



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.



Dagvatteninfiltration

Drifts- och funktionsuppföljning av infiltrationsanläggning i Landvetter

Peter Stahre m fl

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-0425
Plac	Ser

2/5

Bygghforskningsrådet

Ser

R19:1980

DAGVATTENINFILTRATION.

Drifts- och funktionsuppföljning av
infiltrationsanläggning i Landvetter

Carl Beskow

Sören Bylund

Gunnar Pettersson

Peter Stahre

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
760884-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB i Stockholm.

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

R19:1980

ISBN 91-540-3192-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 050658

INNEHÅLL	sid
FÖRORD	5
INLEDNING	7
BESKRIVNING AV DAGVATTENSYSTEMET	9
Allmänt	9
Principiell utformning av infiltrationssystemet	9
Infiltrationsbrunnar	13
FÄLTMÄTNINGAR	15
Allmänt	15
Nederbörd	15
Temperatur	15
Dagvattenavrinning	17
Grundvattenstånd och grundvattenprofil	17
Ledningarnas fyllnadsgrad	18
Temperaturfördelning i sprängstensmagasinet	19
BESIKTNING AV INFILTRATIONSANLÄGGNINGEN	23
Allmänt	23
Samlingsledningens utlopp i diket	23
Mätdammen i utloppsdiket	23
Grundvattenbrunnar	24
RESULTAT AV FÖRETAGNA MÄTNINGAR	25
Allmänt	25
Nederbörd och temperatur	25
Datorberäkning av avrinningsdata	27
Dagvattenavrinning i utloppsdiket	29
Dagvattenavrinning från plattformsområdet	32
Grundvattenstånd	33
Grundvattenprofiler	34
Ledningarnas fyllnadsgrad	35
Temperaturfördelning i sprängstensmagasinet	38

SAMMANFATTANDE SYNPUNKTER	39
Allmänt	39
Förslag till åtgärder	41
Framtida driftkontroll	41
REFERENSER	43
FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR	45

FÖRORD

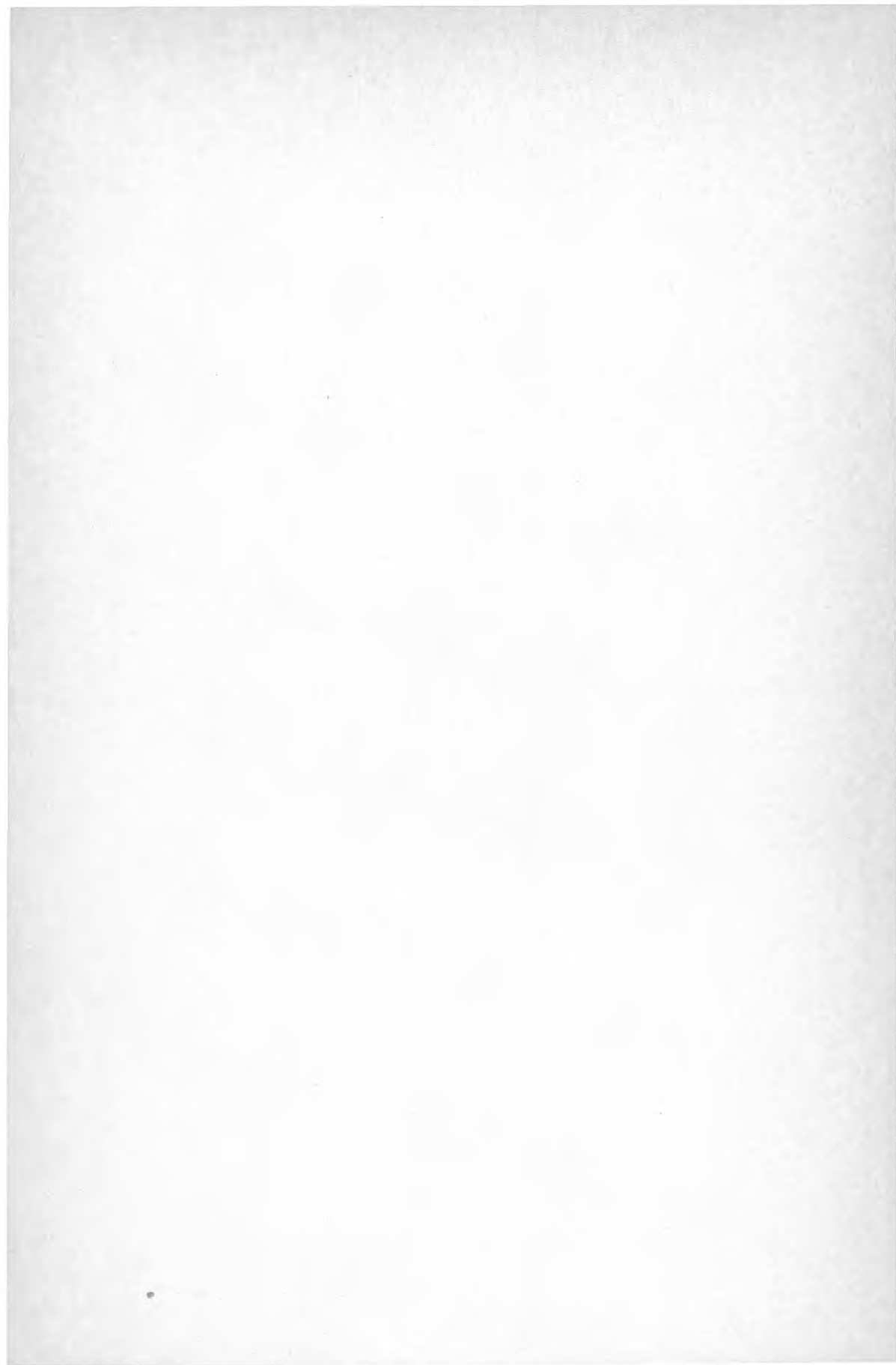
I föreliggande rapport redovisas resultatet av en drifts- och funktionsuppföljning av ett system för dagvatteninfiltration vid Landvetter flygplats utanför Göteborg. Den aktuella infiltrationsanläggningen är utformad som ett klent dimensionerat ledningsnät för en låg basbelastning och med utnyttjande av partiell infiltration i sprängstensfyllningar för de höga relativt kortvariga toppavrinningarna.

Inom ramen för projektet har under perioden augusti 1977 till maj 1979 företagits en rad olika fältmätningar. De utförda mätningarna har till stor del utförts med hjälp av Luftfartsverkets personal på platsen. Ett speciellt tack ska riktas till Rune Lindström och Ivan Lövenwall vid kontrollantkontoret samt Tomas Blomqvist vid flygplatsens driftavdelning.

Projektledare för den genomförda studien har varit professor Lars-Eric Janson, VBB. Civilingenjör Peter Stahre, VBB och ingenjör Gunnar Pettersson Orrje & Co har svarat för planeringen och genomförandet av arbetet. Teknologerna Carl Beskow och Sören Bylund har medverkat vid bearbetningen av det insamlade materialet samt vid den slutliga utvärderingen. Detta har skett i form av examensarbete vid KTHs avdelning för Vattenvårdsteknik.

Stockholm 1979-08-15

Lars-Eric Janson



INLEDNING

I Härryda kommun, ungefär 25 km öster om Göteborg har en ny flygplats anlagts som blev färdig 1977. Jämför översiktskartan i bilaga 1. Bland de i flygplatsbygget ingående anläggningsdelarna, har avledningssystemet för dagvatten lösts på ett mindre konventionellt sätt, nämligen genom utnyttjande av lokal infiltration av flödestopparna.

Syftet med föreliggande rapport är att redovisa resultatet av en uppföljning av infiltrationssystemets funktion och driftsegenskaper. Driftuppföljningen avser perioden augusti 1977 till maj 1979.

BESKRIVNING AV DAGVATTENSYSTEMET

Allmänt

Förutsättningarna för lokal infiltration av dagvatten var mycket goda. Ur byggnadssynpunkt och genom de rådande topografiska förhållandena tvingades man att gräva ur två sjöar och en mosse inom flygplatsområdet. Dessa återfylldes sedan med sprängstensmassor med en sammanlagd volym av 1,3 milj. m³.

De sprängstensfyllningar som utnyttjas som infiltrationsmagasin för dagvatten kan indelas i tre områden, vars lägen framgår av översiktskartan på fig 1. Områdena är:

- Stationsområdet
- Stenstjärn
- Kroksjön

Principiell utformning av infiltrationssystemet

Vid utformning av ett system för dagvatteninfiltration kan man som ytterlighet tänka sig att infiltrera allt vatten i sprängstensfyllningen. Med hänsyn till bland annat dagvattnets föroreningsinnehåll och därmed sammanhängande igensättningsrisker har det dock bedömts fördelaktigare att i det aktuella fallet utforma systemet som ett klen, dvs hydrauliskt underdimensionerat, ledningsnät motsvarande en låg basbelastning med utnyttjande av partiell infiltration i sprängstensfyllningar för de höga, kortvariga toppavrinningarna.

Totalt sett dimensioneras avledningssystemet för att kunna klara regn av en viss vald intensitet, avrinningsintensiteten, vilken bestäms av den önskade säkerheten mot överbelastning. Stationsområdet med dess olika aktiviteter av tätortskaraktär har sålunda givits normal kommunalteknisk standard medan flygplatsens banområde givits en ur avrinningssynpunkt något lägre

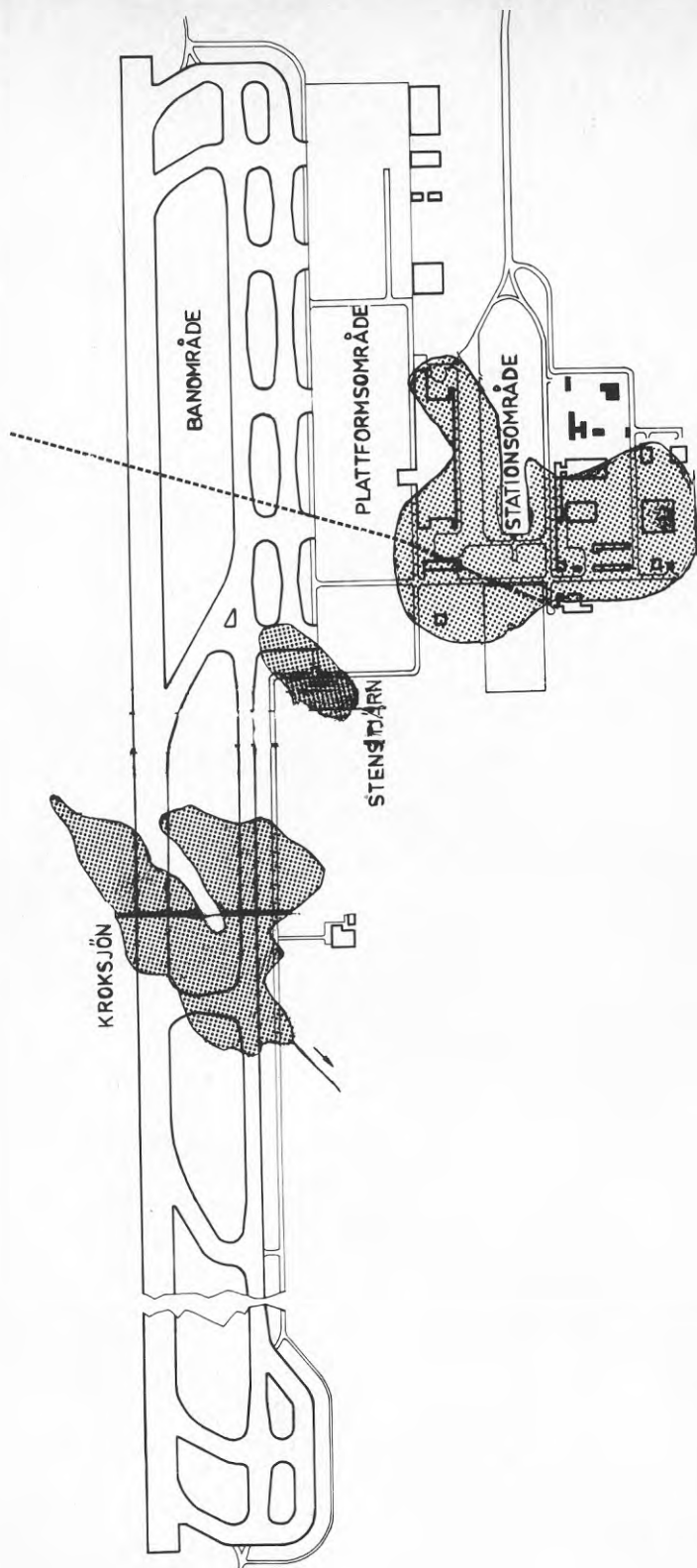


FIG. 1. Landvetter flygplats, översiktplan.

standard. Som underlag för dimensioneringen av det klenta ledningssystemet måste man känna till hur nederbörden under året fördelar sig på regn med olika intensiteter. Sådan information kan erhållas ur s k varaktighetsdiagram, jfr. fig 2.

Genom att reducera varaktighetskurvan med hänsyn till hur mycket av regnvattnet som rinner av i ledningarna är det möjligt att få en grov uppfattning om varaktigheten för dagvattenavrinningen.

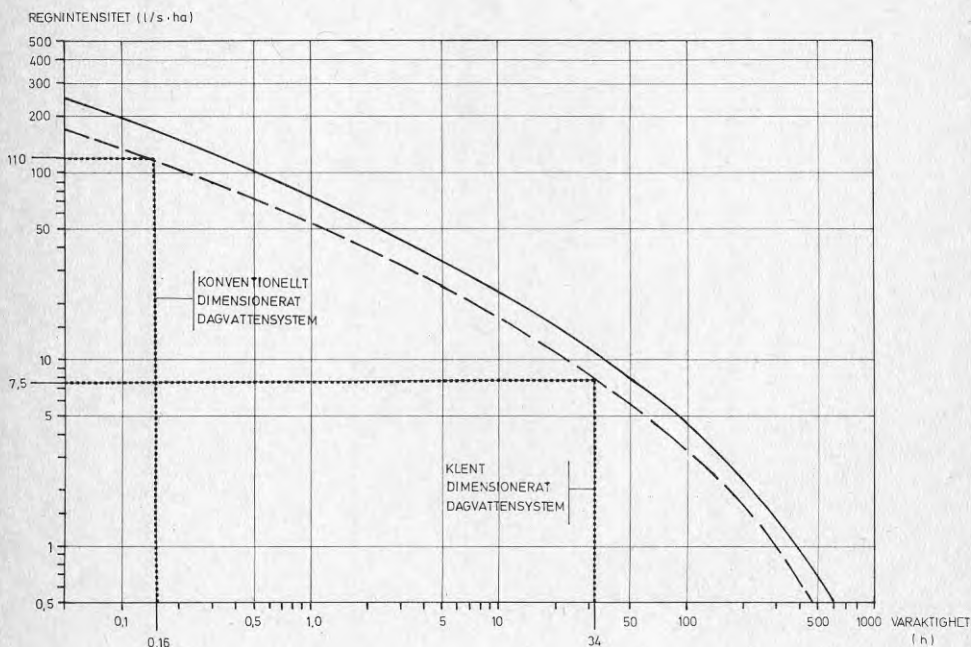


FIG 2. Varaktighetskurva för regn och avrinning.

Som framgår av fig 2 är det i allmänhet de intensiva regnen som används vid projektering av dagvattensystem. Dessa regn har en mycket kort sammanlagd varaktighet. Det kan också nämnas att denna typ av regn svarar mot en relativt liten del

av den totala regnvolymen.

Enligt fig 2 kommer det klena ledningssystemet vid Landvetters flygplats teoretiskt, att gå fullt under 34 timmar/år. För att kunna avleda mer intensiva regn måste ledningssystemet vara försett med bräddningsmöjligheter för det vatten som inte får plats i systemet. Inom flygplatsområdet har ledningssystemet försetts med 24 speciellt utformade infiltrationsbrunnar, se nedan. Dessa tillförs vatten så snart kapaciteten för det klena systemet överskrids,

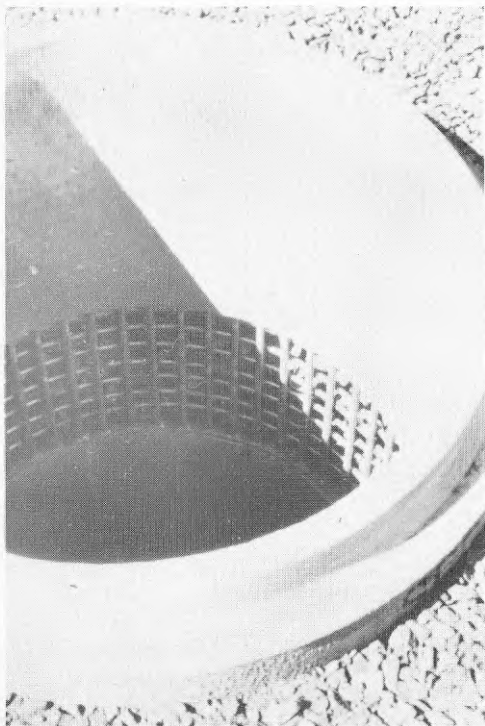


FIG. 3. Infiltrationsbrunn

Det vatten som infiltrerar i brunnarna kommer att samlas till grundvattenmagasin i de med sprängsten igenfyllda områdena inom flygplatsen. Med en anpassning av avtappningen genom de förutvarande sjöarnas naturliga utlopp kan fluktuationerna i grundvattenytan begränsas till mindre än 1.0 m. Som utjämningsvolym tjänar då endast den volym som motsvarar effektiva porvolymen inom den utnyttjade regleringshöjden i grundvattenmagasinen. Den totala utjämningsvolymen i flygplatsens sprängstensfyllningar är mycket stor och har beräknats motsvara den sammanlagda dagvattenavrinningen under flera månader.

Infiltrationsbrunnar

Med ledning av erfarenheter från de fältförsök som utfördes under byggnadstiden konstruerades en speciellt utformad infiltrationsbrunn för radiell infiltration i grunden. Brunnen består av prefabricerade betongringar med diametern \varnothing 1 000 där en av ringarna ersatts med en 0,5 och i vissa fall 1,0 m hög infiltrationsring, se fig. 3 och 4. Samtidigt som kravet på stor genomsläpplig area tillgodoses, har det bedömts vara fördelaktigt att utföra infiltrationsringen av ett nät av galvaniserat armeringsstål. Den under infiltrationsringen belägna brunnsringen har tät botten och tjänar som sand och slamfång.

Infiltrationsbrunnarna tillförs vatten genom en särskild överströmningsledning från det klen dimensionerade ledningsnätet. Överledningen anordnas så att endast det vatten som inte kan avledas genom det klen dimensionerade ledningsnätet leds till infiltration. Det är följaktligen endast de högsta avrinningstopparna som kommer att infiltrera i grunden medan ett basflöde, motsvarande den dimensionerande avledningsintensiteten, alltid kan avledas genom ledningsnätet.

