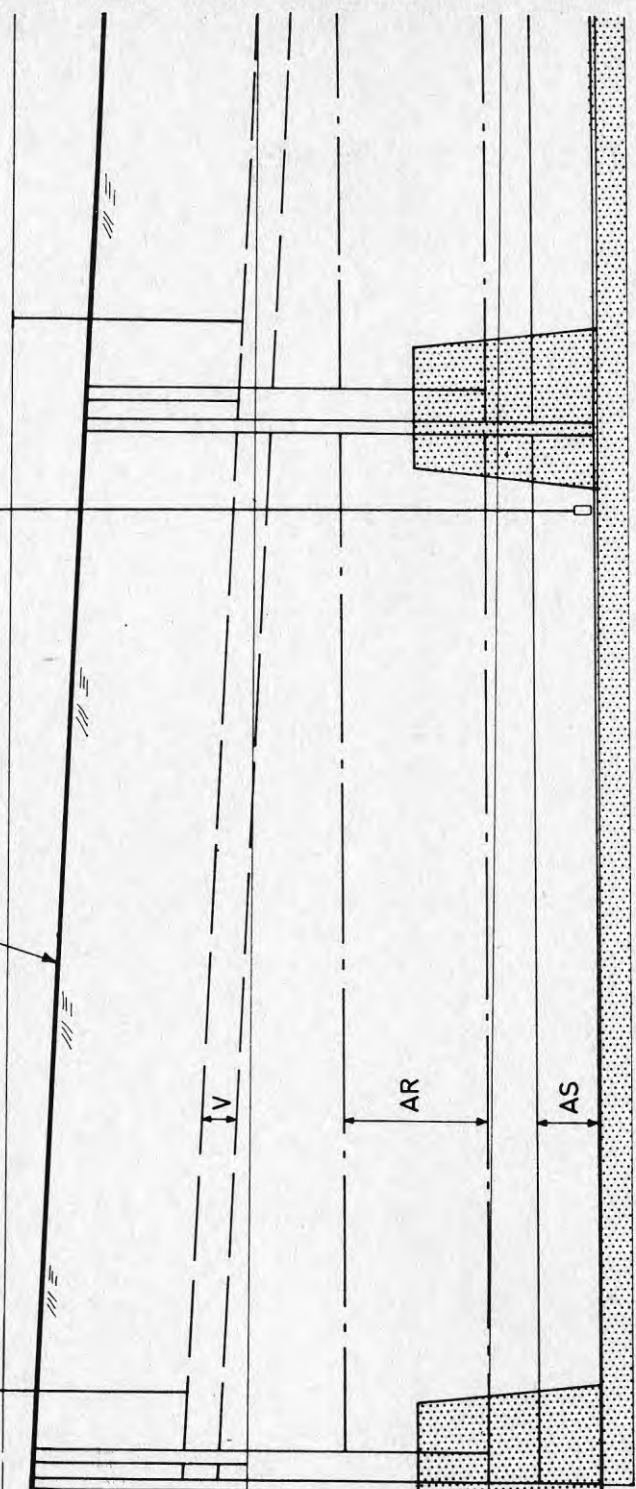
±10

V

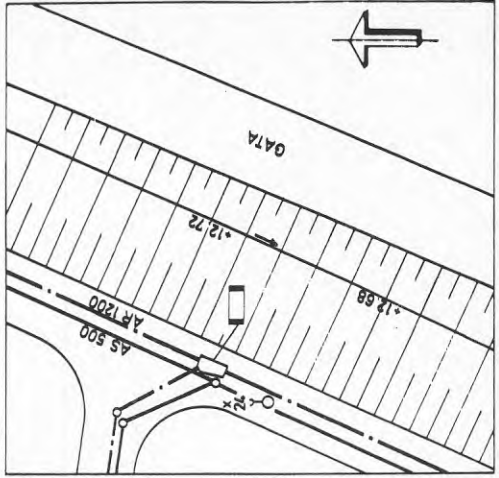
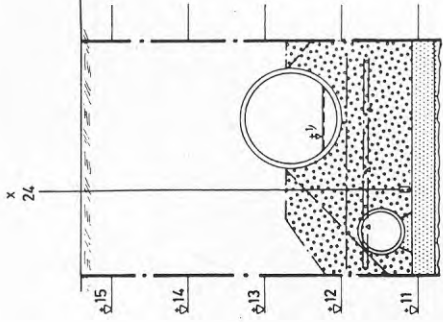
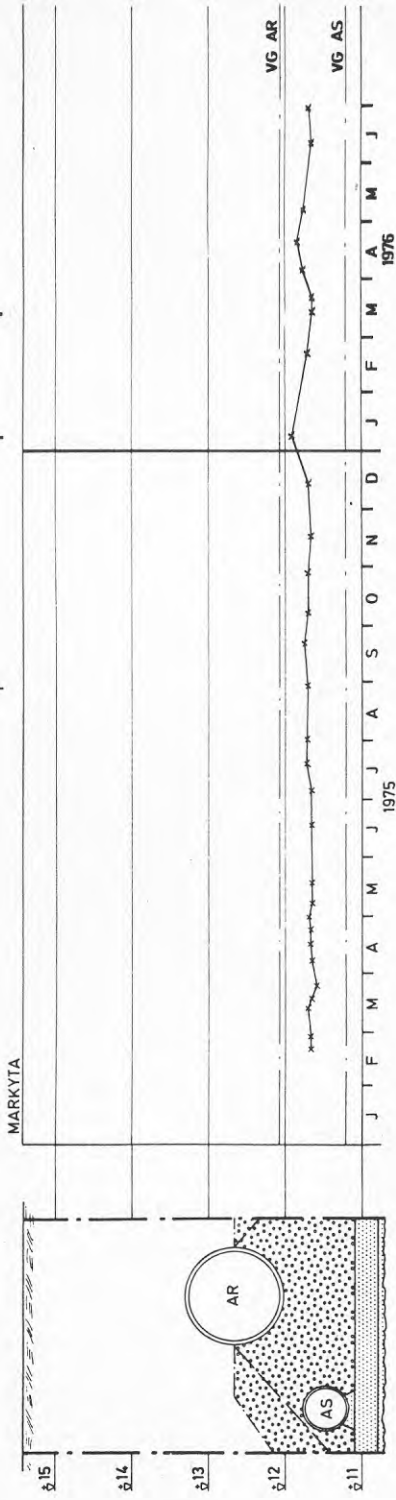
AR

AS

BETECKNINGAR FÖR TYP AV PORTRYCK-  
MÅTARE SE FIG. 5



# STATION 24



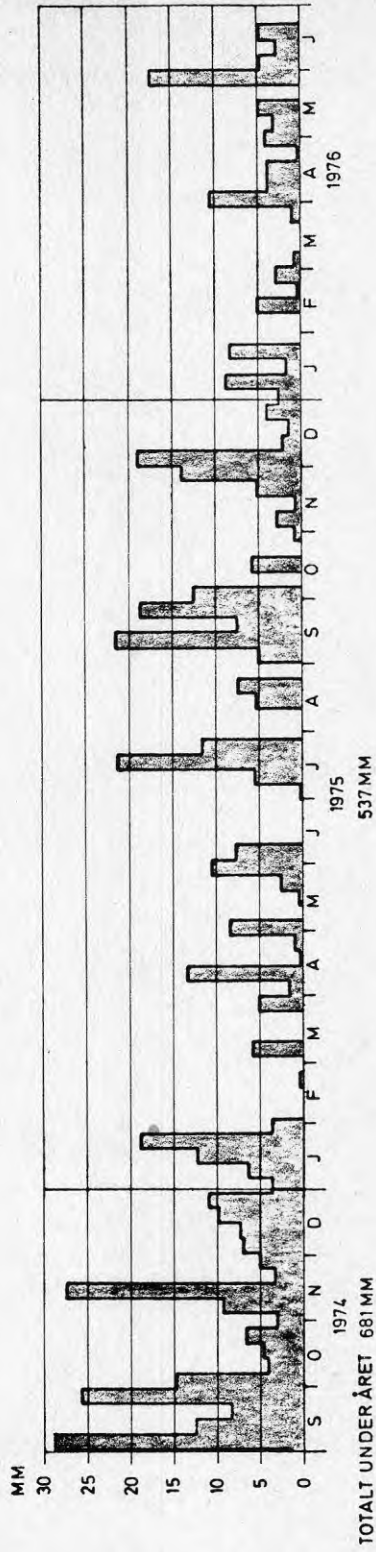
DIKESBOTTEN

ANM.  
 BET. SE BIL. 17  
 BET. FOR TYPAV PORTRYCKMÄTARE SE FIG. 5  
 J. MAX. STIGNIVÅ UNDER PERIODEN JAN -75 - SEPT -75



# NEDERBÖRDSDATA SEPT 1974 - JUNI 1976

MÄTSTATION GÖTEBORGS VA-VERK STATION 108 (LÄRJEHOLM)



BETECKNINGAR  
NEDERBÖRD I MM



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740256-1 från  
Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB, Göteborg

01/17/1978 10:10:00 AM

**R18:1978**

**ISBN 91-540-2821-3**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600718**

**Abonnemangsgrupp:**

**V. Anläggningsteknik**

**Distribution:**

**Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm**

**Cirka pris: 27 kr exkl moms**