

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV

DAGVATTEN

Delrapport nr 2 från perioden

1977.02.01 - 1977.11.30

OLOV HOLMSTRAND (red)

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV

DAGVATTEN

Delrapport nr 2 från perioden

1977.02.01 – 1977.11.30

Adress:

Chalmers tekniska högskola

Geologiska institutionen

Fack

402 20 GÖTEBORG

OLOV HOLMSTRAND (red)

INNEHÅLL

(Författare till respektive avsnitt anges inom parentes)

FÖRORD

1.	BAKGRUND OCH SYFTE (Olov Holmstrand)	1
2.	ORGANISATION OCH GENOMFÖRANDE (Olov Holmstrand)	2
2.1	Uppdelning på delprojekt	2
2.2	Finansiering och referensgrupp	3
2.3	Undersökningsområden	4
2.4	Övergripande målsättningar	6
2.5	Rapportering	8
3.	LÄGESRAPPORTER FÖR DELPROJEKTEN	10
3.1	Inledning	10
3.2	Delprojekt a) Markvattenförhållanden i urbana områden (Lars Ericsson)	10
3.3	Delprojekt b) Lokalt omhändertagande av dagvatten - hydrologiska förutsättningar (Per Lindvall)	13
3.4	Delprojekt c) Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar (Olov Holmstrand)	14
4.	GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	16
4.1	Inledning	16
4.2	Bratthammar (Olov Holmstrand, Stig Hård, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman)	16
4.3	Halmstad (Olov Holmstrand)	41
4.4	Enkät rörande utformnings- och driftsfrågor vid perkolationsanläggningar (Per Lindvall)	43

4.5	Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping (Lars Ericsson)	46
4.6	Modellmagasin (Lars Ericsson, Stig Hård)	52
4.7	Termisk registrering, en metod för att bestämma vattenhalten i markytan (Stig Hård)	56
4.8	Karlskoga (Olov Holmstrand)	63
4.9	Infiltrationsmätningar (Lars Ericsson)	65
5.	PROJEKTETS FORTSATTA GENOMFÖRANDE (Olov Holmstrand)	67

Denna rapport hänförs sig till forskningsanslag 750148-4, 750942-8 och 750947-5 från Statens råd för byggnadsforskning till Geologiska institutionen och Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

FÖRORD

Forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" erhöill av BFR anslag för perioden 760201-780630. Ett villkor var att delrapportering skulle göras efter ett år. Delrapporten utarbetades och presenterades för projektets referensgrupp 770216. I enlighet med referensgruppens synpunkter omarbetades därefter rapportens innehåll till tre separata publikationer, se avsnitt 2.5.

Vid sammanträdet med projektets referensgrupp 770216 ansågs det vidare angeläget att till nästa sammanträde utarbeta en ny delrapport. För att hålla nere rapportens omfång har ambitionsnivån denna gång inte varit att dokumentera allt som framkommit inom projektet. Avsikten är nu snarare att kortfattat redogöra för projektets ståndpunkt efter fältsäsongen 1977.

För att inte försvåra läsningen av rapporten som separat publikation har inledningsvis gjorts en kortfattad sammanfattning av projektets målsättning, organisation och genomförande. Därefter följer kortfattade sammanfattningar av verksamheten inom de tre delprojekten. Avslutningsvis ges något fylligare beskrivningar av speciella delundersökningar inom projektet.

De skilda redovisningarna har av praktiska och tidsmässiga skäl utformats av olika författare utan större krav på samordning och likformighet. Det är ändå vår förhoppning att föreliggande rapport skall ge en god bild av den verksamhet som bedrivits och de resultat som hittills erhållits inom projektet.

Göteborg i januari 1978

Olov Holmstrand

Urbanisering av stora områden och det allt intensivare utnyttjandet av de urbana områdena medför en rad problem. Bland dessa kan nämnas dagvattenhanteringen. I ett naturligt (ruralt) område infiltrerar åtminstone temporärt stora delar av nederbörden. Härigenom utjämnas avrinningen från området och en del av nederbörden kan bilda grundvatten. Ett urbant område däremot karakteriseras av en stor andel hårdgjorda ytor, exempelvis byggnader, gator och parkeringsplatser. Sådana ytor ger snabb och i det närmaste total avrinning av regnvattnet. Grundvattenbildningen förhindras. Den snabba och koncentrerade avrinningen vid regn ställer stora krav på ledningssystemet för dagvatten. Recipienter och reningsverk utsätts också för påfrestningar genom stora, kortvariga belastningar. Den minskade grundvattenbildningen medför sänkning av grundvattennivån. Speciellt i områden med kompressibla jordarter (lera) kan detta leda till olika typer av skador orsakade av sättningar.

Problemen som är förknippade med konventionell dagvattenhantering kan undvikas eller åtminstone minskas genom ett lokalt omhändertagande av dagvattnet mera i enlighet med naturliga förhållanden. Detta är avsikten med s k perkulationsmagasin, dvs anordningar för infiltration och perkolation av dagvatten i marken. Perkulationsmagasinen har ofta den dubbla funktionen att skapa förutsättningar för infiltration samt utjämna och fördröja avrinningen i de fall när infiltrationskapaciteten inte räcker till och vattnet därför måste ledas bort från ett område i dagvattenledningar.

Perkulationsmagasin har i hittills genomförda studier visat sig vara en såväl tekniskt som ekonomiskt attraktiv lösning på problemet att omhänderta dagvattnet. Ett flertal anläggningar har utförts eller planeras. För en

säkrare bedömning av användningen erfordras emellertid bättre kännedom om bl a förutsättningar, utformning, funktion och eventuell miljöpåverkan.

Projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" innefattar en rad skilda problemområden. Projektets syfte är dels att klargöra inverkan faktorer och sambanden mellan dessa dels att så långt möjligt skaffa kännedom om medverkande delprocesser. En viktig del av projektet är vidare att utarbeta lämplig metodik och pröva lämplig apparatur för erforderliga förundersökningar. Väsentliga moment av detta arbete berör markens vattenomättade zon, den s k markvattenzonen. För att klargöra perkolationsmagasinens funktion krävs ingående kännedom om förhållandena i markvattenzonen.

Ett annat viktigt delområde är markens förmåga att binda och bryta ned dagvattnets föroreningar. För detta har initierats ett separat forskningsprojekt "Miljömässiga aspekter på dagvatten".

2 ORGANISATION OCH GENOMFÖRANDE

2.1 Uppdelning på delprojekt

Geohydrologiska forskningsgruppens program inom projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har uppdelats i tre delprojekt. Uppdelningen har skett både med hänsyn till fackkunskaper hos deltagande personal och av administrativa skäl.

a) Markvattenförhållanden i urbana områden

Detta delprojekt innebär delvis en direkt fortsättning av de markvattenstudier, som tidigare bedrivits vid Geologiska institutionen. Delprojektet behandlar vattnets infiltration i marken samt markens vattenomättade zon från såväl praktisk som teoretisk synpunkt. En viktig del av arbetet är försöken att med

olika typer av mättningsförfaranden söka ytuppskattningar av markvattenparametrar (t ex markvattenhalt och infiltrationskapacitet).

b) Lokalt omhändertagande av dagvatten - hydrologiska förutsättningar

Delprojektet behandlar beräknings- och dimensioneringsmetoder för dagvattensystem försedda med perkolations-utjämningsmagasin och bedrivs vid Institutionen för vattenbyggnad. Syftet är dels att följa upp hur magasinerna fungerar hydrauliskt och dels att ta fram lämpliga dimensioneringsmetoder. Avsikten är både att ta fram en handräkningsmetod och att bygga in en magasinsberäkningsrutin i den inom Geohydrologiska forskningsgruppen framtagna beräkningsmodellen för simulering av dagvattenflöden.

c) Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar

Lokalisering och dimensionering av perkolationsmagasin kräver god information om geologiska och hydrogeologiska förhållanden i det berörda området. Detta delprojekt, som bedrivs vid Geologiska institutionen, syftar till att utarbeta lämplig undersöknings- och redovisningsmetodik för de nämnda förhållandena. Ett viktigt delmoment är också att studera inverkan av perkolationsmagasin i olika geologiska miljöer.

2.2 Finansiering och referensgrupp

I samband med programarbetet för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" kontaktades Geohydrologiska forskningsgruppen av Halmstads gatukontor samt Göteborgs Stads Egnahems AB (EHAB), Riksbyggen och Göteborgs VA-verk. Dessa inbjöd gruppen att studera två olika perkolationsanläggningar i Halmstad respektive Göteborg. Resultatet blev att projektet till viss del kom att byggas

upp kring studier av de nämnda anläggningarna. Förutom av BFR bekostas undersökningarna i Göteborg (Bratthammar) av EHAB, Riksbyggen och Göteborgs VA-verk. Undersökningarna på anläggningen i Halmstad har fått stöd med material och vissa arbetsinsatser av Halmstads gatukontor.

Ett villkor från BFR vid beviljandet av projektets anslag var att en referensgrupp skulle tillsättas. Gruppen som sammanträdde första gången 76-10-13 har följande sammansättning:

Bo Carlstedt	Orrje & Co - Scandiaconsult
Bertil Hawerman	Svenska vatten- och avloppsverksföreningen
Erik Isgård	AB Vattenbyggnadsbyrå
Gert Knutsson	Sveriges Geologiska Undersökning
Göran Svensson	Statens råd för byggnadsforskning
Lars Thorell	Statens Naturvårdsverk

Arbetet inom Bratthammarområdet utgör en väsentlig del av forskningsprojektet. För att de lokala intressenterna i detta område skall kunna informeras och få tillfälle att komma med synpunkter på projektets genomförande, har regelbundet förts diskussioner med representanter för EHAB, Riksbyggen och Göteborgs VA-verk.

2.3 Undersökningsområden

Delundersökningar med skiftande omfattning och ambitionsnivå har utförts i en rad olika geografiska områden. En del av dessa undersökningar pågår medan andra har avslutats. Här skall ges en kortfattad överblick som komplement till de mera detaljerade redogörelser som beträffande flertalet områden kommer att ges i det följande avsnittet "Genomförda undersökningar".

Bratthammar

Omfattande uppföljning av en stor magasinsanläggning i ett radhusområde. Undersökningarna innefattar även geologiska och geohydrologiska bakgrundsdata samt detaljstudier av enstaka magasin.

Halmstad

Uppföljning av liten magasinsanläggning i ett äldre villaområde. Undersökningsinsatserna i princip motsvarande Bratthammar, men mindre omfattande och koncentrerade till vissa perioder.

Linköping

Omfattande inventering av geologiska och geohydrologiska förutsättningar för naturlig infiltration. Arbetet har genomförts i det relativt nybyggda Rydområdet med varierande bebyggelse typer.

Torslanda

Översiktlig inventering av geologiska och geohydrologiska förutsättningar för naturlig infiltration. Området upptas av både bebyggelse av varierande slag och naturmark.

Karlskoga

Inom ramen för ett försök med alternativ planering har genomförts undersökningar av förutsättningarna för infiltration. Det studerade området skall bebyggas med enfamiljshus.

Bergsjön

I stadsdelen Bergsjön, Göteborg, genomförs långsiktig uppföljning av markvattenhaltens variationer i ett hårt urbaniserat område med flerfamiljshus. Anknytning till tidigare undersökningar inom markvattenprojektet.

Angered

Markvattenmätningar i ett område med ursprungliga vegetationsförhållanden. Undersökningarna har skett i anknytning

till mera omfattande hydrogeologiska studier inom projektet "Grundvattenbildning - grundvattenbalans".

Chalmers dalgång

I dalgången vid Chalmers, Göteborg har utförts ett litet modellmagasin. Avsikten är främst att prova olika typer av mätapparatur, bl a pågår utveckling av en automatisk registreringsutrustning inom ramen för ett separat forskningsprojekt.

Modellmagasin

En undersökning planeras för att studera infiltrationsförhållandena i ett litet modellmagasin utfört i ett område med enkla, entydiga geohydrologiska förutsättningar. Lämplig plats i Göteborgstrakten håller på att efterforskas.

Enkät

En inventering av utförda och planerade magasinsanläggningar har genomförts. I en första etapp kommer främst anläggningarnas geografiska läge och konstruktion att redovisas.

2.4 Övergripande målsättningar

Projektets allmänna målsättning och syfte har skisserats tidigare i avsnitt 1. Ur den allmänna målsättningen kan framhållas ett antal huvudmål, vilka förtydligas och kommenteras i följande punkter.

Planering med hänsyn till geologiska och geohydrologiska förhållanden

Projektering av infiltrationsanläggningar kräver som underlag god information om geologiska och geohydrologiska förutsättningar inom ett aktuellt markområde. Målsättningen är här främst att optimera undersökningsinsatserna och utnyttja en lämplig redovisningsteknik. Här finns en stark anknytning till projektet "Ingenjörsgelogiska kartor" (Holmstrand & Wedel, 1977). Praktiska försök har genomförts exempelvis i Linköping och Torslanda.

Magasinsdimensionering

Målsättningen för denna del kan i stort sett sägas sammanfalla med delprojektet "hydrologiska förutsättningar" (se nedan). Magasinen dimensioneras med hänsyn till nederbörd och avrinning. För att dimensioneringen skall bli korrekt krävs dels kännedom om dessa två faktorer, dels en beräkningsmetod, som ger ett så gott resultat som möjligt.

Magasinsutformning med hänsyn till infiltrations- och markvattenförhållanden

Infiltrations- och markvattenförhållandena har avgörande betydelse för magasinens funktion och därmed hur magasinerna dimensioneras. I delmålsättningen ingår både undersökningsmetodik (praktiska prov i t ex Linköping, Torslanda och Karlskoga) och magasinens inverkan på omgivningarna (ett av syftena med modellmagasin).

Magasinsanläggningars konstruktion - enkät

Några normer för konstruktion av magasinens anläggningar finns för närvarande inte. Ett av enkätens huvudsyften är att ge en så bred information som möjligt om hur olika anläggningar utformats. Målsättningen är att från det insamlade erfarenhetsmaterialet kunna bedöma vilka konstruktionstyper som kan vara lämpliga.

Magasinsanläggningars funktion

Erfarenheter från olika anläggningars funktion sammanställs och sätts i relation till dimensionering och detaljutformning. Underlagsmaterial inhämtas främst från anläggningarna i Bratthammar och Halmstad. Mera översiktlig information kan hämtas ur enkäten. Viss detaljinformation erhålls även från försöken med modellmagasin.

Miljömässiga aspekter på dagvatten

De miljömässiga effekterna av dagvatteninfiltration är i stort sett okända. Innan man kan rekommendera utförande av perkolationsmagasin i ett visst område bör dessa förhållanden klarläggas. Inom ramen för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har en litteraturgenomgång utförts för att belysa problemen. För den fortsatta verksamheten inom ämnesområdet, som måste angripas tvärvetenskapligt, föreligger en särskild ansökan till SNV:s forskningsnämnd.

2.5 Rapportering

Inom ramen för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har hittills sammanställts ett flertal rapporter. Dessa har antingen gällt speciella aspekter på projektet som helhet eller avslutade delundersökningar. Förutom i nedan redovisade rapporter har projektet uppmärksammats i pressen samt presenterats vid kurser och skilda typer av föredragningar. Listan omfattar såväl redan publicerade rapporter som rapporter, vilka är klara för publicering. Ordningsföljden nedan är i stort sett kronologisk.

- Cederwall, K, Holmstrand, O, 1975-11-19, PM beträffande Geohydrologiska forskningsgruppens vid CTH planerade forskning inom områdena lokalt omhändertagande av dagvatten och markvatten under perioden 1976-02-01 - 1978-06-30. Bilaga till ansökan.
- Cederwall, K, Ericsson, L, Holmstrand, O, 1976, Kompletteringar till ovannämnda ansökningar (3 st).
- Cederwall, K, Holmstrand, O, 1976, Local infiltration of storm water - presentation of a research project. NHK 1976, Reykjavik.
- Lind, B, 1977, Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad. Geologiska inst., CTH, publ. B85, C-kursarbete.

- Cederwall, K, Eriksson, A, 1977, Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelopemetoden. Väg- och vattenbyggaren nr 4/1977.
- Hård, S, Wedel, P, 1977, Miljömässiga aspekter på dagvatten - analys av forskningsområde och programskrivning. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH.
- Suneson, B, Thorén, B, 1977, Perkulationsmagasin i Bratt- hammar, Göteborgs kommun, förutsättningar och driftser- farenheter. Geologiska inst., CTH, publ. B95, examens- arbete.
- Ericsson, L (red.), 1977, Lokalt omhändertagande av dag- vatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, medde- lande nr 25.
- Westin, L, 1977, Miljömässiga aspekter på dagvattenhan- tering. Litteraturgenomgång. BFR Rapport R94:1977.
- Ericsson, L, Holmstrand, O, 1978, Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder. Litteraturgenomgång. BFR Rapport R4:1978.
- Ericsson, L, Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande under tryckning.
- Ericsson, L, Permeabilitetsbestämning i fält vid perkola- tionsmagasin. Dimensionering. Koncept, Geologiska inst. CTH.
- Holmstrand, O, Regnvatteninfiltration i stadsområden. Ar- tikel i Ymer 1978.
- Ericsson, L, Markvatten och vegetation i bebyggda områden. Artikel i Ymer 1978.

3 LÄGESRAPPORTER FÖR DELPROJEKTEN

3.1 Inledning

Projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" är som förut nämnts administrativt uppdelat i tre delprojekt. Delprojekten drivs integrerade och fältundersökningarna är i flera områden gemensamma.

För att få en strukturering som underlättar läsningen av delrapporten har det emellertid ansetts vara lämpligt att kortfattat redovisa varje delprojekt för sig. En sådan uppdelning medför att texten innehåller vissa upprepningar och inbördes hänvisningar. Något utförligare beskrivningar av en del undersökningar har samlats i det följande avsnittet "Genomförda undersökningar".

3.2 Delprojekt a) Markvattenförhållanden i urbana områden

I det följande kommentreras olika verksamheter inom projektet.

Bergsjön - Markvattenmätningar sker normalt var 3:e - 4:e vecka. Den långa tidsserie som insamlats skall bearbetas och sammanställas under våren 1978. Sammanställningen blir en påbyggnad av de undersökningar som publicerats av Holmstrand, O & Wedel, P, 1976. (Markvattenundersökningar i ett urbant område).

Bratthammar, Halmstad - Dessa delprojekt har bedrivits i samarbete med projektet "LOD - geohydrologiska förutsättningar. Se kapitel 4.2 och 4.3.

Linköping - Sedan lägesrapporteringen 770216 har ytterligare en intensivmätningssperiod genomförts (direkt efter snösmältningen). Syftet har varit att ge en säsongsmässig, generaliserad bild av infiltrationskapaciteten på vissa ytor inom

Rydområdet, Linköping. Sammanställningsarbetet är i sitt slutskede och avrapporteringen kommer att ske i form av en separat publikation. (Se kapitel 4.5). En beskrivning av bearbetningsmetoden ges i publikationen "Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell" (Ericsson, under tryckning).