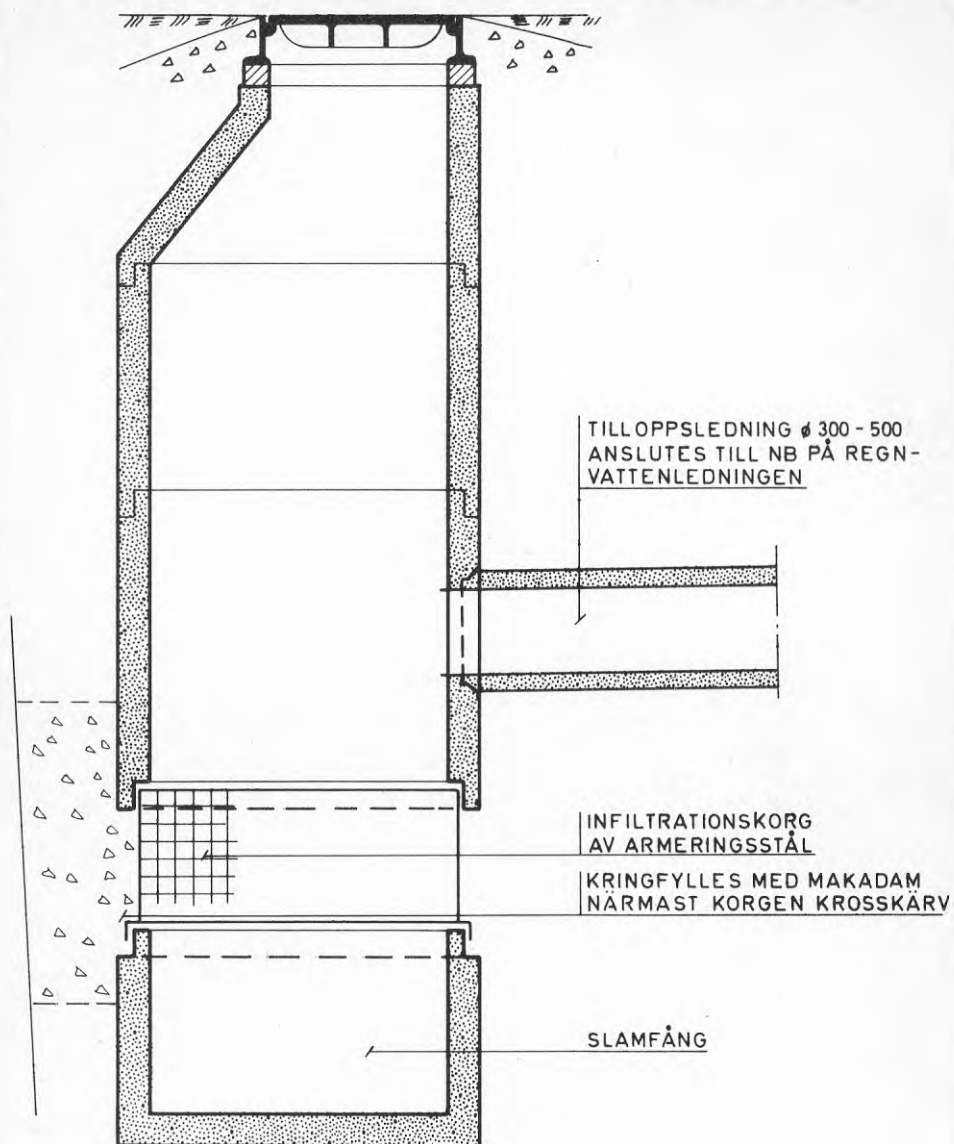


FIG 4. INFILTRATIONSBRUNN MED INFILTRATIONSKORG AV ARMERINGSSTÅL

FÄLTMÄTNINGAR

Allmänt

Inom ramen för driftuppföljningen av infiltrations-systemet vid Landvetter flygplats har vissa fältmätningar utförts. Dessa mätningar har utförts för att kunna jämföra den teoretiska dimensioneringen med funktionen i verkligheten. De fältmätningar som gjorts är:

- Nederbörd
- Temperatur
- Dagvattenavrinning
- Grundvatten och grundvattenprofil
- Ledningarnas fyllnadsgrad
- Temperaturfördelning i sprängstensmagasinet

Nederbörd

Eftersom vattenståndsförändringarna i sprängstensmagasinet sker relativt långsamt, är det vid analys av magasinsfunktionen tillräckligt att känna till den totala nederbörden under ett dygn. Från flygväderstationen på flygplatsen fås uppgifter om dygnsnederbörden. Det instrument som använts är en registrerande nederbördsräknare av typ GERTZ, se fig 5. Med detta instrument är det möjligt att lagra tids- och nederbördsimpulserna på hålremsor för senare bearbetning i dator.

Temperatur

Temperaturdata har erhållits från flygväderstationen vid flygplatsen. Eftersom uppgifterna främst skall utnyttjas i samband med snösmältningen har medeltemperaturen per dygn utnyttjats.

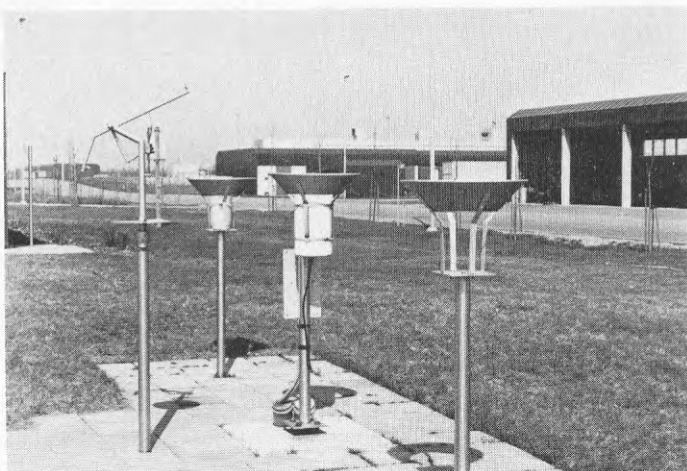


FIG 5. Nederbörds­mätare av typ GERTZ

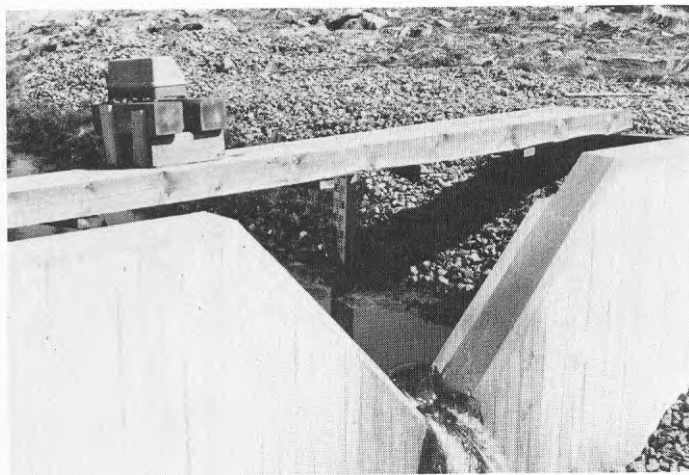


FIG 6. Mät­damm med Thomsenöverfall i utlopps­diket från flyg­plats­om­rådet.

Dagvattenavrinning

Dagvattensystemet är utformat så att allt avrinnande dagvatten från flygplatsen samlas till ett gemensamt utlopp, beläget vid Kroksjöns sydvästra ände. Från denna punkt avleds vattnet i ett ca 1 600 m långt dike fram till en speciellt uppbyggd mätdamm, se fig 6. Flödesmätningen sker genom uppmätning av vattenståndsvariationerna över ett Thomsons-kibord. Vattenståndet registreras kontinuerligt med utnyttjande av en trumpegel typ OTT. Detta är en flottörpegel av konventionell typ med mekanisk pappersframmatning. Registering sker veckovis, med manuellt byte av papper.

Förutom flödesmätningarna i utloppsdiket har dagvattenavrinningen från det ca 20 ha stora plattformsområdet registrerats. Även dessa mätningar har skett med ett Thomsons-kibord. Mätpunkternas lägen framgår av bilaga 1.

Grundvattenstånd och grundvattenprofil

De tre infiltrationsmagasinen står i hydraulisk förbindelse med varandra och dräneras ut genom Kroksjöns förutvarande naturliga utlopp. På grund av en allmän "tröghet" i systemet kommer grundvattenytorna i magasinen att ställa in sig på olika nivåer. Endast vid extremt långa torrperioder skulle det vara möjligt att grundvattenytorna ställer in sig på samma nivå.

För registreringen av grundvattenståndet har det bedömts tillräckligt att göra manuella observationer en gång per vecka i två av de magasinsbildande fyllningarna. De aktuella mätpunkternas lägen framgår av bilaga 2.

Förutom vid de nämnda punkterna har vid sex olika tillfällen gjorts en mer fullständig kartläggning av grundvattnets variationer inom olika delar av flygplatsområdet. Genom manuell

uppmätning av grundvattenståndet i 14 olika punkter har en grundvattenprofil kunnat konstrueras. De aktuella mätpunkternas lägen framgår av bilaga 3.

Ledningarnas fyllnadsgrad

Ledningarnas fyllnadsgrad har registrerats i 7 punkter inom flygplatsområdet. Mätpunkternas lägen framgår av bilaga 4.

Den utrustning som utnyttjats för kontroll av fyllnadsgraden har utvecklats speciellt för detta projekt. Apparaturens uppbyggnad är enkel. Den består av en drifttidsmätare, se fig.7, vilken erhåller impulser från en i ledningen placerad flottör. Flottören är försedd med en permanentmagnet som, när ett visst vattenstånd uppnås eller överskrids påverkar ett skreedrelä så att elektrisk kontakt erhålles. Med drifttidsmätaren registreras den sammanlagda tid som en viss vattennivå överskrids. Instrumentet drivs med ficklampsbatterier och någon nätanslutning erfordras således inte. Mätarna är mycket strömsnåla och kan gå över 1000 timmar utan batteribyte.

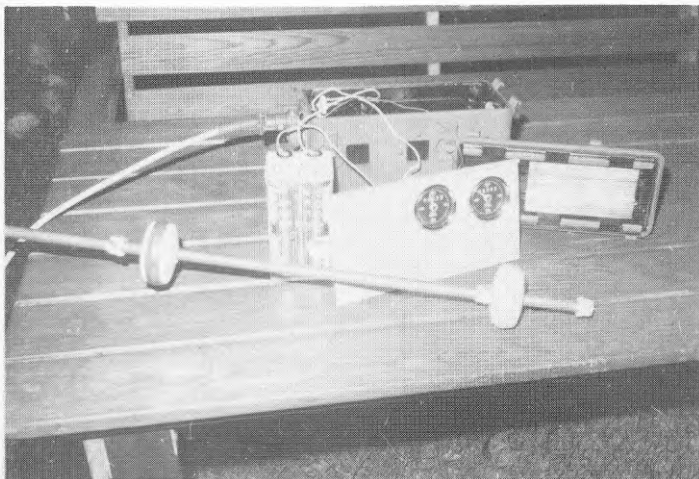


FIG 7. Drifttidsmätare för uppmätning av ledningarnas fyllnadsgrad.

De i projektet använda nivåindikatorerna är försedda med två resp. fyra drifttidsmätare vilket innebär att två eller fyra vattennivåer kan kontrolleras med samma instrument. Den principiella utformningen av nivåindikatorn framgår av fig 8.

I nedanstående tabell redovisas en sammanställning av de nivåer som kontrollerats med drifttidsmätarna.

Brunn	Diameter	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4
NB 37	300	VG+300	VG+600		
NB 102	600	VG+150	VG+300	VG+600	VG+900
NB 4	800	VG+400	VG+800		
NB 67	400	VG+400	VG+800		
N 2	500	VG+250	VG+500		
SB	500	VG+250	VG+500		
G1	1000	VG+250	VG+500	VG+1000	VG+1500

Tabell: Utnyttjade nivåer för drifttidsmätarna.

Temperaturfördelning i sprängstensmagasinet.

Bestämning av temperaturfördelningen i sprängstensmagasinet sker med hjälp av resistiva temperaturgivare som placerats på de aktuella mätpunkterna i samband med återfyllningsarbetet. Från de olika sönerna går ledningar upp till markytan där det temperaturberoende motståndet kan avläsas medelst en s k Wheatstones brygga, jfr fig 9. Mätutrustningen för temperaturmätningarna har en noggrannhet av $\pm 0,1$ °C.

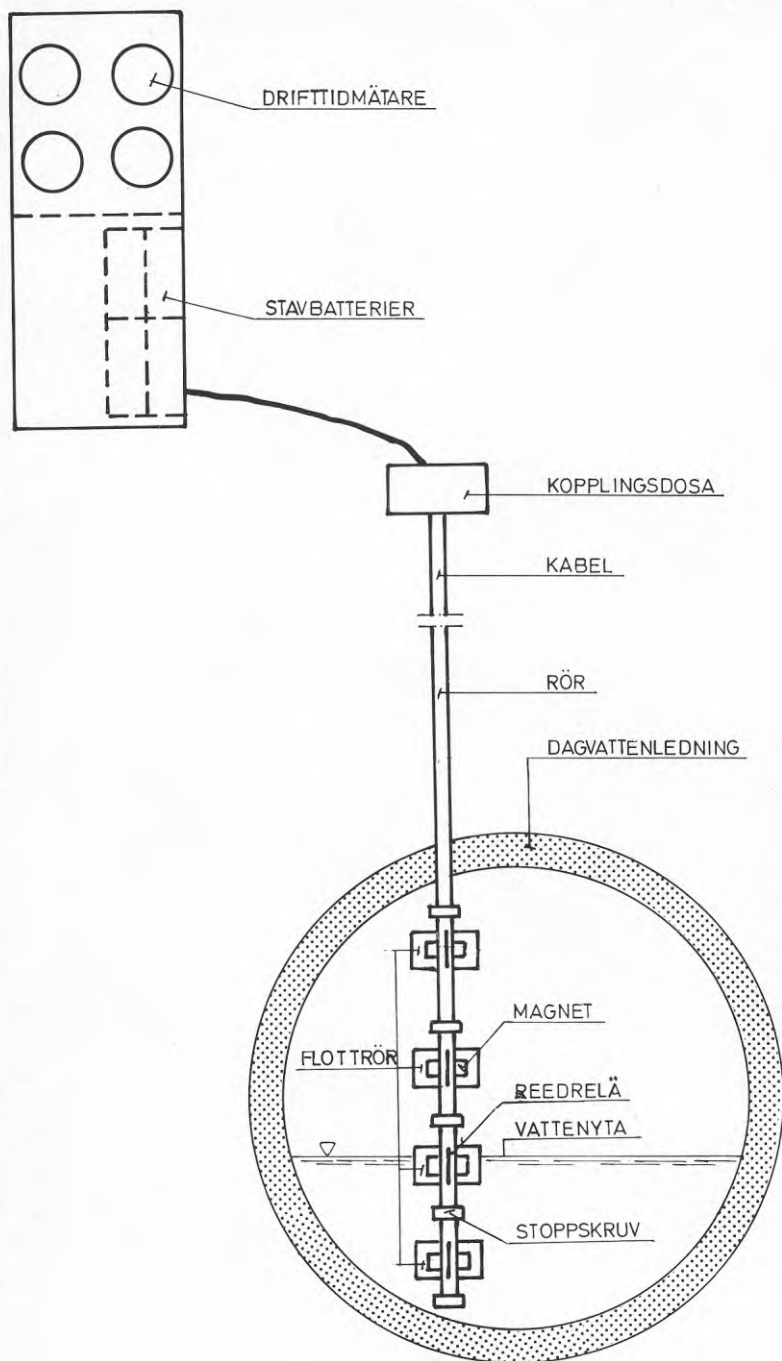


FIG 8. Principiell utformning av mätutrustning för uppmätning av dagvattenledningarnas fyllnadsgrad

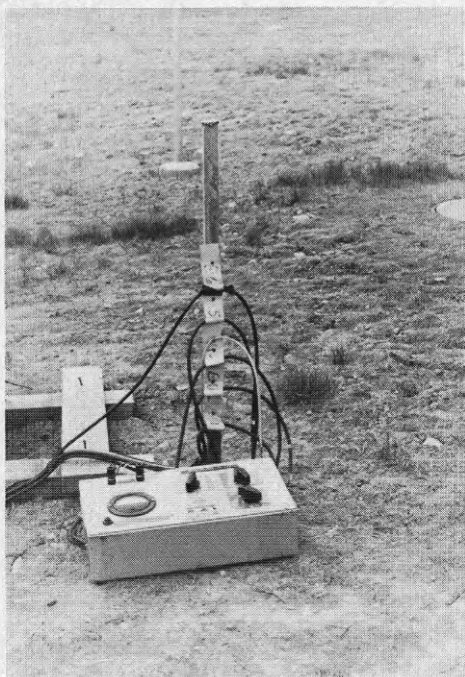
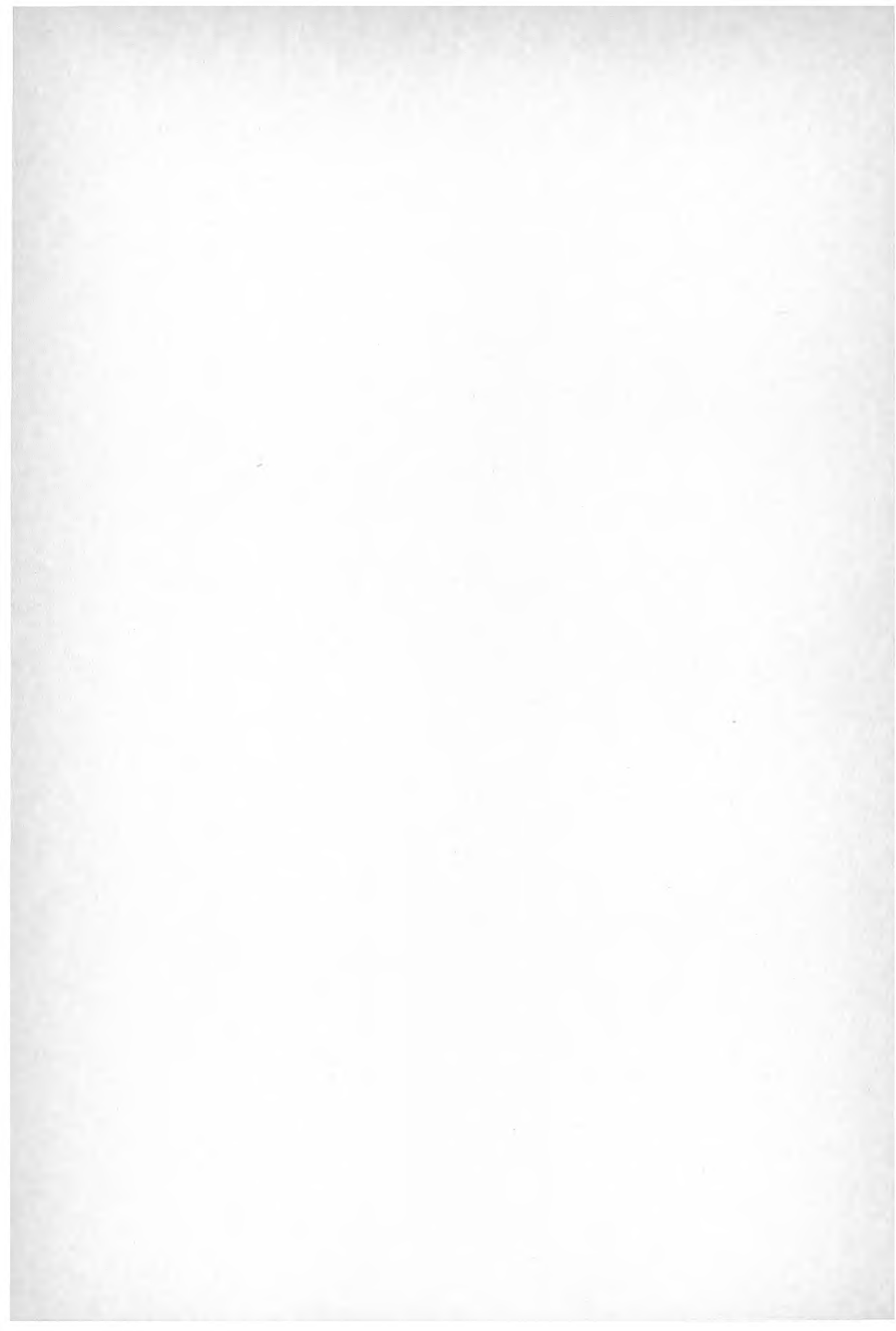


FIG 9. Temperaturmätning med
Wheatstones mätbrygga.