Angered - I lägesrapporteringen 770216 presenterades en uppsats, "Avrinnings- och markvattenförhållanden 1975 i Angered". Utbyggnaden av Angered centrum har nu framskridit så långt att effekten av urbaniseringen på markvattenbildningen kan studeras. Dessa undersökningar skall göras under våren 1978 och därefter sammanställas.

Infiltrationsmätningar - Inom projektet har tillförlitligheten i mätningarna studerats. Ett laboratorieförsök i en låda finns beskrivet i "Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell". Sidospridningen vid enkelringsinfiltrometrar har även studerats i fält. En redogörelse för dessa försök återfinns även i ovan nämnda publikation. Se vidare kapitel 4.9.

Modellmagasin - För att studera en eventuell perkolation och portryckshöjande effekt av regnvattenmagasin i kohe-sionära jordarter har ett magasin i "halvskala" utförts vid CTH. En redogörelse för hittills gjorda mätningar ges i kapitel 4.6. För att bestämma permeabiliteten in situ vid perkulationsmagasin presenteras två metoder i uppsatsen "Permeabilitetsbestämning i fält vid perkulationsmagasin. Dimensionering" (Ericsson, koncept). Teorierna avses testas i fält i form av examensarbete. Se kapitel 4.6.

Fjärranalys - I litteraturgenomgången "Vattnets rörelse i den omättade zonen. Mätmetoder" (Ericsson & Holmstrand, 1978) redogjordes för möjligheten att korrelera amplituden mot vattenhalten i markytan. Ett inledande försök med termovisionskamera har genomförts inom projektets ram. Se kapitel 4.7.

Mätmetoder - I avsikt att jämföra olika metoder för permeabilitetsbestämning vid markytan påbörjades under sommaren två examensarbeten.

Packningsgrad kontra infiltration - Ett enkelt sätt att få ett begrepp om packningsgraden i markytan är med penetrometer. Avsikten är att under våren 1978 utföra infiltratormätningar samtidigt med penetrometertest för att utröna packningsgradens inverkan på infiltrationen.

Markvattenprojektets tidsramar har under projekttiden i stort kunnat följas. Samarbetet med övriga LOD-programmet har emellertid försenats på grund av att etableringen i undersökningsområdena blivit senarelagd. Det är av betydelse att dessa undersökningar, som främst gäller urbaniseringens inverkan på markvattenmagasinet, får följas upp enligt planerna. När det gäller de s k modellmagasinens funktion finns nu ett basmaterial som bör utnyttjas vid specialstudier under våren 1978 och kanske även i fortsättningen. Den metodik som utarbetats för syftet "avrinning - infiltration" har fungerat väl. I den framtida infiltrationsforskningen bör jordmånsammansättning och packningsgrad studeras ytterligare.

De erfarenheter av teori och praktik som gjorts inom markvattenprojektet är betydelsefulla för framtida forskningsobjekt. Exempel på sådana objekt är jordvärmesystem, geohydrologisk planering och kommunal planering i stort.

3.3 Delprojekt b) Lokalt omhändertagande av dagvattenhydrologiska förutsättningar

Målsättningen för detta delprojekt redovisas i ansökan 750947-5 samt i Geohydrologiska forskningsgruppens meddelande nr 25, kapitel 2.4 (Ericsson (red.), 1977). Kort beskrivet behandlas i projektet dimensionering av perkolationsanläggningar för dagvatten, en bedömning av dessas betydelse för grund- och markvattenförhållanden samt dagvattennätets dimensionering. Projektet innefattar även en driftstudie av utförda perkolationsanläggningar.

Pågående verksamhet:

Dimensioneringsmetoder: I samarbete med SMHI skall en bearbetning av nederbördsdata påbörjas, vilken skall ligga till underlag för framtagning av regnenveloper med varaktigheter på upp till ett dygn. En sådan bearbetning utföres för i första hand Göteborg.

En vattenbalansstudie kommer att påbörjas för den avrinningsperiod som föreligger för ett delområde i Bratthammar.

I Bratthammar mätes nederbörd, avrinning samt magasin-nivåer. Fyra av fem planerade stationer är tagna i bruk och minst åtta månaders mätningar föreligger. Den femte stationen har ännu ej upprättats på grund av förseningar i områdets färdigställande.

Ett examensarbete pågår för närvarande, vilket behandlar perkolationsmagasinens hydrauliska funktion vid anläggningarna i Bratthammar. Fältarbetet utfördes under den gångna sommaren och är avslutat. Bearbetning av dessa mätningar pågår.

I Halmstadanläggningen har kompletterande kalibreringsförsök utförts under sommaren -77.

Enkät svar på ett 40-tal perkolationsanläggningar är sammanställda och bearbetade. En redovisning häröver kommer att ingå som delrapport till detta projekt och beräknas vara klart vid årsskiftet 77/78, se kapitel 4.4.

3.4 Delprojekt c) Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar

Målsättningen för detta delprojekt är som tidigare nämnts att utreda de geohydrologiska förutsättningarna för dimensionering och utformning av perkolationsmagasin. Här innefattas både vilken information som erfordras, hur denna information insamlas och hur informationen redovisas. Ett annat viktigt delmål är att undersöka den inverkan tillförda vattenmängder från perkolationsmagasin kan få i olika geologiska miljöer.

Projektets genomförande sker i nära samarbete med de två övriga delprojekten. Markvattenprojektet kommer därvid främst in i den del som berör insamling av information, hydrologiprojektet i den del som berör inverkan av tillförda vattenmängder. Vid redovisning av geologisk och hydrogeologisk information tillämpas de resultat och erfarenheter som erhållits inom projektet "Ingenjörsgelogisk kartering" (Holmstrand & Wedel, 1977).

I det följande kommenteras kortfattat några delundersökningar från geohydrologiprojektets synpunkt:

Bratthammar

I Bratthammar bedrivs de mest omfattande fältundersökningarna inom projektet. Tidigare genomförda geotekniska undersökningar har med vissa kompletteringar sammanställts till en ingenjörsgelogisk karta. Detta arbete har utförts inom ramen för ett examensarbete vid CTH. Inom området pågår mätning av bl a vattenstånd i magasin, avrinning, portryck i leran och grundvattennivå i friktionsmaterialet under leran. Bratthammarundersökningarna skall redovisas i en separat rapport. Vissa preliminära resultat har sammanställts i avsnitt 4.2.

Halmstad

Magasinsanläggningen i Halmstad har varit föremål för ett C-kursarbete i kvartärgeologi och ett examensarbete vid CTH. Dessa undersökningar som helt eller delvis är inriktade på geologiska och hydrogeologiska förutsättningar avses i likhet med undersökningarna i Bratthammar redovisas i en separat rapport. En kort sammanfattning har sammanställts i avsnitt 4.3.

Linköping, Torslanda, Karlskoga

Inom ramen för geohydrologiprojektet har bedrivits försök med undersökning och redovisning av förutsättningar för dagvatteninfiltration i skilda typer av områden. De erfarenheter som erhålls på detta sätt kommer om möjligt att tillämpas på praktiska fall. Projektets medverkan i försöket med alternativ planering i Karlskoga är från denna synpunkt mycket betydelsefull. Se även avsnitt 4.5 och 4.8.

Enkäten

Den genomförda enkäten ger möjlighet att genom ytterligare uppföljning av olika anläggningar studera magasinens utförande och funktion i förhållande till geologiska och hydrogeologiska förutsättningar. Se även avsnitt 4.4.

Geohydrologiprojektet har under den hittills gångna tiden i stort sett kunnat följa de uppgjorda planerna. Tidsramen har emellertid främst vad gäller Bratthammarundersökningarna inte kunna hållas. Mätperioden omfattar där på grund av byggnationens försening i stort sett en säsong mot planerade två. Vad beträffar förutsättningarna för perkolationsmagasin i skilda miljöer finns möjlighet att genom enkäten väsentligt utvidga erfarenhetsmaterialet. En annan väsentlig kompletteringsundersökning som bör genomföras är försöken med väl kontrollerade modellmagasin. Det är vidare angeläget att få ytterligare tillfällen till medverkan i konkreta projekt. Miljöeffekterna av dagvatteninfiltration bör kontrolleras genom att projektet "Miljömässiga aspekter på dagvatten" genomförs.

4. GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

4.1 Inledning

Inom ramen för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har genomförts ett stort antal delundersökningar. Dessa har haft varierande ambitionsnivå, omfattning och utsträckning i tiden. Vissa har pågått under hela projekt-tiden och varit av grundläggande betydelse för hela projektet, medan andra tillkommit under projektets gång och haft karaktären av separata delpjekt. I den första delrapporten (Ericsson (red.), 1977) redovisades ganska ingående delundersökningar av båda typerna. I följande avsnitt kommer att kortfattat redovisas de undersökningar som varit aktuella under den nu redovisade perioden. I flera fall innebär detta referat av separata rapporter som är under utarbetande eller planeras.

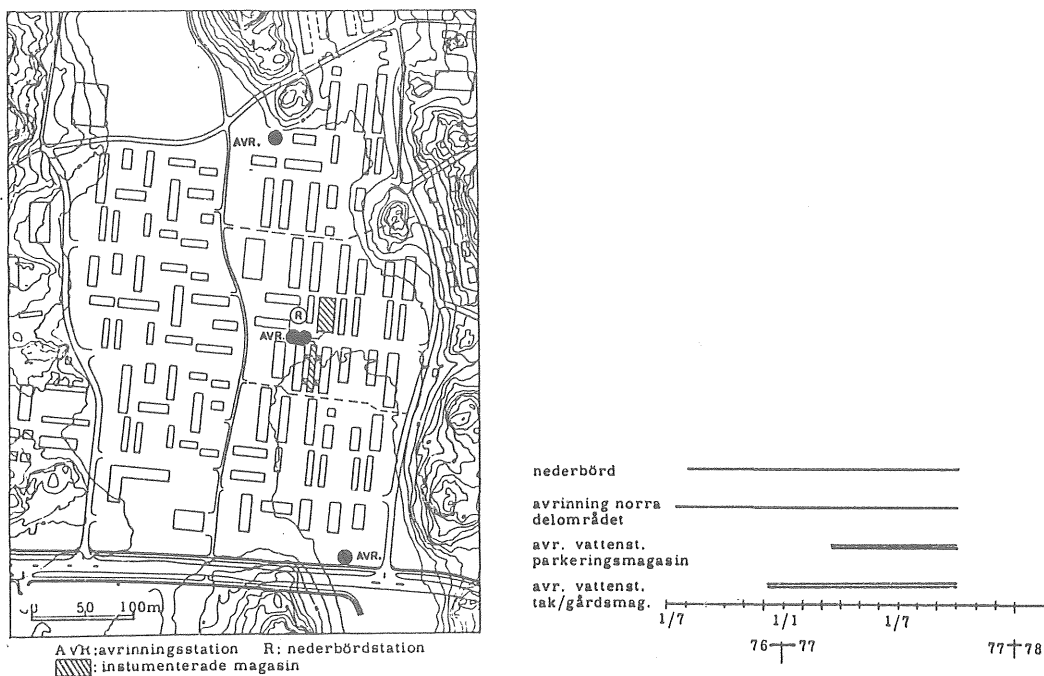
4.2 Bratthammar

4.2.1 INLEDNING

I följande avsnitt behandlas tämligen ingående vissa delresultat från undersökningarna i Bratthammar. Detta material överensstämmer i stort sett med de exemplifieringar på databearbetning som togs fram till ett sammanträde med representanter för EHAB, Göteborgs VA-verk och Riksbyggen 77-II-09.

Undersökningarna i Bratthammar har startat successivt f.o.m. sommaren 1976. Genom att byggnationen i området försenats i förhållande till ursprungliga planer har vissa mätningar ännu inte kunnat igångsättas. De mätserier som erhållits är sålunda väsentligt kortare än som ursprungligen avsågs. Av denna anledning är det angeläget att fortsätta mätningarna åtminstone över ytterligare en sommarperiod. Det är även önskvärt att få till stånd en mera långsiktig uppföljning av anläggningen med förhållandevis liten arbetsinsats. Undersökningarna i Bratthammar kommer att redovisas i en separat rapport.

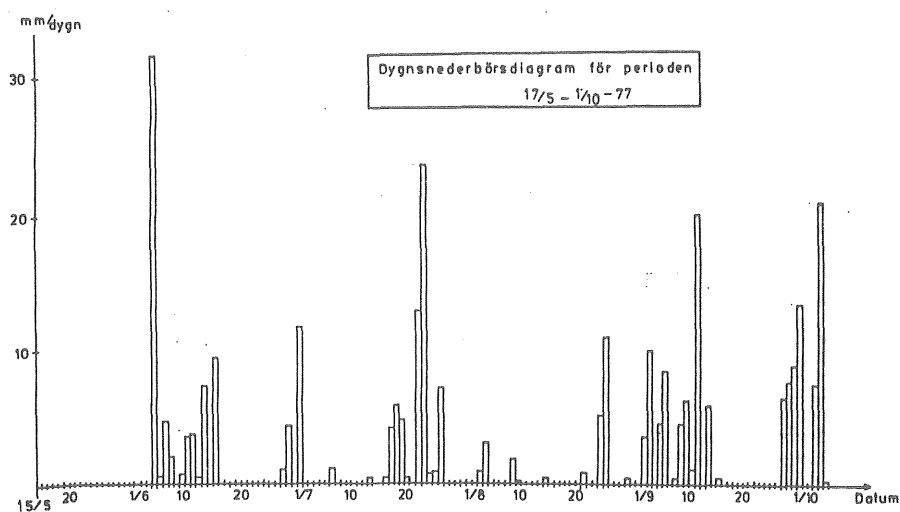
4.2.2 PERKOLATIONSMAGASIN I CENTRALA DELEN AV BRATTHAMMAR



Figur 1. Mätstationernas placering och drifttid i Bratthammar.

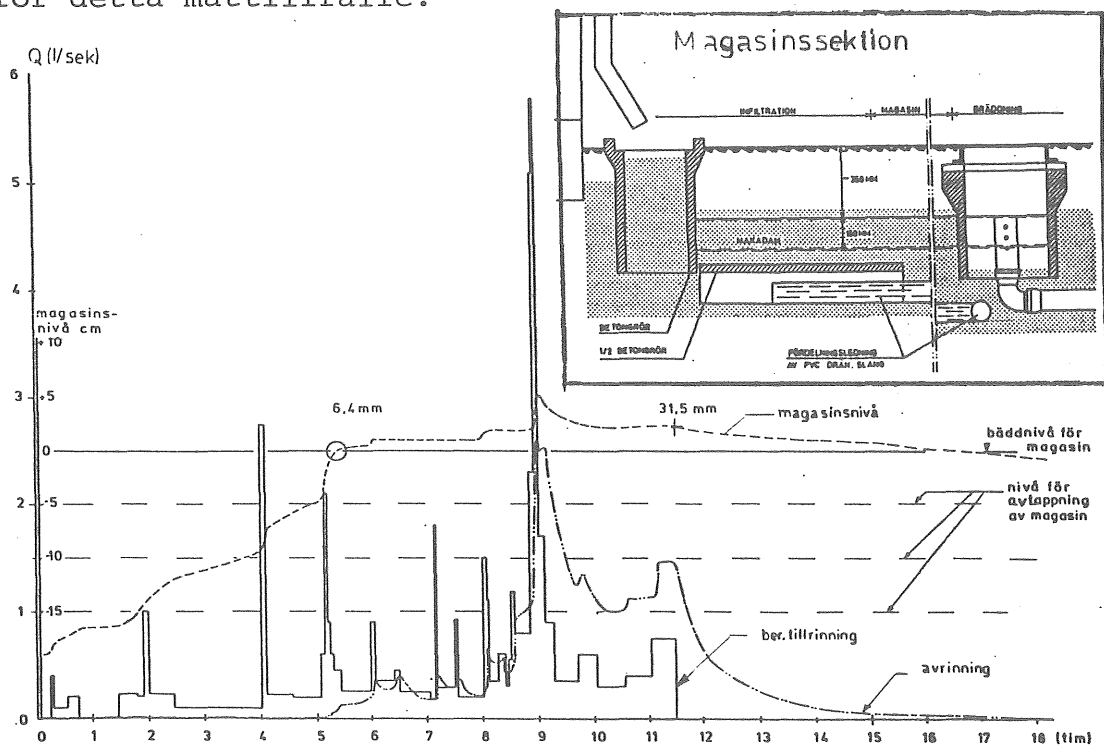
Mätningar i Bratthammar i syfte att kartlägga perkolationsanläggningarnas hydrauliska funktion utföres för närvarande i fyra fasta stationer med kontinuerligt registrerande instrument. Stationernas placering samt driftsperioder framgår av ovanstående figur. Den södra avrinningsstationen har ej startats på grund av att området ännu ej färdigställt. Magasinen har under sommaren kalibrerats med avseende på uppfyllnads- och avsänkingsförlopp, avbördningsfunktion vid bräddavlopp samt utläckage till mark. Detta arbete har till stor del utförts inom ramen för ett examensarbete där målsättningen är att beskriva anläggningarnas hydrauliska funktion i Bratthammar.

Den föreliggande mätperioden har varit nederbördsrik men saknar inslag av regn med hög intensitet. Nedanstående figur visar diagram över nederbördsförhållandena för den gångna mätperioden.



Figur 2. Diagram över dygnsnederbörd för Bratthammar

Den 5/6 uppmättes 31,5 mm nederbörd under 11-12 timmar. För att beskriva funktionen hos det instrumenterade tak/gårdsmagasinet har nedanstående sammanställning gjorts för detta mättillfälle.



Figur 3. Sammanställning av gjorda registreringar för instrumenterat tak/gårdsmagasin vid nederbördstillfälle 1977.06.05. Magasinsuppbyggnad framgår av sektion.

Den ackumulerade avrinningen från det norra delområdet kommer att beräknas för längre sammanhängande mätperioder, för vilka både nederbörds- och avrinningsdata föreligger. Detta är ett led i en vattenbalansstudie för området och program för denna bearbetning är klart.

Erfarenheter från driftförhållandena i Bratthammar kommer att till en del redovisas i rapport över drift- och skötselfrågor för perkolationsmagasin men ges en mer detaljerad redovisning i en slutlig rapportering av detta projekt. Driftsaspekter kommer även att behandlas i pågående examensarbete.

4.2.3 PERKOLATIONSMAGASIN I NORRA DELEN AV BRATTHAMMAR

Sedan juli 1976 pågår kontinuerlig registrering av vattenstånd i perkolationsmagasin M_1 och M_2 i norra del av Bratthammarområdet, se figur 4, med hjälp av mekaniska vattenståndsskrivare av SMHI-typ.

Nederbörds mätningar genomförs av Institutionen för vattenbyggnad, CTH med mätare av flotörtyp (Hellman).

Under maj månad genomfördes magasin test i form av ett antal urpumpning-ifyllnadsprov i magasinerna för att få grepp om magasinens totalvolym, magasinsskapacitetsförändring med nivå samt storleken av den kontrollerade resp okontrollerade avrinningen. Fyllning av magasinerna gjordes från kommunens vattenledningsnät. Urpumpning gjordes med hjälp av en elektrisk pump. Vattenflödena mättes med hjälp av rotameter.