I denna studie har valts att närmare undersöka temperaturfördelningen i omedelbar anslutning till en dagvattenledning. Sonderna ligger på tre olika nivåer med den lägsta i höjd med dagvattenledningen. Genom att även placera sonder några meter vid sidan om ledningen kan temperaturspridningen i horisontal led studeras. Mätpunkternas lägen framgår av bilaga 5.



BESIKTNING AV INFILTRATIONSANLÄGGNINGEN

Allmänt

Under projektets gång har infiltrationsanläggningen i Landvetter besiktigats vid ett flertal tillfällen. Härvid har en hel del intressant information framkommit om bl a följande anläggningsdelar:

- Samlingsledningens utlopp i diket
- Mätdammen i utlopps diket
- Grundvattenbrunnar

Samlingsledningens utlopp i diket

Två rör mynnar i diket, ett för dagvattnet från det klena dimensionerade ledningssystemet och ett för avtappning av vatten från grundvattenmagasinet. Båge rören saknar skyddsgaller för öppningarna. Ett sådana bör i normala fall finnas, då man annars riskerar att djur kryper in i ledningarna. Nackdelen med skyddsgallren är att dessa fångar upp gräs och andra grövre föroreningar som transporteras med dagvattnet, vilket kan leda till oönskade uppdämningar i systemet. Med hänsyn till att hela flygplatsområdet är inhägnat har man därför valt att inte utnyttja skyddsgaller.

Man kan konstatera att stora mängder sand och slam sedimenterat i omedelbar anslutning till samlingsledningens utlopp i diket. Avlagringarna härrör från det klena dimensionerade dagvattensystemet. För att inte den vattenförande förmågan skall påverkas bör utlopps diket rensas, med vissa intervall.

Mätdammen i utlopps diket

I februari 1979 var flottören fastfrusen och decimeter-tjock is täckte skibordsdammen och mätöverfallet. Efter att ha knackat hål på isen kunde avrinningen i diket bestämmas till ca 25 l/s. Flottören hade varit fastfrusen under perioden 1978.12.07 - 1979.03.12. En mindre läcka hade uppstått på flottören vilket resulterat i att denna vid besiktningstillfället delvis var fylld med vatten. Denna skada har dock senare reparerats.

Grundvattenbrunnar

Vid ett besök vid flygplatsen i maj 1979 inspekterades samtliga de brunnar som utnyttjats för uppmätning av grundvattenprofiler, bilaga 3. Härvid kunde konstateras att brunnarna Ä3, Ä4, G2, G3, G4, G5 och P, vilka samtliga är belägna på den djupt liggande dräneringsledningen som förbinder grundvattenmagasinen i Stenstjärn och Kroksjön, var fyllda med ett decimetertjockt lager av flytslam.

Slammet består troligen av bakterier eller svampar som bildats på den stillastående vattenytan. De kan leva av näringsämnen såsom kväve, fosfat, sulfat eller av olja och andra mineralämnen.

RESULTAT AV FÖRETAGNA MÄTNINGAR

Allmänt

I det följande skall resultaten av de mätningar som företagits redovisas mer i detalj. I fig 10 har åskådliggjorts under vilken tidsperiod de olika mätningarna genomförts. Av figuren framgår att mätserierna ej är kompletta, vilket beror på olika former av driftstörningar.

Som exempel på driftstörningar kan nämnas nedisning och avbrutna ritstift vid flödesmätningarna, fuktinträngning i instrumentet och ansamling av skräp på flottören vid nivåregistreringarna i ledningsnätet.

Vid kortare driftavbrott har det i allmänhet varit möjligt att rekonstruera de saknade mätvärdena. Detta har skett med hjälp av mätdata från de övriga fungerande instrumenten, t ex flödesmätare, nederbörds-mätare etc. På detta sätt har det alltså varit möjligt att få en relativt lång sammanhängande mätperiod.

Nederbörd och temperatur

Uppgifter om dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur under undersökningsperioden redovisas tillsammans med övriga mätresultat i bilaga 6 och 7. Anledningen till att dessa uppgifter tagits med i undersökningen är att man härigenom kan förklara vissa variationer i övriga undersökta parametrar.

Vid samtal med flygväderstationens chefsmeteorolog Wisell framkom att den kontinuerligt registrerande nederbörds-mätaren endast fungerat tillfredsställande under perioden sept - nov 1978. Under övrig tid har störningar förekommit p g a statisk elektricitet.

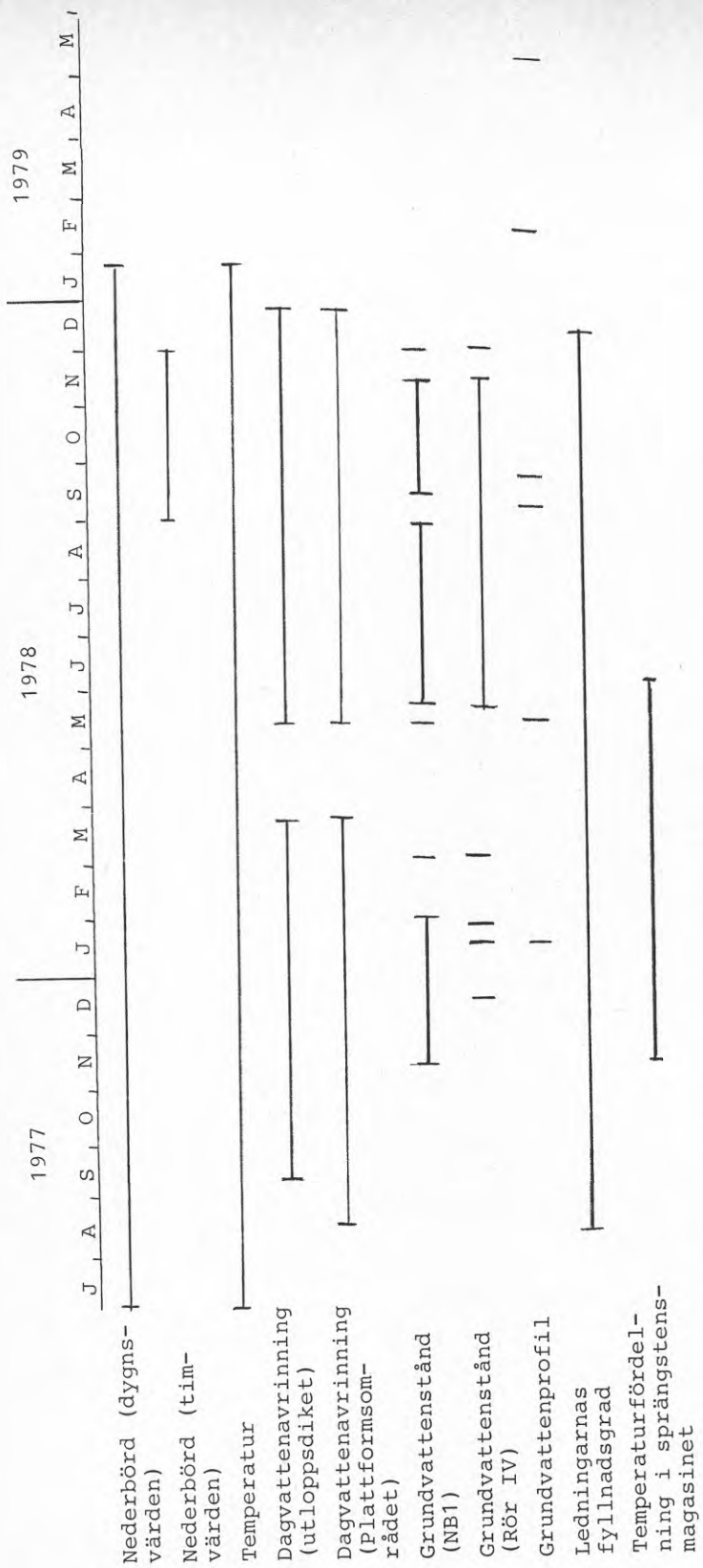


FIG 10. Översikt över företagna fältmätningar

Datorberäkning av avrinningsdata

Dagvattenavrinningen från flygplatsen har som tidigare berörts erhållits genom kontinuerlig registrering av vattenståndet över särskilda mätdammar. De insamlade vattenstånds-uppgifterna har sedan med hjälp av avbördningskurvan för dammens skibord räknats om till flöden. Detta arbete har skett med utnyttjande av dator.

Datorbearbetningen, som skett med VBB:s HP-dator, har omfattat följande moment:

- 1) Digitalisering av de registrerade vattenståndskurvorna.
- 2) Överföring av vattenstånd till flöden.
- 3) Beräkning av maximi-, minimi- och medelflöden under varje dygn.
- 4) Beräkning av varaktigheten av olika flöden.

Vid digitaliseringen fästes diagrampappret på datorns digitaliseringsenhet. Koordinataxlarna fixeras sedan med hjälp av två kända punkters koordinater, varefter digitaliseringen utfördes med utnyttjande av en kurvföljare. Denna förs längs den uppritade vattenståndskurvan. Ett godtyckligt antal punkter på kurvan kan nu automatiskt avläsas och lagras på datorns magnetband. I det här fallet har valts att göra avläsningen och därmed digitaliseringen med ett tidssteg av 1 timme. Den valda punkttätheten har bedömts vara fullt tillräcklig för den aktuella bearbetningen. Om vattenståndskurvan är mycket flack kan man med fördel minska punkttätheten till flera timmar. Om kurvan däremot varierar kraftigt kan det vara lämpligt att öka punkttätheten.

De inlästa vattenstånds-uppgifterna omräknas i datorn till flöden. För varje registrerat tidssteg skriver datorn ut motsvarande flödesvärde.

För omvandling från nivå (h cm) till flöde (q l/s) har följande avbördningsformel utnyttjats, vilken motsvarar ett skarpkantat triangulärt Thomsonöverfall.

$$q = 1.417 \cdot h^{2.5}/100$$

Nästa steg i datorbearbetningen var att med hjälp av de lagrade flödesuppgifterna ta reda på maximi- och minimiflöden under varje dygn. Detta erhöles relativt enkelt genom utsortering av det största respektive minsta värdet som förekommit under dygnet. Medelflödet under dygnet kan beräknas genom att approximera det verkliga flödesförloppet med en trappstegsliknande kurva, se fig 11.

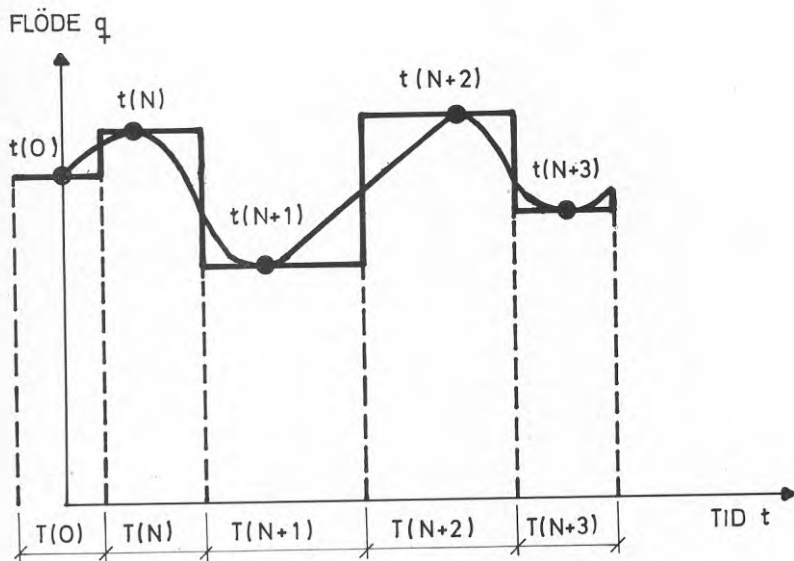


FIG 11. Flödeskurva

För varje digitaliserad mätpunkt beräknas en tillhörande stapelbredd genom formeln:

$$T(N) = \left[(t(N+1) - t(N-1)) \right] / 2$$

Detta går bra för alla punkter utom för den första i varje mätserie. Stapelns bredd har i detta fall beräknats med formeln:

$$T(0) = t(N) - t(0)$$

Teoretiskt innebär detta att man inför ett litet fel i beräkningarna. I praktiken är detta dock försumbart. Medelflödet under dygnet erhålls nu med hjälp av formeln:

$$Q_{\text{med}} = \left[T(0) \cdot q(0) + \sum_1^N T(N) \cdot q(n) \right] / 24$$

Dagvattenavrinning i utloppsdiket

Den enligt ovan beräknade dagvattenavrinningen har ritats upp i bilaga 6. I diagrammet redovisas maximi-, minimi- och medelflöden under varje dygn.

Avrinningstopparna är som regel mycket kortvariga. Detta framgår tydligare av bilaga 7 där den största flödestoppen som inträffat under undersökningsperioden ritats upp i större skala. Det kan i detta sammanhang nämnas att flöden överstigande 1000 l/s endast har uppmätts vid tre tillfällen (1045 l/s. 1030 l/s och 1013 l/s).

När det gäller medel- och minimiflöden varierar dessa inte lika kraftigt som maximiflödena. Speciellt minimiflödena ligger på en relativt konstant nivå.

För att få en mer överskådlig bild av hur flödena varierat under olika årstider har maximi- och medelflödena beräknats för varje månad. Materialet har illustrerats grafiskt i fig 12. Man kan av figuren utläsa att medelflödet antar de högsta värdena under snösmältningen och under höstregnen. Förklaringen härtill är att medelflödet i första hand påverkas av perioder med ihållande regn. De relativt kortvariga sommarregnen med hög intensitet ger således ingen markant ökning av medelflödet. Maxflöden däremot tycks påverkas av såväl snösmältning, sommarregn som höstregn.

En jämförelse mellan avrinning och nederbörd enligt bilaga 6, visar att varje nederbördstopp har sin motsvarighet i dagvattenavrinningen. Någon större tidsförskjutning mellan nederbörd och avrinning finns inte, vilket tyder på att avrinningsförloppet sker relativt snabbt.

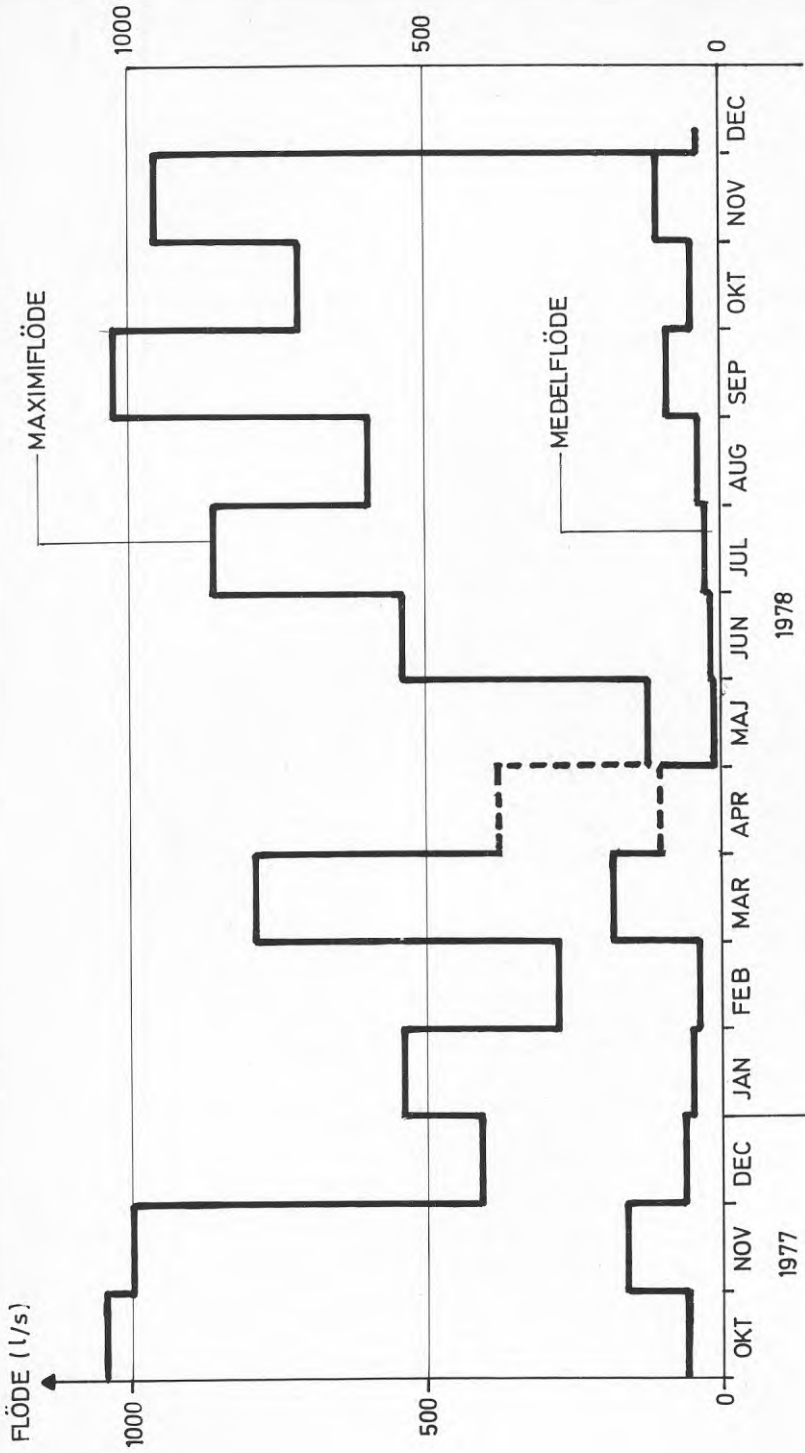


FIG 12. Månadsvärden av max - medelflöde

Under de vintermånader då temperaturen ligger under 0°C blir avrinningen mycket jämn utan några flödestoppar. Så fort snösmältningen kommer igång, dvs då dygnsmedeltemperaturen överstiger 0°C , ökar avrinningen markant. Om temperaturen återigen skulle sjunka under 0°C avstannar snösmältningen. Detta har exempelvis skett under perioden 78.02.01-78.04.01, se bilaga 6.

Varaktigheten av olika flöden från flygplatsen har beräknats med utgångspunkt från de digitaliserade flödesuppgifterna för varje tidssteg. Resultatet redovisas i bilaga 8 i form av två varaktighetskurvor. En av kurvorna är uppritad i linjär skala och den andra i dubbellogaritmisk skala. Den mätperiod som omfattas av varaktighetsanalysen sammanfaller med perioden för de genomförda flödesmätningarna i utloppsdammen. Det rör sig om sammanlagt 9648 timmar. Av varaktighetskurvorna framgår att de stora flödena har mycket kort varaktighet. Några karakteristiska värden redovisas i nedanstående tabell.

Flöde l/s	Varaktighet för avrinningen	
	(timmar)	(%)
3	9648	100
20	8740	91
50	4327	45
100	1768	18
200	680	7
500	156	2
1000	5	-

Tabell: Varaktighet av dagvattenavrinningen i utloppsdiket

Dagvattenavrinning från plattformsområdet

På motsvarande sätt som för utloppsdiket har dagvattenavrinning från plattformsområdet beräknats. Resultatet redovisas i diagramform i bilaga 9. Överensstämmelsen mellan nederbörd och avrinning är mycket god. Endast ett fåtal gånger har dagvattenavrinningen varit större än 250 l/s. Som exempel kan pekas på den avrinnings-topp, som inträffade strax före måndasskiftet februari mars 1978. Trots mycket måttlig nederbörd uppgick det maximalt uppmätta flödet till över 500 l/s. Förklaringen härtill är att nederbörden inträffat i samband med snösmältning varvid även tidigare ackumulerad nederbörd avrunnit till dagvattensystemet.

Varaktigheten av olika flöden från plattformsområdet har beräknats och redovisas i nedanstående tabell.

Flöde (l/s)	Varaktighet för avrinningen	
	(timmar)	%
0	11358	100
20	776	7
50	305	3
100	118	1
150	50	-
200	17	-
250	4	-
550	3	-

Tabell: Varaktighet av dagvattenflöden från plattformsområdet.

Grundvattenstånd

Uppmätning av grundvattenståndet har dels skett i stenfyllningen som finns inom stationsområdet (NB 2), dels i Kroksjömagasinet (Rör IV). De insamlade vattenståndsuppgifterna har sammanställts i bilaga 6. Som framgår av bilagan saknas tillförlitliga värden på grundvattenståndet under perioden febr.-maj 1978. Kurvan över grundvattenståndsvariationerna har dock under denna tid approximerats med en streckad linje.

Grundvattenståndet skall enligt beräkningsförutsättningarna för dagvattensystemet inom flygplatsområdet normalt inte överstiga nivån 148,5 m. Detta har dock med säkerhet inträffat vid minst tre tillfällen: nov 1977, sept 1978 och nov 1978. I alla tre fallen rör det sig om perioder med kraftig nederbörd. Även snösmältningen har sannolikt medfört en förhöjning av grundvattenståndet. Hur stor denna har varit går inte att säga eftersom tillförlitliga mätdata saknas för denna period.

Som framgår av bilaga 6 ligger grundvattenytan inom stationsområdet (NB 2) alltid högre än inom Kroksjömagasinet (Rör IV) samt uppvisar större vattenståndsvariationer. Detta är naturligt eftersom Kroksjömagasinet är direkt anslutet till utloppsdiket från flygplatsen. När det däremot gäller stationsområdet måste grundvattnet från detta magasin först passera Stenstjärn och Kroksjön innan det når utloppet. På grund av en naturlig tröghet i systemet kommer grundvattenytorna vid regntillfällen att ställa in sig på olika nivåer.

Om man jämför grundvattenståndsobservationerna med de nederbördsräkningar som gjorts inom flygplatsområdet kan man notera att topparna ligger förskjutna i tiden. Det tar alltså en viss tid innan grundvattenståndet påverkas.

Grundvattenprofiler

Som tidigare berörts har grundvattenståndets variationer inom olika delar av flygplatsområdet studerats genom uppmätning av sk grundvattenprofiler. Detta har skett vid 6 tillfällen under undersökningsperioden, se bilaga 10. Varje uppmätning har omfattat två profiler, en kortare från utloppsdiket till de centrala delarna av Kroksjömagasinet (Z - Ä2) och en längre från utloppsdiket till grundvattenmagasinet inom stationsområdet (Z - NB2), se bilaga 3.

Grundvattnet på sträckan Z - Ä2 låg vid samtliga mättillfällen mellan sänkingsgränsen 147,0 och nivån 147,5. De relativt måttliga vattenståndsvarianterna tyder på en god samverkan och hydraulisk förbindelse mellan olika delar av grundvattenmagasinet på den aktuella sträckan.

På den ca 1,6 km långa sträckan Z - NB2 sker en relativt jämn avsänkning av grundvattenytan från Stationsområdet och till Kroksjömagasinet. I nedströmsänden av den uppmätta profilen sker en relativt snabb förändring av grundvattenståndet. Detta inträffar mellan brunnarna Ä3 och Z och indikerar att den hydrauliska förbindelsen på denna sträcka inte är fullt tillfredsställande. Som följd härav får man en uppdämning av vatten i grundvattenmagasinen inom Stenstjärn och Stationsområdet. En förklaring kan vara att de lösa massorna i Kroksjön från icke urgrävda områden under återfyllningen med sprängsten pressats in i områden där urgrävning skett, dvs under belagda ytor.

Ledningarnas fyllnadsgrad

Utvärdering av fyllnadsgraden för ledningarna är relativt osäker, eftersom den tidsperiod som kan utnyttjas är i kortaste laget. För att få ett tillförlitligt resultat bör man kräva en sammanhängande mätperiod på åtminstone ett år. Den apparatur som utnyttjats har funnits på plats från 1977-08-02 och fram till 1978-11-23. Under den aktuella perioden har vissa mätare tidvis gett osäkra mätresultat. Detta beror framför allt på fuktinträngning i instrumenten, vilka är placerade i nedstigningsbrunnar på ledningsnätet. Genom att placera blågel i instrumentlådorna har försök gjorts att komma tillrätta med fuktproblemen. Detta kräver dock att man med vissa intervall byter ut blågelkristallerna. En annan orsak till de osäkra mätresultaten har varit ansamling av skräp på flottörerna, vilket fått till följd att dessa inte kan följa med snabba vattenståndsförändringar i dagvattenssystemet.

Den tillförlitliga mätperioden varierar ganska kraftigt från instrument till instrument. Med hänsyn härtill har det varit nödvändigt att vid utvärderingen sortera fram sådana perioder då flera instrument varit igång samtidigt. Sålunda har för brunnarna NB 37, SB och G1 ett helt år (= 8 760 h) kunnat utnyttjas. Vidare har under ett halvår (4 200 h) mätdata utnyttjats från samtliga instrument utom N2. I tabellen på nästa sida redovisas en sammanfattning av de erhållna mätresultaten. Av tabellen framgår hur många timmar ledningarna gått fulla under de aktuella mätperioderna.

MÄTPERIOD (timmar)	G 1 Ø 1000	SB Ø 500	N2 Ø 500	NB102 Ø 600	NB4 Ø 800	NB37 Ø 300	NB67 Ø 400
4 200	1,29	0,37	-	16,47	1,49	3,56	2,57
8 760	6.07	0,19	-	-	-	2,12	-

Tabell: Sammanställning över hur många timmar ledningarna gått fulla under två angivna mätperioder.

Det kan anmärkas att de två utnyttjade mätperioderna inte överlappar varandra. Detta är förklaringen till att ledningarna under den kortare mätperioden i vissa fall gått fulla längre tid än under den längre mätperioden.

Enligt fig 2 skulle ledningssystemet under ett medelår gå fyllt ca 34 timmar. Dessa värden har erhållits för en dimensionerande avrinningsintensitet av 7,5 l/s·ha. Årsnederbörden under ett medelår uppgår till 940 mm, i detta område, vilket skall jämföras med nederbörden 840 mm som uppmätts under det studerade året. Som framgår av tabellen har det klen dimensionerade ledningssystemet endast gått fullt mellan 0,19 och 6,07 timmar under det aktuella året. Detta är betydligt kortare tid än vad de teoretiska beräkningarna visar. Man kan vidare konstatera att fyllnadstiden varierar kraftigt mellan olika brunnar. Förklaringen till dessa iakttagelser är bl a:

- 1) Osäkerhet i den angivna regnvaraktighetskurvan. Kurvan baserar sig på uppmätningar som gjorts av Göteborgs VA-verk och avser förhållandena i Göteborg.
- 2) Osäkerhet i den konstruerade varaktighetskurvan för avrinning i dagvattensystemet. Kurvan har konstruerats under antagande av en konstant avrinningskoefficient ($\varphi = 0,7$) oberoende av regnintensiteten.
- 3) Avvikelse från medelårsförhållanden. Som redovisats ovan var nederbörden under det studerade året 100 mm mindre än för ett medelår.

- 4) Skiftande dimensionerande avrinningsintensiteter för olika delar av dagvattenssystemet. Ledningssystemet inom Stationsområdet har dimensionerats för en avrinningsintensitet av $7,5 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$. När flödet i ledningarna överstiger detta värde skall uppdämning ske och flödestoppar ledas till infiltration. Eftersom ledningssystemet är uppbyggt av rör med standarddimensioner kommer ledningarnas specifika avbördningskapacitet naturligtvis inte alltid att vara exakt $7,5 \text{ l}\cdot\text{ha}$ utan pendla kring detta värde.
- 5) Varierande avrinningsförhållanden inom olika delar av flygplatsområdet. Vissa ytor, som reserverats för framtida utbyggnader, är ännu inte asfalterade. Dagvattnet tränger här direkt ned i grundvattenmagasinet och belastar således inte dagvattenledningarna.
- 6) Avrinningshastigheten på markytan. Stationsområdet har med några undantag mycket flack lutning. Detta innebär att ytavrinningen härifrån sker relativt långsamt. Eftersom det inte är praktiskt möjligt att göra helt plana ytor kommer man alltid att få en viss magasinering av vatten i svackor o dyl. Ytmagasinet storlek ökar med minskande lutning på den aktuella ytan. Hur snabbt ledningssystemet kommer att belastas beror på avståndet till rännstensbrunnarna.

Exakt vid vilken tidpunkt dagvattenssystemet gått fullt går inte att med bestämdhet säga eftersom avläsning av instrumenten för registrering av fyllnadsgraden endast gjorts ungefär en gång i veckan. Under perioden sept-nov 1978 har man vid flygplatsens meteorologiska station haft kontinuerlig registrering av nederbörden, d v s även för kortare tidsintervall än ett dygn. Eftersom det i allmänhet är de intensiva regnen med kort varaktighet som ger de största dagvattenflödena har en detaljstudie av ledningarnas fyllnadsgrad genomförts under den

aktuella perioden. Härvid har mätinstrumenten i brunnarna NB 37, SB och G1 analyserats närmare. Resultatet av denna bearbetning redovisas i bilaga 11. I diagramform redovisas där nederbörden uppdelad på 1-timmarsintervall. Vidare anges i diagrammet när och under hur lång tidsperiod ledningarna gått helt eller delvis fyllda. Man kan konstatera att ledningarna endast går fyllda under mycket kort tid och bara under de allra kraftigaste regnen.

Temperaturfördelning i sprängstensmagasinet

Registrering av hur marktemperaturen varierat i närheten av en dagvattenledning har skett under perioden november 1977 - maj 1978. Mätpunkternas lägen redovisas i bilaga 5 och resultatet av mätningarna i bilaga 12. Som framgår av diagrammen i bilaga 12 varierar temperaturen i sprängstensfyllningen relativt långsamt och påverkas inte av de snabba växlingar som förekommer i lufttemperaturen. Man kan konstatera att marktemperaturen är högst i de djupast belägna mätpunkterna. Den lägre temperaturen närmare markytan beror naturligtvis på inverkan av låg lufttemperatur.

Mätpunkter belägna på samma nivå fast på olika avstånd från dagvattenledningen uppvisar i allmänhet ungefär lika stor temperatur. Detta gäller inte under snösmältningen då ledningssystemet tillförs nollgradigt vatten. Vid dessa tillfällen får man en markant nedgång i temperaturen vid den mät punkt som ligger närmast dagvattenledningen. Detta gäller alla de tre studerade nivåerna.

Man kan av den företagna undersökningen dra slutsatsen att brunnslock och rännstensbrunnar har förmåga att ganska effektivt förhindra den kalla utomhusluften att tränga ned i dagvattensystemet. Ledningarna fungerar alltså inte som kylelement för den omgivande marken, vilket man ibland konstaterat för öppna brunnar.

SAMMANFATTANDE SYNPUNKTER

Allmänt

Till följd av hårdgöring av mark vid anläggandet av Landvetter flygplats blir den samlade momentana dagvattenavrinningen från området mycket stor. Genom att utnyttja partiell infiltration av dagvatten i de mäktiga sprängstensfyllningar som finns inom flygplatsområdet har det varit möjligt att utjämna flödestoppar i avrinningen. Ledningssystemet för dagvatten har således kunnat dimensioneras för en mycket liten avrinning. Med hänsyn till de gynnsamma förutsättningarna för infiltration har ledningssystemet givits en så låg avrinningsintensitet som 7,5 l/s·ha. Detta är ungefär 10 gånger mindre än ett konventionellt dimensionerat system. När dagvattenavrinningen över-skrider den dimensionerande avrinningsintensiteten sker bräddning av flödestopparna till grundvattenmagasinen. Bräddningen sker genom speciellt utformade infiltrationsbrunnar.

För att kontrollera funktionen av det aktuella infiltrationssystemet har en rad mätningar företagits inom flygplatsområdet. Dessa har omfattat följande parametrar:

- Nederbörd
- Temperatur
- Avrinning
- Grundvattenstånd och grundvattenprofiler
- Ledningarnas fyllnadsgrad
- Temperaturfördelningen i sprängstensmagasinet

Genom de mätningar som gjorts kan man konstatera att nederbörden och avrinningen följs åt relativt väl. Under perioder med snösmältning inverkar naturligtvis även temperaturen.

Tidvis har vattenståndet i grundvattenmagasinen legat relativt högt. Således har inom stationsområdet nivån 148,5 överskridits vid minst tre olika tillfällen. Anledningen härtill är att det inom stationsområdet finns stora obelagda ytor vilka reserverats för framtida utbyggnader. En framtida hårdgöring av dessa ytor

kommer att medföra att grundvattenståndsvariationerna blir mindre utpräglade.

En annan orsak till att nivån +148,5 överskridits är att det finns en "trång sektion" i den hydrauliska förbindelsen mellan olika delar Kroksjömagasinet. Den troligaste förklaringen till detta är att organiskt material trängt ut i sprängstensfyllningen i de urgrävda partierna.

Resultatet från fyllnadsnivåmätningarna visar att det klena ledningssystemet gått fullt mycket kort tid. Fyllnadsgraden varierar kraftigt mellan olika mätpunkter. Enligt teoretiska beräkningar skulle systemet gått fullt ungefär 34 timmar per år. Skillnaden beror bl a på att ledningssystemet för närvarande är lågbelastat. När samtliga ytor inom stationsområdet i framtiden är belagda kommer skillnaden mellan verkligt uppmätta och teoretiskt beräknade fyllnadstider att minska.

En ytterligare minskning av dagvattenledningarnas kapacitet skulle medföra en höjning av grundvattennivån. Dessutom skulle större mängder slam tillföras grundvattenmagasinet. Vid projekteringen har det alltså gällt att göra en avvägning av hur mycket dagvatten som skall avledas i ledningar respektive som skall infiltrera i grunden. De två faktorer som varit avgörande vid val av dimensionerande intensitet är dagvattnets kvalitet och grundvattenmagasinens kapacitet.

Förslag till åtgärder

I samband med den företagna driftuppföljningen av infiltrations-systemet vid Landvetters flygplats har framkommit vissa förhållanden som på sikt kommer att kräva åtgärder för att driftstörningar inte skall uppträda. Sålunda föreslås:

- 1) Rensning och borttransport av material som samlat sig vid dagvattenhuvudledningens utlopp i diket.
Avlagringarna i diket kan så småningom förorsaka oönskade uppdamningar i dagvattensystemet.
- 2) Vid besiktning av brunnarna på dräneringsledningen mellan Stenstjärn och Kroksjön kunde konstateras att de flesta av dessa innehöll ett tjockt lager flytslam. De aktuella brunnarna bör slamsugas.
- 3) Vid uppmätning av grundvattenprofiler noterades en trång sektion med dålig vattenförande förmåga på sträckan Ä3 - Z. För att åstadkomma en avsänkning av grundvattenytan har gjorts en håltagning i brunn G2 på dagvattenhuvudledningen. Åtgärden har dock inte givit avsett resultat. Man bör därför undersöka möjligheterna att företa en mer effektiv åtgärd.
- 4) Kontroll av dräneringsledningens vattengenomsläpplighet. Sannolikt är denna delvis fylld med sand o dyl. från byggnadstiden. Det kan alltså bli nödvändigt att företa högtryckspolning av ledningen för att öka dess kapacitet.

Framtida driftkontroll

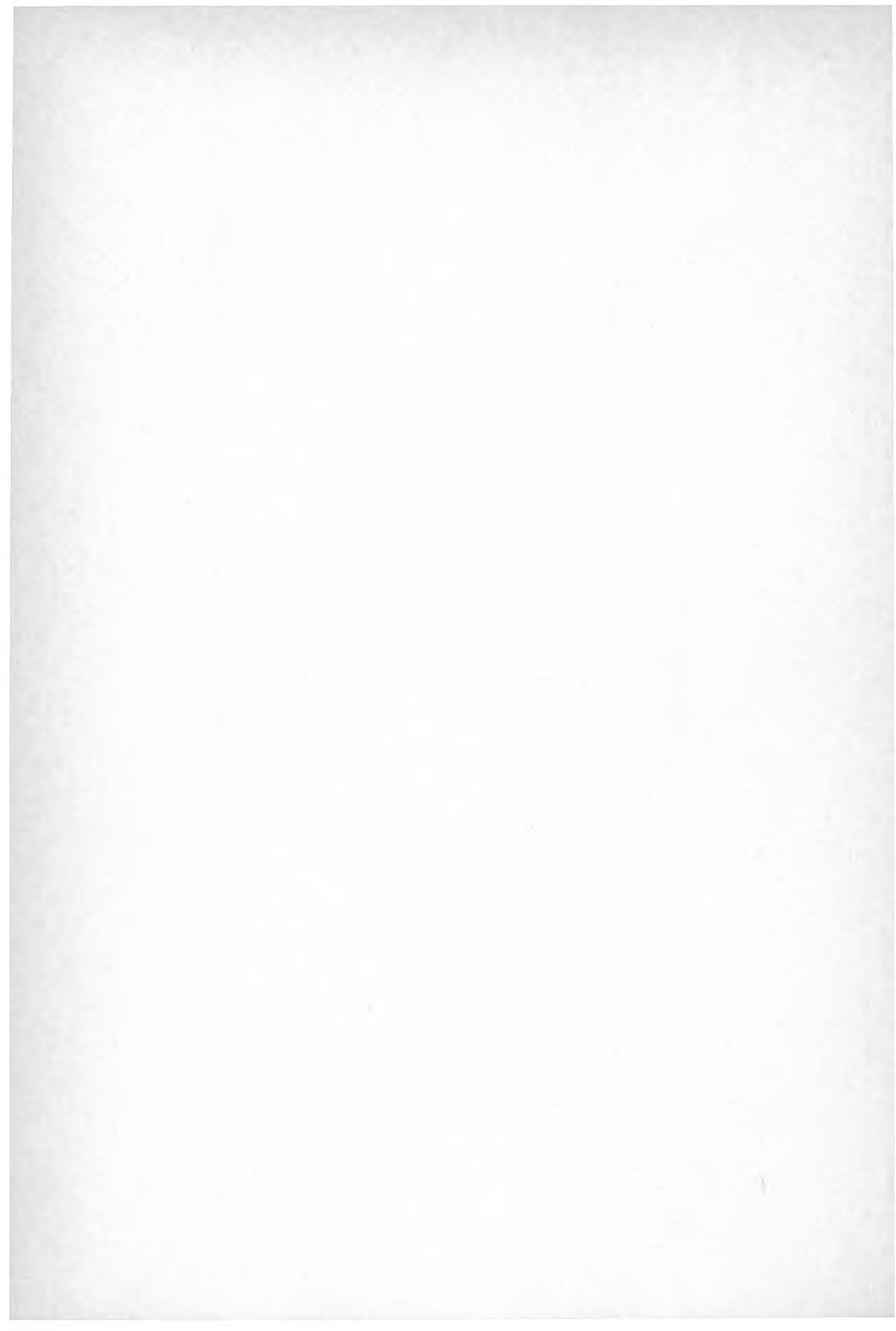
För att ett infiltrationssystem skall fungera som det är avsett krävs ett visst kontinuerligt underhåll. För den här aktuella anläggningen föreslås följande driftkontrollprogram.

- 1) Uppmätning av grundvattenprofiler fyra gånger per år. Resultatet bör redovisas enligt bilaga 10. Mätningarna utförs i de brunnar som finns på dräneringsledningen mellan stationsområdet och Kroksjön. Genom denna åtgärd kan man få en indikation om infiltrationssystemets funktion.

- 2) Flödesmätning vid mätdammen i utloppsdiket. För att få en uppfattning om föroreningsinnehållet i dagvattenavrinningen från flygplatsen företas vissa provtagningar på vattnet. Resultaten av dessa är av begränsat värde om man inte samtidigt mäter flödena.
- 3) Kontroll av slamnehåll i infiltrationsbrunnar och grundvattenbrunnar bör genomföras minst 1 gång per år. Vid behov företas slamsugningar.
- 4) Kontroll av slamavlagringar i utloppsdiket. Vid behov företas rensningar.
- 5) Kontroll av fuktionen hos plattformsområdets oljeavskiljare.