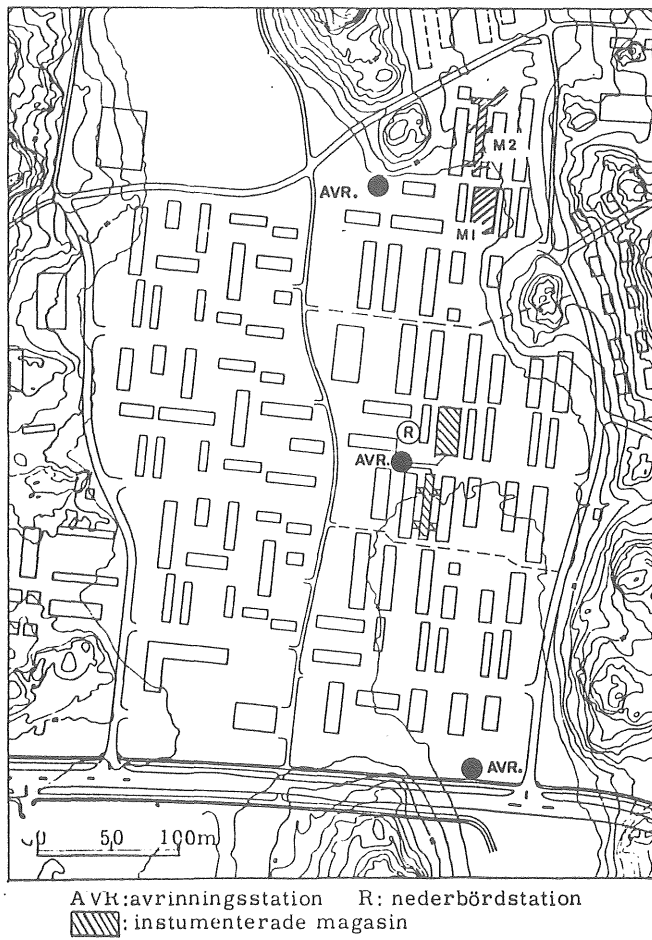
Magasintesterna visar att parkeringsmagasinet M_1 rymmer ca 14 m³ från bräddpunkt till sista hålet 15 cm under bräddpunkt. Gårdsmagasinet M_2 rymmer 4,6 m³ mellan nivå 5 cm under bräddpunkt och sista hålet 15 cm under bräddpunkt.

Pegeldiagram och nederbördsdata har bearbetats och redovisas i form av månadsdiagram. Diagrammen visar vattenstandsfluktuationerna i bägge magasinerna samt staplar för dygnsnederbörden. Magasinskurvorna är avritade från pegeldiagrammen så att fluktuationerna framhävs, se figur 5

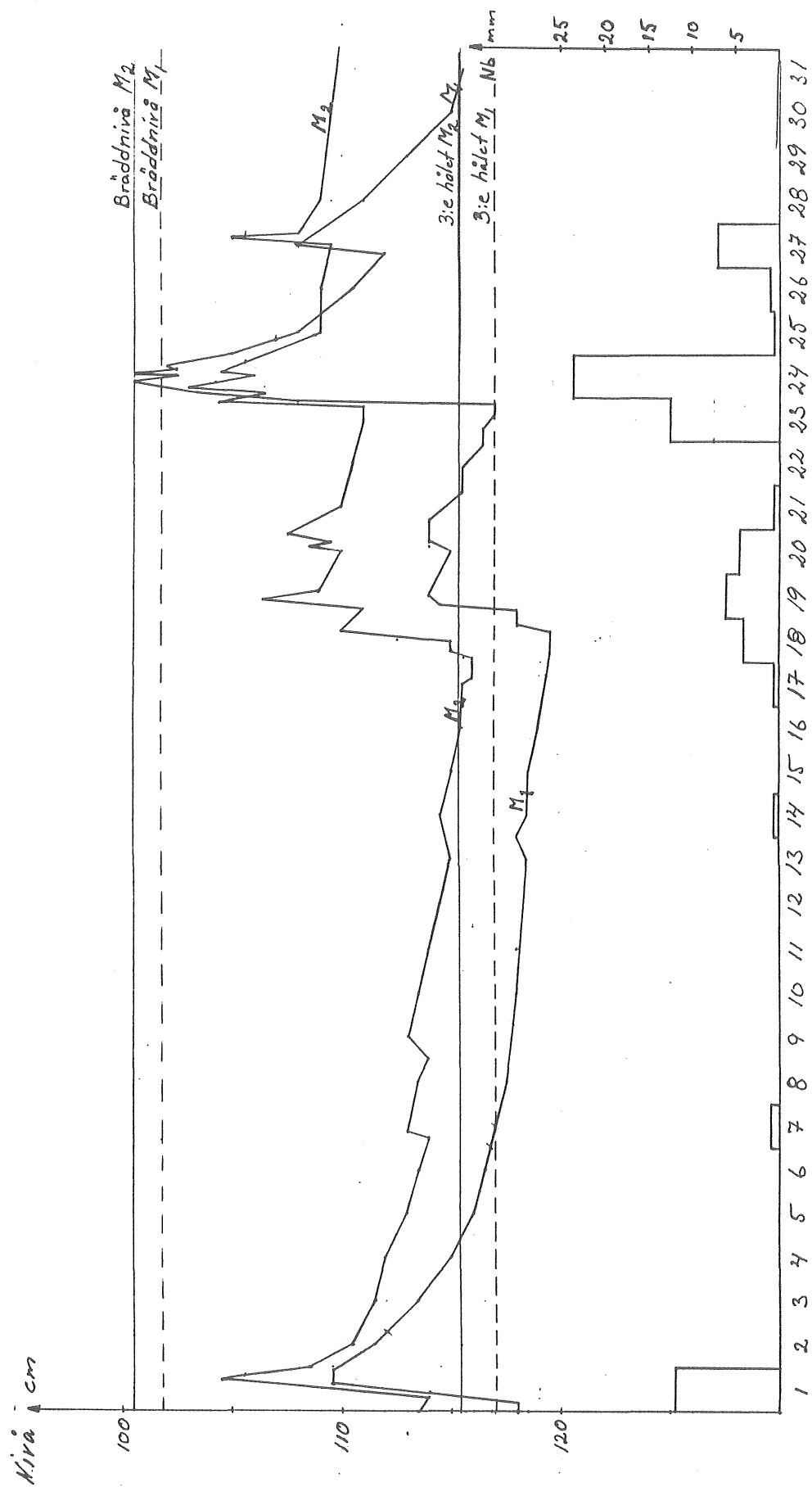
Nedan följer en preliminär redovisning av de båda magasinens funktion.

Parkeringsmagasinet M_1

En sammanställning av avsänkingsförloppet i parkeringsmagasinet, se figur 6, visar att tömningen av magasinets



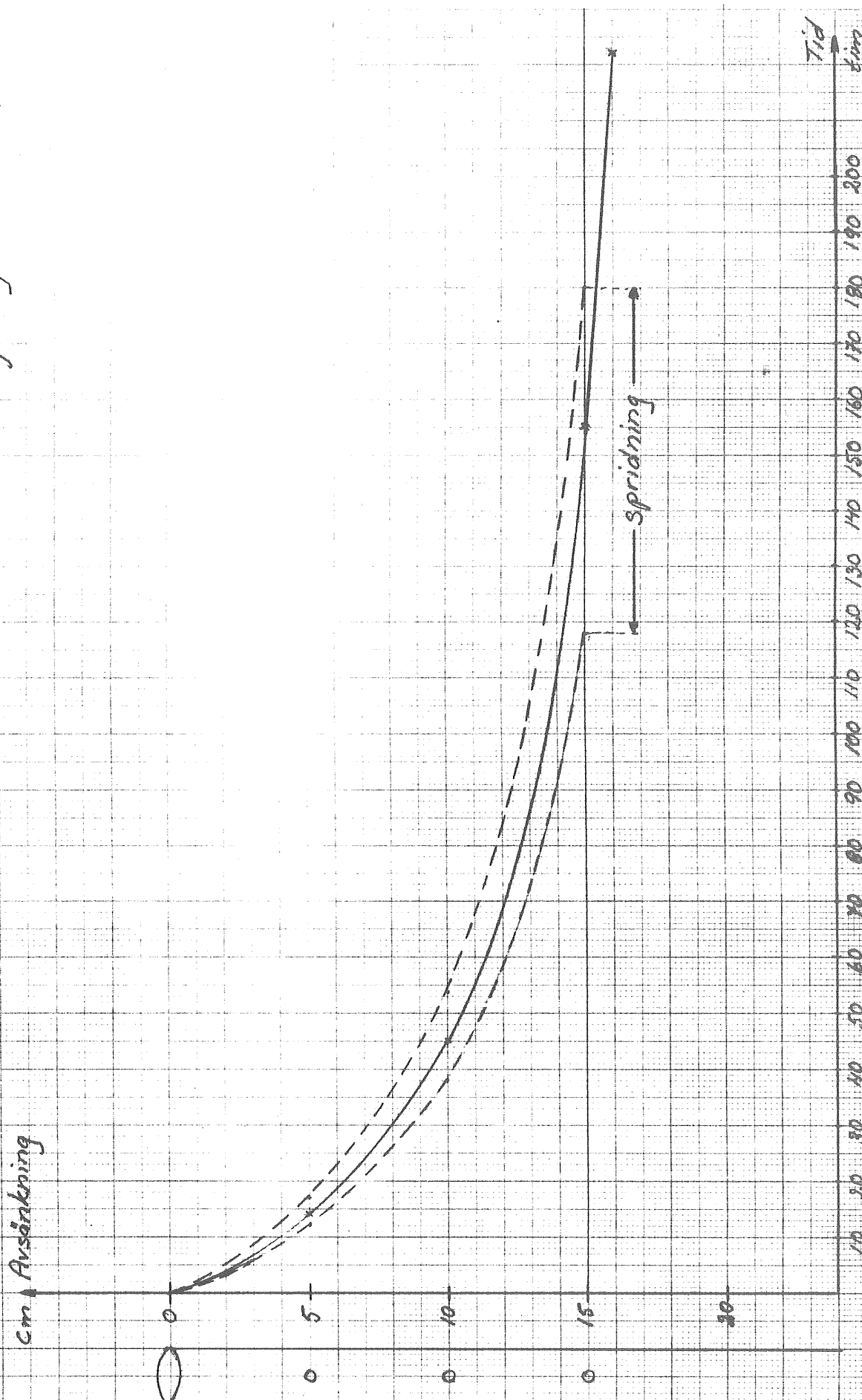
Figur 4. Plan över Bratthammarområdet. De båda magasinerna M_1 och M_2 ligger i områdets nordöstra del.



Figur 5. Exempel på nivåregistrering i perkulationsmagasinen i Bratthammar.
Magasin M_1 och M_2 juli 1977.

Figur 6. Sammanställning av avsänkingsförloppet i parkeringsmagasin M_1 .

Parkeringsmagasinet M_1



Översta 15 cm tar i medeltal 6 1/2 dygn under sommarhalvåret. I medeltal tar det 14 timmar att avsänka de översta 5 centimetrarna från bräddnivån till första hålet. Enligt magasintesten motsvarar de översta 5 centimetrarna av magasinet en volym av 5,2 m³. Av denna volym försvinner 2 m³ genom de tre uppborrade hålen. De resterande 3 m³ försvinner alltså okontrollerat i form av läckage, infiltration och avdunstning. Motsvarar 215 l/tim.

Avsänkningen av nivån 5-10 cm under bräddnivån tar i medeltal 31 timmar under sommarhalvåret. Enligt magasintesten motsvarar nivåintervallet en volym av 4,7 m³. Av denna volym försvinner 2,0 m³ genom de två verksamma hålen. De resterande 2,7 m³ motsvarande 90 l/tim försvinner alltså som okontrollerat läckage m m.

Avsänkning av nivån 10-15 cm under bräddnivån tar i medeltal 110 timmar under sommarhalvåret. Enligt magasintesten motsvarar nivåintervallet en volym av 4,1 m³. Av denna volym försvinner 2,0 m³ genom det nedersta hålet. De resterande 2,1 m³ motsvarande 19 l/tim försvinner alltså okontrollerat genom läckage m m.

Avsänkning under nedersta hålet i samband med längre torrperioder sker med ca 1 cm/3 dygn, vilket motsvarar en dränering genom läckage, perkolation, avdunstning av 11 l/tim.

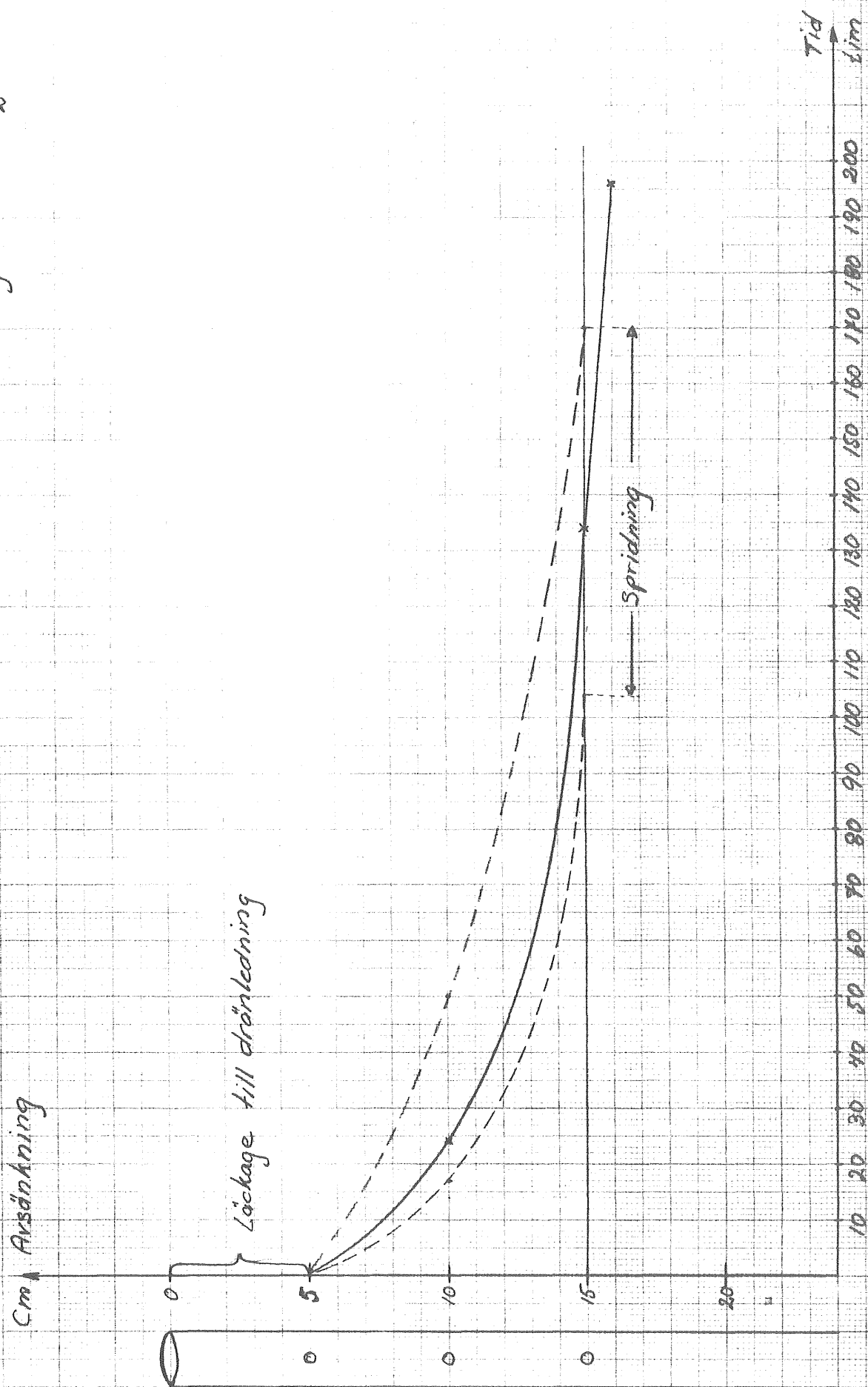
För att fylla magasinet under sommarhalvåret åtgår i medeltal 27,3 mm nederbörd. Med en tillrinningsareal av ca 1.600 m² motsvarar detta en volymavrinningskoefficient av 0,20

Gårdsmagasinet M₂

En sammanställning av avsänkingsförloppet i gårdsmagasinet, se figur 7, visar att tömningen av magasinet från nivån 5 cm under bräddnivå till sista hålet 15 cm under

Figur 7. Sammanställning av avsänkingsförloppet i gårdsmagasinet M_2 .

Gårdsmagasinet M_2



bräddnivån tar i medeltal 5 dygn under sommarhalvåret. Avsänkning från bräddnivå till första hålet sker genom läckage till dränledning varför denna del av magasinet ej är verksamt. Läckage till dränledningen har skett vid 11 tillfällen under mätperioden. Vid ett av dessa tillfällen 10/9 1976 var den tillrinnande volym så stor att nivån överskred bräddnivån. Avsänkning av nivån 5-10 cm under bräddnivån tar i medeltal 24 timmar under sommarhalvåret. Enligt magasin-test mot svarar nivåintervallet en volym av $3,0 \text{ m}^3$. Av denna volym försvinner $1,5 \text{ m}^3$ genom de två verksamma hålen. De resterande $1,5 \text{ m}^3$ försvinner alltså som läckage, perkolation och avdunstning, vilket motsvarar $62,5 \text{ l/tim}$.

Avsänkningen av nivån 10-15 cm under bräddnivån tar i medeltal 100 timmar under sommarhalvåret. Enligt magasin-testen motsvarar nivåintervallet en volym av $1,5 \text{ m}^3$ vilket medför att hela denna volym kan dräneras genom det nedersta hålet. Så torde emellertid inte vara fallet då avsänkning under sista hålet sker med ca $1 \text{ cm}/1,5 \text{ dygn}$, vilket motsvarar en avbördning av ca 7 l/tim .

Anledningen till den långsamma avsänkningen av nivån 10-15 cm torde dels vara igensättning av det nedersta hålet, dels orsakas av bevattning av gräsmattorna inom gårdsmagasinet vilket ger ett långsamt tillflöde av vatten till magasinet. Detta styrks även av att spridningen i avsänkingsförloppet är större än för parkeringsmagasinet.