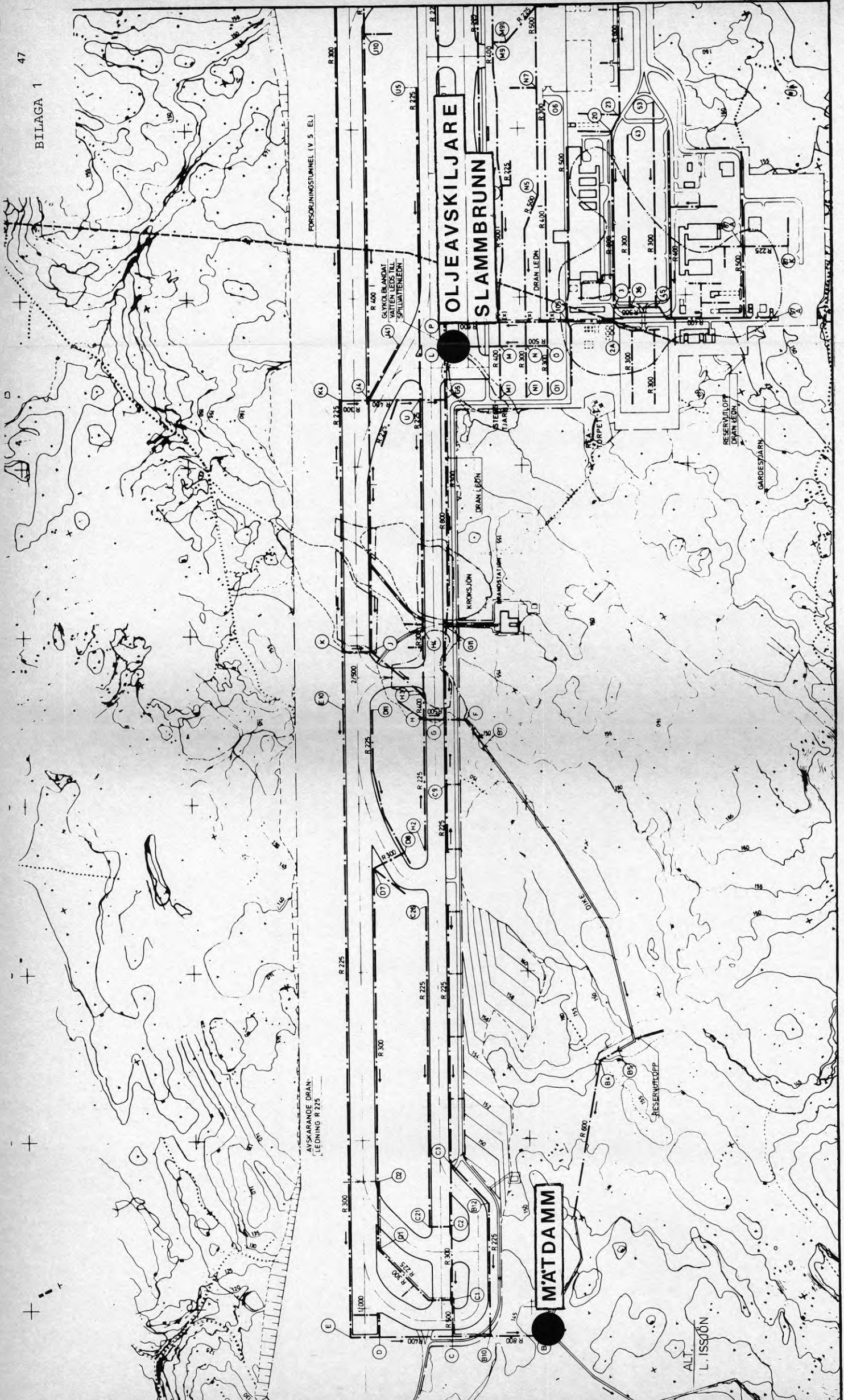
REFERENSER

1. Lars-Eric Janson, Gunnar Pettersson och Peter Stahre:
Dagvatteninfiltration, program för driftuppföljning 1976.
2. VBB: Förslag till dagvattenavledning med partiell infiltration
i sprängstensfyllning. Göteborg - Landvetters flygplats 1975.
3. Peter Stahre: A system for infiltration of peak flows of
urban run off. 1977. Opublicerad.
4. Peter Stahre, Svante Torell: Infiltration av dagvatten. KTH
Vattenvårdsteknik. Rationella avloppssystem, meddelande 5,
1978.



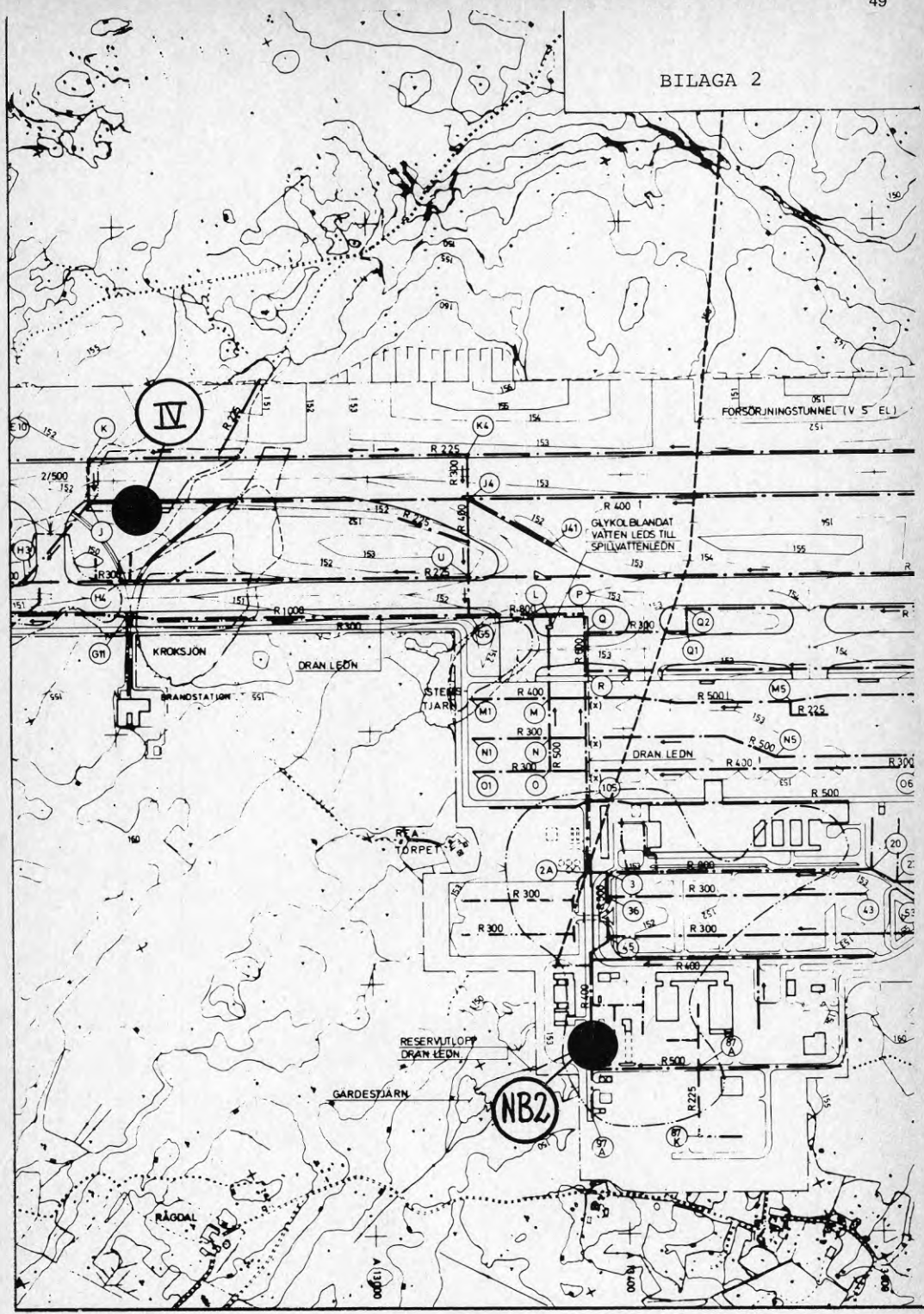
FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

1. Översiktskarta med inlagda mätpunkter för dagvattenavrinningen.	47
2. Mätpunkter för grundvattenstånd	49
3. Mätpunkter för grundvattenprofil	50
4. Mätpunkter för registrering av ledningarnas fyllnadsgrad	51
5. Mätpunkter för registrering av temperaturfördelningen i sprängstensfyllningen kring en dagvattenledning.	52
6. Dagvattenavrinning i utloppsdiket från flygplatsen	53
7. Den största flödestopp som uppmätts i utloppsdiket från flygplatsen	57
8. Varaktighetskurva för dagvattenavrinningen i utloppsdiket	58
9. Dagvattenavrinning från plattformsområdet	61
10. Grundvattenståndsprofiler	65
11. Ledningarnas fyllnadsgrad	67
12. Temperaturfördelning i grunden	69



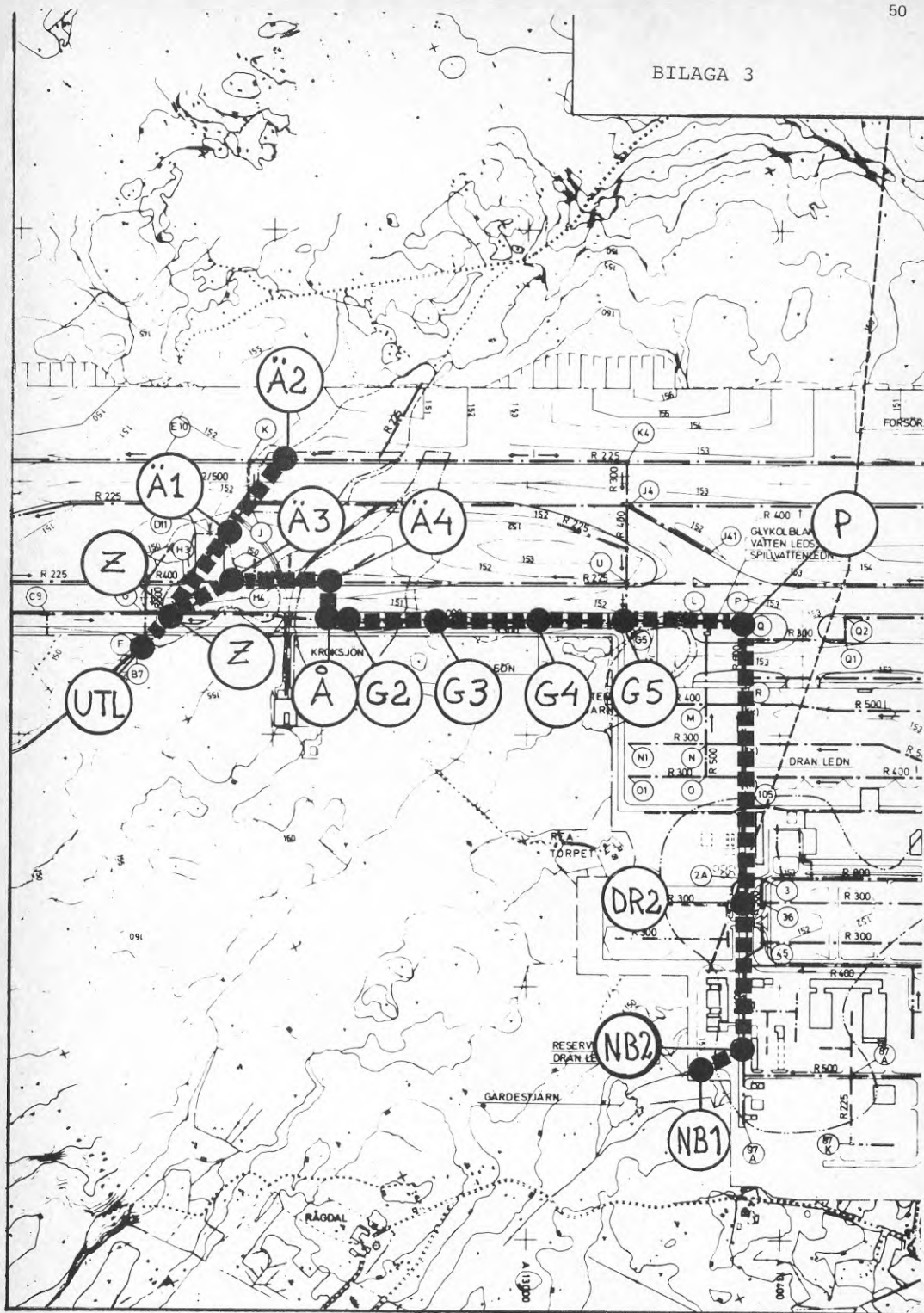
Översiktskarta med inlagda mätpunkter för
dagvattenavrinning.

BILAGA 2



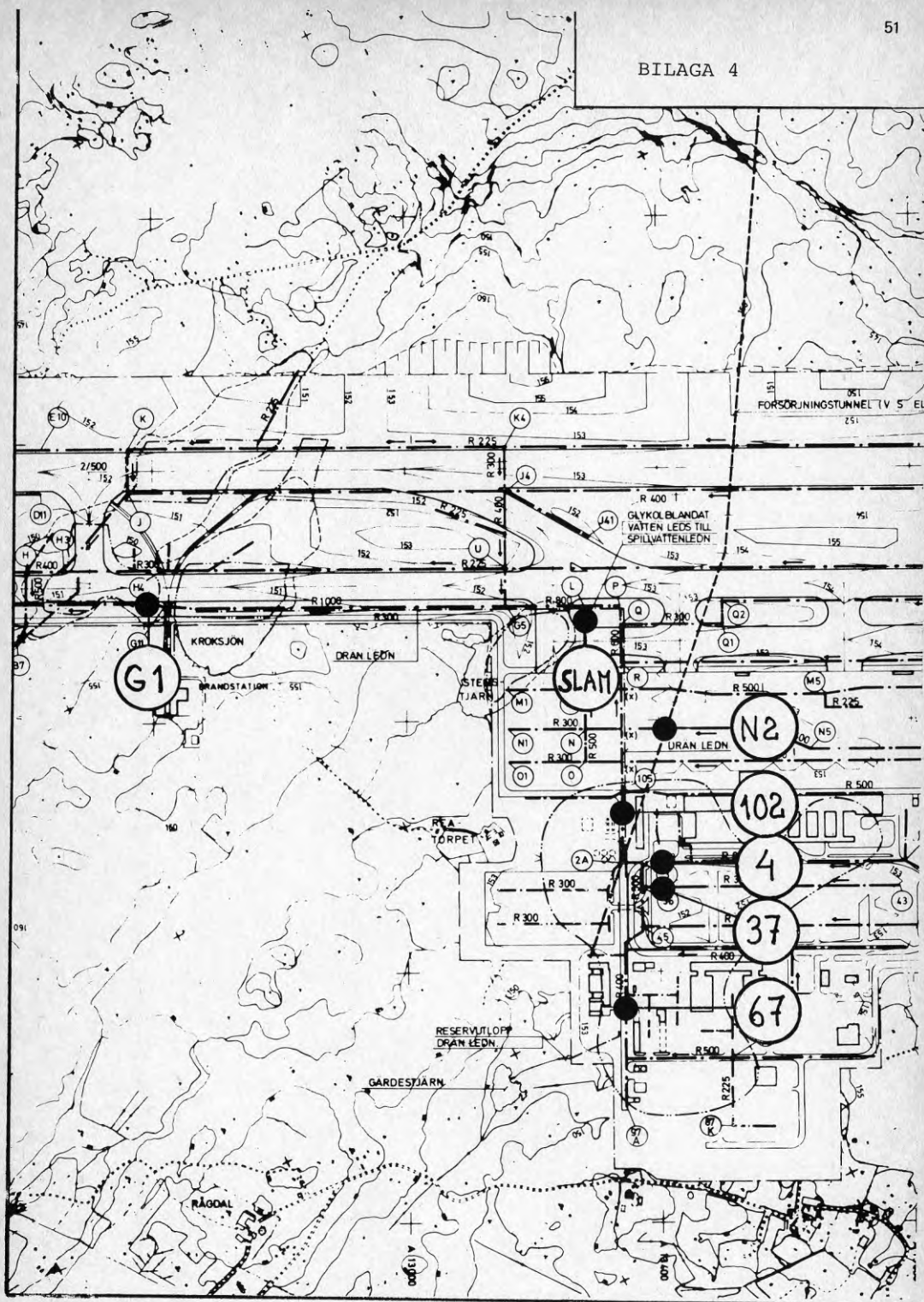
Mätpunkter för grundvattenstånd

BILAGA 3

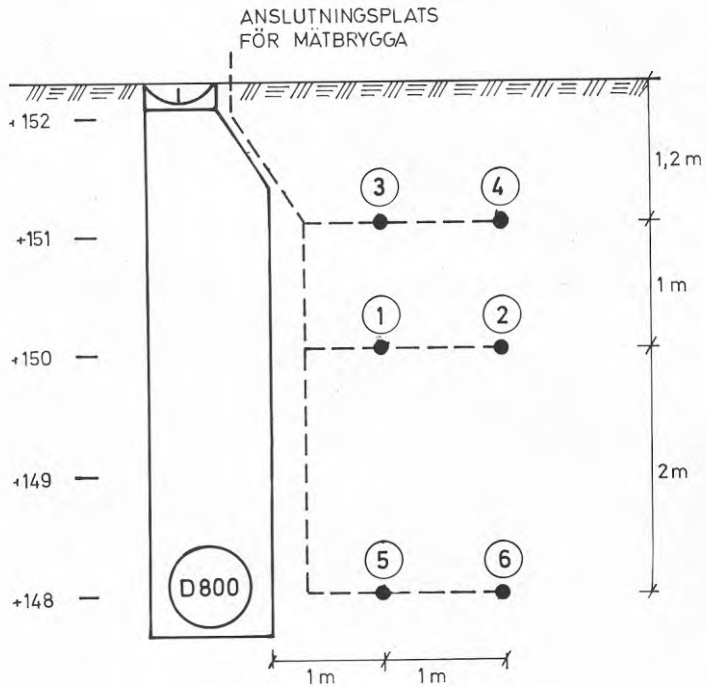


Mätpunkter för grundvattenprofil

BILAGA 4



Mätpunkter för ledningarnas fyllnadsgrad

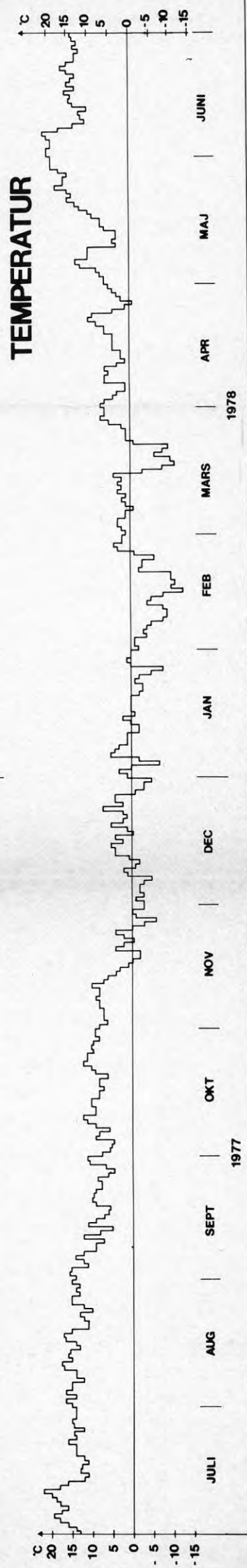
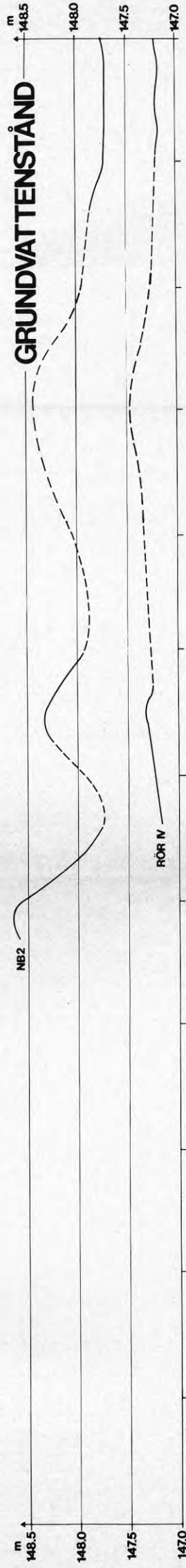
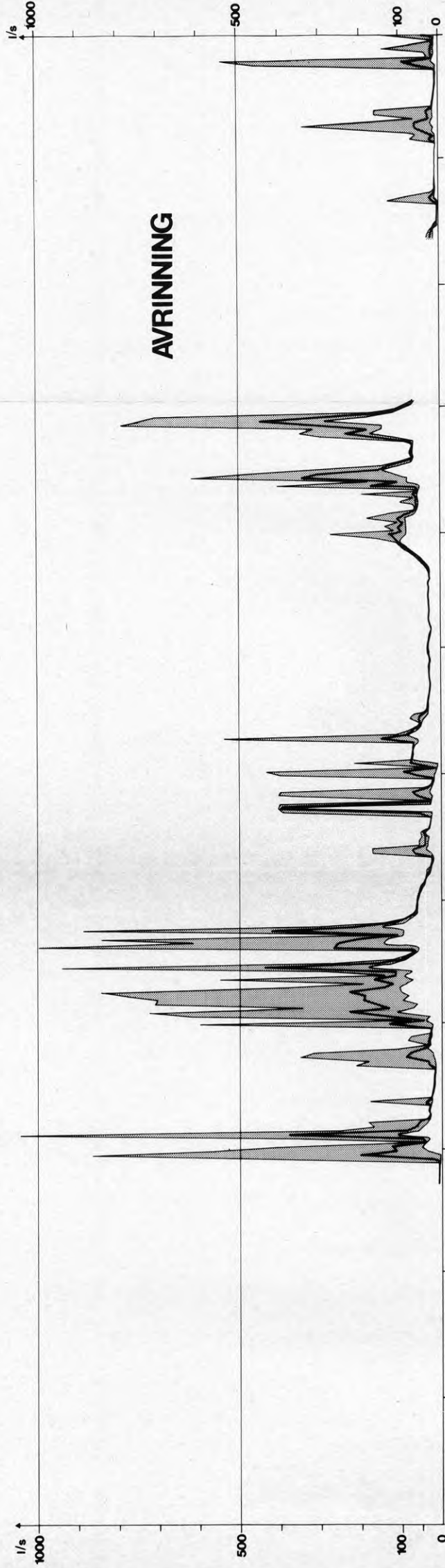


Mätpunkter för registrering av temperaturfördelningen i sprängstensfyllningen kring en dagvattenledning.