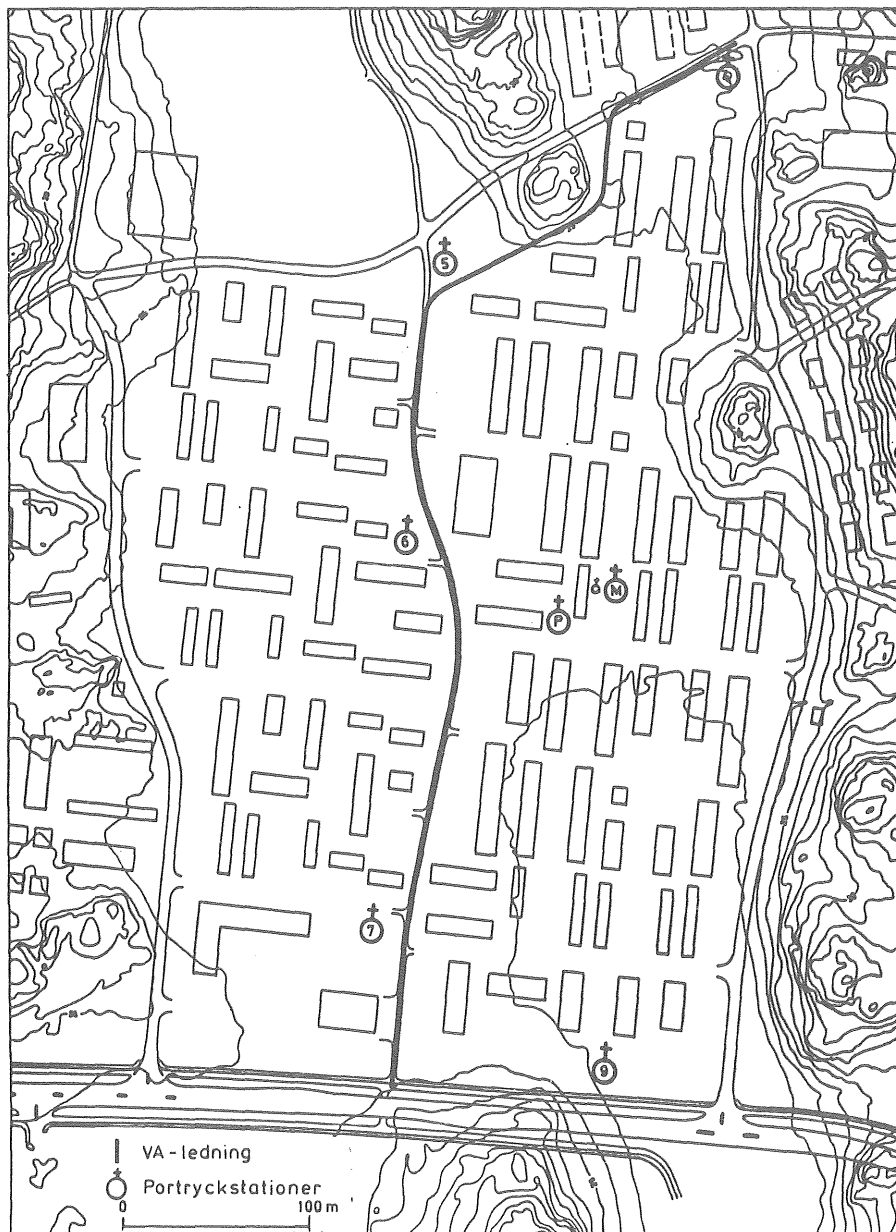
För att fylla magasinet till 5 cm under bräddnivå under sommarhalvåret åtgår i medeltal 17 mm nederbörd. Med en tillrinningsareal av 400 m^2 motsvara detta en volymavrinningskoefficient av 0,68

4.2.4 PORVATTENTRYCKMÄTNINGAR I BRATTHAMMAR

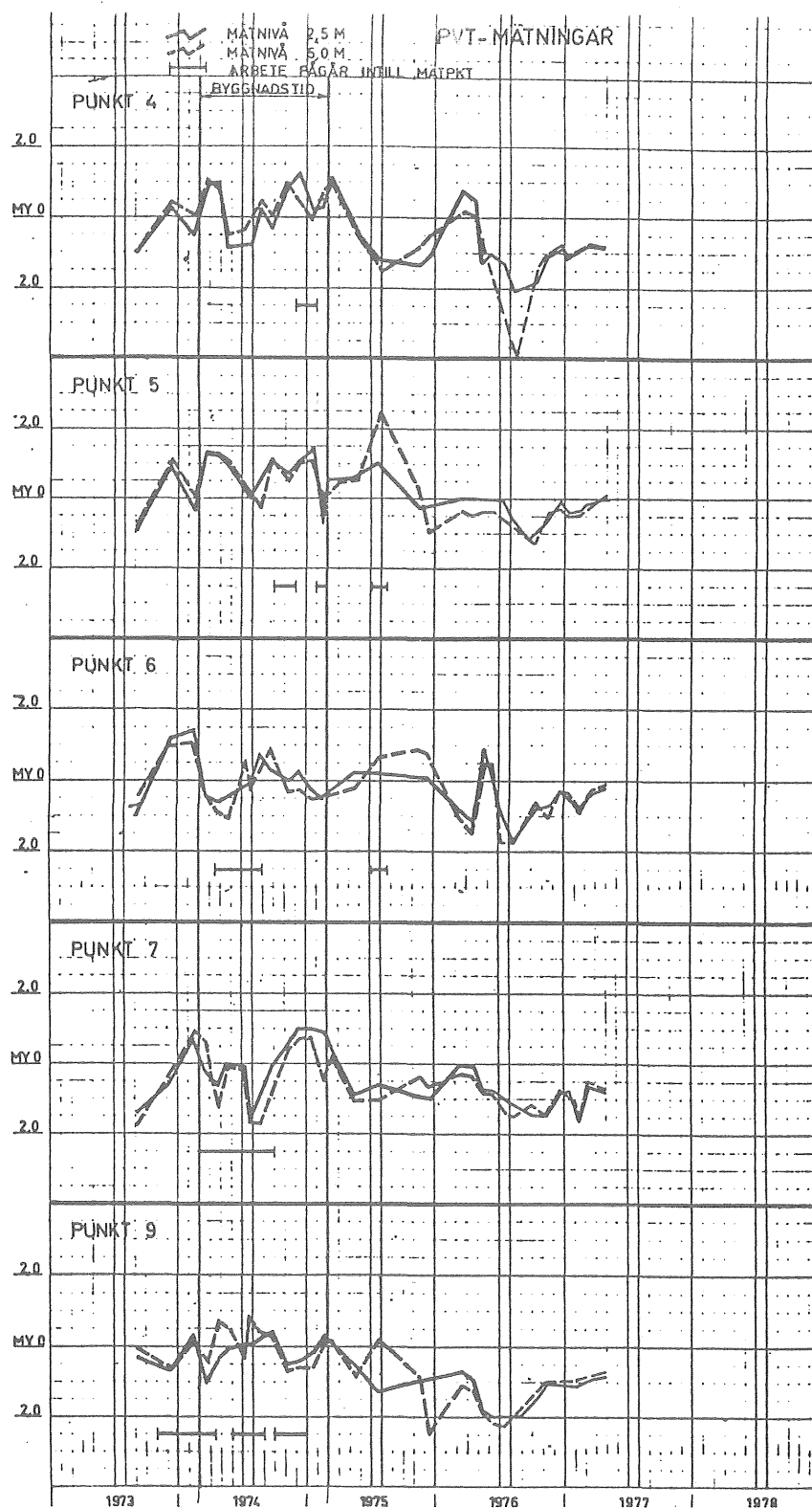
4.2.4.1 Tidigare mätningar

Sedan 1973 har porvattentrycket uppmätts invid VA-verkets huvudledning, som går centralt genom Bratthammar. Mätningarna utförs av gatukontoret i Göteborg på uppdrag av VA-verket. Porvattentrycket har uppmätts vid 5 stycken mätstationer på 2,5 resp 5 m djup under markytan. Mätstationernas läge framgår av figur 8. Mellan september 1973 och december 1976 uppmättes portrycket med portryckspetsar av s k svängande strängtyp. Mätarna har tryckts ned till önskat mätdjup och avläsning har sedan skett efter några dagar när mätarna har förväntats stabilisera sig. Efter avslutad mätning har spetsarna åter dragits upp. Vissa portrycksmätare har under mätperioden ej fungerat tillfredsställande. Eftersom mätspetsarna ej varit stationära och vissa mätare har fungerat mindre bra måste portrycksmätningarna mellan 1973 och 1976 ses som osäkra. Portrycket har för samtliga stationer en allmänt sjunkande tendens, figur 9. Amplituden är relativt stor 2-5 m. När ledningsarbete pågick intill portrycksmätarna sjönk som regel portrycket. Ledningens byggnadstid sammanföll med ett år då nederbörden var över det normala. Efter ledningens färdigställande följde två år med extremt låg nederbörd.

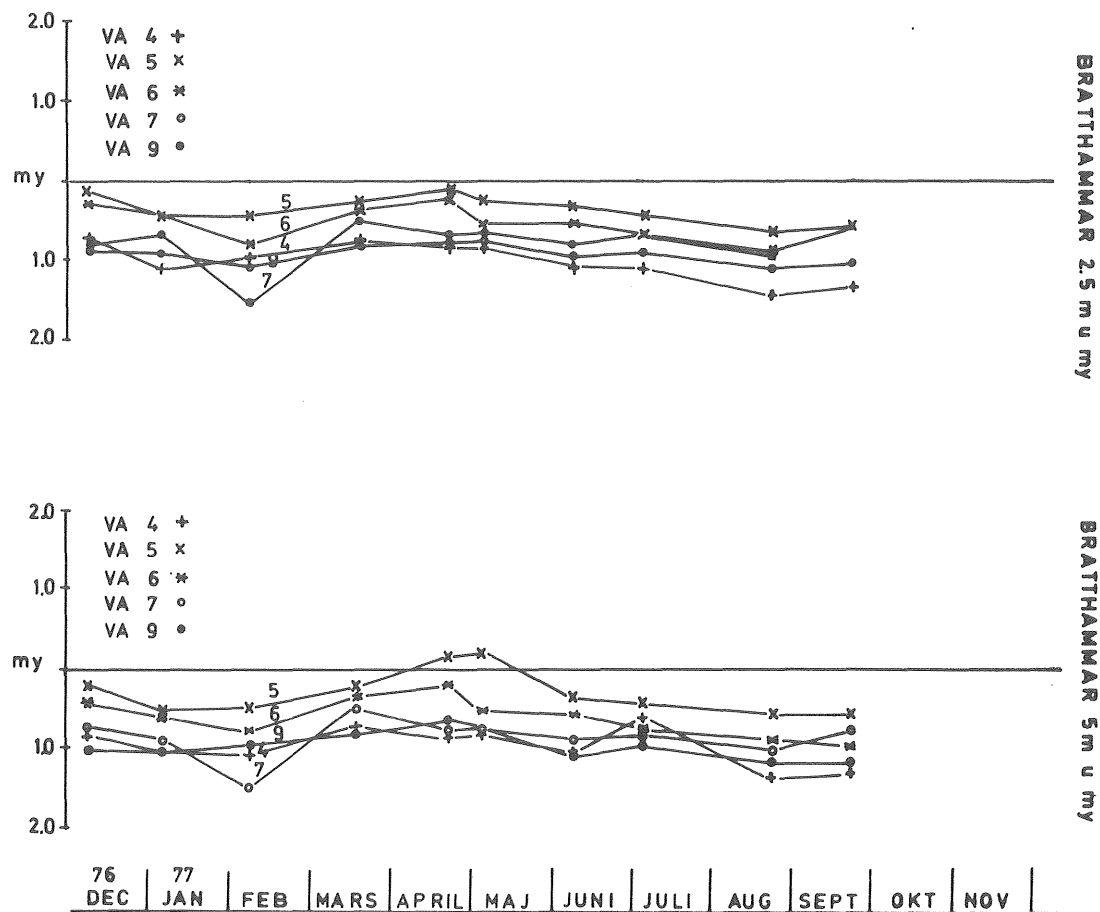
Under hösten 1976 ersattes portryckspetsarna av s k svängande strängtyp med stationära filterspetsar. Filterspetsarna består av sand-epoxifyllda perforerade stålspetsar till vilka en 4 mm plastslang kopplas. Filterspetsen fungerar på samma sätt som ett öppet grundvattenrör. Nivåmätningar i dessa filterspetsar påbörjades hösten 1976 och pågår för närvarande med intensiteten en gång per månad. Amplituden är för mätperioden december 1976 till september 1977 relativt liten figur 10. Portrycket varierar i stort sett från något under markytan till ca 1,5 m under markytan. Mätstation 5 och 6 upp-



Figur 8. Situationsplan över portryckstationer i
Bratthamar.



Figur 9. Porvattentrycknivåer vid gatukontorets mätstationer Va 4-9 i Bratthammar uppmätta med mätare av sk svängande strängtyp.



Figur 10. Porvattentrycknivåer vid gatukontorets mätstationer Va 4-9 i Bratthammar uppmätta med filterspetsar.

visar under hela mätperioden högre portryck på båda nivåer än de övriga stationerna. Ledningens inverkan på portrycket tycks vara obetydlig vid station 5 och 6 medan en viss av-sänkning föreligger vid stationerna 4, 7 och 9.

4.2.4.2 Påbörjade mätningar

I juni 1977 påbörjades portryckmätningar inom projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten". Instrumenteringen omfattar 10 stycken portryckspetsar och 11 stycken filter-spetsar. Fem stycken portryckspetsar sattes som en portrycksprofil, station (P), figur 8. Portryckspetsarna ned-fördes till djupen 1,5, 4, 7, 10 resp 13 m under markytan. Under parkeringsmagasinet sattes 4 stycken portryckspetsar, station (M), figur 8, på nivåerna 1,5, 2, 3 resp 4 m under markytan. Ytterligare en mätspets sattes 1,5 m under par-keringsplatsen mellan magasinstationen och portryckspro-filen.

Mätutrustningen för portryckregistreringar består av en digital mätenhet, sond med elektrisk tryckgivare, kabel och stationära filterspetsar. Vid mätning föres sonden ned till portryckspetsen. Portrycket fortplantas via ett keramiskt filter och kanaler till den nedsänkta sonden där portrycket registreras av den elektriska tryckgivaren. Signalen går via kabel till instrumentet där mätvärdet avläses.

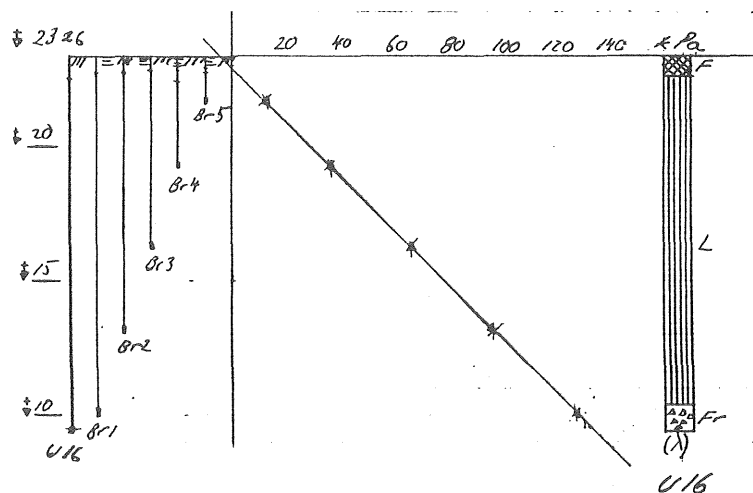
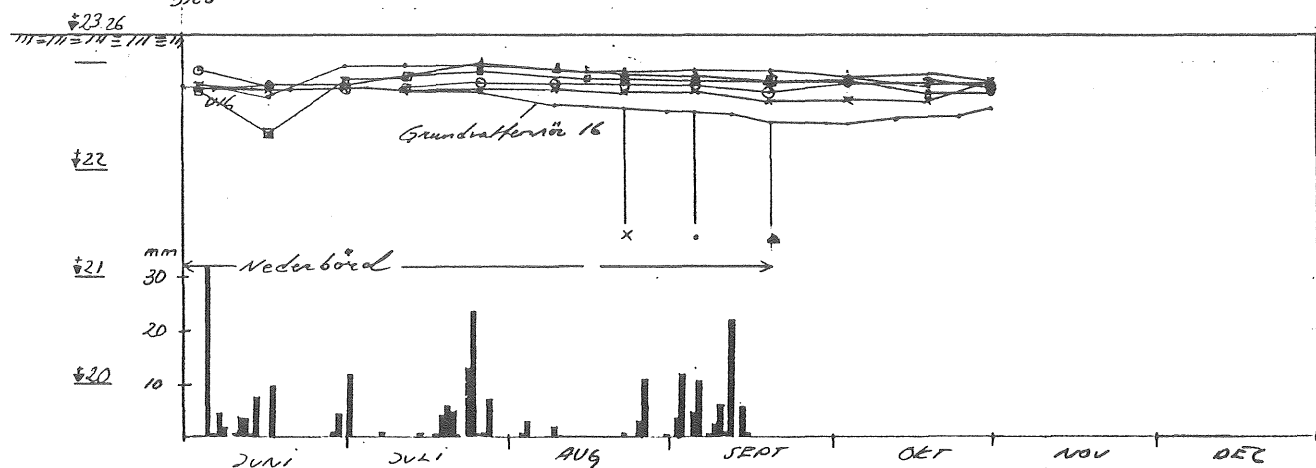
Portryckmätningarna påbörjades för portrycksprofilen, sta-tion(P) den 3:e juni och för magasinssstationen, station(M) den 20:e juni. Avläsningsintensiteten är en gång varannan respektive varje vecka.

Samtliga mätvärden inplottas på ett tidsdiagram. Med jämna tidsintervall uppritas tryckdiagram.

Portryckkurvorna för station(P) har liten amplitud och ligger väl samlade, figur 11. Detta visar att i stort sett

STATION P Br 1-5

Br 1 x
 Br 2 ○
 Br 3 ▲
 Br 4 □
 Br 5 ·



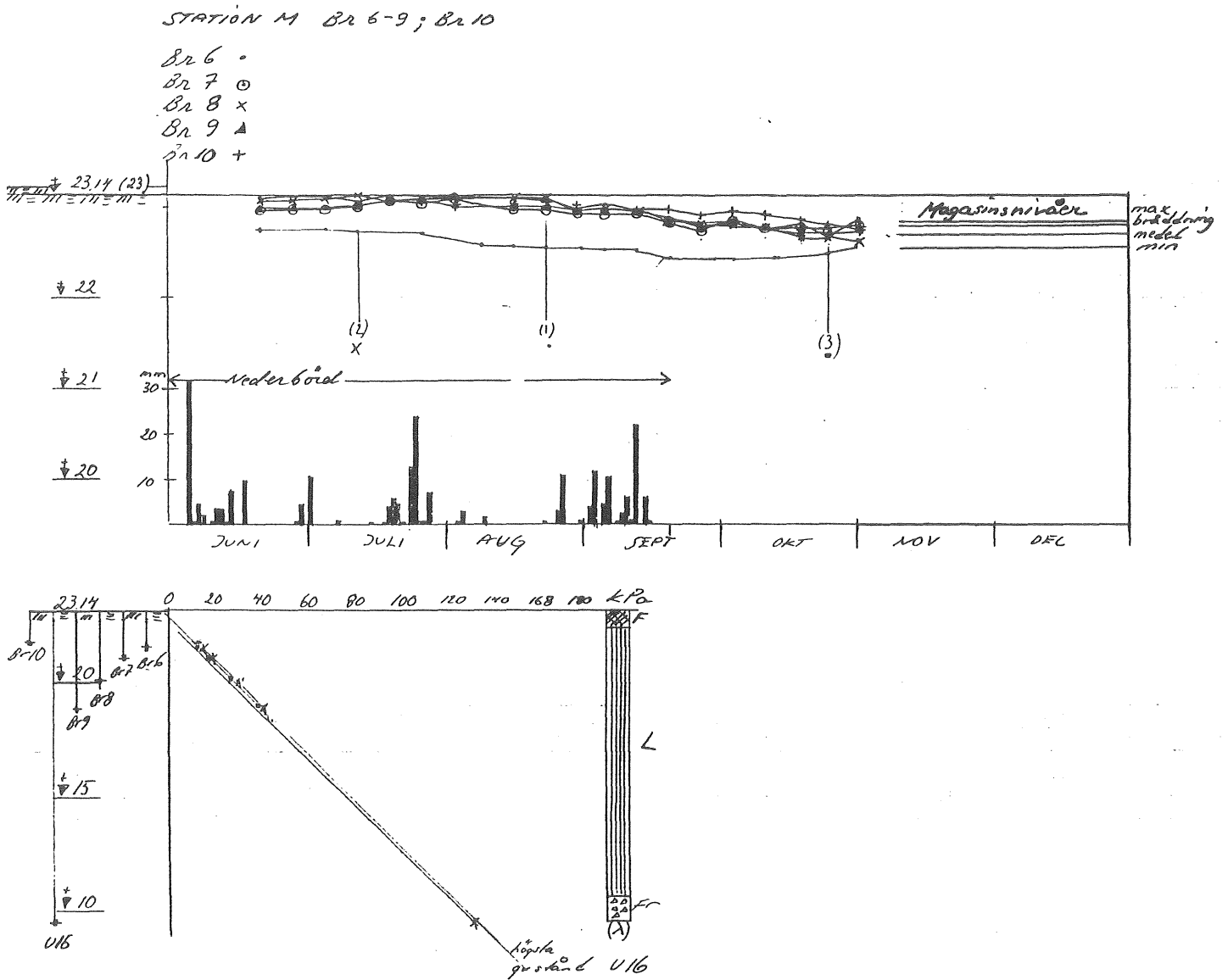
Figur 11. Porvattentrycknivåer i Bratthammar Br 1-5 med uppritat tryckdiagram för tre avläsningstillfällen.

naturliga förhållanden råder i jordprofilen. Någon portrycksänkning har ej konstaterats under mätperioden. Tryckdiagram har uppritats för tre avläsningstillfällen. Portrycket följer vid samtliga mättillfällen mycket väl den hydrostatiska trycklinjen (grundvattennivårör U16) vilket också visar att leran under mätperioden är helt opåverkad.

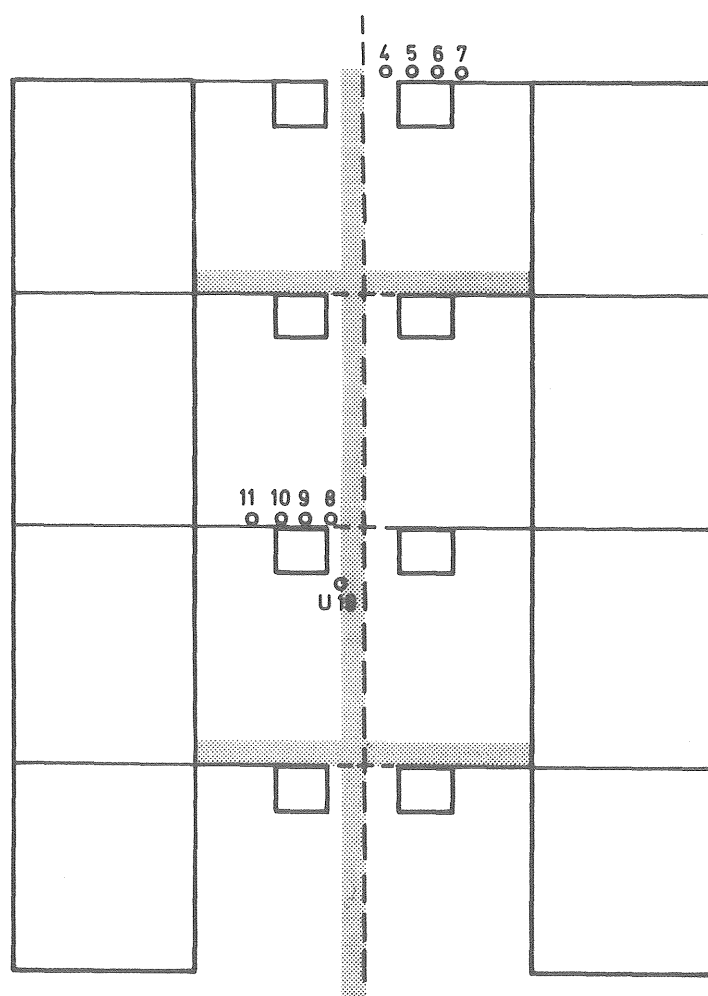
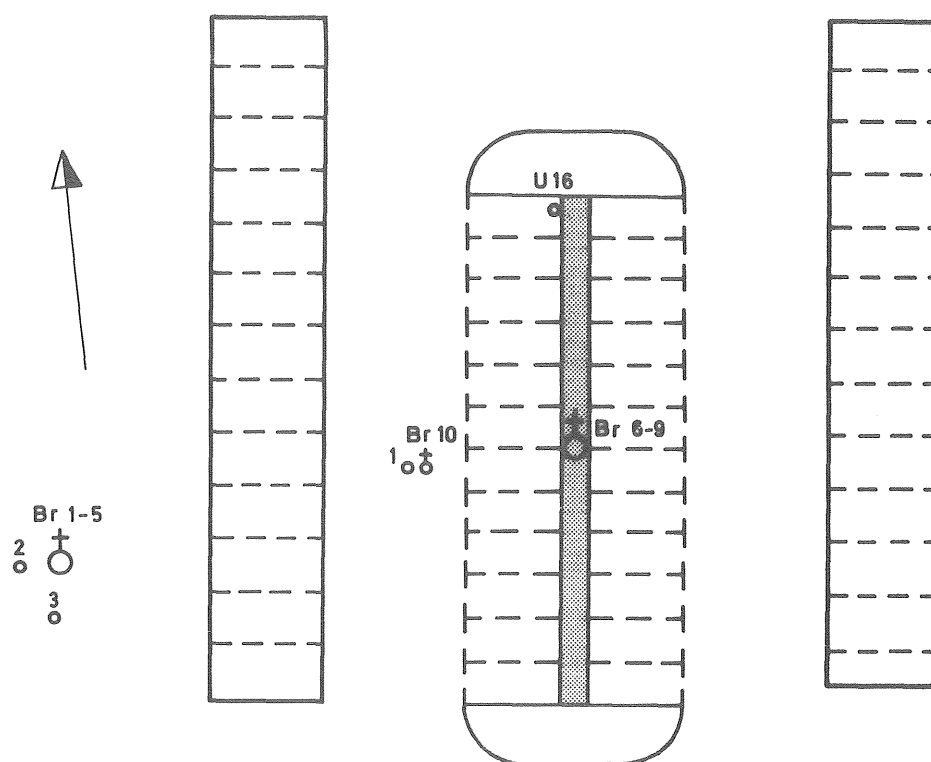
Portryckkurvorna för magasinstationen(M) ligger i eller strax under markytan, dvs ca 3 dm högre än station(P), figur 12. Portryckkurvorna uppvisar en liten amplitud och ligger mycket väl samlade. Från mitten på augusti minskar porvattentrycket för samtliga mätare. På figur 12 har magasinets max, brädd, medel och miniminivå markerats. Tryckdiagrammet visar att portrycknivåerna ligger över den hydrostatiska trycklinjen. Detta visar att en förhöjning av portrycket har ägt rum under parkeringsmagasinet. Portryckförhöjningen kan ha orsakats dels av infiltrationsmagasinen, dels som en effekt av bär-lagrets tyngd på parkeringsplatsen. Fortsatta mätningar förväntas klarlägga sambanden.

Förutom portryckmätarna har 11 stycken filterspetsar utplacerats inom undersökningsområdet. Filterspetsarnas läge framgår av figur 13. Samtliga filterspetsar sitter på nivån 0,83 m under markytan (filtermitt). Filterspetsarna avläses en gång per vecka sedan den 25:e juli 1977.

Figur 14 visar nivåkurvor för filterspetsarna G1-G11. I anslutning till kurva G1 och G2 har portryckkurvan för bredvidstående portryckspets inplottats. Filterspets G1 och portryckkurvan följer varandra relativt väl. Vid två tillfällen augusti resp september går kurvorna i sär. Detta orsakas av att filterspetsen, som sitter ca 0,6 m grundare än portryckspetsen, snabbare svarar på vattenhaltsvariationer i markzonen. Filterspets G2 och G3 som sitter i anslutning till station(P) är torra under större



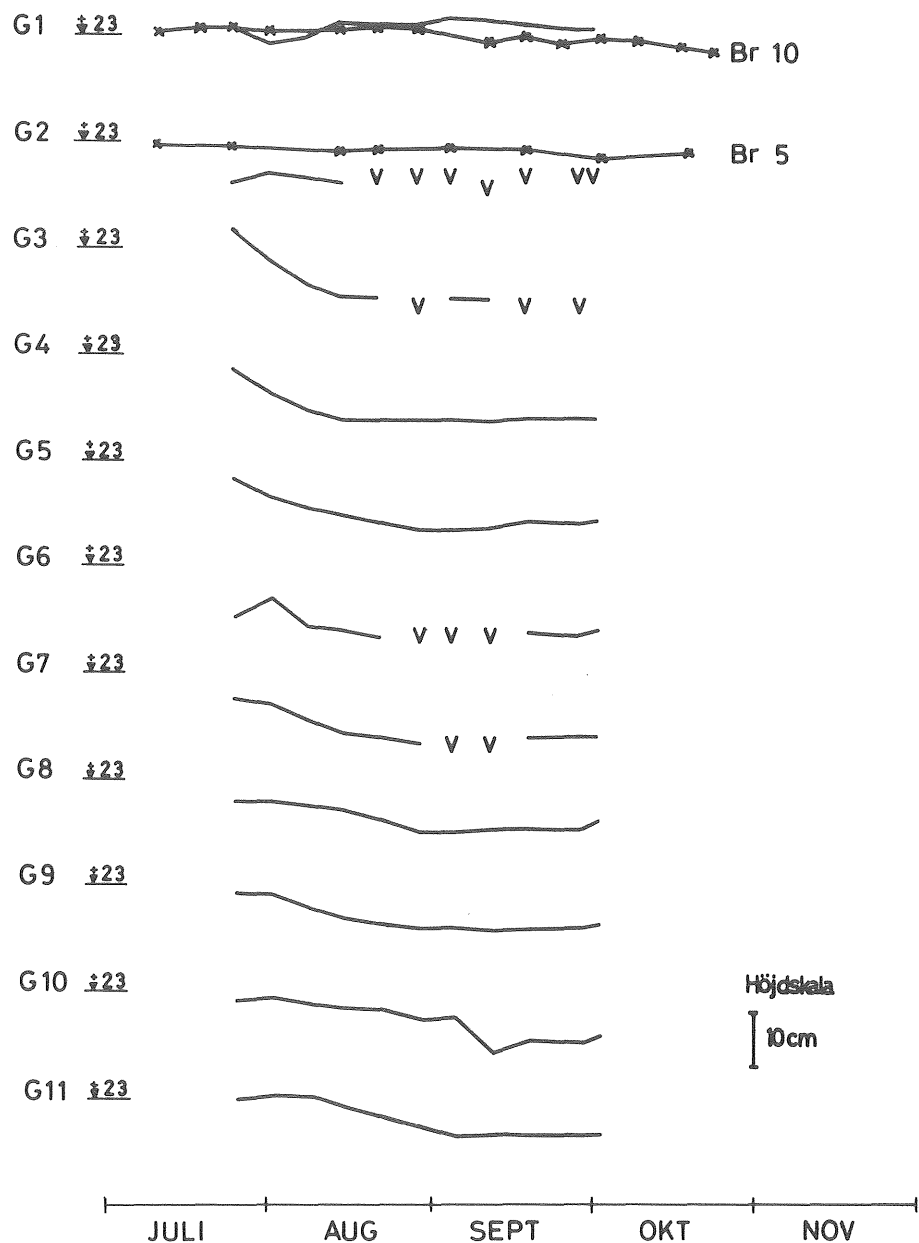
Figur 12. Porvattentrycknivåer i Bratthammar Br 6-10 med uppritat tryckdiagram för tre avläsningstillfällen.



Figur 13. Situationsplan över portryckmätare och filterspetsar vid två perkolationsmagasin i Bratthammar. Skala 1:400

FILTERSPETS

Mätare



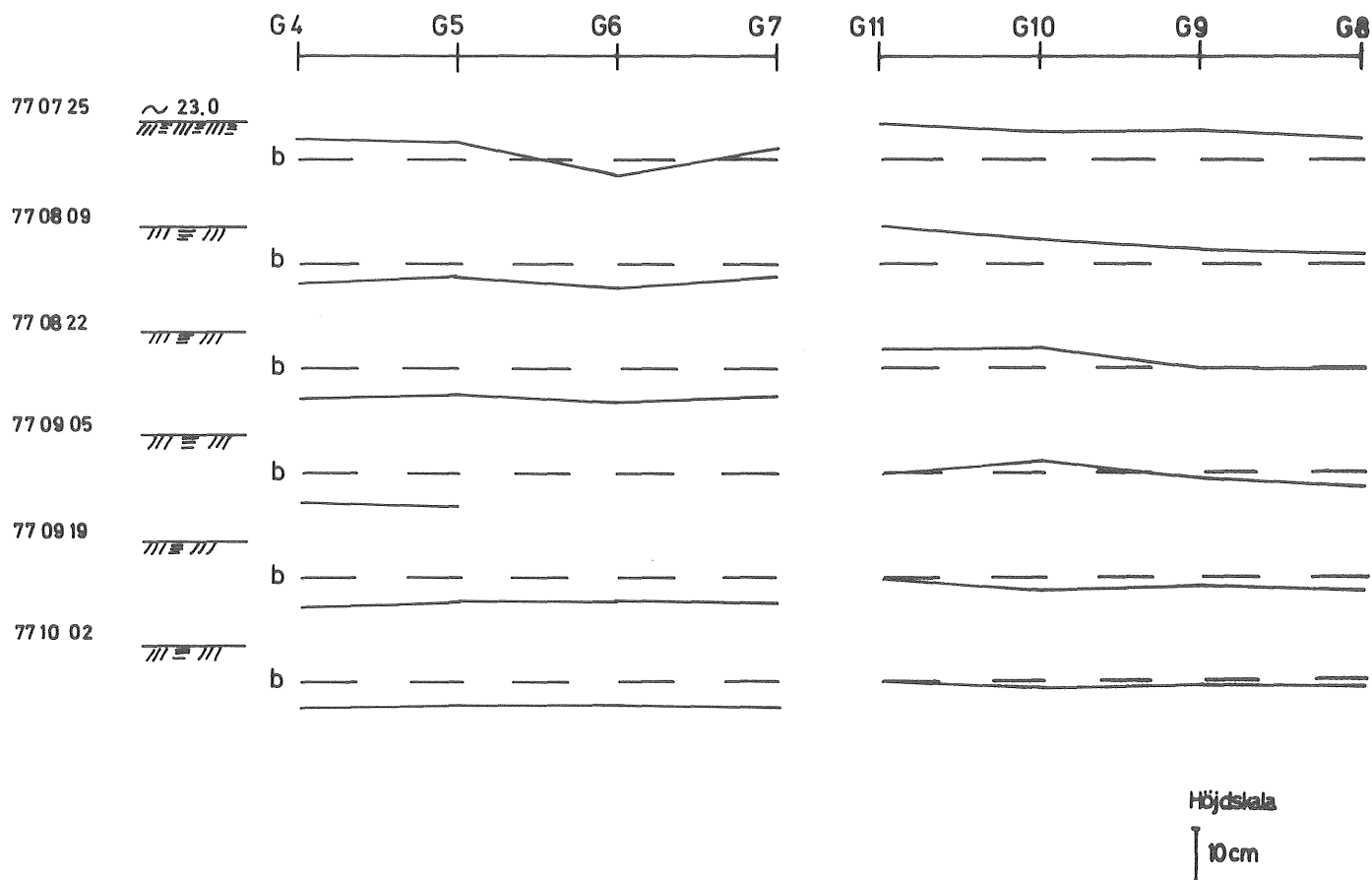
Figur 14. Nivåkurvor för filterspetsar G1-11 samt
 porttryckmätare Br5 och Br10.

delen av mätperioden. Nivån för mätare G3-G11 minskar successivt under ca 5 veckor. Detta beror på att mätarna vid sättning fylls med vatten. Om vattennivån i torrskorpan från början står lågt infiltrerar vatten från filterspetsen till dess att jämvikt utbildas.

Figur 15 visar vattennivån för profil G4-7 och G8-11 vid sex olika avläsningstillfällen. Magasinets bräddnivå har markerats med b. Nivån anpassas i den norra profilen G4-7 till ca 0,3 m under magasinets bräddnivå. Nivån i de yttre rören G6 och 7 står tidvis under filterspetsen. Inom profil G8-11 ställer nivån in sig i eller strax under bräddnivån. Att vattennivån står betydligt högre inom profil G8-11 än G4-7 kan bero på att profil G8-11 står mer centralt inom magasinets influensområde. En annan orsak kan vara att profil G4-7 dräneras av de brunnar och ledningsgravar som finns nära filterspetsarna.

Analysering av mätdata pågår nu kontinuerligt. För att klarlägga magasinens inverkan på omkringliggande jordarter kommer en detaljerad jämförelse att göras mellan magasinens nivå vid olika tillfällen och runt om belägna mätspetsar. För att klarlägga portrycksförhållandena i jordprofilen och eventuella portrycksförändringar föreligger ett stort behov av fortsatta mätningar.

Då äldre portryckmätningar visat sig vara osäkra är det angeläget att upprätta en referensstation inom ett opåverkat område i Bratthammar. Planer finns på att sätta en portrycksprofil i den västra dalgången söder om Skattegårdsvägen invid grundvattenrör 2. I anslutning till portrycksprofilen bör även ett par filterspetsar sättas för att klarlägga nivån i den opåverkade torrskorpeleran. Avläsningsintensiteten för referensstationen kan läggas något lägre, ca 1 gång per månad.



Figur 15. Nivåkurvor för filterspetsprofiler G4-G7 och G8-G11 vid sex avläsningstillfällen. Perkolationsmagasinets bräddnivå har markerats med b.