BILAGA 6:1

1978

1977



BILAGA 6:2

1979

JAN

DEC

NOV

OKT

1978

SEPT

AUG

JULI

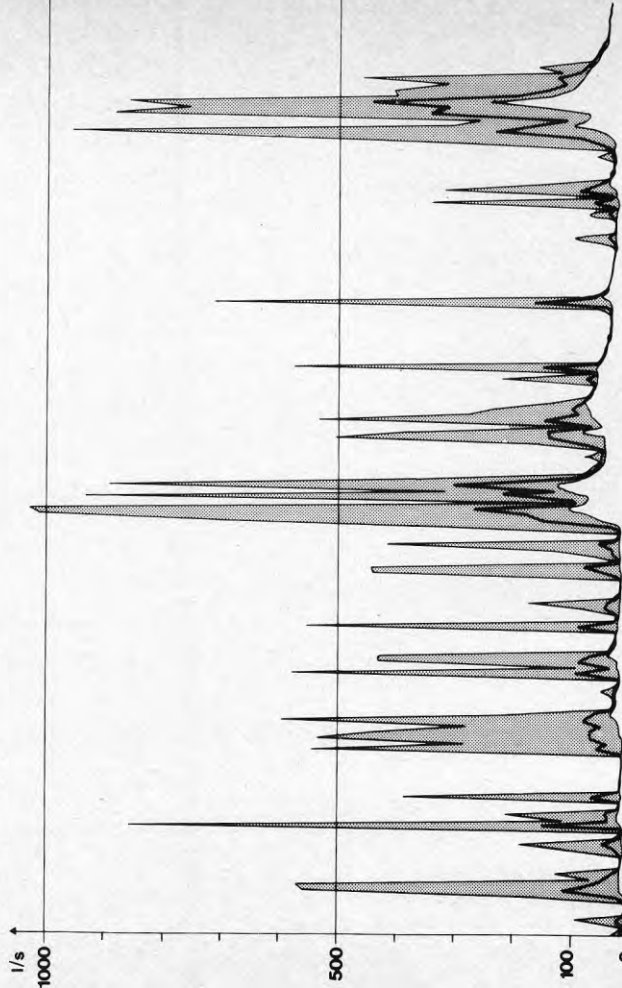
-10
-20
mm

NEDERBÖRD



l/s
1000
500
100
0

AVRINNING

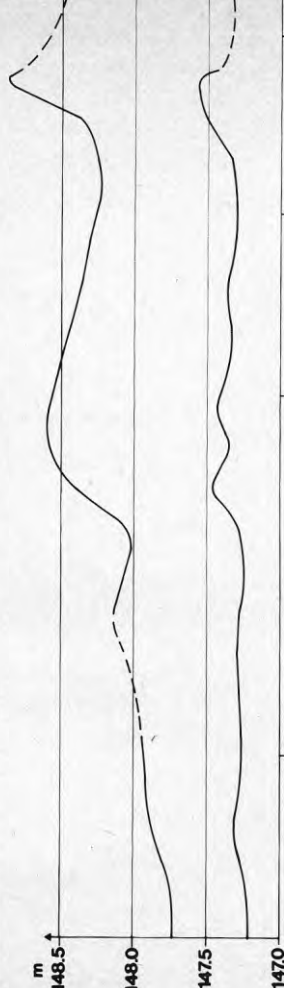


m
148.5
148.0
147.5
147.0

GRUNDVATTENSTÅND

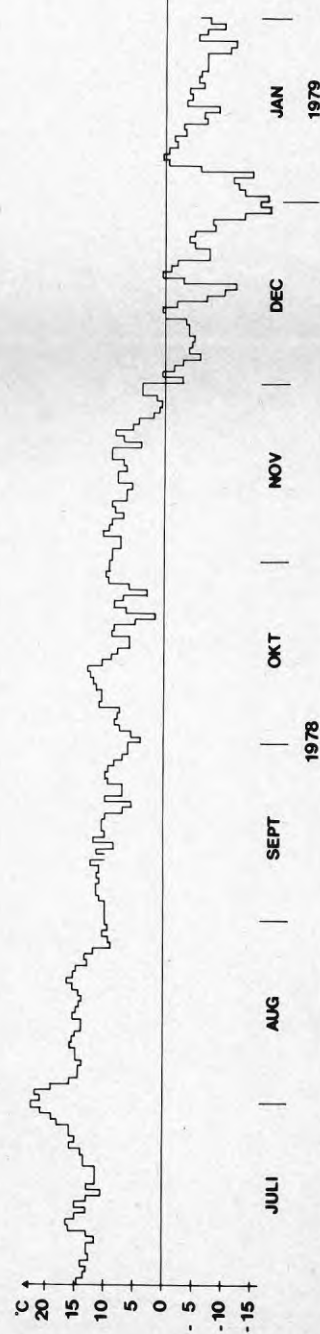
NB2

RÖR IV



°C
20
15
10
5
0
-5
-10
-15

TEMPERATUR



JAN

DEC

NOV

OKT

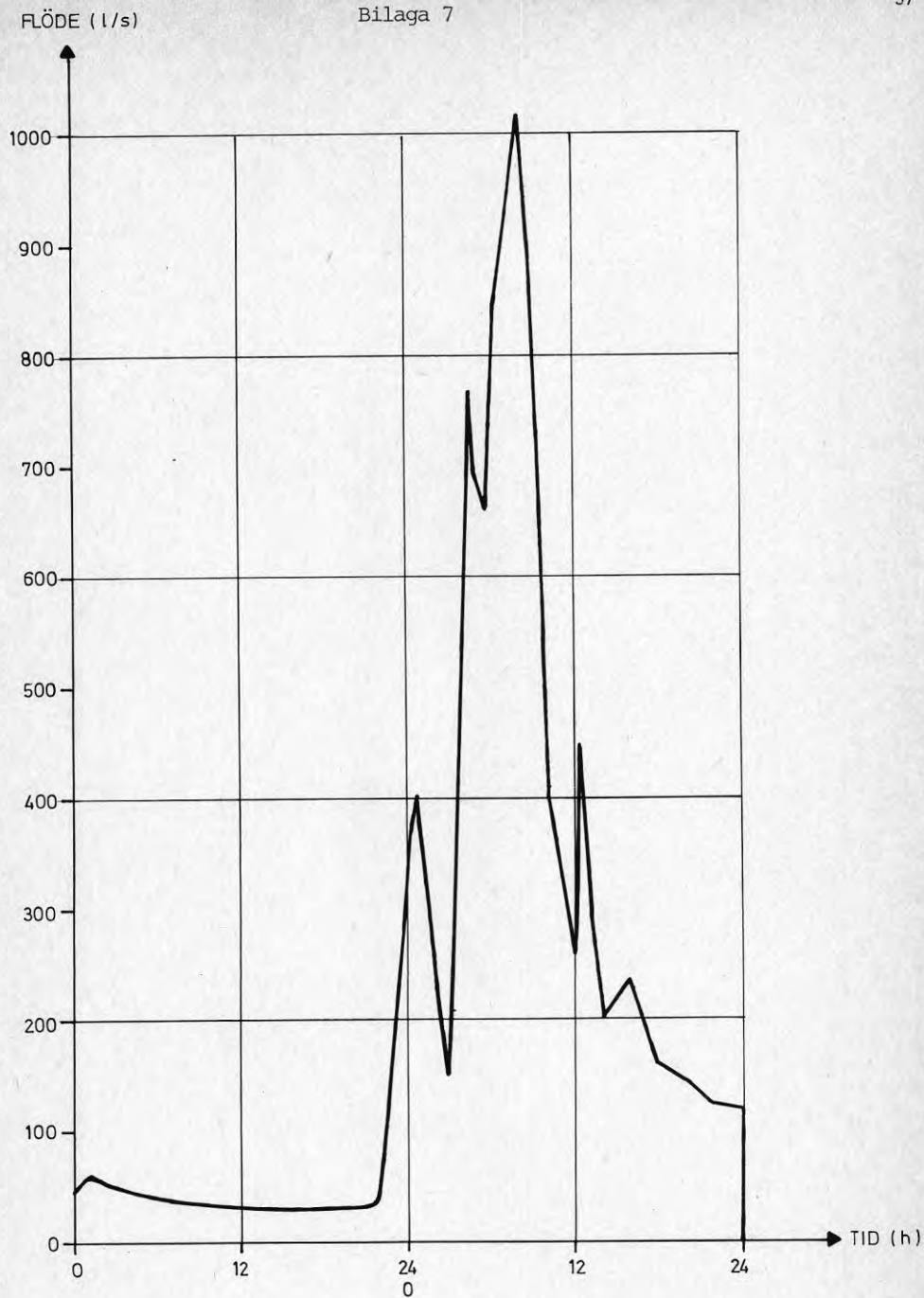
SEPT

AUG

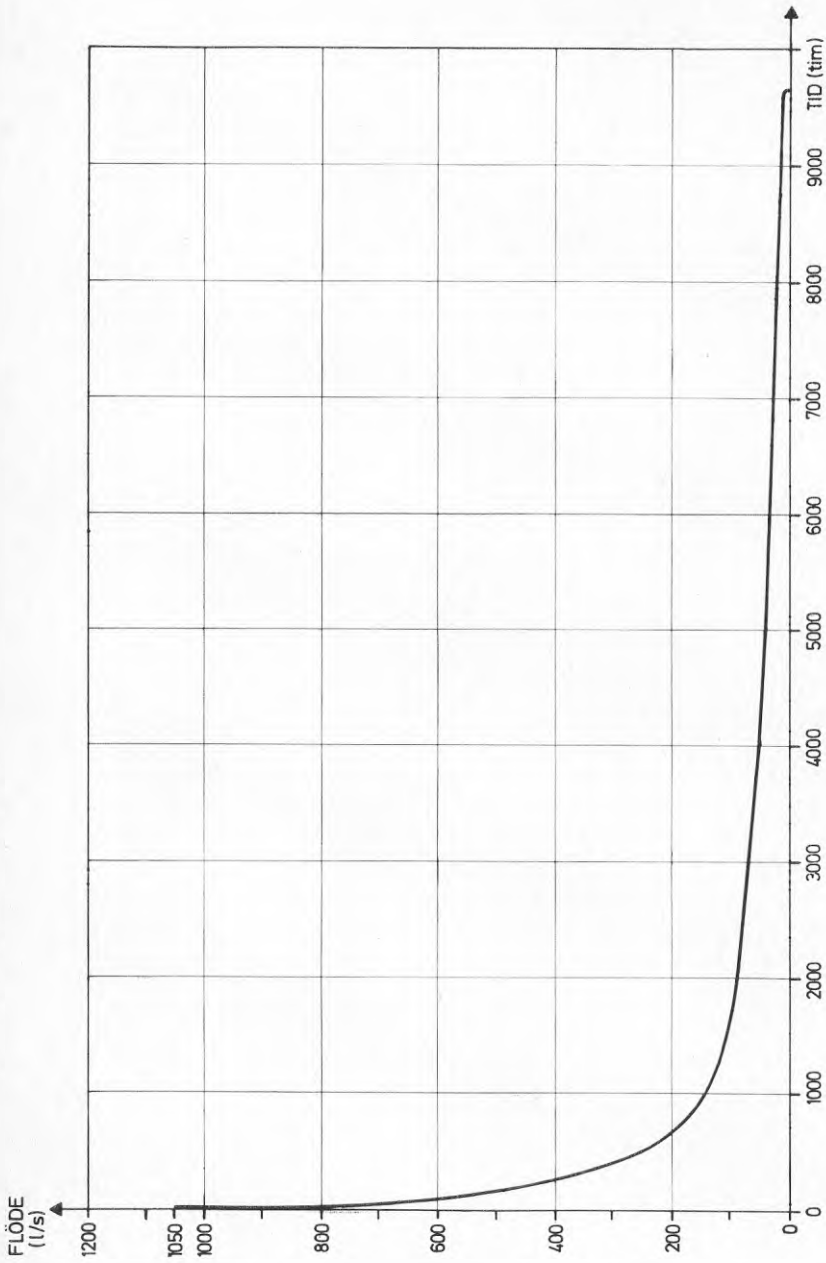
JULI

1979

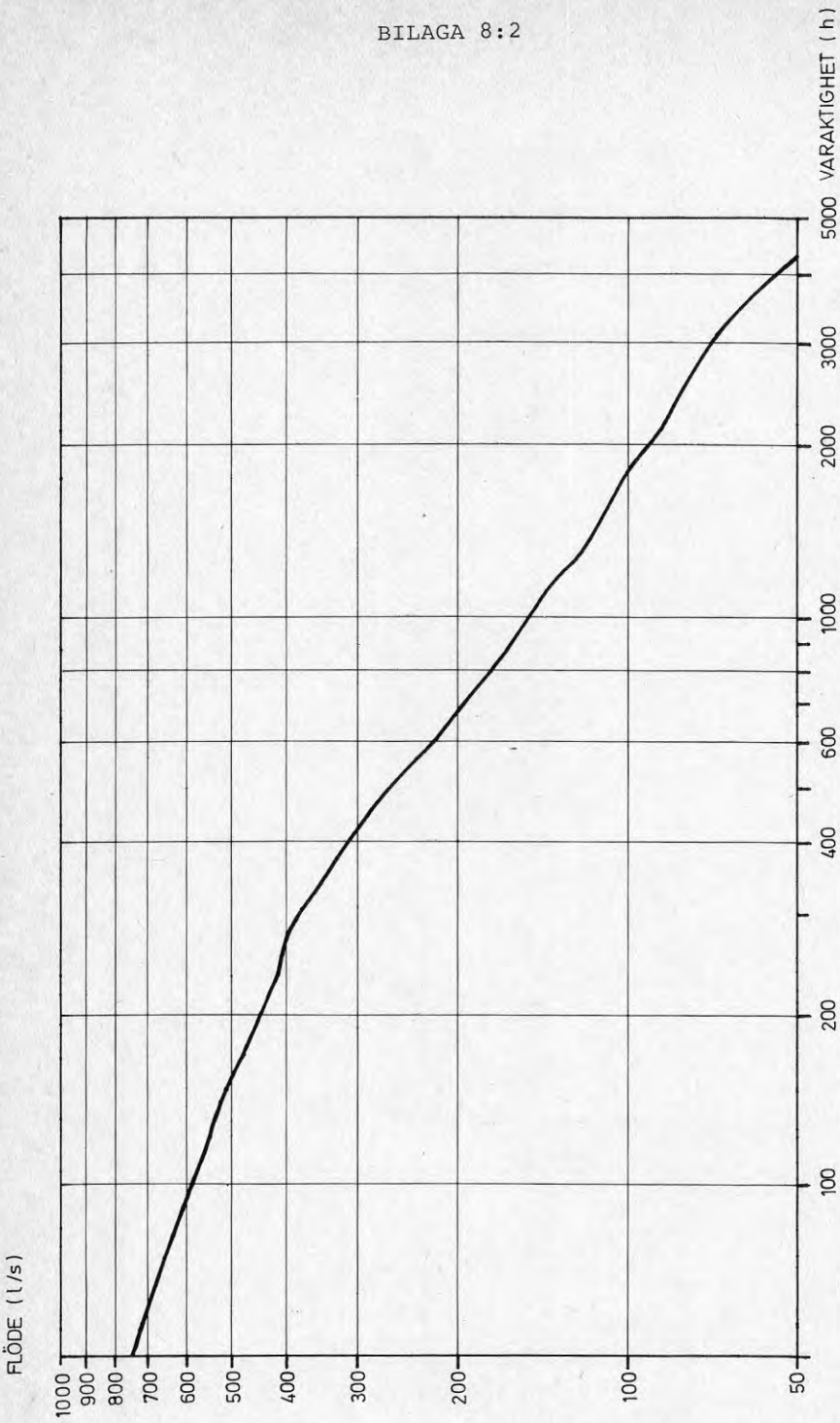
1978



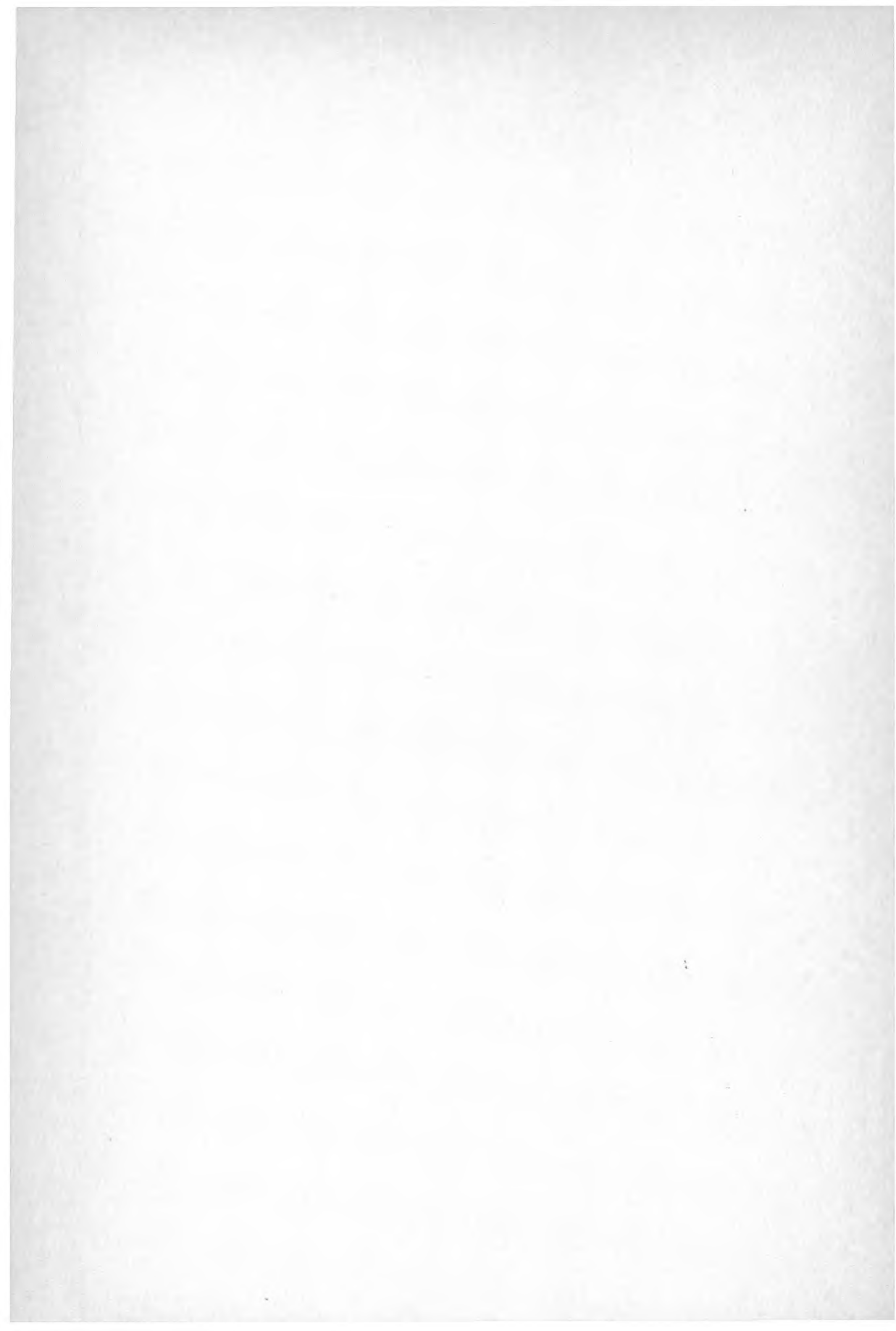
Dagvattenavrinning i utloppsdiket från flygplatsen. Den största flödestopp som uppmätts under undersökningsperioden inträffade 1977-10-04.



Varaktighetsdiagram för dagvattenavrinningen från flygplatsen
avseende perioden 1977.09.22 - 1978.12.06.



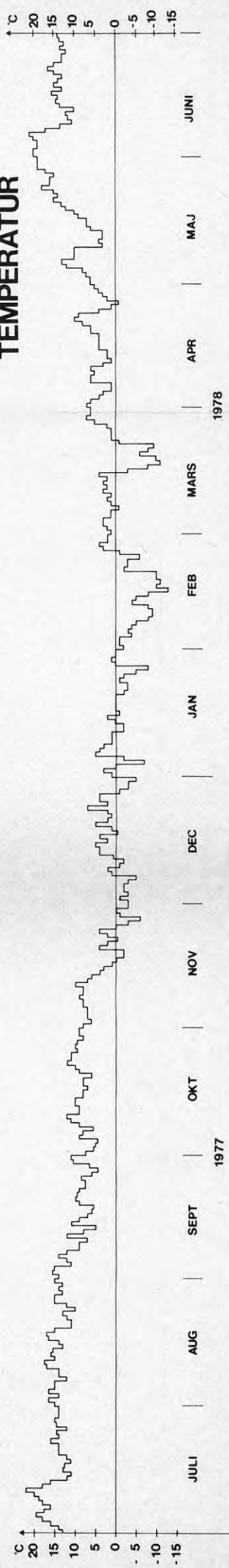
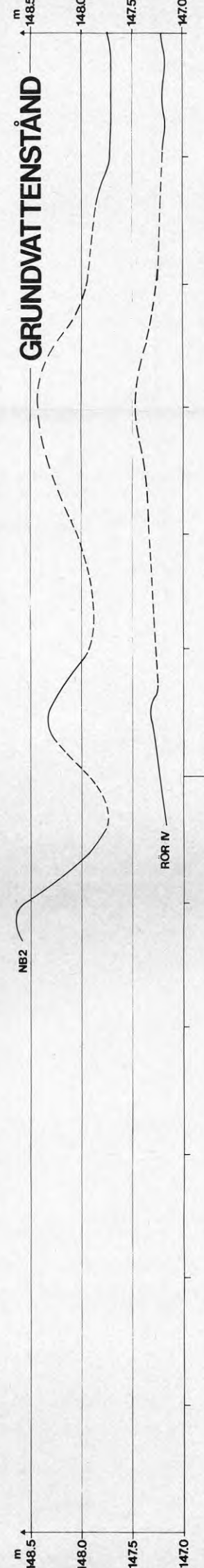
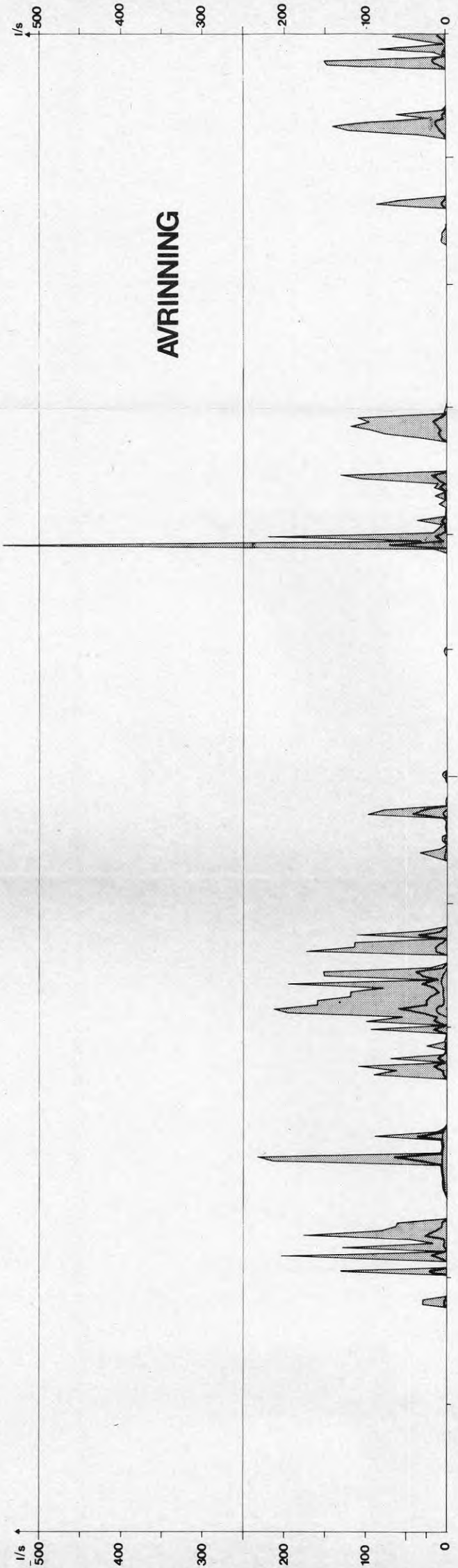
Varaktighetsdiagram för dagvattenavrinningen från flygplatsen
avseende perioden 1977.09.22 - 1978.12.06. (Log-logdiagram)



BILAGA 9:1

1978

1977

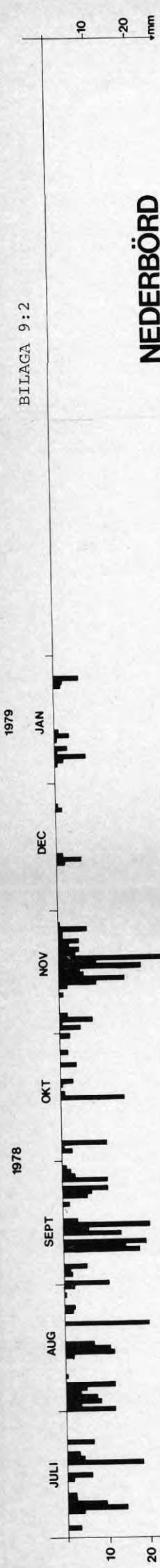


1978

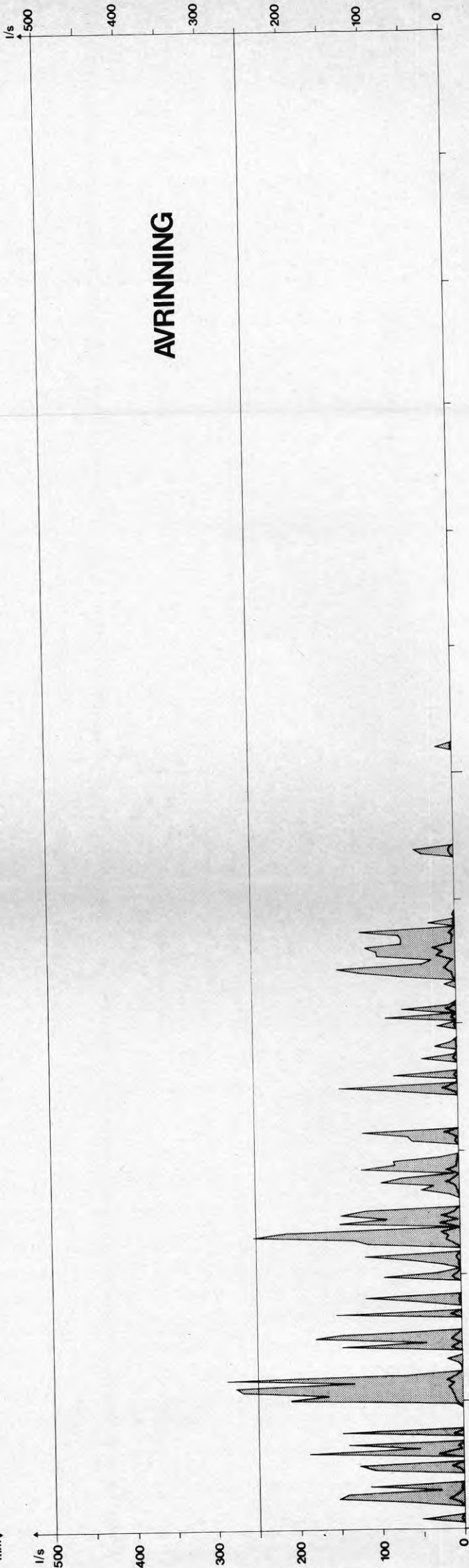
1977

BILAGA 9:2

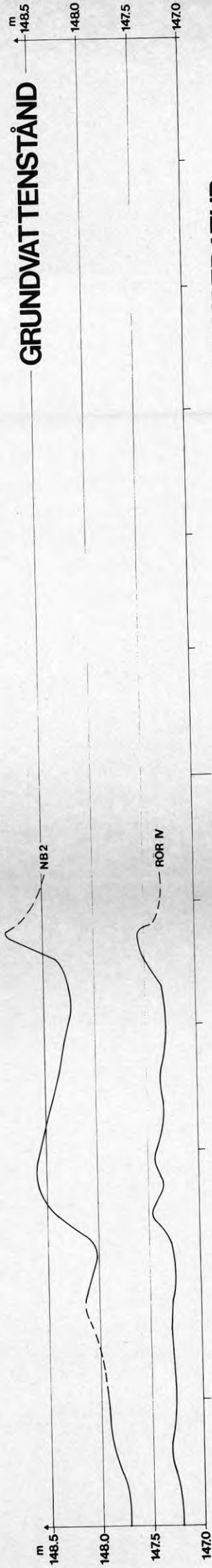
NEDERBÖRD



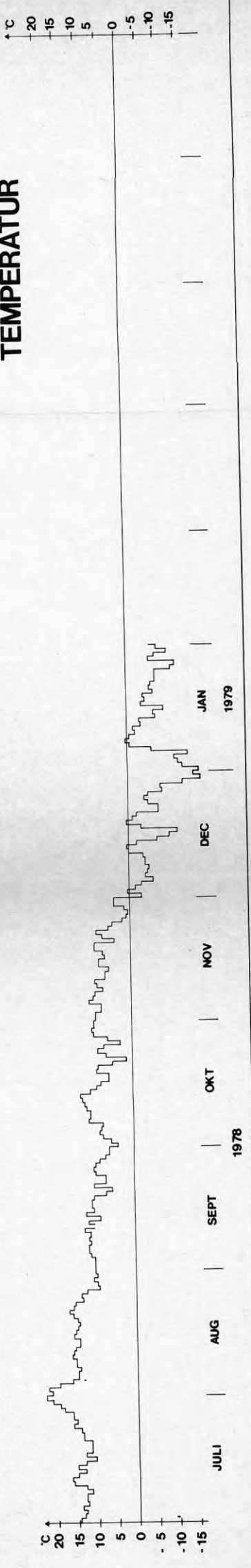
AVRINNING

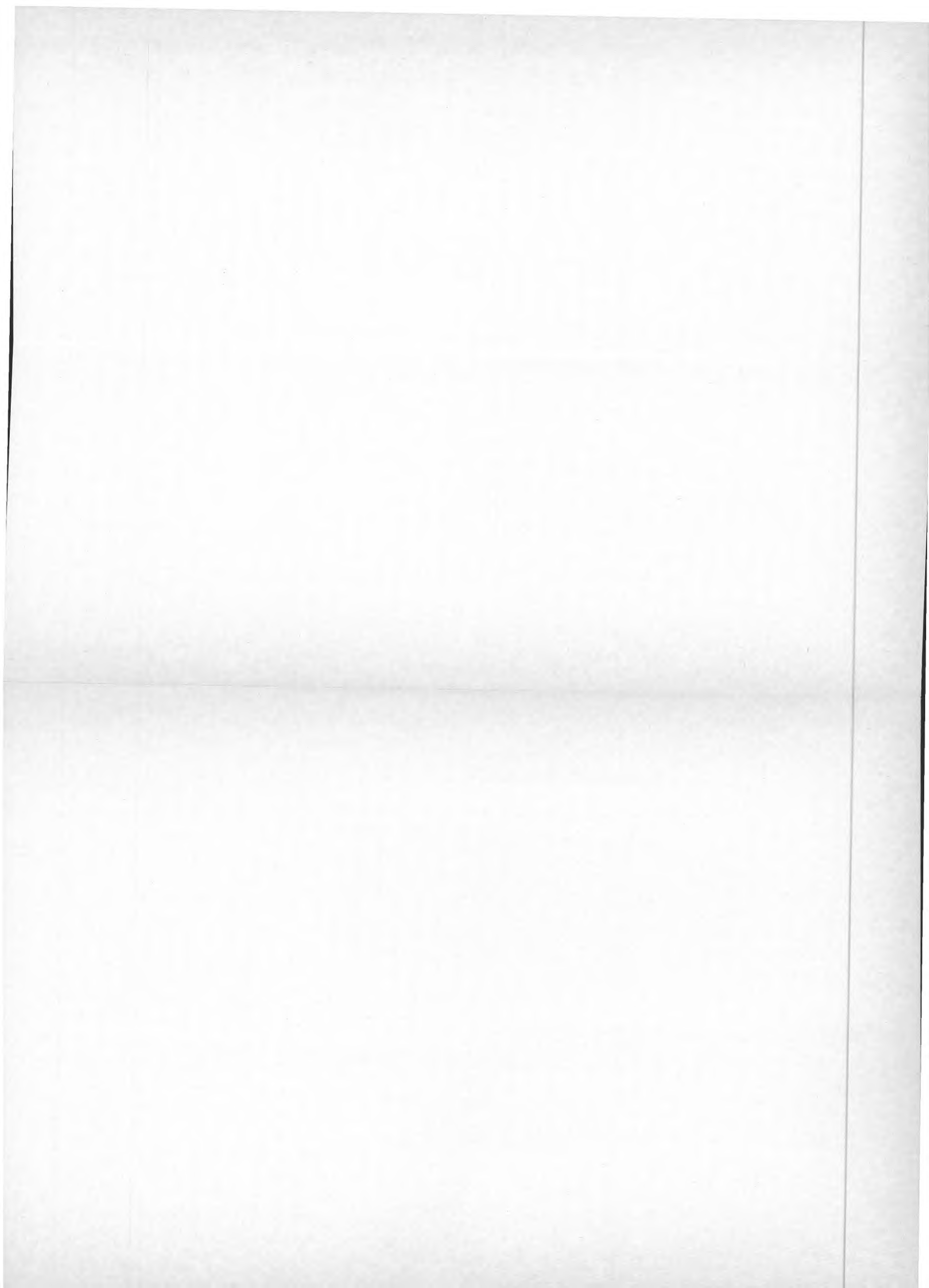


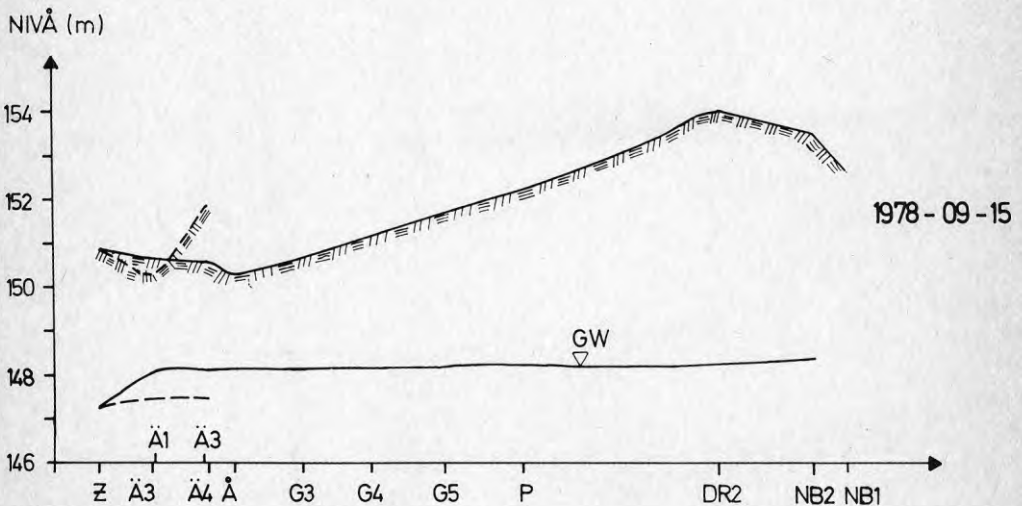
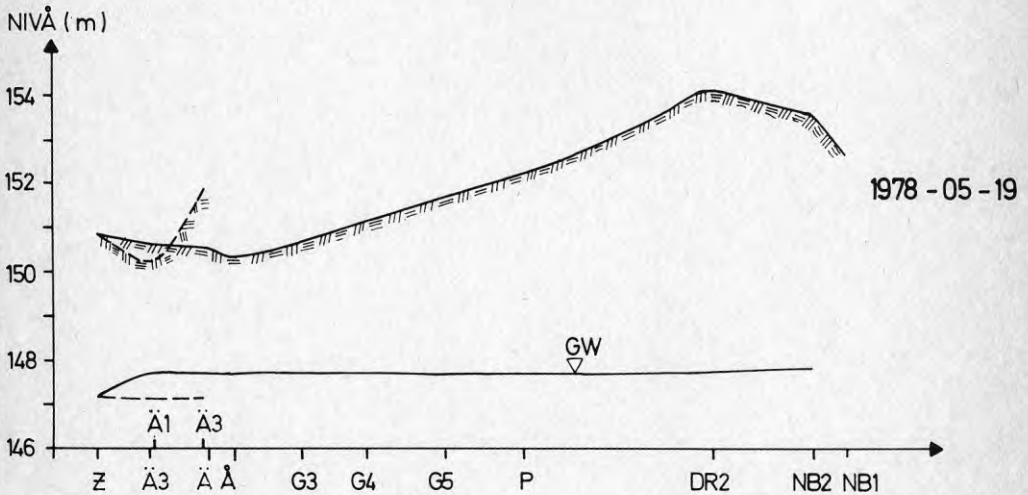
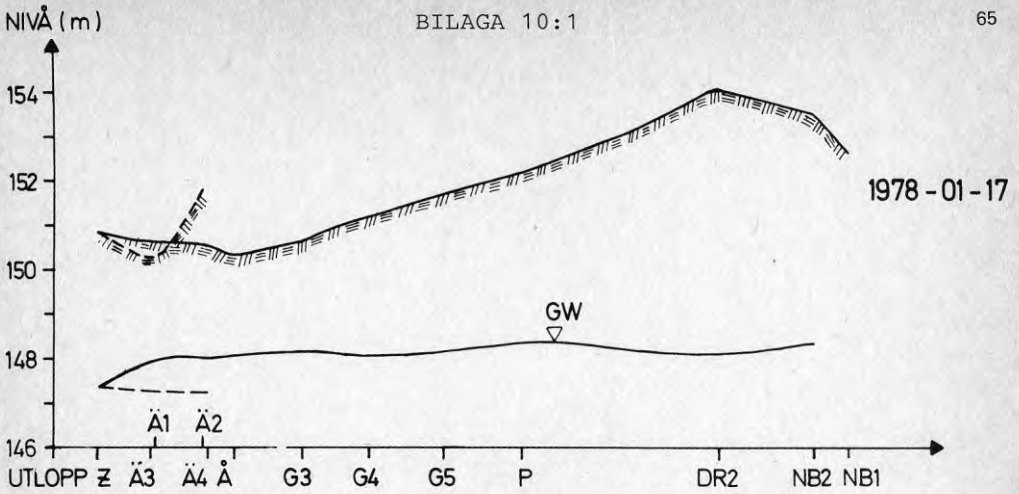
GRUNDVATTENSTÅND