4.2.5 VATTENHALTSMÄTNINGAR I BRATTHAMMAR

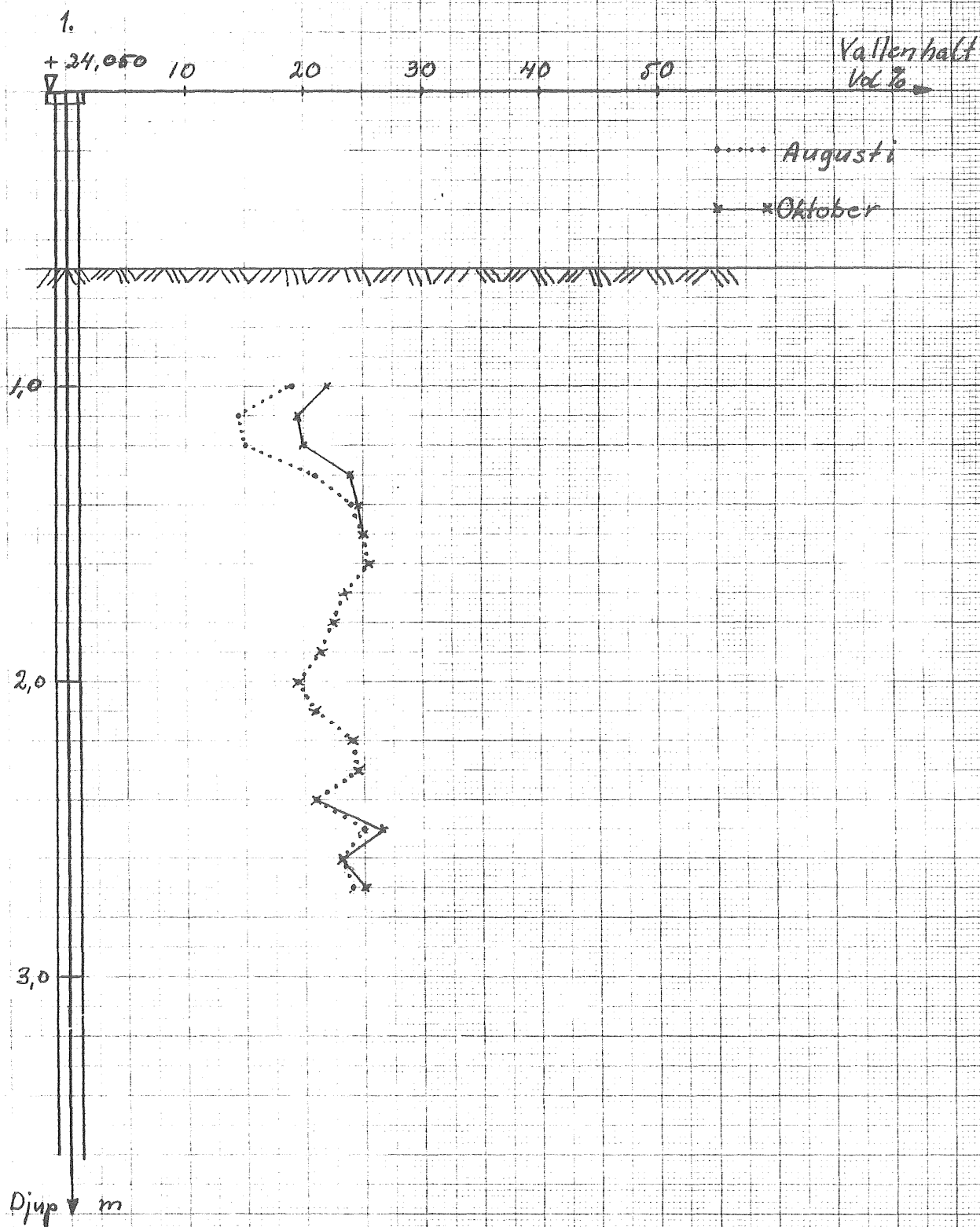
Sedan juni 1977 pågår vattenhaltsmätningar i de övre marklagren inom Bratthammarområdet. Mätningarna utföres med hjälp av en radiometrisk djupsond i fyra tvåtumsrör. Tre av rören har sluten spets och är slagna för detta ändamål. Det fjärde röret utgöres av grundvattenrör nr 23 i vilket grundvattenytan ligger mer än två meter under markytan. Mätpunkterna för sonden ligger i varje rör på var 10:e cm ner till rörets botten. Den översta mätpunkten ligger 20-40 cm under markytan. Mätningarna utföres en gång i månaden.

Syftet med mätningarna är att bestämma storleken av vattenhaltsvariationerna för att kunna bestämma markvattenmagasinets storlek.

Av de hittills utförda mätningarna framgår att vattenhaltsvariationer förekommer i den översta metern. Storleken av variationerna för de fem mätningar som genomförts uppgår för tre av rören som högst till 5% medan variationen i det fjärde röret är obetydlig.

I fig.16 redovisas värdena i augusti och oktober för rör nr. 1. (grundvattenrör nr 23). Med antagandet att vattenhaltsvariationen mellan högsta mätpunkten och markytan har samma värde (vilket sannorlikt är för lågt) uppgår magasinvariationen uttryckt i nederbörd till 35 mm under perioden augusti-oktober.

Figur 16. Bratthammar, markvatten-
rör 1 (23).



4.3 Halmstad

För att avlasta det kombinerade ledningssystemet i centrala delarna av Halmstad har Halmstads gatukontor utfört en perkolationsanläggning vid Falckens väg intill västkustbanan, väster om Halmstads centrum. Anläggningen betjänar ett begränsat område med ett tiotal äldre tvåvåningsvillor. Området har försetts med ett nytt dagvatten-system som samlar vattnet till magasinet, vilket är beläget i en park. I samband med projekteringen kontaktade Halmstads gatukontor Geohydrologiska forskningsgruppen, vilken från färdigställandet sommaren 1976 genomfört uppföljningsarbeten under begränsade perioder. Dessutom har grundvattennivån inom området kontrollerats kontinuerligt.

De geologiska förutsättningarna för perkolationsanläggningen undersöktes i form av ett C-kursarbete (3-betygsarbete) i kvartärgeologi (Bo Lind: Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad, Geologiska institutionen CTH/GU publ. B85). Detta arbete refererades kortfattat i projektets första delrapport. Avsikten är att en reviderad och sammanfattande version skall ingå i den slutrapport som planeras för undersökningsinsatserna i Halmstad. Följande delar planeras:

- a) Kortfattad geologisk översikt.
- b) Mera detaljerad beskrivning av de geologiska förhållandena kring magasinet på grundval av grävningar, borrar, magasinberäkningar mm.
- c) Beskrivning av de hydrologiska förhållandena kring magasinet. Redovisning av permeabilitetsförhållanden, akviferer, grundvattennivåer och grundvattenströmning.

Perkolationsanläggningens funktion har undersökts inom ramen för ett examensarbete vid CTH. Sammanställning och redovisning pågår för närvarande. Följande huvudproblem kommer att belysas:

- a) Uppmätt nederbörd och avrinning jämförs med avrinning beräknad med hjälp av en beräkningsmodell. På detta sätt kan anläggningens dimensionering kontrolleras.
- b) Anläggningens funktion har kontrollerats genom vattenpåfyllning. Inverkan på omgivningarna har också kontrollerats med hjälp av grundvattenståndsobservationer. Akviferparametrar erhållna från magasinspåfyllningarna kan jämföras med motsvarande värden erhållna genom enhålsförsök (slug-test) i grundvattenståndsobservationsrören.
- c) Dagvattnets halt av tungmetaller och suspenderat material har kontrollerats. Jämförelser görs med grundvattnets sammansättning.

Som ovan nämnts planeras en sammanfattande slutrapport som behandlar samtliga genomförda undersökningar i Halmstad. Undersökningsprogrammet kan för närvarande betraktas som avslutat inom ramen för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten". Anläggningen bedöms emellertid vara lämplig för praktiska undersökningar inom projektet "Miljömässiga aspekter på dagvatten", varför ytterligare insatser i Halmstad kan bli aktuella.

4.4 Enkät rörande utformnings- och driftsfrågor vid perkolationsanläggningar

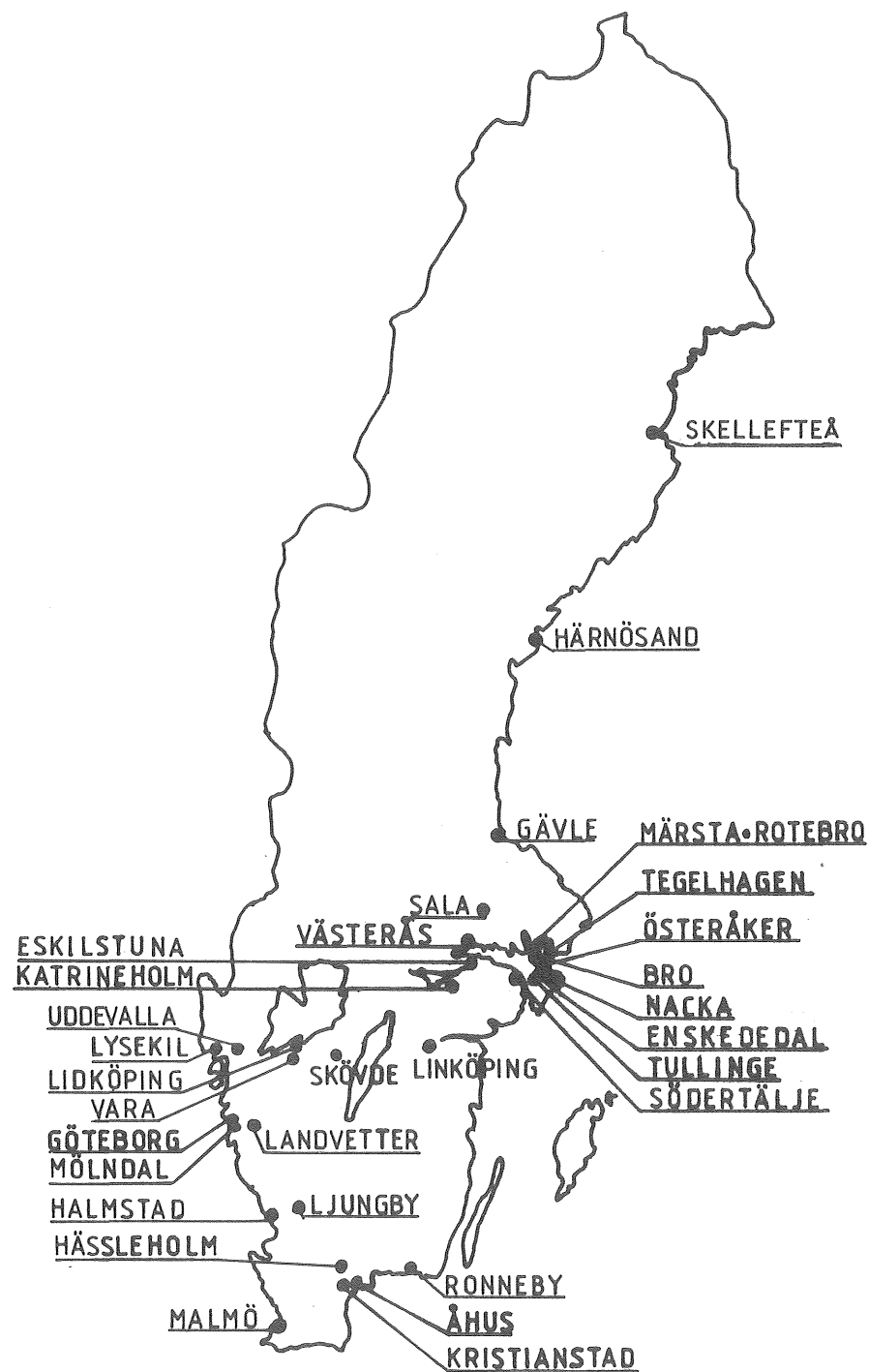
Ett brev med förfrågan om perkolationsanläggningar har ställts till samtliga länstyrelser, ett fyrtiotal kommuner samt större konsultbyråer. Uppföljningen har begränsats till perkolationsmagasin för dagvatten. Uppgifter om ett fyrtiotal anläggningar har inkommit. Anläggningarnas geografiska spridning framgår av bilaga 1 (direkt i anslutning till detta kapitel). Rapporten kommer att delas upp i två huvuddelar.

Första delen behandlar utformnings- och skötselfrågor samt andra väsentliga synpunkter som framkommit och som rör anläggande av perkolationsmagasin. Detta är en värdering av de synpunkter som framkommit vid bearbetning av enkäten.

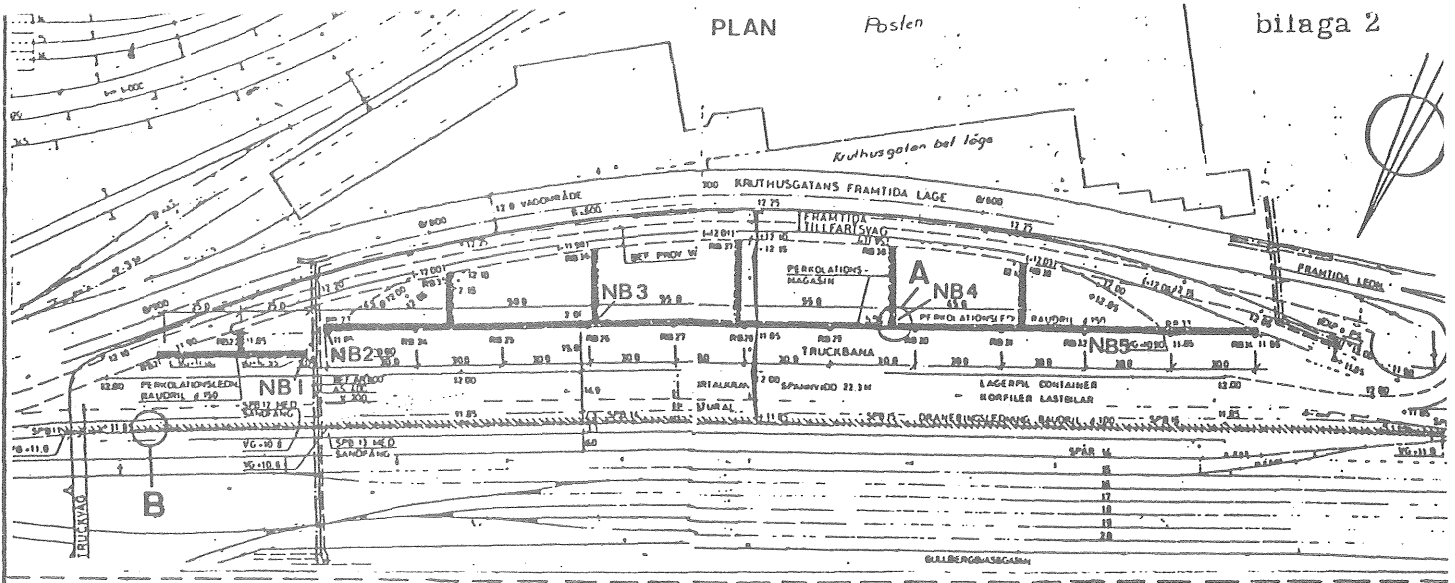
Andra delen är en exempelsamling och består av en sammanställning av de anläggningar som erhållits ur enkätsvaren, där varje anläggning presenteras med ritningar och en kortfattad beskrivning. Exempel på en sådan presentation framgår av bilaga 2 (direkt i anslutning till detta kapitel).

En rapportering av denna del av projektet kommer att göras vid årsskiftet 77/78.

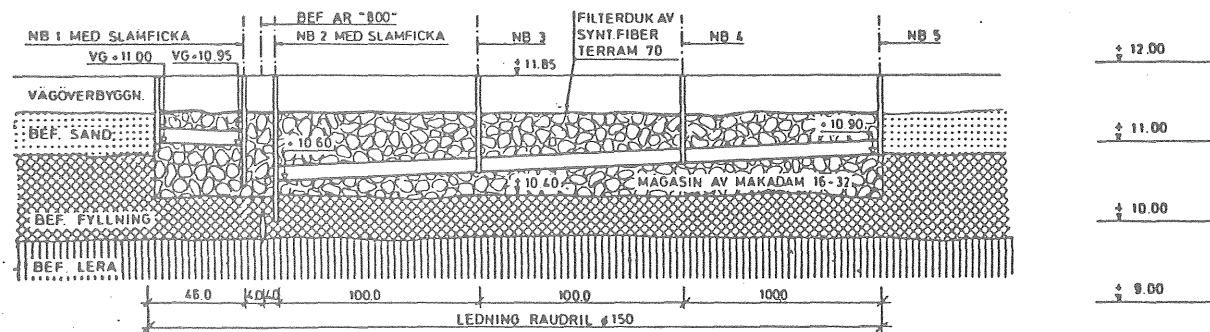
Redan nu kan sägas att de flesta anläggningar som byggts är relativt unga och att det av enkäten framgår att anläggningarna fungerar. Vissa av de funktionstörningar man kan befara hos denna typ av anläggningar kan uppstå efter längre driftstid än vad som nu byggda anläggningar representerar. En ytterligare genomgång av enkätmaterialen bl.a. med hänsyn till geohydrologiska förutsättningar planeras.



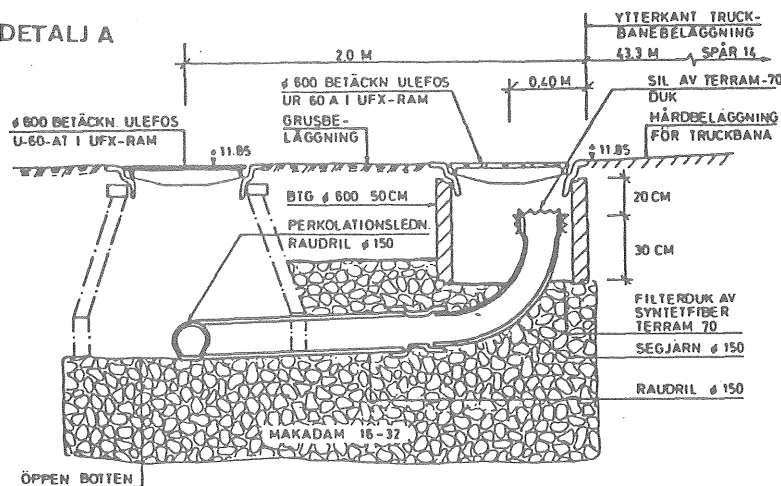
Karta över perkolationsanläggningarnas geografiska spridning.



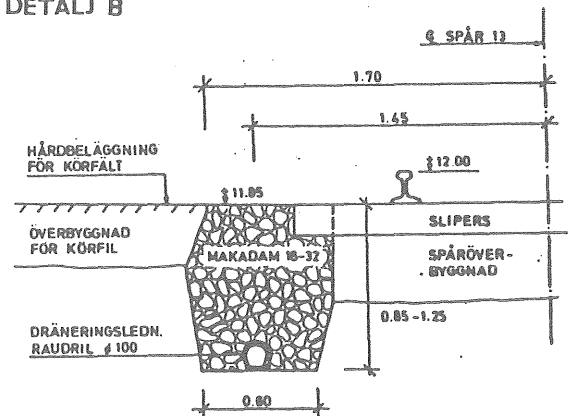
LÄNGDSEKTION AV PERKOLATIONSLEDNING (grundvattenytans läge: ca +8m.)
MED MAGASIN SKALA H 1:50, L 1:2000



DETALJ A



DETALJ B



Göteborg - SJ - Containerterminal

Dagvattenavledningen från en asfaltplan på ca 1,5 ha sker till perkolationsmagasin via infiltrationsbrunnar och ledningar. Magasinen har ej bräddningsmöjlighet till den dagvattenledning som skär genom området. Längs angränsade spårrområde löper ett makadamfyllt dike till vilket vatten från en del av planen leds.

- Anläggningen har tillkommit för att söka motverka sättningar inom spårrområde vilket beräknas leda till färre tillfällen för språrjustering.

Inga anslutningsavgifter för dagvattenavledning - Anläggningen är under byggnad.

Projektör: Orrje o Co, Scandiaconsult

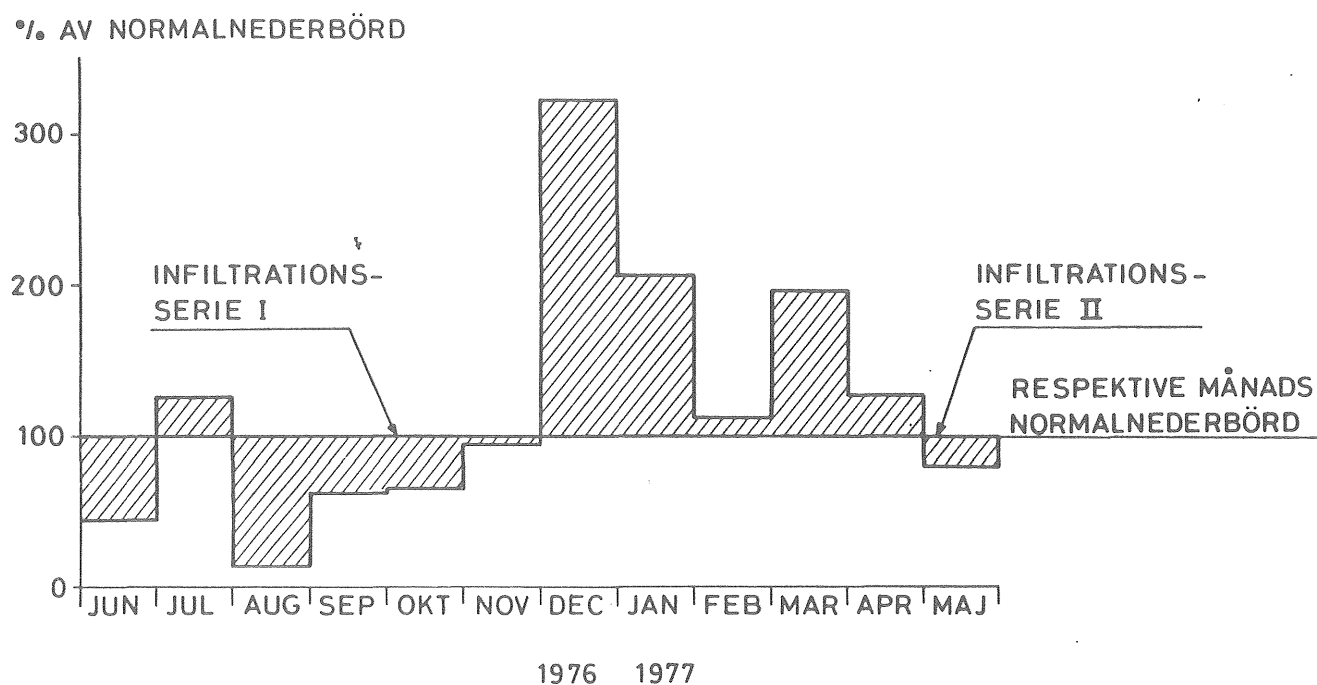
4.5 Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping

4.5.1 Inledning

I delrapporten från första verksamhetsåret, "Lokalt omhändertagande av dagvatten", (Ericsson, 1977) redogjordes för målsättningen med och bakgrunden till infiltrationsmätningarna i Rydområdet, Linköping. Främst avhandlades den geologiska uppbyggnaden i området och i kortfattade ordalag beskrevs fältarbetet respektive bearbetningen av fältdata. Sammanställningen av materialet pågår för närvarande efter den modell som framgår av "Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell" (Ericsson, under tryckning).

4.5.2 Nederbördssituation

En av målsättningarna med undersökningarna i Rydområdet var att uppskatta den säsongsmässiga variationen av infiltrationskapaciteten. En kontinuerlig bestämning av denna förändring får anses vara mycket svår att göra. Markvattenhalten, vilken påverkar infiltrationskapaciteten, förändras nämligen mycket oregelbundet med hänsyn till klimat och nederbördssituation. Vi valde två, under året extrema markfuktighetstillfällen. Infiltrationsserierna genomfördes under tiderna 760929 - 761001 resp 770503 - 770505. Sommaren 1976 var mycket torr och vintern 1976/77 var mycket nederbördsrik, vilket framgår av figur 17. I figuren åskådliggörs månadsnederbörden i procent av respektive månads normalnederbörd. Infiltrationsserie II genomfördes ca 1,5 vecka efter det att snön smält bort i området.



Figur 17. Månadsnederbörden i procent av respektive månads normalnederbörd (100 %). År 1976 hade en mycket torr sommar och höst. Därefter följde en nederbördsrik vinter.

4.5.3 Naturlig vattenhalt i markytan

För att ytterligare belysa markfuktighetssituationen vid de två försöksserierna togs slumpvisa vattenhaltsprover vid markytan (0-5 cm djup), på de ytor där vi förväntade oss att kunna generalisera infiltrationskapaciteten. För att få ett begrepp om det relativa fuktighetstillståndet vid markytan är emellertid ej den naturliga vattenhalten i sig intressant. Den naturliga vattenhalten skall ställas i relation till fältkapaciteten. Fältkapaciteten uttrycker den vattenmängd som binds i ett jordmaterial efter fri dränering. Skillnaden mellan fältkapacitet och naturlig vattenhalt kan sägas vara ett mått på hur mycket vatten en jordart ytterligare kan innehålla utan att den dräneras. Är den naturliga vattenhalten större än fältkapaciteten innehåller den effektiva porositeten vatten och vatten dräneras ur jordarten p g a gravitationen. Vattenhalten i relation till fältkapaciteten styr alltså i hög grad infiltrationsförloppet och detta belyses i publikationen "Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell" (Ericsson, under tryckning).

Vid försöksserie I innehöll inget jordprov en naturlig vattenhalt, W_n , som översteg fältkapaciteten, W_f . I de prov som togs i lerig fyllning uppgick skillnaden $W_f - W_n$ till 2-10 volym-%. Fyllningen på isälvsmaterialet uppvisade skillnad i $W_f - W_n$ på omkring 10 volym-%.

Prover togs även under försöksserie II. Fyllningen på isälvsmaterialet hade även då en skillnad i $W_f - W_n$ på omkring 10 volym-%. Moränen uppvisade ungefär samma värde. De lerhaltiga proverna visade emellertid på en fuktigare situation i markytan. Skillnaden $W_f - W_n$ varierade nu mellan 0-5 volym-%. Vissa lerhaltiga prov hade en naturlig vattenhalt som översteg fältkapaciteten. Det kan synas förvånande att fyllningen på isälvsmaterialet och moränen ej uppvisade högre markfuktighet. Cylinderproverna

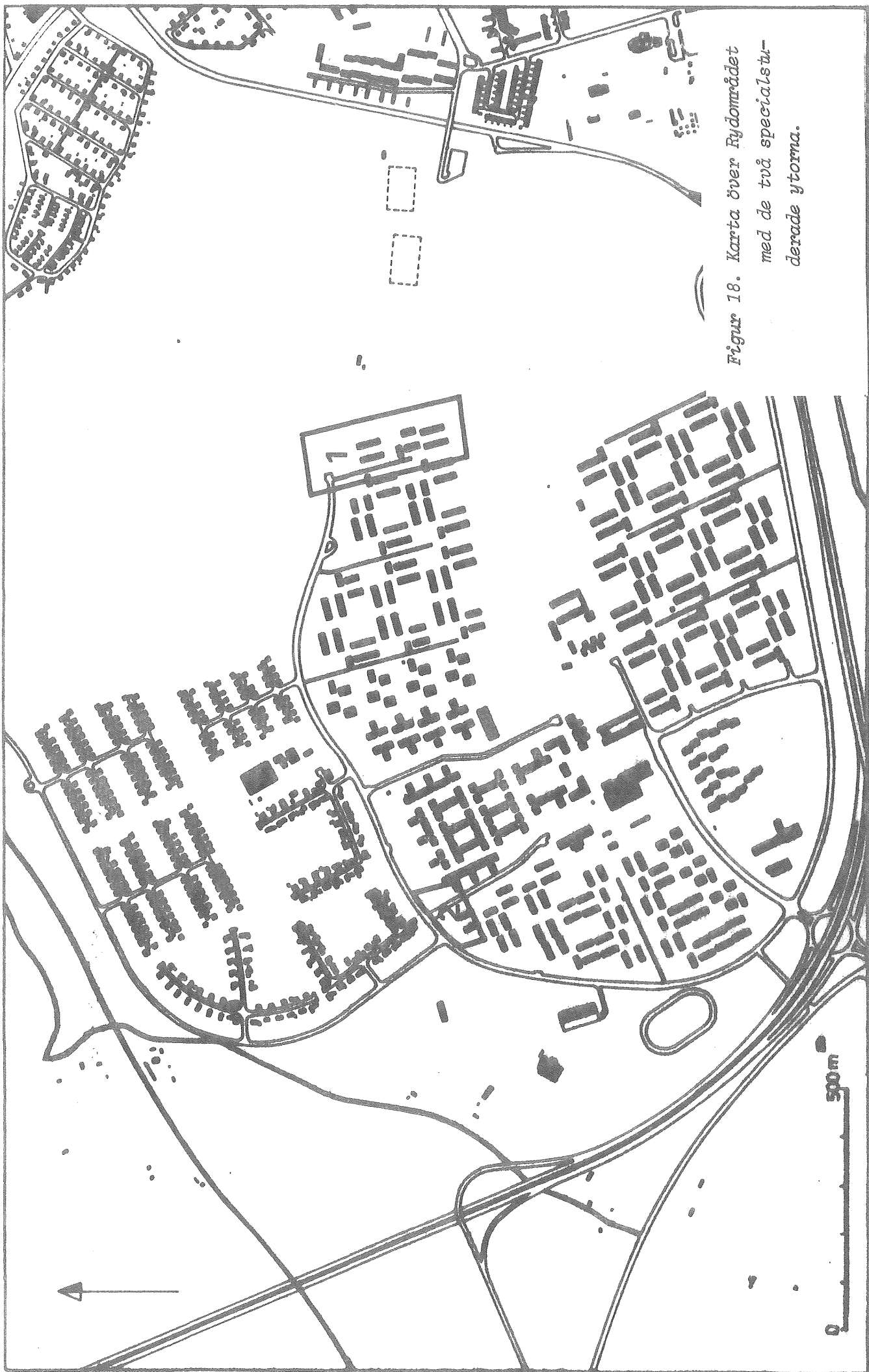
representerar emellertid värden från de fem översta centimeterna och vattenhalten borde vara högre enbart någon decimeter under markytan där vattenomsättningen ej är så hastig. De mer grovkorniga jordarterna har en större effektiv porositet och dräneras därför ur snabbare än de finkorniga. Vidare är i de grovkorniga jordarterna mer vatten lösare bundet och man får därför en snabbare avgång av vatten i markytan p g a evapotranspiration. För att bestämma när infiltrationskapaciteten når ett konstant värde är det därför viktigt att studera hela den zon, markvattenzonen, där vatten vid markytan omsätts.

4.5.4 Infiltrationsförloppen

Intensivstudier med hjälp av enkelringsinfiltrimetrar ägde rum vid två extrema markfuktighetstillstånd. Mätningarna genomfördes inom två delområden som framgår av figur 18. Att placera infiltrimetrarna i någon form av rutnät inom delområdena och på detta sätt skapa ett statistiskt underlag att ytgeneralisera infiltrationen var ej praktiskt möjligt. Vi gjorde därför först en bedömning av vissa delytor inom områdena som skulle kunna anses representera en likartad infiltrationskapacitet. Detta val gjordes med hänsyn till geologi, fyllningens sammansättning och mäktighet, vegetation, packningsgrad och marklutning. Med hänsyn till denna bedömning utplaceras infiltrimetrarna. Infiltrationskapaciteten uppmättes under så lång tid att ett konstant infiltrationsvärde ansågs föreligga. Detta inträffade vanligtvis efter 3-4 timmar.

Mätdata skall nu korrigeras med den korrigeringsfunktion som anges av Ericsson (under tryckning). Därefter sker anpassning av Hortons formel till korrigerade värden.

En preliminär utvärdering har gett följande resultat: Ytor med hög lerhalt uppvisar en betydligt lägre infiltra-



Figur 18. Karta över Rydområdet
med de två specialstru-
derade ytorna.

tionskapacitet vid det våtare tillfället än vid det torrare. Detta är en effekt av den svällning som jordarten genomgår. I områden med underlagrande geologiska miljö i form av is-älvsmaterial och morän är sänkningen av infiltrationen ej så tydlig om den ens förekommer. Fyllningens sammansättning är sådan att tämligen goda förutsättningar finns för att den skall kunna dräneras ur tämligen snabbt.

4.6 Modellmagasin

4.6.1 FÖRSÖKSMAGASIN I PILOTSKALA, CTH

Ett mindre försöksmagasin har utförts vid CTH, Väg- och vattenhuset. Magasinet lokaliserades, efter en geologisk kartering, till västra sidan av Chalmersdalgången. Avsikten med försöksmagasinet är att under kontrollerade förhållanden studera infiltrations- och perkolationsförloppet samt att utprova och testa mätapparater. Magasinsutformningen och en kortfattad geologisk beskrivning av området vid anläggningen redovisas i delrapporten från första verksamhetsåret "Lokalt omhändertagande av dagvatten", Ericsson (1977), Geohydrologiska forskningsgruppens meddelande nr 25.

Försöksmagasinet har instrumenterats med följande mätutrustning:

- 1 st registrerande pegel
- 6 st porvattentryckmätare
- 2 st filterspetsar
- 1 st tensiometer

Extra genomföringar medger ytterligare instrumentering. I anslutning till infiltrationsmagasinet finns ett grundvattenobservationsrör som har drivits ned till bergytan. Ytterligare två grundvattenobservationsrör har placerats längre ut i Chalmersdalgången.

Grundvattennivåmätningar i det undre slutna grundvattenmagasinet påbörjades i juli månad 1976. Porvattentryckmätningar och nivåmätningar i den övre markzonen har utförts sedan april månad 1977. Pegeln registrerar kontinuerligt vattennivån i magasinet sedan augusti 1977. Tidigare utfördes manuella observationer i magasinet. Grundvattentryckytan låg mellan december 1976 och maj 1977 över maga-

sinsbotten. Under sommaren stod magasinet tomt under en längre tid. Portryckspetsarna uppvisar under denna tidsperiod tidvis negativt portryck, dvs portryckspetsarna påverkas av sugkrafter.

Sedan magasinet instrumenterades har avläsningar utförts en gång per vecka. Utvärdering av de uppmätta mätvärdena pågår för närvarande. Resultatet av utvärderingen skall ligga som grund för planerade infiltrationsförsök under kommande sommar.

Inom projektet Markvatten har flera metoder utarbetats för att göra permeabilitetsbestämningar i fält. Avsikten är att testa dessa metoder dels i försöksmagasinet dels i ytterligare försök med modellmagasin där renodlade försök under kontrollerade förhållanden kan utföras.

Sedan 1976 finansierar BFR ett separat forskningsprojekt för framtagande av ett automatiskt övervakningssystem för grundvattennivåer. Systemet har projekteras av IBBAB (Ingenjörbyrå Björn Bergdahl AB). Geologiska institutionen har åtagit sig att testa systemet både i laboratorium och i fält. Övervakningssystemet provkörs f n i laboratorium. Efter avslutade laboratorietester avses systemet att testas i fält i anslutning till försöksmagasinet.

4.6.2 PERMEABILITETSBESTÄMNING I FÄLT VID PERKOLATIONS- MAGASIN: DIMENSIONERING

På senare år har flera dimensioneringsmetoder för perkolationsmagasin presenterats. En central, svårbestämd dimensioneringsparameter är den hydrauliska konduktiviteten eller permeabiliteten för omgivande jordart. Permeabilitetsbestämningar med hjälp av provpumpningar eller enhålsförsök ger ej något representativt värde, eftersom perkolationsmagasinen placeras i markens vattenomättade zon. Vidare kan de gängse permeabilitetsbestämningarna enligt laboratorieförfarande ej anses vara representativa, eftersom man då ej har någon jämförbar packningsgrad. Vid dimensioneringarna har ofta använts den av Hazen empiriskt uppställda formeln för permeabilitet, vilken kräver en mekanisk analys.

En stor fördel vore om en, för den omättade zonen, representativ K-värdesbestämning kunde göras i fält. Inom projektet har utarbetats två förslag till hur en sådan bestämning skulle kunna göras i en väl definierad provgrop. Vissa grova antaganden har därvid måst göras men metoderna kan anses ge en god bild av perkolationsförloppet samtidigt som ett lokalt K-värde erhålls. Utifrån dessa K-värden och vissa antaganden kan därefter ett perkolationsmagasin dimensioneras. Dimensioneringen har mindre säkerhetsmarginal än vad Paus, Andersson, Carlstedt (1974) rekommenderar. Den är likväl intressant, eftersom den bygger på ett "in situ"-bestämt K-värde. Metoderna är även av speciellt intresse vid tillämpning av den s k regnenvelopemetoden (Cederwall & Eriksson, 1977). Det är nu av stor vikt att pröva metodernas tillförlitlighet i fält.

4.7 Termisk registrering, en metod för att bestämma vattenhalten i markytan

4.7.1 BAKGRUND

4.7.1.1 Teori

Termisk infraröd registrering är en teknik som ger möjlighet till att identifiera olika jordartskaraktistika. Jordartens temperatur bestäms primärt av mängden absorberad solstrålning. Ett flertal faktorer påverkar mängden bevarad strålning i marken bl a lutningsförhållanden, exponering, vegetations- och jordartsförhållanden, elevation, latitud etc. Dynamiska temperaturskillnader i jordprofilen, både dagliga, säsongsmässiga och årliga stärker möjligheten att utnyttja termisk infraröd registrering, förutsatt att jordparametrar som förorsakar termiska förändringar kan identifieras.

Följande faktorer, där varje faktor är en funktion av ytförhållanden och jordkaraktär, bestämmer i hög grad jordtemperaturen.

1. Överförd strålningsenergi (nettostrålning).
2. Omvandling av inkommande strålningsenergi till bunden värme. (Avdunstning, ångbildning).
3. Konvektiv värmeöverföring till luft.
4. Konduktion av ytvärme ned i jorden.

Värme från kemisk och biologisk aktivitet har vanligen en försumbar inverkan på jordtemperaturen.

Den överförda strålningsenergin beror på jordartens reflektions- och emmissionsegenskaper. Mängden energi som går till evaporationen beror på den tillgängliga fuktigheten i marken, den lokala relativa fuktigheten, lufttemperaturen, graden av vattentransport till ytlager från lägre liggande jordlager genom kapillär stigning, ytans

råhet, vegetation, jordpackning och övriga lokala förhållanden. Om markvatten finns tillgängligt i de översta marklagren måste delar av den absorberande strålningen gå till evaporationsprocessen och mindre strålningsmängd finns då tillgänglig för att värma upp själva jorden. Evaporationen i markytan är vanligen mindre signifikant än konduktion genom jordarten vid temperaturbestämning. Den konvektiva värmeöverföringen mellan jord och luft är vanligen mycket liten.

Den viktigaste faktorn som bestämmer temperaturfördelningen i jorden är konduktion. Konduktion sker via molekyllär överföring och bestäms av den termala konduktiviteten (k) och den volymetriska värmekapaciteten (c). Båda är i hög grad beroende av jordartens vatteninnehåll.

Den volymetriska värmekapaciteten är en mycket enkel funktion av jordartens torra skrymdensitet och jordartens procentuella vatteninnehåll. Den termala konduktiviteten är en mer komplex funktion av jordart, vattenhalt och skrymdensitet.

Jordens vatteninnehåll är en av de mest betydelsefulla faktorer som påverkar jordartens termala karaktär. Konduktiviteten ökar med ökad vattenhalt men ökningen avtar gradvis allt eftersom vattenhalten fortsätter att öka. Ju högre vatteninnehåll en jord har desto högre är den specifika värmen, medan den termala diffusiviteten minskar. Den termala diffusiviteten ($\frac{k}{c}$) bestämmer graden av ett ämnes värmeutbredning.

Temperatures dygnsvariation för en fuktig jordart är mindre än för en torr. Den fuktiga jordartens högre diffusivitet resulterar i en snabbare konduktion av solenergi från jordytan under dagtid medan den reversa processen sker lättare på natten.

Konduktiviteten minskar med ökad porositet. Påverkan är dock ej så märkbar som den som förorsakas av partikelstorlek och vatteninnehåll.

4.7.1.2 Tidigare studier

Fjärranalysmetoder för att mäta markvattenhalt har främst utvecklats inom NASA (North American Space Association) i USA. Registreringarna har som regel utförts med satellitburna sensorer på hög höjd över markytan. NASA har främst använt sensorer som mikrovågsradiometrar (våglängd ca 1-100 mm), multispektrala scannersystem och svepfotometrar (våglängd ca 0,3-15 μ). Upplösningen har varit ganska grov.

Inom Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet, utfördes 1974 en infraröd fotografering. Avsikten var att utröna fuktighetsförhållandena i markytan (Holmstrand & Wedel, 1976, Markvattenundersökningar i ett urbant område). Temperaturmätningar och remote sensing (fjärranalys) behandlas av Ericsson & Holmstrand (1978) i "Vattnets rörelse i den omättade zonen, litteraturgenomgång". Hösten 1977 utfördes ett termovisionsförsök inom delprojektet Markvattenförhållanden i urbana områden (se nedan).

1976 startade Naturgeografiska institutionen, SU tillsammans med Kulturteknik, KTH projektet "Termografi för studier av markvatten och berghällar". Registreringar har genomförts med en IR-svepfotometer från ca 750 m höjd. SGI samordnar ett forskningsprojekt som benämns Släntstabilitet. I detta projekt ingår bl a delprojekten "Geobildtolkning av skredfarliga områden" och "Anv. av IR-teknik för geohydrologiska studier av skredfarliga områden".

De flesta fjärranalysregistreringar har som tidigare nämnts utförts från hög höjd med satellit och flygplansbaserade sensorer. Inom Geohydrologiska forskningsgruppen

finns ett stort intresse att undersöka möjligheterna för termisk registrering med avseende på markvattenkvantifiering från lägre höjd, t ex från ställningar, master, hus-tak, skylift etc. Registreringshöjden bör vara låg för att i detalj kunna studera vattenhaltsvariationer i markytan och göra jämförelser med konventionella mätmetoder.

4.7.2 GENOMFÖRT FÖRSÖK

4.7.2.1 Syfte

Målsättningen var att med en termisk registrering inom ett område skilja ut delområden med olika markvattenhalt.

4.7.2.2 Registreringsapparat

Registreringen utfördes med ett AGA termovisionskamera-system (750). Utrustningen består av en kamera, bildenhet och tillbehör.

Den emitterade infraröda strålningen vidarebefordras av ett IR-optiskt system till en IR-detektor. Systemet består av ett objektiv och ett antal rörliga prismor. Detektorn omvandlar IR-strålningen till en videosignal, som efter förstärkning överförs till bildenheten. För att få optimal temperaturkänslighet kylv detektorelementet med flytande kväve. Signalen från kameran omvandlas i bildenheten och en gråtonsbild av värmefördelningen presenteras direkt på bildskärmen. Bildenheten har enkla kontroller som gör det lätt att ställa in olika funktioner bl a bildpresentation, temperaturnivå och område samt isothermfunktion. Temperaturskillnader mellan det avbildade föremålets olika delar mäts med en sk isothermfunktion. Då temperaturen sammanfaller med den inställda isothermnivån, framträder dessa områden som mättat vita på gråbilder eller separat på en svart bakgrund. Isothermnivån och bredden kan väljas steglöst inom hela det valda temperaturområdet. Med hjälp av isothermfunktionen kan temperaturskillnader mätas mycket noggrant.

Bildskärmen kan fotograferas med både stillbildskameror och videokamera.

Termovisionskamerans spektralområde ligger mellan 2-5,6 μ . Temperaturupplösningen är ca 0,2°C.

4.7.2.3 Fältförsök

Ett försöksområde registrerades från ca 9 meters höjd med termovisionskameran. Försöksområdet utgjordes av en ca 2,5 x 3 m stor gräsyta. Inom försöksområdet fanns en artificiellt bevattnad delyta. Marktemperaturen uppmättes inom försöksområdet i 5 stycken punkter. Lufttemperaturen uppmättes på 3 olika nivåer. För bestämning av den verkliga temperaturen utplacerades två stycken referensplattor inom vilka temperaturen också registrerades. Markvattenhalt, fältkapacitet, humushalt, mekanisk analys m m skall utvärderas från cylinderprover som togs efter försöket. Markvattenhalten uppmättes även med nedgrävda keramiska gipsblock. Evaporationen uppmättes med evaporimetrar.

Målsättningen var att registreringar av markytan och avläsning av samtliga instrument skulle göras varje timme under ett dygn. Försöket fick dock avbrytas efter 12 timmar p g a regn och blåst.

4.7.2.4 Utvärdering

Utvärdering av termovisionsförsöket pågår för närvarande. Det artificiellt bevattnade delområdet kan klart urskiljas på natten. Temperaturmätningarna visar att det bevattnade området vid varje mättillfälle hade högre temperatur än det icke bevattnade. Dygnsamplituden för den bevattnade delytan tycks vara mindre än i övriga mätpunkter.

Någon närmare presentation av resultat kan ej göras eftersom utvärderingen av försöket endast har påbörjats. Det

tycks dock finnas goda möjligheter att att med hjälp av termal registrering avgränsa ytor med olika vattenhalt och göra en kvantifiering av markvattenhalten.

4.7.3 FORTSATTA STUDIER

4.7.3.1 Målsättning

att genom termiska registreringar (termovisionsregistreringar inom spektralområdet 2-5.6 μ) skilja ut och avgränsa områden med olika vattenhalt samt att göra en kvantifiering av markvattenhalten.

att klarlägga olika jordartsparametrars inverkan på jordartens termala egenskaper.

att utprova en undersökningsmetodik för att lokalisera infiltrationsytor, infiltrationsmagasin och in- resp utströmningsområden för grundvatten.

att ge underlag för tätortsplanering där hänsyn tas för att bevara den naturliga vattenbalansen inom urban miljö.

4.7.3.2 Litteraturstudie - inventering

En mängd fjärranalysundersökningar har genomförts för att areellt kartlägga markvattenhalten. De flesta undersökningar har genomförts inom NASA:s verksamhet i USA. I Sverige pågår en begränsad verksamhet inom fjärranalysområdet sedan några år tillbaka. Som en inledning till ett fjärranalysprojekt bör en litteraturstudie genomföras på genomförda undersökningar. Det är dock inte realistiskt att gå igenom det enormt stora material som finns tillgängligt inom fjärranalyssektorn. En litteraturstudie bör i stället inriktas mot projekt och försök som ligger på en mer jordnära nivå och i linje med den verksamhet som Geohydrologiska forskningsgruppen bedriver. Litteraturstudien inriktas även mot den fjärranalysverksamhet som innefattar för projektet tillämpbara spektralområden.

4.7.3.3 Försöksverksamhet

Försöksverksamheten avses att genomföras både som laboratorie- och fältförsök. Laboratorieförsöken görs renodlade under kontrollerade förhållanden, där såväl jordart som vattenhalt och andra parametrar (registreringsvinkel, spektralområde, omgivningstemperatur m m) kan varieras.

Kontrollerade fältförsök kan göras med i förväg preparerade kolonner som placeras utomhus.

Fältförsök planeras även att genomföras på ett antal naturliga försöksytor. Fältförsöken genomförs med tidigare genomfört försök som utgångspunkt. Instrumenteringen bör dock vid ytterligare försök utökas, detta gäller framför allt temperaturmätningar både i mark och i luften samt markvattenhaltmätningar. Registreringen bör även göras i färg. Fördelen med en färgregistrering är att den termala bilden visas i 10 st färgkodade isotermer medan den svarta-vita enbart visar två. Utvärderingen blir också avsevärt mycket enklare. Färgenheten kopplas mycket enkelt till den svartvita registreringsutrustningen.

4.7.3.4 Preliminär tidplan:

Litteraturstudie	2 månader
Förberedelse inför laboratorie- och fältförsök	2 veckor
Laboratorieförsök	1 månad
Fältförsök - kolonner	1 månad
Fältförsök - naturliga ytor	1 månad
Analyser	1 månad
Utvärdering	1 månad
Sammanställning och rapportskrivning	2 månader

Forskningsprojektet genomförs med fördel under en tvåårsperiod. Den personella insatsen innefattar en forskare på halvtid. För att klara fältförsöken krävs en begränsad insats av extrapersonal under en kort tidsperiod.

4.8 Karlskoga

Karlskoga kommun planerar att i området Dalen i nord-östra Karlskoga uppföra ca 60 enfamiljshus. Området har preliminärt planerats på konventionellt sätt. För att försöka uppnå god vattenbalans genom att anpassa byggandet till geologiska och geohydrologiska förutsättningar har kommunen avsett att genomföra en alternativ planering. Kommunen vände sig därför till Statens institut för byggnadsforskning (SIB) i Lund och Geohydrologiska Forskningsgruppen. På grundval av de diskussioner som sedan fördes gick Geohydrologiska Forskningsgruppen in med en ansökan till BFR. Ansökan omfattade geohydrologisk kartering, naturinventering och redovisning. Naturinventeringen skulle till största delen utföras av personal anställd vid Karlskoga kommun.

Av de planerade arbetsinsatserna har hittills genomförts kartering av geologiska och hydrogeologiska förhållanden inklusive provtagning på förekommande jordarter. Infiltrationskapaciteten har bestämts med hjälp av ringinfiltrometer. Utvärdering och redovisning av insamlade data pågår. Avsikten är att geologi och hydrogeologi skall redovisas som ingenjörsgelogisk karta (se Holmstrand & Wedel, 1977, Ingenjörsgelogisk kartering).

Informationen om naturförhållandena i området skall utnyttjas som underlag för en alternativ planering av bebyggelsen. Hänsyn skall därvid framför allt tas till naturliga förutsättningar vad gäller vegetation och infiltrationsförhållanden. Stadsplanen skall vara klar att ställas ut den 1 april 1978.

Geohydrologiska Forskningsgruppens medverkan i planeringen av området Dalen i Karlskoga är av stor betydelse för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten". Genom medverkan i ett praktikfall kan undersöknings- och redovis-

ningsmetoder prövas. Arbetet ger möjlighet att bedöma optimala arbetsinsatser och konstatera brister eller behov av kompletteringar. Det föreligger ett klart behov av deltagande i flera projekt av denna typ.

4.9 Infiltrationsmätningar

Inom Markvattenprojektet har en förhållandevis stor arbetsinsats ägnats åt att ta fram en undersökningsmetodik för infiltrationsmätningar. Vi har haft som krav att metoden skall vara praktiskt enkel men samtidigt ge tillförlitliga värden på infiltrationskapaciteten inom en permeabel, urban yta. Tankegångarna i arbetet har sammanfattats i en skrift, kallad "Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell" (Ericsson, under tryckning).

I denna skrift redogörs för en mätmetodik, där fältmätningar med enkelringsinfiltrometer skall ge erforderliga data till en infiltrationsmodell. Infiltrationsmodellen som används är Hortons ekvation. Detta uttryck för infiltration skall därefter direkt kunna användas i den dagvattenmodell som utarbetats av Arnell & Lyngfelt (1975). Förutom undersökningsmetodik, mätning med och utvärdering av enkelringsinfiltrometer presenteras i allmänna, kortfattade ordalag en generell avrinningsmodells delprocesser. Exempel ges på både markfysikaliska och hydrologiska infiltrationsmodeller. Infiltrationsprocessens behandling i Arnell, Lyngfelts dagvattenmodell beskrivs även.

Tillförlitligheten hos infiltrationsmätningar med enkelring beror på huruvida en korrigering för sidospridningen kan uppskattas. Ett laboratorieförsök har utförts, där enkel- respektive dubbelringsinfiltrometers funktion studerats vid en simulerad lagerföljd. Sammanfattningsvis gav försöket följande resultat. En dubbelringsinfiltrometer bör ge riktigare värden än en enkelringsinfiltrometer. En betydande säsongsmässig variation av infiltrationskapaciteten kan uppstå i kohesionsnära jordarter till följd av svällning.

En eventuell korrelation mellan infiltrationens slutvärde och permeabiliteten för prover i infiltrometers innerring har studerats. Något entydigt samband kunde ej påvisas.

Två fältförsök har genomförts i avsikt att få ett begrepp om hur stor korrigering som behöver göras av enkelringsinfiltrometerns ($r = 19,5$ cm) slutvärde. Den verkliga infiltrationskapaciteten skall enligt dessa försök vara ca 30 % av uppmätt infiltrometervärde. Med hänsyn till denna korrigering och forskningsresultat enligt Schwarzendruber och Olsson (1961) presenteras ett förslag till korrektionskurva (korrektionsfaktor som funktion av infiltrationstid).

För att anpassa mätdata till Hortons ekvation har utarbetats ett speciellt datorprogram. Programmet korrigerar mätvärdena samt anpassar, med hjälp av en regressionsanalys, dessa nya värden till Hortons ekvation.

5. PROJEKTETS FORTSATTA GENOMFÖRANDE

Projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" erhöll av BFR anslag för perioden 76.02.01 - 78.06.30, dvs 2 år och 5 månader. I planeringen av forskningsarbetet förutsattes att fältundersökningar skulle kunna bedrivas under sommarperioderna 1976 och 1977. Fältarbetena skulle koncentreras till anläggningarna i Bratthammar och Halmstad. Färdigställandet av båda dessa anläggningar försenades emellertid ca 1/2 år, varför första fältarbets sommaren 1976 inte kunde utnyttjas i avsedd utsträckning. Ekonomiskt har detta inneburit att en del av anslagen kommer att finnas kvar oförbrukade vid projekttidens utgång trots att kostnadshöjningarna under denna tid varit betydligt större än beräknat.

Trots förseningen av arbetena i Bratthammar och Halmstad har projektets allmänna målsättning i stort sett kunnat hållas. Ett undantag utgör givetvis de alltför korta mätperioderna på anläggningarna. Hittills erhållna resultat framgår dels av denna delrapport, dels av de publikationer som redovisats i avsnitt 2.5.

Under den hittills genomförda projekttiden har påbörjats, och i vissa fall även avslutats, ett antal delprojekt som ligger i linje med den allmänna målsättningen, men inte var detaljplanerade från början. Eftersom "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har en så vid syftning ansågs det angeläget att kunna ge utrymme för delundersökningar som skulle komma att framstå som angelägna inom den allmänna målsättningen. Detta gäller exempelvis försöket med översiktlig kartläggning av förutsättningar för infiltration i Torslanda, studierna av miljömässiga aspekter på dagvattenhantering, användningen av termisk registrering för att bestämma vattenhalt i markytan samt konkret medverkan vid alternativ planering (Karlskoga). Flera av dessa delprojekt avses drivas vidare inom ramen för den övergripande målsättningen "Alternativ planering".

Det är enligt vår bedömning angeläget att inom "Lokalt omhändertagande av dagvatten" åstadkomma en välavvägd avrundning mot de planerade separata fortsättningarna, något som knappast är möjligt inom den ursprungligen bestämda projekttiden fram till 78.06.30.

Redan i den ursprungliga ansökan påpekades möjligheten av att projektet skulle behöva förlängas med ca 1 år. Orsak till denna bedömning var att tiden 2 år och 4 månader ansågs tämligen kort för ett så omfattande projekt. Vid delrapporteringen 77.02.16 stod det klart att en sådan förlängning var nödvändig för att hela projektet skulle kunna genomföras i från början avsedd omfattning. Slutsatsen av den här redovisade delrapporten måste bli att en förlängning är önskvärd av två skäl, dels för att genomföra det ursprungligen planerade undersökningsprogrammet, dels för att kunna i erforderlig utsträckning bearbeta de uppslag, som avses drivas vidare som separata delprojekt.

Ansökan om förlängning avses omfatta perioden 78.07.01 - 79.06.30. Arbetsinsatsen bedöms bli av samma storleksordning som under den hittills genomförda perioden. De medel som finns kvar oförbrukade till följd av förseningen kommer givetvis i första hand att utnyttjas, men till största delen kommer projektet att behöva nya anslag från BFR.

Nedan upptagna arbeten är endast sådana som direkt refereras i rapportens text.

Arnell, V, Lyngfelt, S, 1975, Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH. Meddelande nr 12.

Cederwall, K, Eriksson, A, 1977, Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelopemetoden. Väg- och vattenbyggaren nr 4/1977.

Ericsson, L (red), 1977, Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976.02.01 - 1977.01.31. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH. Meddelande nr 25.

Ericsson, L, Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH. Meddelande under tryckning.

Ericsson, L, Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. Koncept.

Ericsson, L, Holmstrand, O, 1978, Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder. Litteraturgenomgång. BFR Rapport R4:1978.

Holmstrand, O, Wedel, P, 1976, Markvattenundersökningar i ett urbant område. Geohydrologiska forskningsgruppen CTH. Meddelande nr 17.

Holmstrand, O, Wedel, P, 1977, Ingenjörsgelogisk kartering. Redovisning av i första hand jordlager och grundvatten. Geologiska institutionen CTH/GU. Publikation A17.

Lind, B, 1977, Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad. Geologiska institutionen CTH/GU. Publikation B85.

Paus, K, Andersson, R, Carlstedt, B, 1974, Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. BFR Rapport R23:1974.

Schwartzendruber, D, Olson, T C, 1961, Model study of the double-ring infiltrometer as affected by depth of wetting and particle size. Soil Science, vol 92.