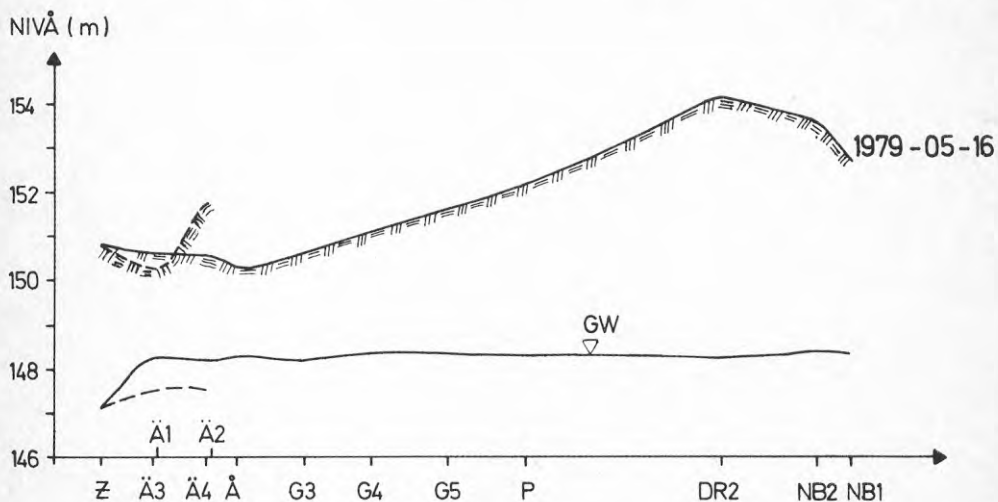
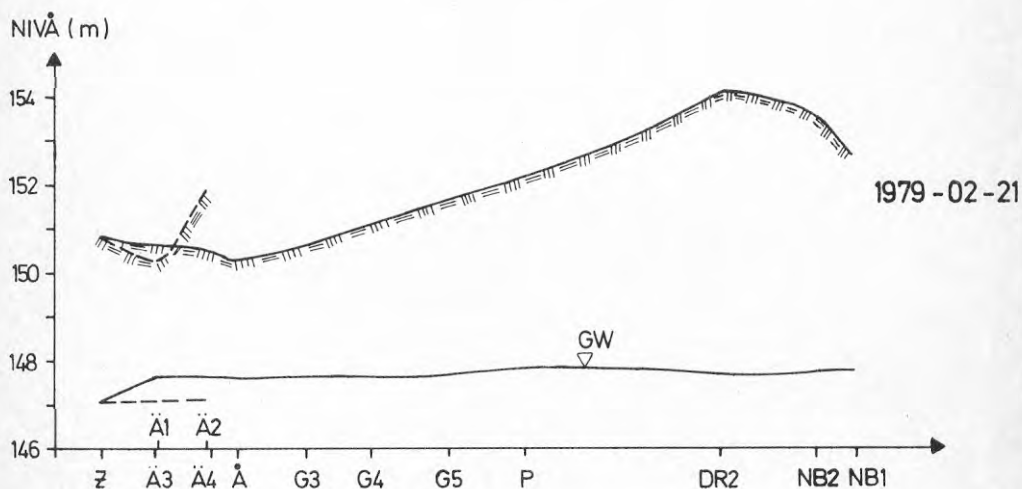
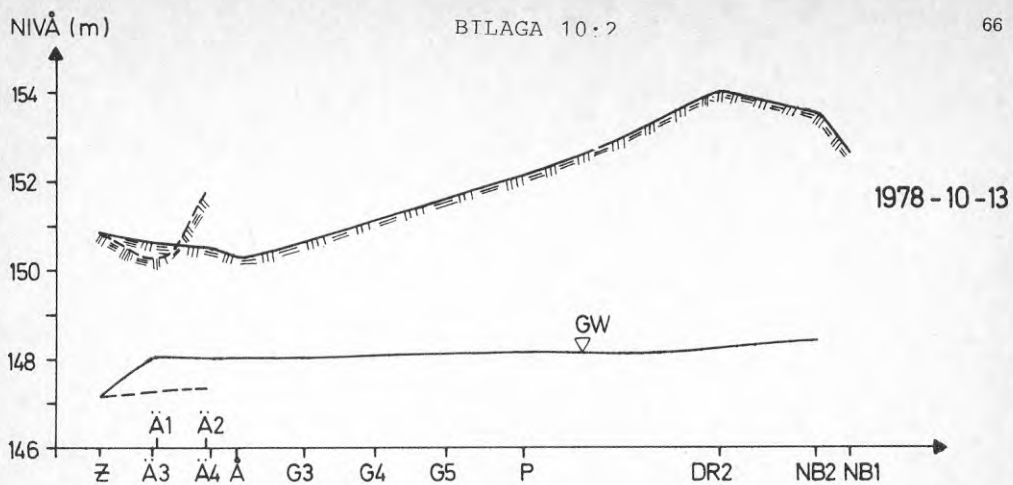


TEMPERATUR







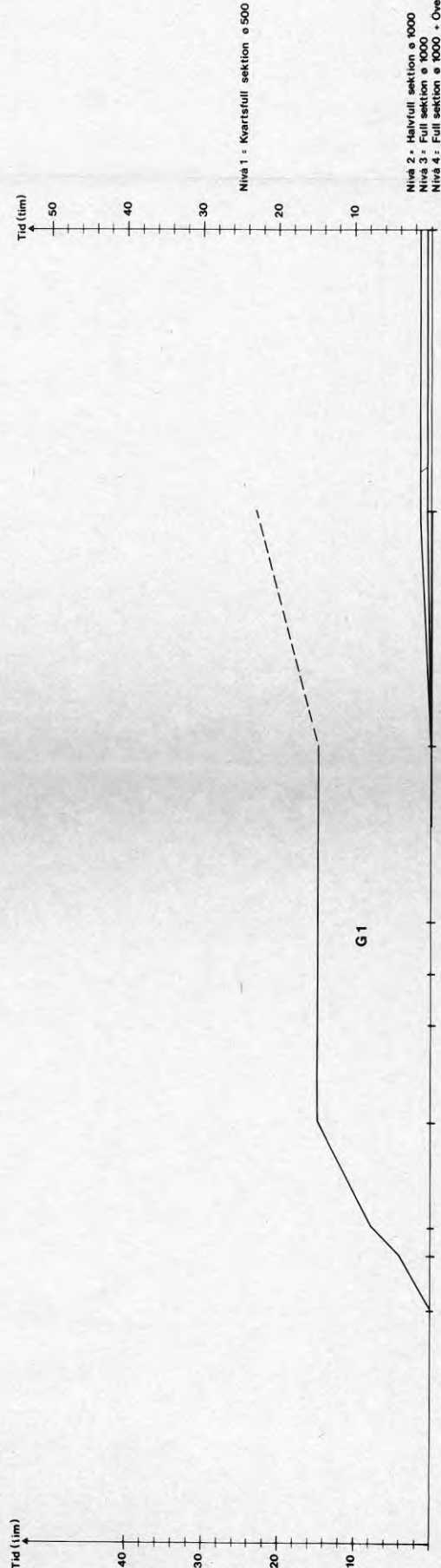
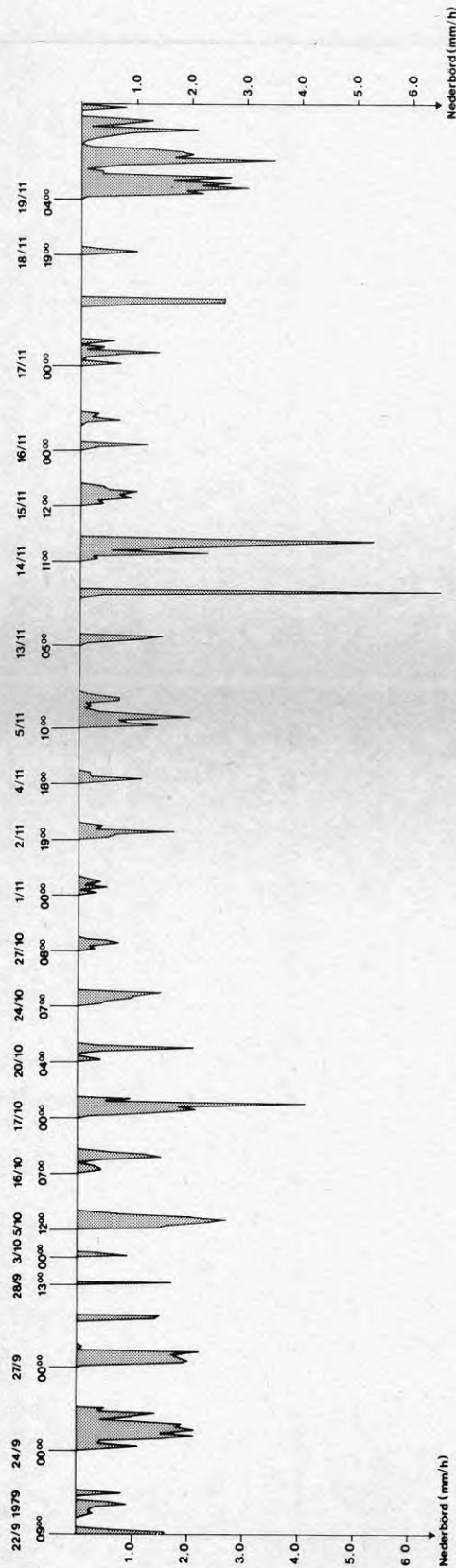


BILAGA 11

FÖRKLARINGAR

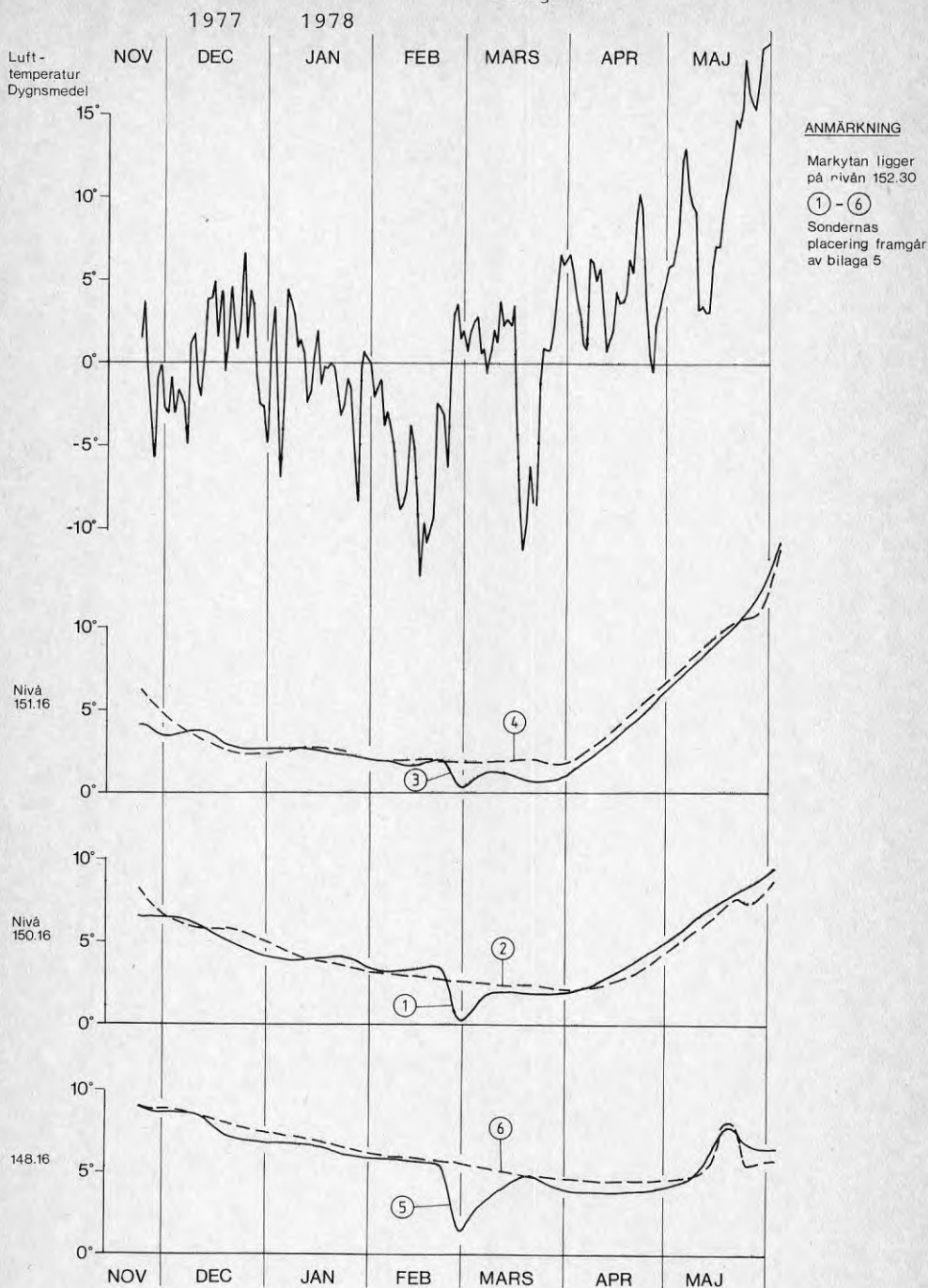
Under perioder med nederbörd
gäller längdskalet 1 mm = 1h

Mätpunkternas lägen framgår
av bilaga 4

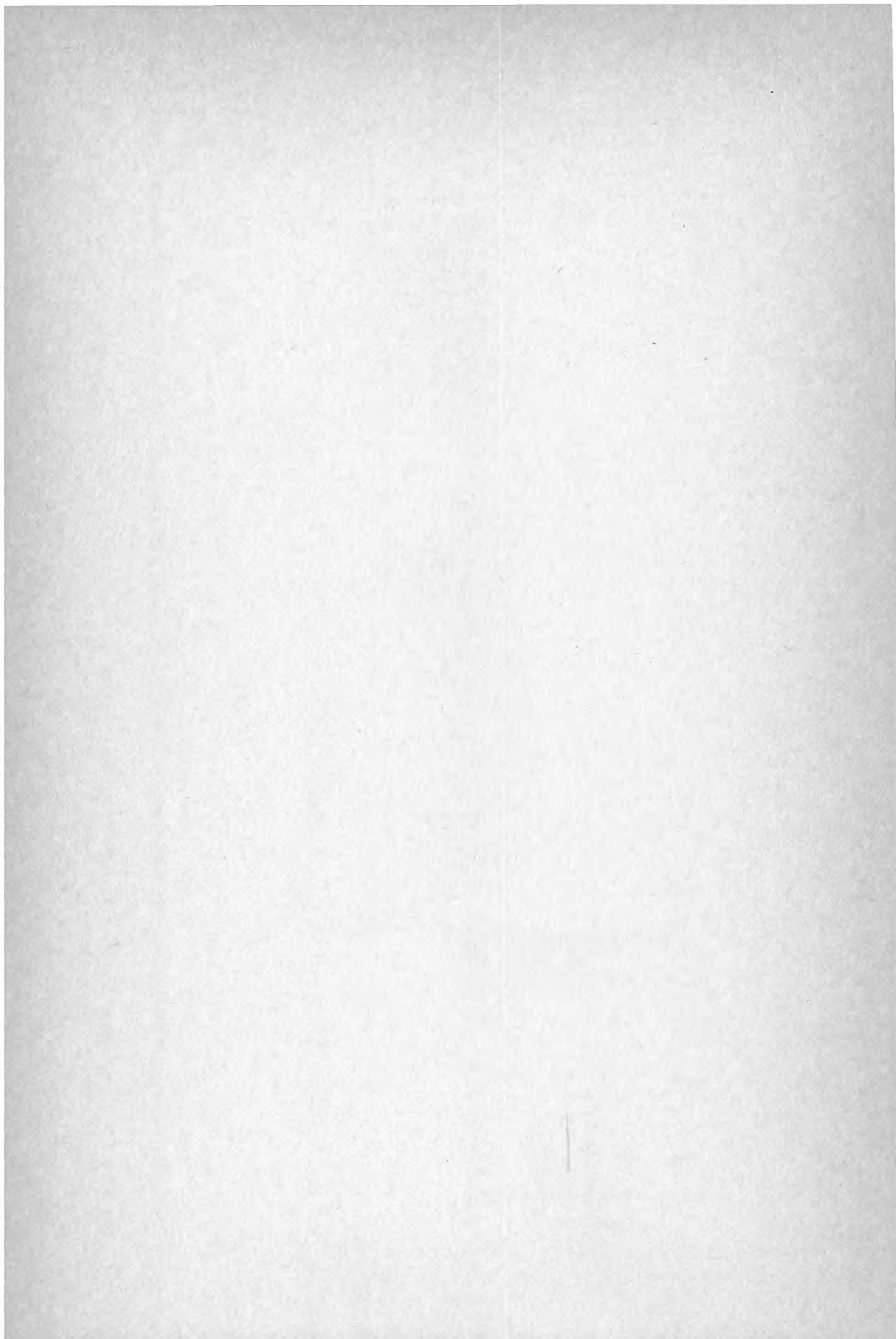




Bilaga 12



Resultat av företagna temperaturmätningar i grunden.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
760884-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB, Stockholm**

R19: 1980

ISBN 91-540-3192-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700119

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms