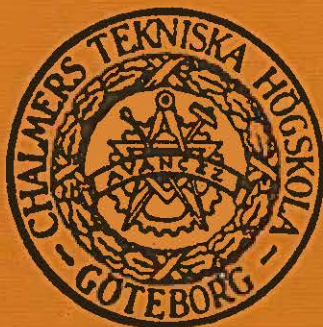


CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV

DAGVATTEN

Delrapport från första verksamhetsåret

1976-02-01 — 1977-01-31

LARS O ERICSSON (red.)

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN

Delrapport från första verksamhetsåret

1976-02-01 — 1977-01-31

Adress:
Chalmers Tekniska Högskola
Geologiska institutionen
Fack
402 20 GÖTEBORG

LARS O ERICSSON (red.)

INNEHÅLL

FÖRORD

1	BAKGRUND OCH PROBLEMSTÄLLNING	1
2	GENOMFÖRANDE OCH PROBLEMSTÄLLNING	3
2.1	Organisation	3
2.2	Genomförande och referensgrupp	4
2.3	Delprojekt a) Markvattenförhållanden i urbana områden	5
2.4	Delprojekt b) Lokalt omhändertagande av dagvatten - hydrologiska förutsättningar	7
2.5	Delprojekt c) Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar	8
2.6	Publikationsverksamhet	10
3	AVRINNINGS- OCH MARKVATTENFÖRHÅLLAN- DEN HÖSTEN 1975 I ANGERED av Lars O Ericsson och Per Wedel	12
3.1	Inledning	12
3.2	Topografi och geologi	12
3.3	Hydrogeologi	15
3.4	Avrinnings- och markvattenförhållan- den	18
3.5	Referenser	30
4	INFILTRATIONSUNDERSÖKNINGAR I STADS- DELEN RYD, LINKÖPING. METODBESKRIV- NING av Lars O Ericsson och Stig Hård	31
4.1	Målsättning	31
4.2	Bakgrund	31
4.3	Allmän beskrivning av stadsdelen Ryd	32
4.4	Läge, topografi	33
4.5	Ingenjörsgelogiska förutsättningar	33
4.5.1	Sammanställning av litteratur och kartmaterial	33

4.5.2	Geologi	34
4.5.3	Grundvatten	36
4.5.4	Ingenjörsgelogisk karta	37
4.6	Fältarbete	40
4.7	Bearbetning av fältdata	41
4.8	Litteratur	44
5	INFILTRATIONSFÖRHÅLLANDEN I NOLERED, TORSLANDA av Lars Waldner	45
5.1	Inledning	45
5.1.1	Syfte	45
5.1.2	Metodik	45
5.2	Allmän orientering	47
5.2.1	Belägenhet	47
5.2.2	Bebyggelse	47
5.2.3	Geologisk orientering	47
5.2.4	Huvuddragen i områdets geologi	48
5.3	Kartering av geologi, vegetation och bebyggelse	49
5.3.1	Allmänt	49
5.3.2	Geologiska beteckningar	49
5.3.3	Geologiska förhållanden	50
5.3.4	Vegetations- och bebyggelsebeteck- ningar	52
5.3.5	Vegetationsförhållanden och bebyggelse	53
5.4	Bedömning av infiltrationsegenskaper	55
5.4.1	Teoretisk bakgrund	55
5.4.2	Infiltration i Noleredsområdet	57
5.5	Grundvattennivåmätningar kring led- ningsgravar i Noleredsområdet	62
5.5.1	Allmänt	62
5.5.2	Resultat	66
6	MÄTNINGAR I BRATTHAMMAR	69
7	GEOHYDROLOGISKA STUDIER I BRATTHAMMAR av Olov Holmstrand	70

8	PERKOLATIONSMAGASINS HYDRAULISKA FUNKTION. INSTRUMENTERING, PRELIMINÄRA RESULTAT OCH PLANERAD FORTSATT VERKSAMHET av Per Lindvall	78
8.1	Områdesbeskrivning	78
8.2	Mätningar	78
8.3	Avrinning	79
8.4	Bearbetning av fältdata	79
8.5	Räkneexempel	80
8.6	Driftsstudier	81
8.7	Utveckling av dimensioneringsmetod	82
8.8	Pågående projekt	82
9	GEOHYDROLOGISKA STUDIER I ANSLUTNING TILL PERKOLATIONSANLÄGGNING I HALMSTAD av Bo Lind	91
10	PERKOLATIONSMAGASIN I PILOTSKALA VID CHALMERS av Stig Hård	106
11	MILJÖMÄSSIGA ASPEKTER PÅ DAGVATTEN av Stig Hård	111
BILAGA 1	DIMENSIONERING AV INFILTRATIONSMAGASIN ENLIGT REGNENVELOPEMETODEN av Klas Cederwall och Anders Eriksson	

FÖRORD

Forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvat-
ten" erhöill av BFR anslag för perioden 760201-780630.
Ett villkor var emellertid att delrapportering skulle
göras efter ett år. En lägesrapport från det första
verksamhetsåret presenterades 770216 inför projektets
referensgrupp.

I enlighet med referensgruppens synpunkter omarbetades
därefter lägesrapporten i tre separata publikationer.

- Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder.
Litteraturgenomgång.
- Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering. Littera-
turgenomgång.
- Lokalt omhändertagande av dagvatten, delrapport från
första verksamhetsåret.

De båda litteraturgenomgångarna publiceras som BFR-rap-
porter medan den tredje publikationen, dvs föreliggande
skrift, presenteras i Geohydrologiska forskningsgruppens
meddelandeserie.

I förliggande publikation redogörs först översiktligt
för de problemställningar som är förknippade med pro-
jektet. Därefter följer en beskrivning av den organisa-
toriska uppläggnigen och en kortfattad presentation av
delprojekten med tillhörande forskningsobjekt. Ett fler-
tal försöksområden presenteras sedan av forskare och
medarbetare som är sysselsatta inom ramen för projek-
tet.

De publicerade uppsatserna föreligger i mycket olika
form. Dels presenteras slutgiltiga resultat och dels
presenteras teorier och mätmetoder som skall tillämpas.

Det är ändock vår förhoppning att dessa uppsatser skall vara av intresse och ge en inblick i den verksamhet som bedrivs inom projektet.

Göteborg i maj 1977

Lars O Ericsson Olov Holmstrand Per Lindvall

Avsnittet 4.5.4 "Ingenjörsgelogisk karta" har kompletterats bl a med en sektion och tillhörande text i samband med en andra tryckning, september 1978.

Denna rapport hänför 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.

Det allt intensivare utnyttjadet av marken i urbana områden medför en rad problem. Bland dessa kan nämnas problemet att omhänderta dagvatten. I ett naturligt område infiltrerar (åtminstone temporärt) större delen av regnvattnet i marken, vilket gör att avrinningen från området utjämnas och en del av nederbörden kan bilda grundvatten. I ett urbant område däremot har stora ytor blivit hårdgjorda framför allt i samband med byggande och anläggande av kommunikationsleder. Hårdgörningen ger snabbare ytvattenavrinning vid regn och minskad grundvattenbildning. Den snabba avrinningen av stora regnflöden medför krav på dyrbara ledningssystem för avledning av dagvatten. De kortvariga men stora tillflödena medför också problem för recipienter och reningsanordningar eftersom dagvattnet är mer eller mindre förorenat. Den minskade grundvattenbildningen kan göra att den naturliga grundvattenytan sänks i ett urbaniserat område. Speciellt i områden med kompressibla jordarter kan detta leda till olika typer av skador till följd av sättningar.

Problemen med dagvattnet i urbana områden skulle kunna undvikas eller åtminstone minskas genom ett lokalt omhändertagande av vattnet i enlighet med naturliga förhållanden. Detta är avsikten med tillskapandet av perkolationsmagasin. De grundläggande förutsättningarna för perkolationsanläggningar har i Sverige studerats av Orrje & Co och BPA (Paus, Andersson & Carlstedt 1974). Studien innefattade undersökningar av utförda anläggningar i två bostadsområden samt tekniska och ekonomiska jämförelser med konventionella lösningar. Perkolationsmagasinen avser dels att skapa förutsättningar för infiltration och grundvattenbildning samt dels att utjämna och fördröja avrinningen i de fall när infiltrationskapaciteten är för liten och då alltså bräddning till dagvattennätet måste ske.

Perkolationsmagasin har visat sig vara en såväl tekniskt som ekonomiskt attraktiv lösning av problemet att omhänderta dagvattnet. Ett flertal anläggningar har sålunda utförts eller projekterats. Metodens förutsättningar, dess eventuella miljöpåverkan samt magasinens samspel med andra tekniska system är emellertid ej tillräckligt utredda. Kännedomen om magasinens funktion är också bristfällig.

Lokalt omhändertagande av dagvatten innefattar en rad skilda problemområden. Regnvattenavrinningen från olika ytor måste kunna beräknas så att perkolationsmagasinen kan dimensioneras för erforderlig utjämning av dagvattenflödena och så att förutsättningar för infiltration skapas. Magasinen måste vidare placeras i området och utformas så att de med hänsyn till geologiska och geohydrologiska förutsättningar fungerar optimalt. Infiltration och perkolationsvatten från ett perkolationsmagasin sker i allmänhet genom markens omättade zon, den s k markvattenzonen, eftersom grundvattennivån bör ligga lägre än magasinets botten för att reel perkolationsvatten skall kunna uppnås. För att klargöra ett perkolationsmagasins funktion krävs därför ingående kännedom om förhållandena i markvattenzonen. Dagvattnet innehåller vissa föroreningar. Det är därför också angeläget att beakta infiltrationsvattnets påverkan på förhållandena i marken och i grundvattnet.

2 GENOMFÖRANDE AV PROJEKTET

2.1 Organisation

Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH uppmanades på hösten 1973 av BFR att ta fram ett program för forskning inom ämnesområdet "Lokalt omhändertagande av dagvatten". Samtidigt och oberoende härav kontaktades gruppen också av Halmstads Gatukontor samt Göteborgs Stads Egnahems AB (EHAB) och Göteborgs VA-verk, vilka inbjöd gruppen att studera två olika perkolationsanläggningar i Halmstad respektive Bratthammar, Göteborg. Resultatet av de olika kontakterna blev en ansökan som inlämnades till BFR i november 1975. Forskningsprojektet bifölls av BFR för perioden 760201-780630. Ett villkor för projektets genomförande var att delrapportering skulle göras efter ett år. Föreliggande redovisning utgör denna delrapport. Ett annat villkor för genomförandet var att en referensgrupp skulle tillsättas för att följa projektet, se nedan.

Förutom av BFR bekostas undersökningarna i Bratthammar av EHAB, BPA-Riksbyggen och Göteborgs VA-verk. Undersökningarna i Halmstad får stöd av Halmstads Gatukontor, som bland annat bistått med material och vissa avläsningar.

Geohydrologiska forskningsgruppens program inom ämnesområdet lokalt omhändertagande av dagvatten har uppdelats i tre projekt, vilka drivs som integrerade delar:

- a) Markvattenförhållanden i urbana områden
- b) Lokalt omhändertagande av dagvatten - hydrologiska förutsättningar
- c) Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar

Målsättningen för delprojekt a) är att fortsätta de markvattenstudier, som redan bedrivits vid Geologiska insti-

tutionen under Geohydrologiska forskningsgruppens första verksamhetsperiod (Holmstrand & Wedel 1976). Projektet inriktas nu främst på utveckling av och praktiska prov med olika typer av mätapparatur samt teoretisk behandling av förhållandena i markvattenzonen.

Delprojekt b) som handhas av institutionen för vattenbyggnad syftar till att studera inverkan av utförda perkolationsmagasin på dagvattenavledningen i bebyggelseområden och utveckla beräknings- och dimensioneringsmetoder för dagvattensystem försedda med perkolations-utjämningsmagasin. För de teoretiska beräkningarna anpassas en framtagna simuleringsmodell för dagvattenavrinning (Arnell & Lyngfelt 1975) för beräkning av dagvattenavledning i system med inbyggda perkolationsanläggningar.

Delprojekt c) drivs av Geologiska institutionen. Målsättningen är att klargöra de geologiska och geohydrologiska förutsättningarna för dimensionering och lokalisering av perkolationsmagasin. Det gäller sålunda att kunna avgöra när det från geologisk synpunkt är möjligt att förutom flödesutjämning även får infiltration av vatten i marken. Vidare är det angeläget att studera vilken verkan magasinerna kan få i olika geologiska miljöer.

2.2 Genomförande och referensgrupp

Gemensamt för de tre ovan beskrivna delprojekten är undersökningar av utförda perkolationsanläggningar i drift. Detta arbete är koncentrerat till två områden, Bratthammar i Göteborg och ett område i Halmstad vilka beskrivs närmare i det följande. Försöksverksamheten i mindre skala har dessutom etablerats i dalgången vid väg- och vatten, Chalmers tekniska högskola. Där har nyligen utförts en liten försöksanläggning vars förutsättningar skall vara lätta att överblicka och där de yttre villkoren låter sig styras. Som ett komplement till de mera ingående studierna av vissa anläggningar

görs en enkät i avsikt att inventera utförda och planerade anläggningar i Sverige. Bearbetning av enkäten kommer att omfatta bl a observerade drifts- och funktionsförhållanden. Enkäten pågår varför några resultat ännu ej kan redovisas.

Forskningsarbetet följs som ovan nämnts av en referensgrupp. Gruppen, som sammanträdde första gången 761013 har för närvarande 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, vilket utgör en väsentlig del inom forskningsprojektet, har vid flera tillfällen diskuterats med de lokala intressenterna EHAB, BPA-Riksbyggen och Göteborgs VA-verk.

2.3 Delprojekt a) Markvattenförhållanden i urbana områden

Med hänvisning till tidplanen som skisserades i ansökan kan forskningsarbetet kommenteras på följande sätt:

Bergsjön - Efter vissa problem under vintern, våren 1976, med den radiometriska mätutrustningen insamlas nu data ungefär var tredje vecka. Avsikten med dessa mätningar är att få en lång tidsserie av mätdata inom ett bebyggt område. (Mätningarna påbörjades våren 1974).

Bratthammar, Halmstad - Dessa delprojekt har bedrivits i samarbete med projektet "LOD - geohydrologiska förutsättningar". Se kapitel 6, 7, 8 och 9.

Linköping, Torslanda - En övergripande målsättning vid dessa delprojekt har varit att generalisera infiltrationskapaciteten över stora ytor. Arbetet i de två områdena har bedrivits genom något skilda förfaranden. I Linköping har fältarbete utförts mot bakgrund av en geologisk förstudie. En ingenjörsgelogisk karta har sammanställts med data från SGU och konsultutredningar. I Torslanda har tillämpats en metodik, där vissa signifikanta delytor utvalts med hänsyn till geologi, vegetation och bearbetning. Se kapitel 4 och 5.

Angered - I anslutning till BFR-projektet "Grundvattenbildning - grundvattenbalans (projekt nr F1005) har vissa infiltrations- och markvattenstudier genomförts. En specialstudie i ett avgränsat avrinningsområde finns sammanställd i kapitel 3.

Labförsök i tank - För att kontrollera tillförlitligheten av den sk dubbelringsinfiltrationsmetern har en försöksserie genomförts med de jordarts- och lagerförhållanden som är vanliga i Göteborgstrakten. Jordmaterial har artificiellt packats i en kubisk behållare (60x60x60 cm). Grundvattensytans nivå har varierats. Infiltrationsförsök har utförts med enkelring och dubbelring. Utvärdering pågår men som preliminärt resultat kan sägas att en ytterring med uppgift att hindra vattnets sidospridning har stor betydelse.

Chalmersområdet - Markvattenprojektet har medverkat vid etablering av försöksplatsens utseende. Vissa mätmetodstudier skall bli äga rum vid detta perkolationsmagasin. I övrigt se kapitel 10.

Litteraturstudier - En litteraturstudie påbörjades våren 1976 delvis på grund av att i det avrapporterade projektet "Markvattenundersökningar i ett urbant område" ansågs föreligga ett behov av ytterligare kunskap om mätmetoder och teori. Denna litteraturstudie är nu sammanställd och skall publiceras som BFR-rapport. I samband med denna tekniskt inriktade litteraturundersökning framkom i sin tur behov

av grundläggande kunskaper gällande de kemiska och biologiska processerna i markzonen. En litteraturstudie har därför även sammanställts, med denna infallsvinkel på ämnesområdet, vilken även skall publiceras som BFR-rapport. Denna teoretiska behandling av de miljömässiga aspekterna på dagvattenhanteringen har initierat en ansökan om forskningsbidrag från Statens Naturvårdsverk. Se kapitel 11.

2.4 Delprojekt b) Lokalt omhändertagande av dagvatten - hydrologiska förutsättningar

Delprojekt b), Lokalt omhändertagande av dagvatten - hydrologiska förutsättningar, drivs av Institutionen för vattenbyggnad, CTH, i samarbete med Geologiska institutionen, delprojekt a och c. Inom projektet studeras hur man på tekniskt lämpligaste sätt, med hjälp av perkolationsanläggningar, skall kunna ta hand om dagvatten i ett bebyggelseområde för lokal infiltration och ökad grundvattenbildning men också utjämning och fördröjning av vatten, som vid häftiga regn avleds från området. Perkolationsmagasin utformas med hänsyn till geologiska förhållanden, bebyggelse och markanvändning, men magasinerna måste också dimensioneras hydrauliskt eftersom de ingår i dagvattensystemet.

Målsättning

Projektets inriktning är enligt ansökan 75947-5:

- att utveckla en metodik för hydraulisk dimensionering av perkolationsmagasin med utgångspunkt från beräknad dagvattenavledning,
- att bedöma perkolationsmagasinens betydelse vid dimensionering av dagvattennätet,
- att tillsammans med övriga projekt studera perkolationsanläggningarnas inverkan på grund- och markvattenförhållandena och
- att observera eventuella funktionsförändringar hos utförda perkolationsanläggningar betingade av igensättning eller varierande klimatförhållanden.

Av väsentligt intresse är att utveckla praktiskt användbara beräkningsmodeller. En handräkningsmetod bör utarbetas utöver en modell anpassad till den inom Geohydrologiska forskningsgruppen framtagna beräkningsmodellen för simulering av dagvattenflöde (Meddelande nr 12).

Genom fältundersökningar kartlägga de faktorer som styr avrinnings- och infiltrationsförloppet i system med perkolationsmagasin. Driftserfarenheter från Bratthammarområdet ingår som ett moment för utvärdering av försöksresultaten. Se vidare kapitel 8 och bilaga 1.

2.5 Delprojekt c) Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar

Målsättningen för detta delprojekt har tidigare kortfattat beskrivits. Den är att klargöra de geologiska och geohydrologiska förutsättningarna för dimensionering och lokalisering av perkolationsmagasin. En sammanvägning måste göras mellan de fakta som framkommer inom alla tre delprojekten. Resultaten skall sedan kunna användas för att avgöra när det från geologisk synpunkt är möjligt att förutom flödesutjämning även få infiltration av vatten i marken. För att målsättningen skall kunna uppfyllas fordras ingående kännedom om de geologiska förhållandena och ett lämpligt instrument för att åskådliggöra dessa. Ett sådant instrument är den ingenjörsgelogiska kartan, dvs en praktiskt inriktad geologisk och hydrologisk karta. Vid Geohydrologiska forskningsgruppen har inom ramen för ett annat av BFR understött projekt utarbetats en metod för framställning av ingenjörsgelogiska kartor.

De tre delprojekten arbetar integrerat när det gäller olika delundersökningar. Därför kan det vara svårt att exakt definiera vad som hör till respektive delprojekt.

Här kommer att kortfattat redovisas de delundersökningar som innefattar geologiska och geohydrologiska moment.

I Bratthammar söder om Göteborg genomförs det mest omfattande undersökningsprogrammet. Beskrivning av områdets geologi och grundvattenförhållanden har ingått i ett examensarbete i geologi på sektion Väg- och Vatten, CTH. Arbetet är för närvarande inte slutfört, men kommer att redovisas under sommaren 1977. Vattenståndsmätningar i två magasin inom området har pågått sedan juli 1976. Vattenståndskurvor redovisas i kapitel 7. Bearbetningen ingår delvis i det ovan nämnda examensarbetet. I övrigt har inom ramen för detta delprojekt gjorts enkla nederbörds-mätningar (som referens till det hydrologiska delprojektets nederbörds-mätningar), grundvattenståndsobserverationer i ett stort antal punkter samt rördrivning med provtagning i två punkter. En del av de hittills genomförda mätningarna redovisas preliminärt i kapitel 7. Genom att byggnadsarbetena har försenats har instrumenteringen av de magasin som skall intensivstuderas ännu inte kunnat utföras.

I Halmstad har även genomförts ett examensarbete på sektion Väg- och Vatten, CTH, vilket inte är slutfört. Den allmänna beskrivningen av geologi och grundvattenförhållanden har genomförts i form av ett C-kursarbete (3-betygsarbete) i kvartärgeologi. Några delar av detta arbete redovisas i kapitel 9.

I dalgången vid Väg- och Vatten, CTH har utförts en liten försöksanläggning avsedd att användas för noggranna studier av hur ett magasin fungerar samt prov med mätapparatur. Försöksanläggningen beskrivs i kapitel 10.

I Linköping har inom stadsdelen Ryd genomförts översiktliga studier av geologi och infiltrationsförhållanden. En preliminär redovisning av delar av detta arbete finns i kapitel 4.

I Torslanda har genomförts en studie av ledningsgravars dränerande förmåga. Samtidigt har denna studie utnyttjats för att prova en metodik att översiktligt inventera geologi och infiltrationsförhållanden. Arbetet redovisas i kapitel 5.

En genomgång av befintliga anläggningar i landet har påbörjats. På grundval av uppgifter som hittills har erhållits kommer ett närmare studium av vissa anläggningar att genomföras under 1977. Delar av detta arbete planeras som C-kursarbeten i kvartärgeologi alternativt examensarbeten på sektion Väg- och Vatten, CTH.

2.6 Publikationsverksamhet

Projektets allmänna förutsättningar, målsättning och planerade delundersökningar redovisades i ansökan till BFR daterad 751119 samt kompletteringar till denna daterad 760116.

Projektet presenterades vid Nordisk Hydrologisk konferens 1976 i Reykjavik. I anslutning härtill sammanställdes en kortfattad beskrivning "Local Infiltration of Storm Water" publicerad i konferensens preprints.

Under hösten 1976 fick Geohydrologiska forskningsgruppen en inbjudan att bidra till årsboken Ymer, utgiven av Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Bland annat har utarbetats en artikel med titeln "Regnvatteninfiltration i stadsområden" samt en annan med titeln "Markvatten och vegetation i bebyggda områden". Publiceringen blir aktuell först vid årskiftet 1977/78.

Perkolationsanläggningarna i Bratthammar och Halmstad har flera gånger uppmärksammats i pressen. Speciellt gäller detta anläggningen i Bratthammar, vilken beskrivits ganska ingående i tidningarna Arbetet och Göteborgs-Posten.

I Väg- och vattenbyggaren 23 (1977) nr 4, presenterar Klas Cederwall och Anders Eriksson en artikel: Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelope-metoden. Se bilaga 1.

3 AVRINNINGS- OCH MARKVATTENFÖRHÅLLANDEN HÖSTEN
1975 I ANGERED av Lars O Ericsson och Per Wedel

3.1 Inledning

Inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet har ett hydrogeologiskt projekt "Grundvattenbalans - grundvattenbildning", bedrivits. Undersökningarna har genomförts vid Gunnareds gård i Angered, Göteborg. Avsikten har varit att beskriva grundvattnets bildning, strömning samt samspel i jord och berg. Detta projekt har samarbetat med de båda projekten "Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning i ett urbant område" och "Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan".

I denna uppsats redogörs först översiktligt för de topografiska, geologiska och hydrogeologiska förutsättningar som råder i hela försöksområdet. Därefter beskrivs en delstudie över markvattenförhållanden och avrinning i ett avgränsat avrinningsområde i Angered.

3.2 Topografi och geologi

Nedanstående översiktliga redogörelse för de allmänna topografiska dragen och geologiska förhållandena i Angered har huvudsakligen hämtats från ett seminarium om geohydrologisk undersökningsmetodik (P Wedel 1975), vid Chalmers Tekniska Högskola.

Försöksområdet vid Gunnared utgöres av en lerslätt ungefär 60-70 m över havet, som ansluter till ett antal bergknallar och mindre ryggar. Berggrunden inom undersökningsområdet uppbyggs huvudsakligen av gnejser med varierande sammansättning och utformning, gångbergarter uppträder i mindre omfattning. Följande bergarter kan urskiljas: basisk-intermediär gnejs, salisk gnejs, ögongnejs, pegmatit och amfibolit.

Berggrunden inom undersökningsområdet har vid flera tillfällen utsatts för tryckpåkänningar orsakade av spänningstillstånd i jordskorpan. Genom dessa tryckpåkänningar har den strukturbild, som berggrunden uppvisar idag, utbildats. Deformationskrafterna har verkat under två principiellt olika betingelser, dels under en första fas då berggrunden reagerat plastiskt, dels under en andra då den varit i stort sett rigid.

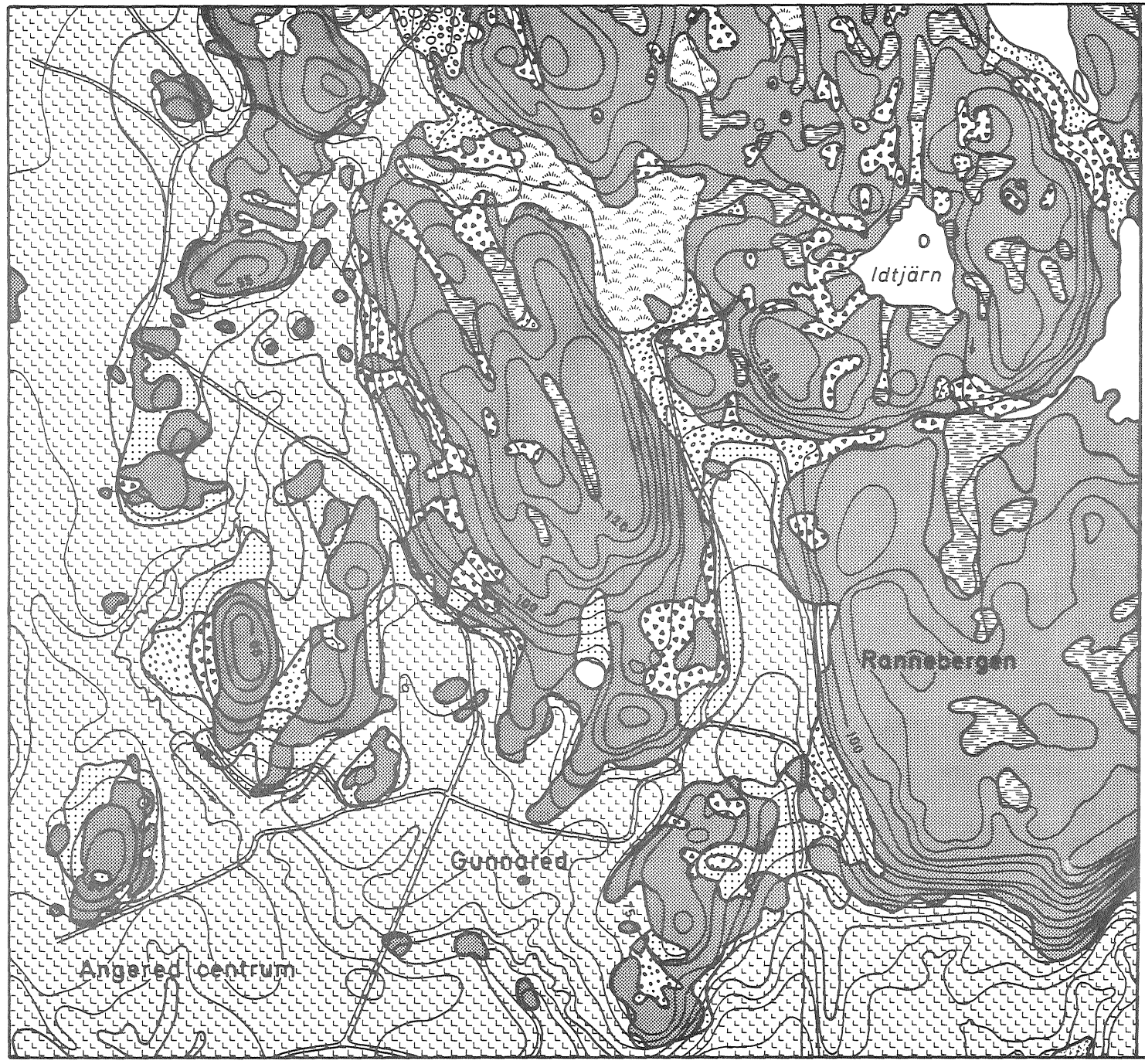
Under veckningsrörelserna har förskiffringsplan utbildats där planparallella glidningar inträffat i bergartsmassan, medan stänglighet anlagts där rotationsrörelser dominerat. Inom undersökningsområdet styrker förskiffringsplanen i ca N 20-40°E och stupar 20-40°W. Stängligheten stryker ca N 15°W och stupar 10-15°N.

Sedan veckningarna ägt rum har berggrunden förkortats ytterligare. Detta har orsakat överskjutningsrörelser, varvid de olika bergartsleden skjutits upp över varandra. Efter de plastiska veckningarna konsoliderades berggrunden. Vid nya spänningstillstånd i jordskorpan har materialets hållfasthet överskridits, varvid ett mönster av kross- och sprickzoner utbildats. Äldre förskiffrade överskjutningszoner har härvid verkat som svaghetslinjer, längs vilka nya överskjutningar inträffat. Brantstående skjuvzoner uppstod i spetsig vinkel mot deformationsriktningen.

Berggrunden framstår nu som ett system av skollor taktegelformigt täckande varandra. Skollorna är åtskilda av västlig stupande överskjutningszoner med riktningar kring N 10°W och N 20°E och uppdelade i blockenheter genom vertikala skjuvsprickor. Skjuvsprickor och skjuvzoner förekommer i riktningarna N 70°W och N 45°E. De sprickzoner som utbildats under tryck har i Angeredsområdet visat sig föra svällande lermineral mellan sprickplanen. Detta gäller både överskjutningar och skjuvslag.

Jordarterna i området utgörs främst av lera, som till stor del ansluter direkt till berggrunden. Denna lera underlagras

JORDARTSKARTA över ANGERED



-  Berg i dagen
-  Morän
-  Isälvsmaterial
-  Sand och grovmo
-  Finmo
-  Lera
-  Svämмо och -sand
-  Kärr
-  Mosse

0 500 m

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN
Chalmers tekniska högskola

Figur 1.

delvis av friktionsjordarter med en mäktighet som kan uppgå till några meter. Leran i området är vanligen överkon-soliderad och mörkt brungrå till grå. Inom hela Angereds-området förekommer det i leran talrika moskikt av väx-lande tjocklek från mindre än en mm till några cm. Invid bergklackarna tycks emellertid stora skillnader föreligga i detta avseende mellan olika delområden. Förklaringen till detta torde vara att sedimentationsmiljön invid bergklackar-na varit högst olika. Det bör i sammanhang observeras att området är beläget på en nivå relativt nära den högsta nivå till vilken havet har nått och att en del bergklackar i omgivningen nått över denna, vilken har medfört växlingar i sedimentationsmiljön (se figur 1).

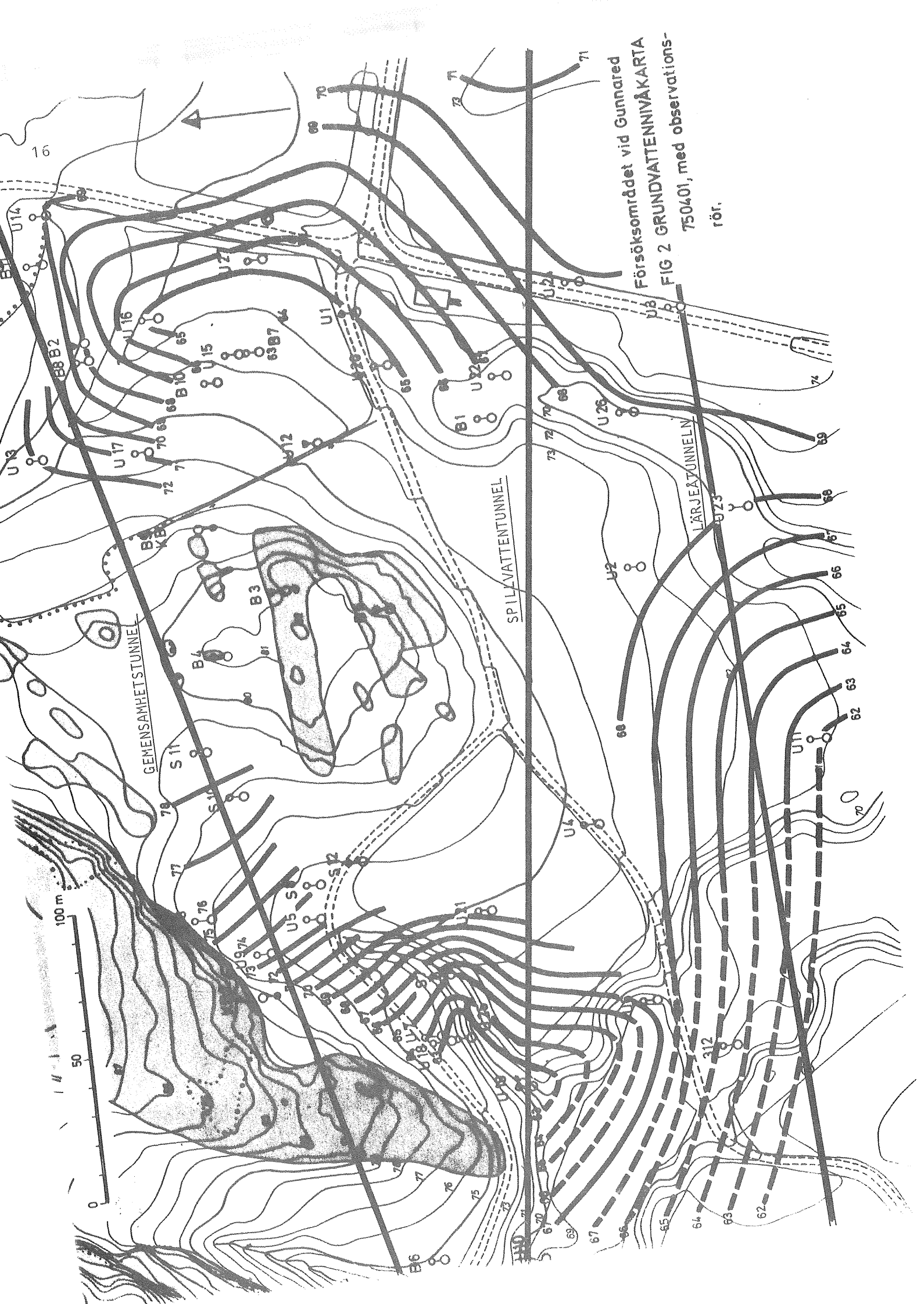
3.3 Hydrogeologi

Grundvattnet i området är kraftigt avsänkt genom tre tunnlar. Enligt STEGA's rapport till byggforskningen gäller följande för de tre tunnlarna.

"Dagvattentunneln, även kallad Lärjeåttunneln, är dels avsedd för avledning av Lärjeåns högvattenföring, dels för dagvatten från Rannebergen, Angereds centrala delar och södra Gårdsten". Denna tunnel är belägen ungefär vid områdets södra begränsning. "Spillvattentunneln (se figur 2) utgör en del av Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolags huvudtunnel-system. Förutom Angered-Bergum avses detta betjäna ytterligare delar av Göteborgsregionen". Denna tunnel går strax söder om försöksområdets centrala del. Den s k gemensamhets-tunneln (se figur 2), där flera ledningar förlagts i samma tunnel, går genom försöksområdets norra del.

Studiet av grundvattnets rörelse mellan jordlagren och berggrunden är föga uppmärksammat och erfarenheter att bygga på saknas i stor utsträckning. I avsikt att utreda grundvattnets sprickor har ett observationsnät successivt byggts ut. Detta omfattar såväl bergborrhål som observationsrör i jordlagren.

För att dokumentera områdets uppbyggnad har dessutom två



Försöksområdet vid Gunnared
 T50401, med observations-
 rör.
 FIG 2 GRUNDVATTENKARTA

kärnborrhål och ett antal slag- och skruvborrningar i jord utförts. Undersökningarna har kompletterats med geofysiska mätningar främst refraktionsseismiska. Bergnivån har på detta sätt kunna bestämmas med stor noggrannhet.

De intensifierade mätningar av grundvattenförhållandena som genomförts i försöksområdet vid Gunnared, sedan slutet av 1972 i jord och sedan sommaren 1973 i berg, visar att grundvattennivån i detta delområde fortfarande är kraftigt av-sänkt. En viss återhämtning har emellertid ägt rum sedan tunneln sprängdes ut.

De grundvattennivåer som uppmätts i de olika bergbrunnarna visar att grundvattenytorna i östra delen av försöksområdet ligger högre än tunneltakets. Trycknivån för berggrundvattnet ligger i den östligaste delen strax under trycknivån för grundvattnet i jordlagren. I områdets västra del däremot ligger grundvattenytan uppmätt i bergborrhål, under sulan i den närmaste delen av gemensamhetstunneln. Anledningen till detta är att berggrunden här även dräneras av spillvattentunneln som i detta avsnitt går 12,3 m djupare än gemensamhetstunneln.

Grundvattenbilden för jordlagren (se figur 2) visar tydligt två från varandra skilda avsänkingsområden, det ena i väster över gemensamhetstunneln, det andra i öster men ej över tunneln utan ett stycke söder därom. Avsänkningen i området är alltså ej symmetriskt utbredd från tunnarna. Ej heller har det visats att avsänkningen följer hela överskjutningszonens utgående vid bergytan. Grundvattennivåbilden visar i stället två begränsade delområden mot vilka grundvattengradienterna i jordlagren är riktade. Detta är så mycket mer anmärkningsvärt som grundvattenytans lutning söder om avsänkningsstratens centrum kommer att luta i motsatt riktning mot markytans lutning trots att det västra området är en ravin med stor lutning ut mot sydsydväst.

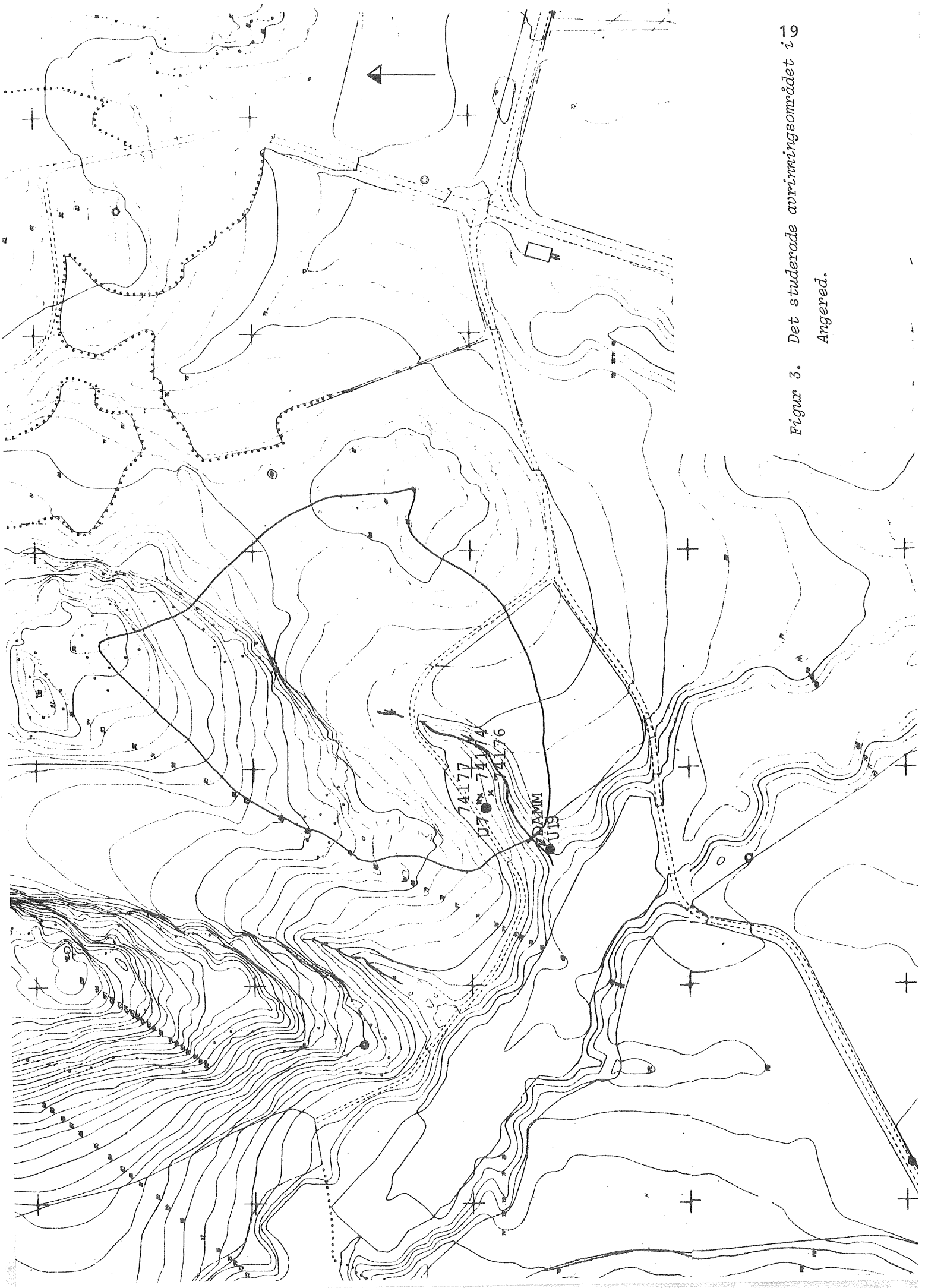
3.4 Avrinnings- och markvattenförhållanden

För att närmare belysa förhållandena i den omättade zonen och i någon mån bedömma grundvattenbildningen i området med utgångspunkt från avrinnings-, infiltrations- och markvattenförhållanden inriktades markvattenstudierna på ett avgränsat avrinningsområde inom försöksområdets nordvästra del. Detta avrinningsområde är 2,1 ha stort och ytvattendelaren framgår av figur 3. Topografiskt dominerar avrinningsområdets sydvästra del av en bäckravins. 10 m nordost om undersökningsrör U19 uppfördes i slutet av juli 1975 en mätdamm med Thomsonöverfall (90°) för att möjlighet skulle finnas att under hösten uppmäta ytavrinning från området. Från 750801 t o m 751219 har dammen varit instrumenterad med en registrerande pegel.

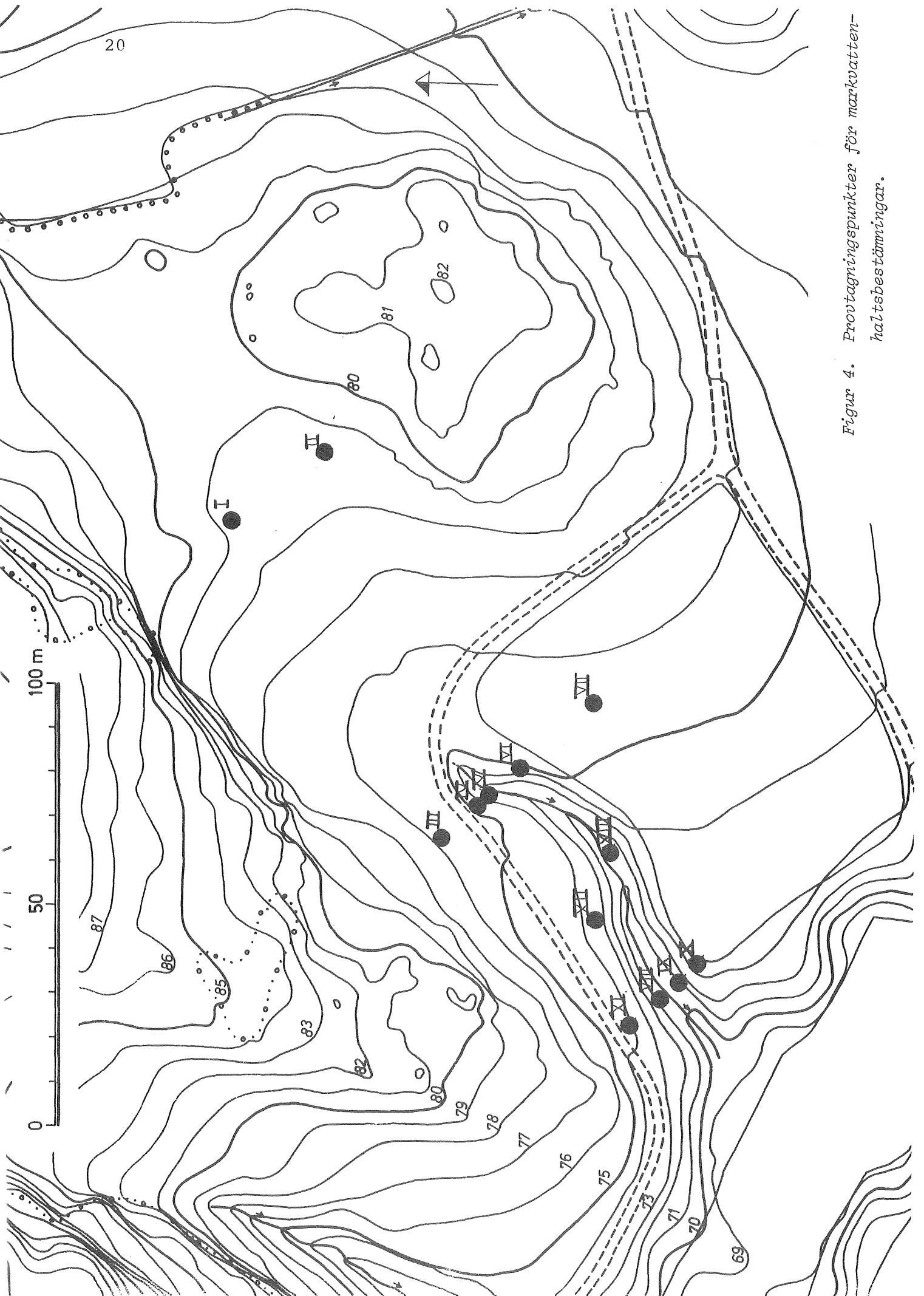
Jordprovtagning har utförts dels med skruvborr och dels med cylinderprovtagare (modell Sigvard Anderson). Vid tre tillfällen under hösten 1975 har prover tagits vid tio platser (se figur 4). Proverna har insamlats på var tionde centimeter från markyta ned till ett djup som varierat mellan 0,5 m och 1,0 m. Cylinderprovtagaren användes för provtagning i ytan (10 cm:s cylindrar).

Av provtagningen har framgått att det i avrinningsområdet, från markyta ned till 30-40 cm:s djup, huvudsakligen finns en mullrik till mycket mullrik mjällig lera. Under matjordstäckets minskar naturligt humushalten och jordarten kan betecknas som en något till måttligt mullhaltig moig mellanlera.

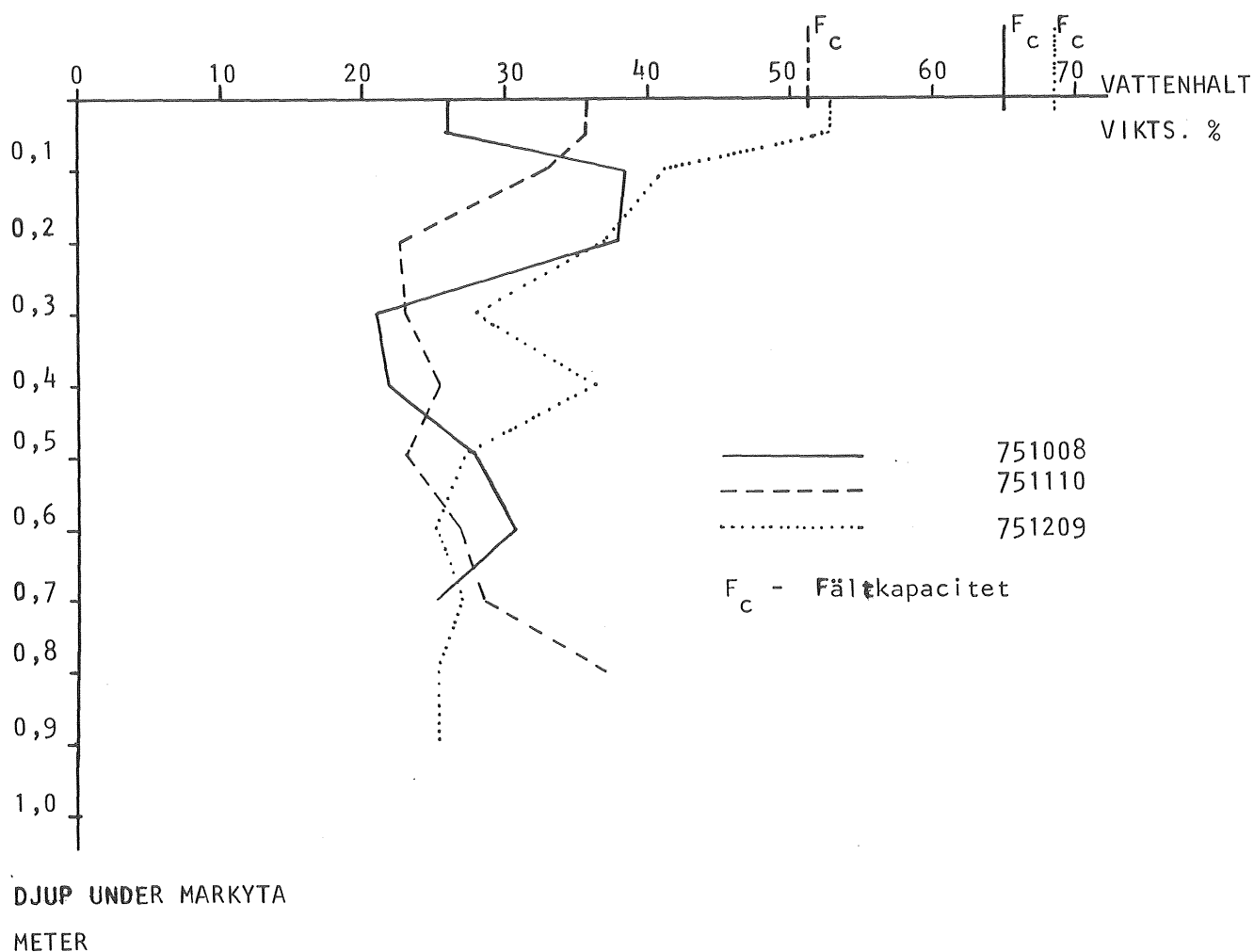
Den ursprungliga tanken med provtagningarna var att vid varje provplats kunna studera jordprofilens allmänna uppbyggnad under hösten. Proverna skiftar dock alldeles för mycket i sin jordartssammansättning och struktur för att en sådan jämförelse skulle kunna vara möjlig. Ytprovernas varierande fältkapacitet är t ex ett bevis för de olika förutsättningar som råder (se figur 5).



Figur 3. Det studerade avrinningsområdet i 19
Angered.

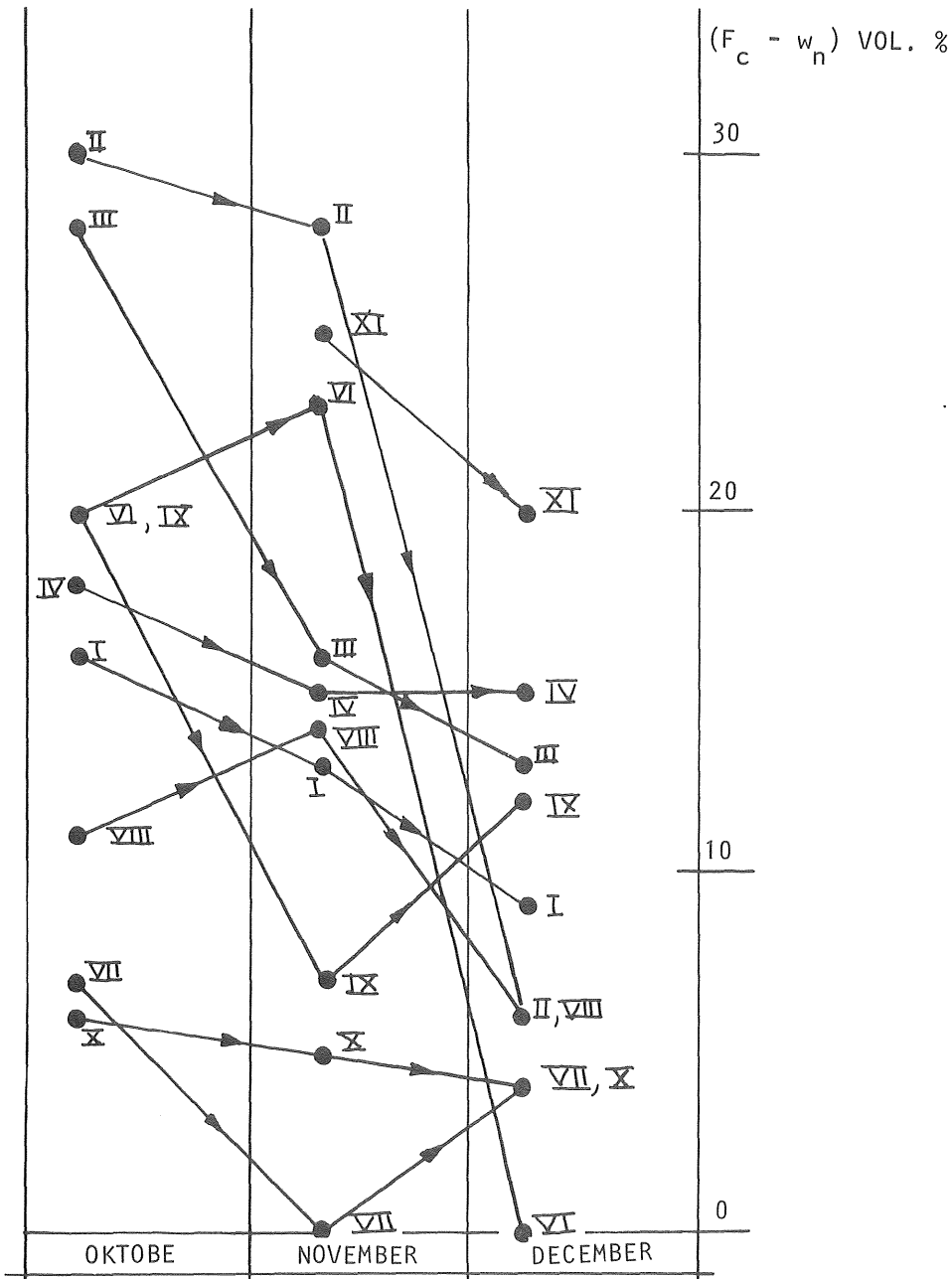


Figur 4. Prøvtagningspunkter for markvatten-
haltsbestämningar.

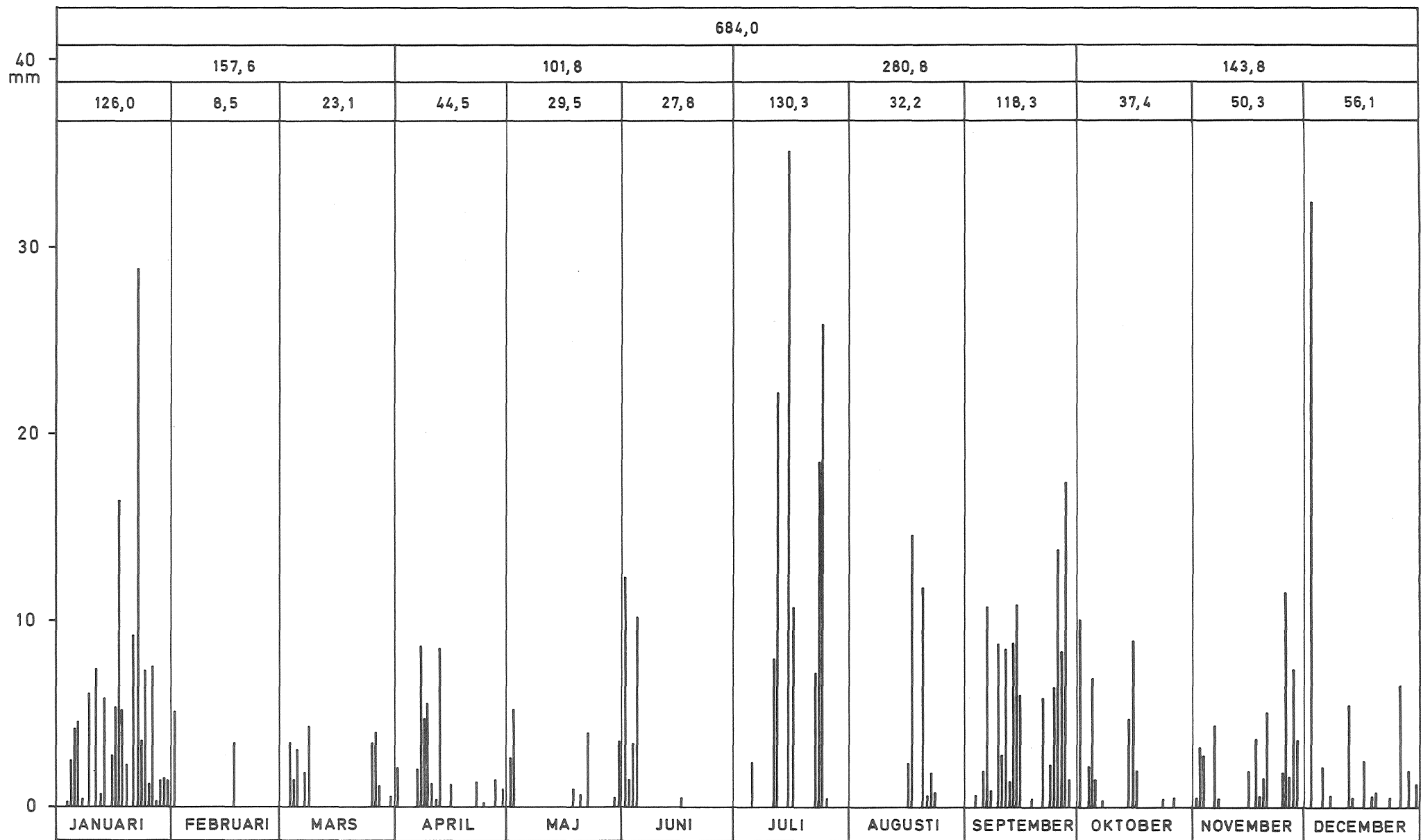


Figur 5. Provpplats III. Markvattenprofiler och fältkapaciteter vid olika mättillfällena.

Eftersom således ej någon allmän trend för varje provplatsprofil varit möjlig att beskriva har uppvättnings-situationen åskådliggjorts som skillnaden mellan fältkapacitet och aktuell vattenhalt för den översta decimetern. Figur 6 visar ovan nämnda skillnad vid respektive provplats och provtagningstidpunkt och som framgår av kurvorna är det en tydlig tendens till uppvätning för de flesta provplatserna under hösten.



Figur 6. Diagrammet visar ytprovernas skillnad mellan fältkapacitet och naturlig vattenhalt ($F_c - w_n$), vid de tre provtagningstillfällena, 751007, 751110 samt 751208. Pilarna sammanbinder respektive provplats värde för $(F_c - w_n)$ och eftersom det är en minskande trend för $(F_c - w_n)$ kan man notera en allmän uppvätningstendens inom området.

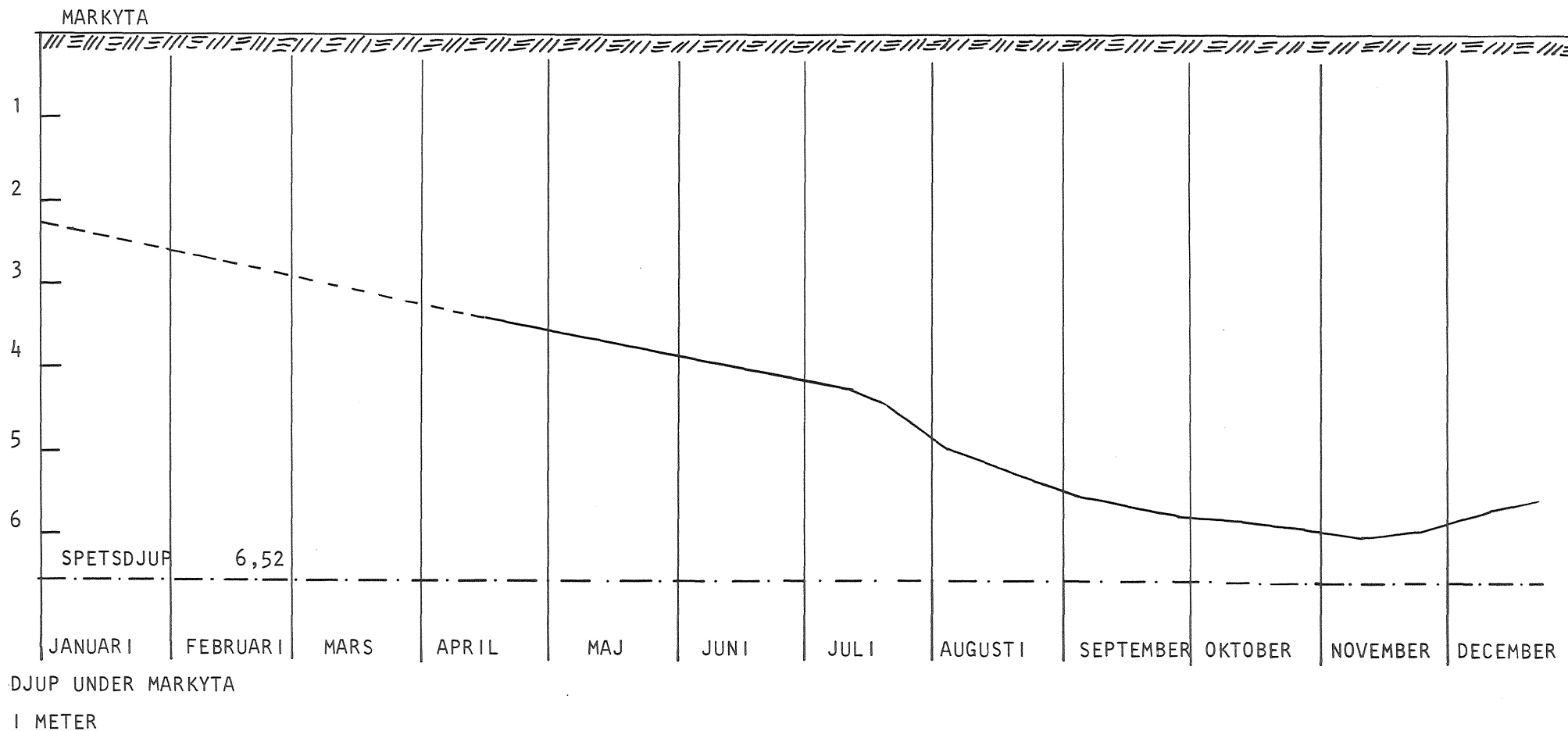


Figur 7. Dygnsnederbörd i mm 1975 vid VA-verkets nederbördsmätare i Gunnilse, samt sammanställning av månads- kvartals- årsnederbörd.

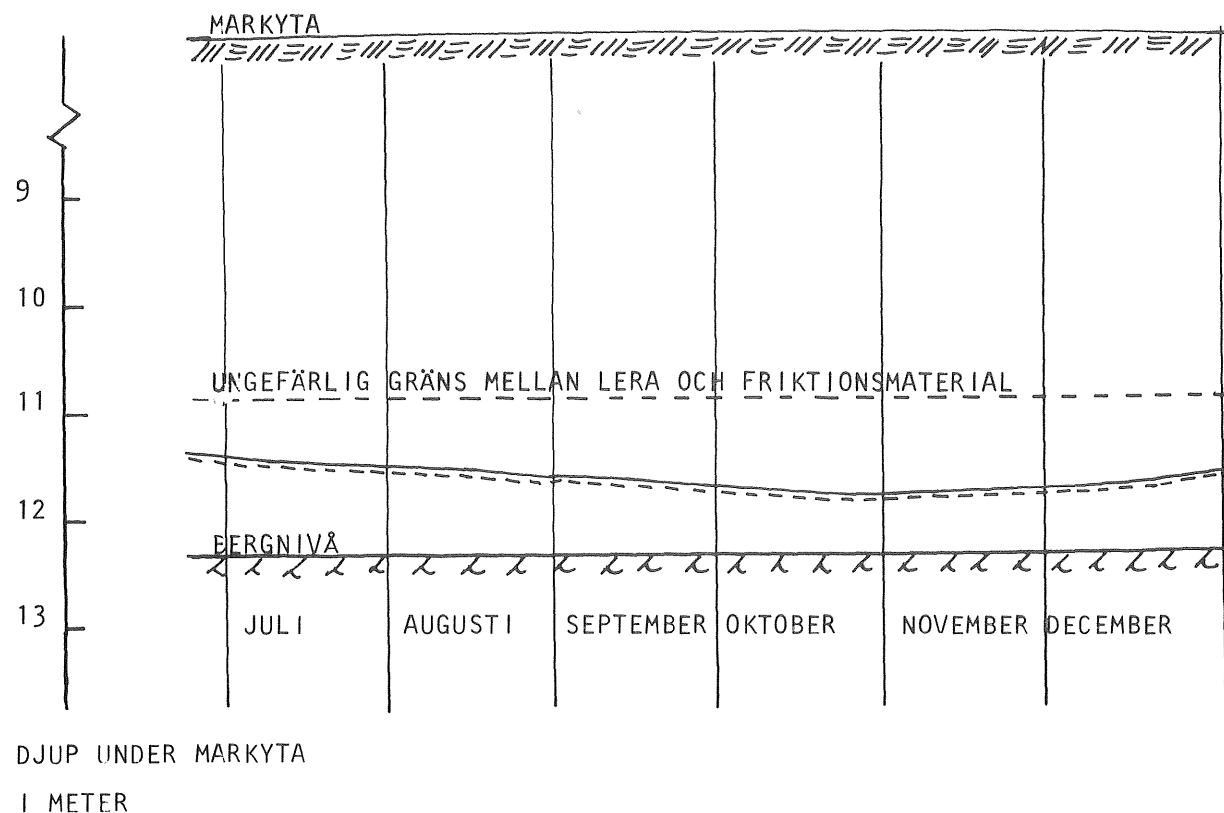
Dygnsnederbörden för 1975 i Gunnilse framgår av figur 7 där även provtagningstillfällena är markerade. Följande kan sägas om nederbörden under försöksperioden: Tredje veckan i augusti förekommer viss nederbörd. Fr o m den 5:e september t o m 7:e oktober har man en ihållande nederbördsperiod vilken avlöses av en något regnfattigare period fram till den 15:e november. Under denna regnfattigare period regnar det dock omkring den 15:e oktober samt första veckan av november. Därefter följer en nederbördsrik tid till slutet av året med bl a ett intensivt regn den 2:e december.

Den första registreringen på avrinning vid mätöverfallet inträffar den 27:e september och vid nederbördstillfällena i början av oktober inträffar också en avrinning ut från området. I samband med dessa nederbördstillfällen sker avrinningen tämligen momentant och en upptorkning tycks följa direkt på regnet. Efter nederbörd omkring den 15:e oktober, ca 16 mm, registreras en liknande avrinning som omnämnts ovan. I god överensstämmelse med den nederbördsfattigare perioden i november har ej någon avrinning ägt rum fram till den 25:e november. Därefter svarar avrinningen på nederbörden och i korrelation med detta föreligger enligt den sista jordprovtagningen vattenhalter omkring fältkapacitet i det översta markskiktet. Efter den 7:e december har det varit ett tämligen konstant flöde ut från området tills dess att dammen blev istäckt omkring den 17:e december.

I området har regelbundna portrycksmätningar förekommit i tre piezometrar (svängande sträng). Piezometrarnas placering framgår av figur 3 och spetsdjupen är 11,18 m (74174), 9,50 m (74177) respektive 6,52 m (74176). Vid drivning av mätare 74177 överskreds tillåtet maximalt tryck varför denna mätare ej givit tillförlitliga värden. Mätare 74174 har under försökstiden visat nolltryck medan mätare 74176 uppvisat det kurvförlopp för den piezometriska tryckhöjden som framgår av figur 8. Den senare omnämnda mätarens registrerade tryck ligger i förhållande till dess spetsdjup mycket nära noll. I figur visas den



Figur 8. Den piezometriska tryckhöjdens fluktuation för piezometer 74176, under år 1975.



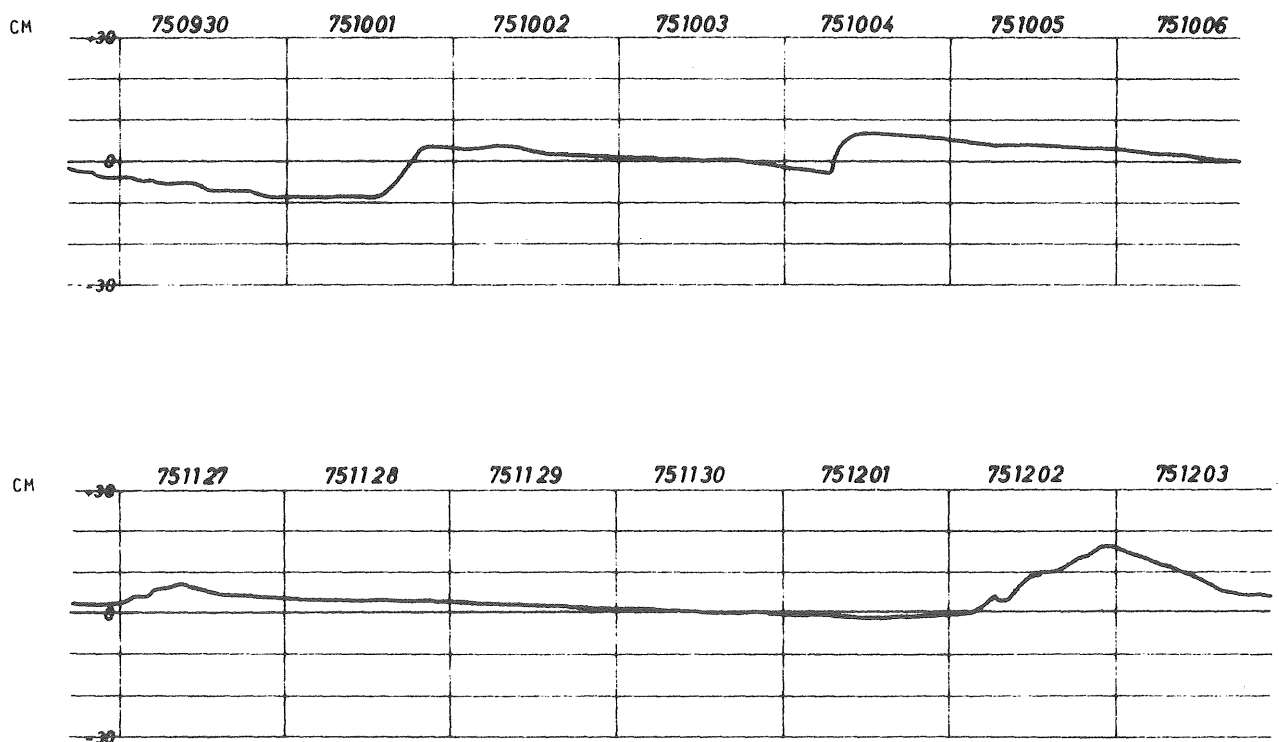
Figur 9. Grundvattennivåns fluktuation i rör U7, under tiden juni - december 1975.

piezometriska tryckhöjden för observationsrör U7, vilket är beläget ca 7,0 m från piezometer 74176 samt på samma plushöjd. Kurvförloppet för U7 är signifikativt för de undersökningsrör som är belägna närmast omkring piezometerna. Vidare bör det påpekas att trycknivån i U7 endast är belägen 0,5 - 1,0 m ovanför bergytan. Den piezometriska tryckbilderna är m a o störda och endrängning har skett i såväl friktionsmaterial som lera. Hur denna tryckbild ser ut mer i detalj behandlas ej i detta projekt.

Allmänt om kurvförloppen kan sägas att amplituderna för undersökningsrörens trycknivåfluktuationer, i förhållande till piezometer 74176 är mindre och att den säsongsbetonade ökningen i tryckhöjd inträffar ca 14 dagar senare i leran än i underliggande friktionsmaterial. Förklaringen är sannolikt att drängningen har en starkt utflackande inverkan på det grövre jordartsmaterialets trycknivåfluktuation samt att den låga permeabiliteten för leran naturligt ger den ovan omtalade fördröjningen i magasinförändringen.

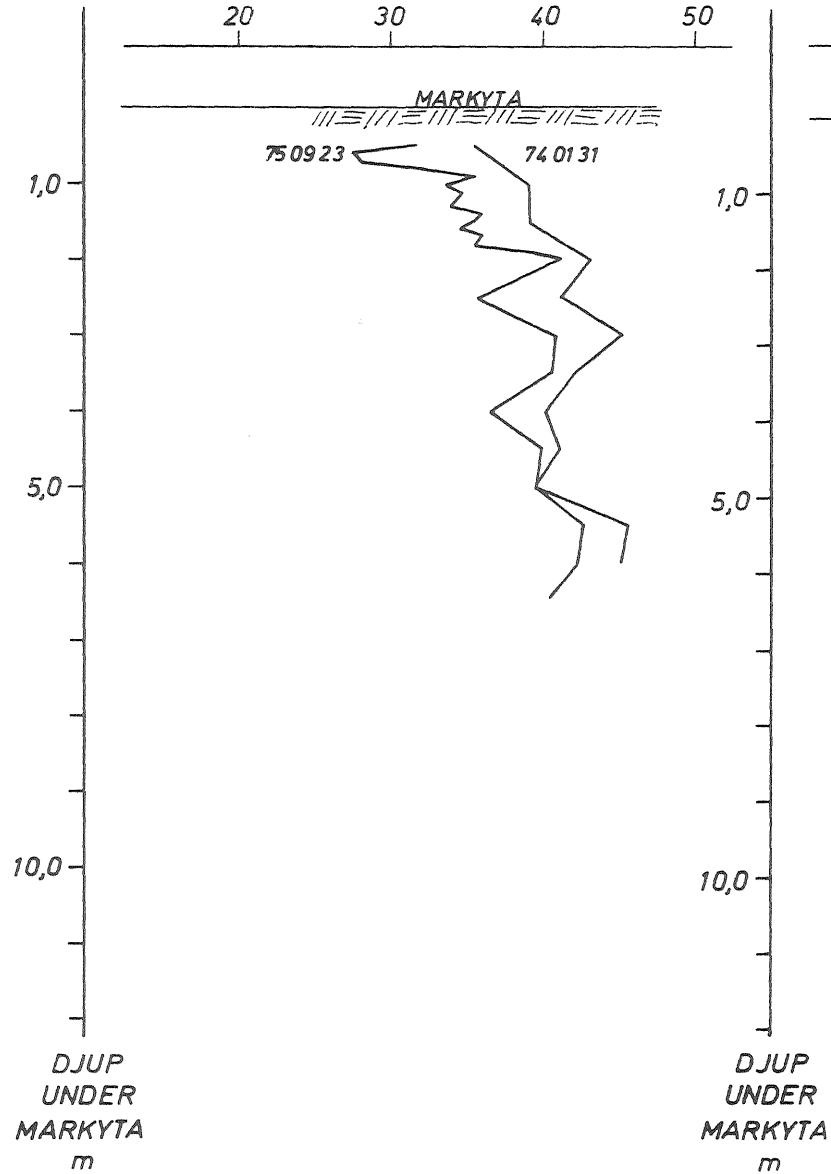
Om man anser att evapotranspirationen varit noll vid själva regntillfällena skulle en mycket grov uppskattning på infiltrationen kunna göras. Om man betraktar avrinningen den 1:a oktober (se figur 10) kontra nederbörd får man en infiltrationskoefficient lika med 0,92. Motsvarande infiltrationskoefficient den 27:e november och den 2 december (se figur 10) är 0,39 resp 0,33. Förändringen av infiltrationskoefficienterna belyser alltså väl den allmänna minskningen i infiltrationskapacitet ju våtare förhållandena är i det 0,5 m översta skiktet. För en noggrannare studie av infiltrationskapaciteterna i Angeredsområdet hänvisas till Mats Engdahl (1975).

PEGEL. AVRINNINGSOMRÅDE, ANGERED

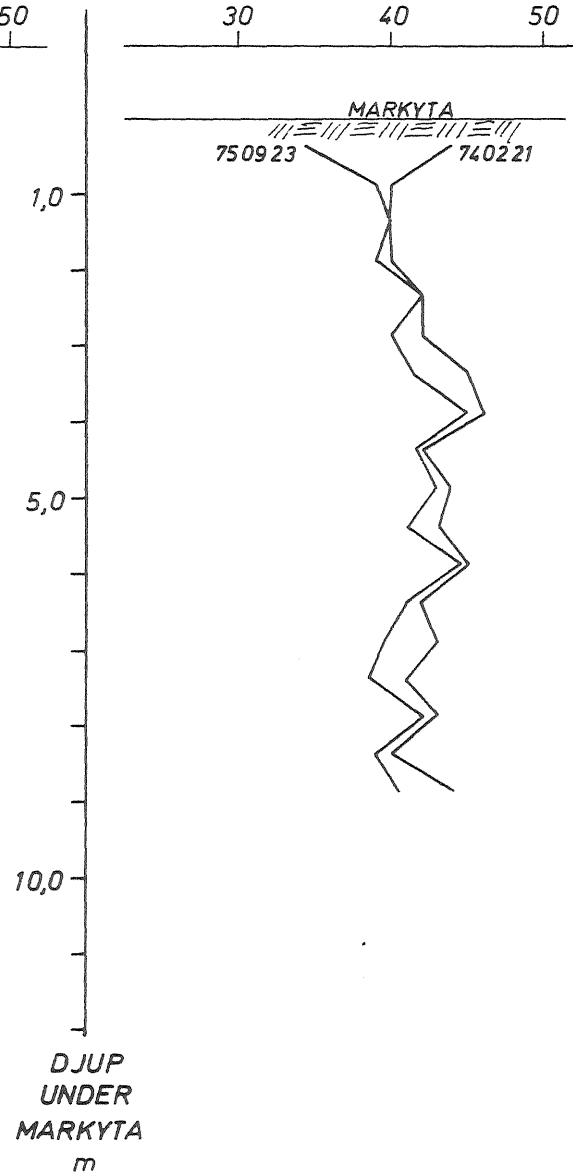


Figur 10. Pegeldiagram för två studerade tidsintervall.

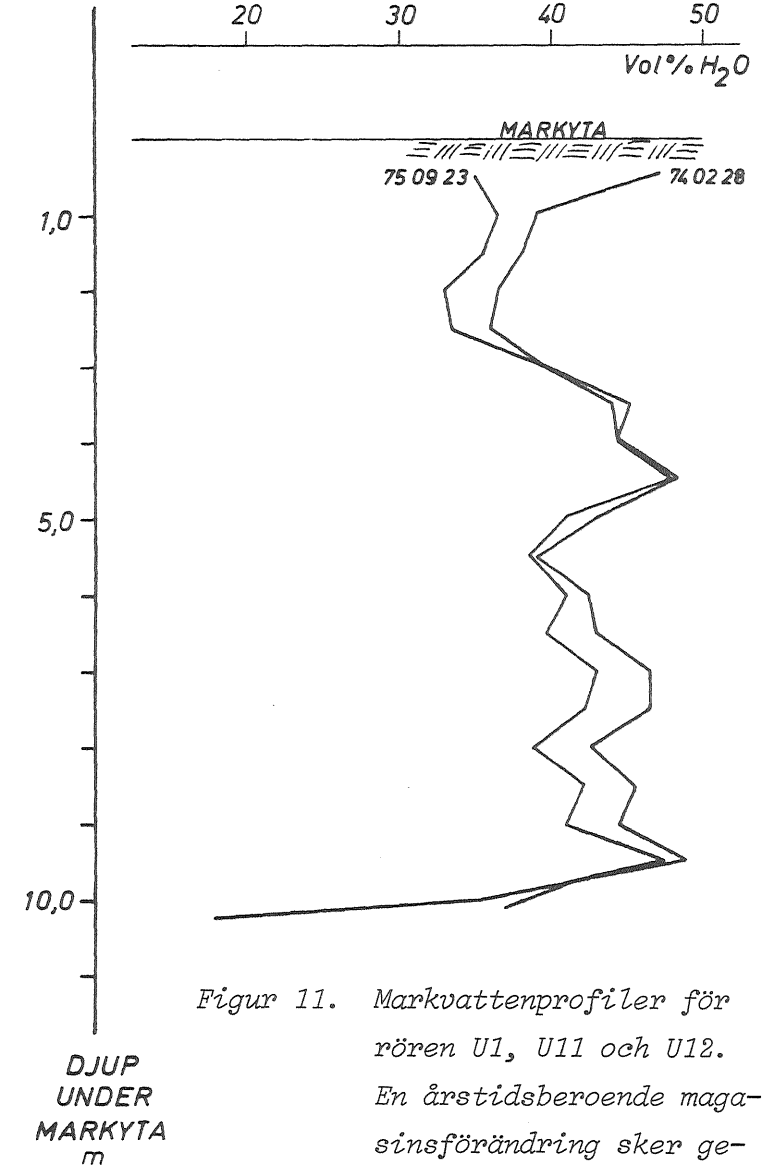
U1



U11



U12



28

Figur 11. Markvattenprofiler för rören U1, U11 och U12. En årstidsberoende magasinförändring sker genom hela lermäktigheten.

I Angeredsområdet har markvattenmätningar utförts med radiometrisk djupsond vid några enstaka tillfällen. Om man anser att den kalibrering som genomförts är representativ för lerlagren i stort, kan man konstatera följande: Från och med 1,0 m djup under markyta och ned till friktionsmaterialet uppgår i allmänhet vattenhalten till 40-50 vol %, dvs något under fältkapacitet (laboratoriebestämd till 50-60%). Vidare kan man konstatera att en viss årstidsberoende magasinsförändring sker över hela lermäktigheten (se figur 11) och icke endast i den översta metern vilket är vanligt i "naturliga" områden. Dessa iakttagelser skulle vara en följd av de dränerade förhållanden som råder och således har man icke vattenmättnad i större delen av lermäktigheten. Detta har bl a givit negativa portryck vid portrycksondering. De uppmätta magasinsförändringarna i den omättade zonen tyder på att en perkolation är möjlig genom lerlagren. Denna nedåtriktade potentialstyrda vattentransport påverkas dock säkert av den i horisontell led mer gynnsamma hydrauliska situation som råder i de skikt av mo som finns inlagrade i lera, vilket ger s k interflow. Ovanstående får ej betraktas som slutgiltig bedömning för hur perkolationen i detalj sker i Angeredsområdet, ty därtill föreligger för få mätningar i fält. Vi har dock, på detta sätt framställt en för oss sannolik hypotes för infiltrations- och perkolationsprocessen i området.

3.5 Referenser

Engdahl, M, 1975, Bestämning av infiltrationskapacitet i främst lerjordar, inom Angered, Göteborg. Publ. 49, Geologiska institutionen, Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.

STEGA, 1974, Grundvatten och byggande. Rapport R 20:1974, Byggeforskningen. Stockholm.

Wedel, P, 1975, Exempel på dränering av jordlager p g a tunnelbyggande. Referat av seminarium om geohydrologisk undersökningsmetodik, den 21 maj 1975. BFR:s programgrupp för geohydrologisk forskning. Göteborg.

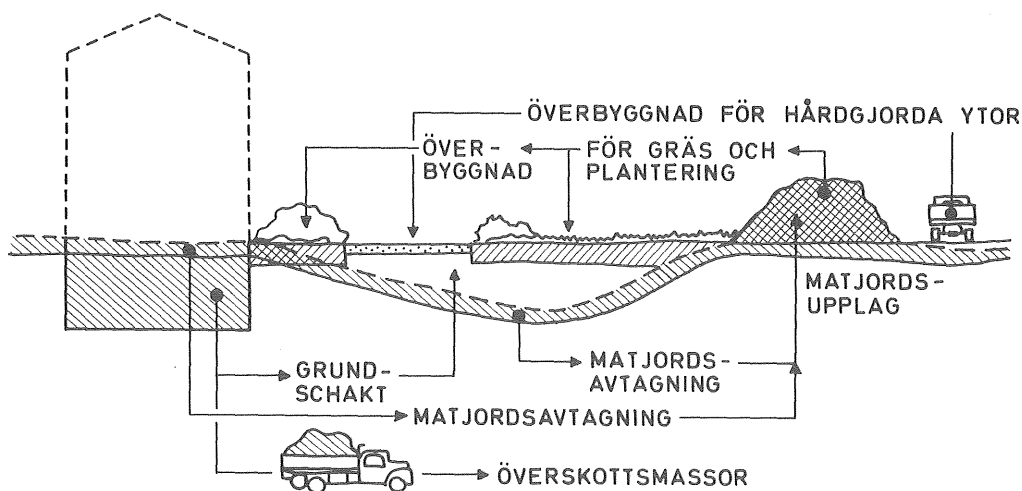
4 INFILTRATIONSUNDERSÖKNINGAR I STADSDELEN RYD, LINKÖPING. METODBESKRIVNING av Lars O Ericsson och Stig Hård

4.1 Målsättning

Markvattenundersökningarna i Linköping kan sägas ha följande huvudsyften. Dels har där prövats en metodik för att kartlägga nederbördsinfiltrationen på grönytor inom ett bebyggt område, dels har det varit angeläget att testa en av de gängse mätmetoderna, nämligen ringinfiltrometern. Avsikten har även varit att erhålla kunskap om de säsongsmässiga variationerna i infiltrationskapacitet. Denna uppsats behandlar huvudsakligen arbetsmetodiken eftersom en slutgiltig bedömning av mätresultaten ej föreligger.

4.2 Bakgrund

De geologiska förutsättningarna för infiltration och perkolation kan variera stort inom ett bebyggt område. Dessutom utgörs översta markskiktet hos grönytorna av fyllnads- massor vilket ytterligare komplicerar en areell generalisering av infiltrationskapaciteten. Emellertid präglas ofta fyllningens sammansättning av den underlagrande geologiska miljön. Vid återfyllning och gräsytanläggning, efter själva byggandet, används för det mesta jordmate-

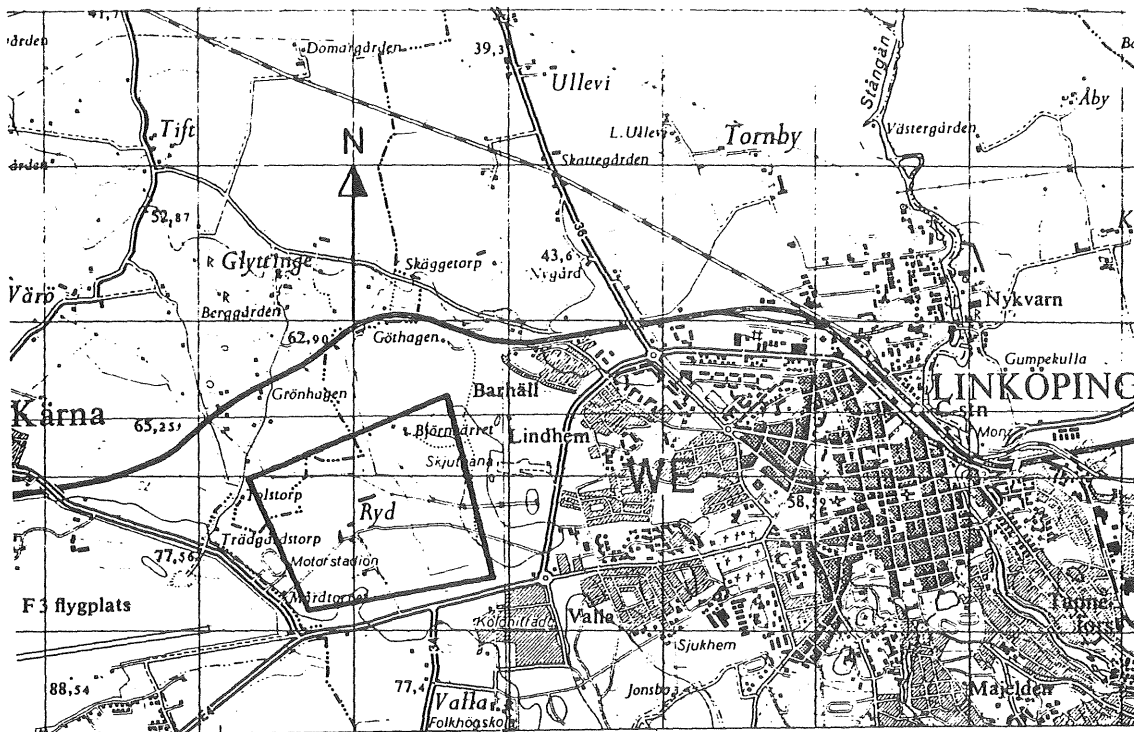


Figur 12. Jordmassorna transporteras i så liten omfattning som möjligt för att erhålla god transportekonomi. Den underlagrande geologiska miljön bör därför lokalt påverka matjordsfyllningen för gräsytor och planteringar (efter Hallin, 1975).

rial med lokalt ursprung, dvs man tar schaktmassor från ett lokalt matjordsupplag för att erhålla en god transportekonomi (se figur 12). Vid infiltrationsstudierna i Ryd utvaldes därför ytor med primärt varierande geologiska förutsättningar för infiltration.

4.3 Allmän beskrivning av stadsdelen Ryd

Stadsdelen Ryd som exploaterades i början av 1970-talet ligger ca 3,5 km väster om Linköpings centrum (se figur 13). I områdets norra delar har främst fristående villor och radhus uppförts. Centralt inom området och i söder ligger två- och trevånings flerfamiljshus (se figur 15).



Figur 13. Försöksområdets belägenhet. Skala 1:50 000.

Naturlig skogs- och ängsmark (ej bebyggd eller täckt av fyllning) påträffas främst inom områdets norra och östra delar. Centralt och i söder återstår naturlig mark endast i anslutning till någon mindre ekdunge som kvarstår efter byggnationen. Den naturliga skogsmarken utgöres som regel av orörd barrskog.

Området karakteriseras av en lugn och jämn topografi. Två svagt utbildade dalgångar sträcker sig åt NNV respektive NV från Rydområdet. Åt öster avgränsas området av en bergs- och moränrygg som höjer sig ca 5-10 m ovan det i stort sett plana Rydområdet. I norr påträffas några mindre höjder som maximalt når upp till ca 10 meters höjd över Rydslätten. I väster höjer sig Malmslättplatån, en isälvsavlagring, upp till ca 90 m ö h. Malmslättplatån betraktas som en israndbildning och förmodas ingå i det mellan-svenska randmoränstråket.

Stadsdelen Ryd utbreder sig inom höjdiintervallet 65-80 m ö h dvs betydligt under den högsta kustlinjen HK som i Linköpingstrakten ligger ca 135 m ö h.

4.5 Ingenjörsgelogiska förutsättningar

4.5.1 Sammanställning av litteratur och kartmaterial

Som grund för infiltrationsmätningarna har en geologisk analys av området utförts. I denna analys ingår en översiktlig geologisk beskrivning av området samt en sammanställning av det kartmaterial som har stått till förfogande. En enkel form av ingenjörsgelogisk karta har där-efter upprättats.

Vid sammanställningen har följande litteratur och kartmaterial använts:

Topografiska kartbladet 8F Linköping NO Skala
1:50 000

Geoteknisk karta över Linköping Skala 1:4 000,
VIAK 1974

Grundkarta 543 Linköpings kommun Skala 1:4 000

Jordartskartan Linköping NO, SGU Ser. Ae nr. 19

Skala 1:50 000

Linköping, Grundundersökning inom område vid Ryds gård, VIAK 1961

Utlåtande angående grundvattenförhållandena vid planerad vägport under SJ för väg 36, västra motorvägsinfarten, Linköping. Statens Väg- och Trafikinstitut VTI, G Knutsson 1974.

Utredning av markförhållandena för kyrkogård inom området Ryd i Linköping. Svensk Geoteknisk Undersökning AB

4.5.2 Geologi

Berggrund

Kalt berg framträder ofta inom morän och isälvsavlagringarna. Procentuellt utgör dock det kala berget en mycket liten del av markytan inom Rydområdet. Berggrunden utgörs av Smålandsgranit.

Jordarter

Rydområdet avgränsas åt väster av en stor isälvsavlagring, Malmslättsbildningen. Bildningen utgörs främst av sorterat isälvsmaterial men morän förekommer inom vissa avsnitt, dels på ytan av bildningen och dels som inneslutningar. Malmslättsplatån har sannolikt stor mäktighet. Mindre isälvsavlagringar påträffas norr och öster om Rydområdet. Mäktigheten på dessa avlagringar är troligtvis ringa eftersom berget går i dagen på ett flertal ställen. Centralt inom Rydområdet sträcker sig en isälvsbildning i N-S-lig riktning. Bildningen fortsätter troligen under de överlagrande finsedimenten och ansluter i väster till Malmslättsbildningen. Lerfyllda dalgångar tränger från flera håll in i bildningen. Isälsavlagringen har i söder ej någon markant egenform.

Morän förekommer främst öster om Rydområdet. Här utbreder sig ett morän och bergsområde som tillsammans med mindre isälsavlagringar distinkt avgränsar finsedimenten i väster. Moränens mäktighet är troligen relativt liten eftersom kal håll utgör ett karakteristiskt inslag inom moränområdet. Morän förekommer även centralt inom Rydområdet. Moränen utbreder sig i stort sett på en linje i nordsydlig riktning genom området. Moränen ligger i anslutning till en bergsrygg som har samma riktning. Inom den svagt utbildade ryggen påträffas morän och kal håll med mellanliggande isälvsavlagringar. Moränen inom området är vanligen av den sandiga-moiga typen.

Större svallavlagringar påträffas öster om Malmslättsavlagringen och väster om morän och bergsområdet i Östra Ryd. Svallavlagringar förekommer även som ett tunnt yt-skikt av grovsediment med underlagrande lera längs morän och isälvsavlagringarna inom större delen av Rydområdet.

Finsediment, vanligen lera, täcker större delen av Rydområdet. Inom vissa mindre delområden överlagras leran av silt, exempelvis öster om Malmslättsavlagringen. Leran är vanligen av den varviga typen. På djupet övergår leran till skiktad silt.

Ett tunnare torvlager med mindre än 1 meters mäktighet påträffas i de norra delarna av den lerbassäng som ligger inom moränområdet i östra Ryd. En större torvbildning, Kärnamosse, utbreder sig nordost om Malmslättsbildningen, nordväst om själva Rydområdet.

Inom de bebyggda delarna av Rydområdet utgörs de övre jordlagren av fyllning. Fyllningen mäktighet varierar mellan ca 0,2 - 0,6 m. Fyllnadsmassorna har som regel tagits inom Rydområdet. Fyllningen utgörs främst av material från grundschakter och ledningsgravar. Inom vissa områden ingår avskrapad morän i fyllningen. Fyll-

ningens fysikaliska egenskaper kan därför regionalt väntas variera inom vida gränser.

4.5.3 Grundvatten

Grundvattenobservationer utfördes 1974 och 1975 nordväst om Ryd (VTI, G Knutsson 1974). Observationer gjordes i 19 st grundvattenrör. Observationsrören placerades i dalgången mellan den i Ryd centralt belägna isälvsavlagringen och Malmslättsbildningen. Den genomförda undersökningen visar att grundvattennivån ställer in sig i eller strax under markytan. Periodvis under året når grundvattenytan för vissa rör över markytan. Vid dessa tillfällen råder s k artesiska förhållanden. En hydraulisk förbindelse tycks finnas utbildad mellan de båda isälvsavlagringarna via friktionsmaterial under den överlagrande lera. Leran fungerar som tätning och avgränsar ett underliggande slutet grundvattenmagasin.

Grundvattennivåvariationen var under 1974 och 1975 ca 0,5 - 1,0 m. Den årliga variationen framgår mycket väl av nivåkurvorna 1974-75, då kontinuerliga nivåobservationer gjordes. Grundvattennivån uppvisar ett tydligt minimum under augusti månad och två stycken maxima, det ena under februari och det andra under april månad, det senare något högre. Nederbörden var under 1973 lägre än normalt medan 1974 hade högre nederbörd. De uppmätta värdena borde i stort representera en "normal" grundvattennivå inom området.

Ytliga öppna grundvattensystem finns utbildade i isälvs- och moränavlagringarna men även i svallavlagringarna och torrskorpeleran. Några grundvattenmätningar har ej utförts i de öppna grundvattenmagasinen. Ett normalvärde för grundvattennivån i moränavlagringar är i storleksordningen någon eller några meter under markytan, i permeabla isälvsavlagringar vanligen lägre. Grundvattennivån i torrskorpeleran varierar beroende på årstid och aktuell väderlek.

4.5.4 Ingenjörsgelogisk karta

En ingenjörsgelogisk karta, version jordarter i skala 1:4 000 (se figur 14), har utarbetats efter "INGENJÖRSGELOGISK KARTERING, redovisning av i första hand jordlager och grundvatten" (Holmstrand, Wedel 1977).

Vid sammanställningen av den ingenjörsgelogiska kartan visade det sig att de geologiska och geotekniska kartorna i viss mån varierade. En viss fältkontroll har utförts för att bedöma de olika kartornas tillförlitlighet, jordartsgränser etc. Den ingenjörsgelogiska kartan redovisar en kartbild sammanställd av ovan nämnda kartmaterial och litteratur där gränslinjerna redovisar bedömningar från det tillgängliga kartmaterialet. Det använda kartmaterialet har skalor från 1:4 000 till 1:50 000.

Kommentarer till vissa beteckningar:

Berg i dagen eller på ringa djup (mindre än 0,5 m):

Mindre tätt liggande bergspartier har dragits ihop och redovisas som en större enhet.

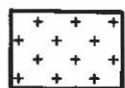
Morän: Områdets östra delar utgörs av sandig morän. Centralt inom den urbaniserade delen av Rydområdet överlagras moränen på ett flertal ställen av fasta sediment. Eftersom markytan inom detta område mycket starkt har påverkats av urbaniseringsprocessen har någon relevant jordartsbedömning ej kunnat göras. Gränsdragningen har därför i stort följt "Geoteknisk karta över Linköping" (VIAK, 1974), där man inom hela Linköpingsområdet redovisar morän och morän med maximalt 2,5 m fast sedimentjord med samma beteckning.

Sand, grovmo, finmo: Centralt inom Rydområdet dominerar jordarten grovmo.

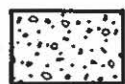
Geologisk sektion

Den geologiska sektionen redovisar en principbild över områdets geologiska uppbyggnad. Sektionen är konstruerad efter borrhingsdata från en statisk sondering (maskinell viktsondering VIAK 1961, Grundundersökning inom område vid Ryds gård). Med denna undersökningsmetod finns små möjligheter att noggrant bedöma de olika jordlagrens mäktighet och bergytans läge. Sektionen bör alltså endast ses som ett försök till illustration av områdets geologiska uppbyggnad. Sonderingshålens avslutning (totalt 17 st) har enligt SGF:s normer lagts in på sektionen.

BETECKNINGAR:



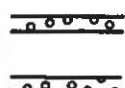
Berg i dagen
eller på ringa djup (mindre än 0,5 m)



Morän



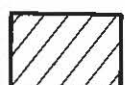
Sand, grovmo, finmo



Grovsediment, minst 2 m mäktigt
under finsediment



Grovsediment, minst 0,5 m mäktigt, som har konstaterats
eller kan antagas underlagras av finsediment



Lagerföljden består av
både lera och silt

Lera



0 - 5 m



5 - 10 m



> 10 m



Torv < 1 m



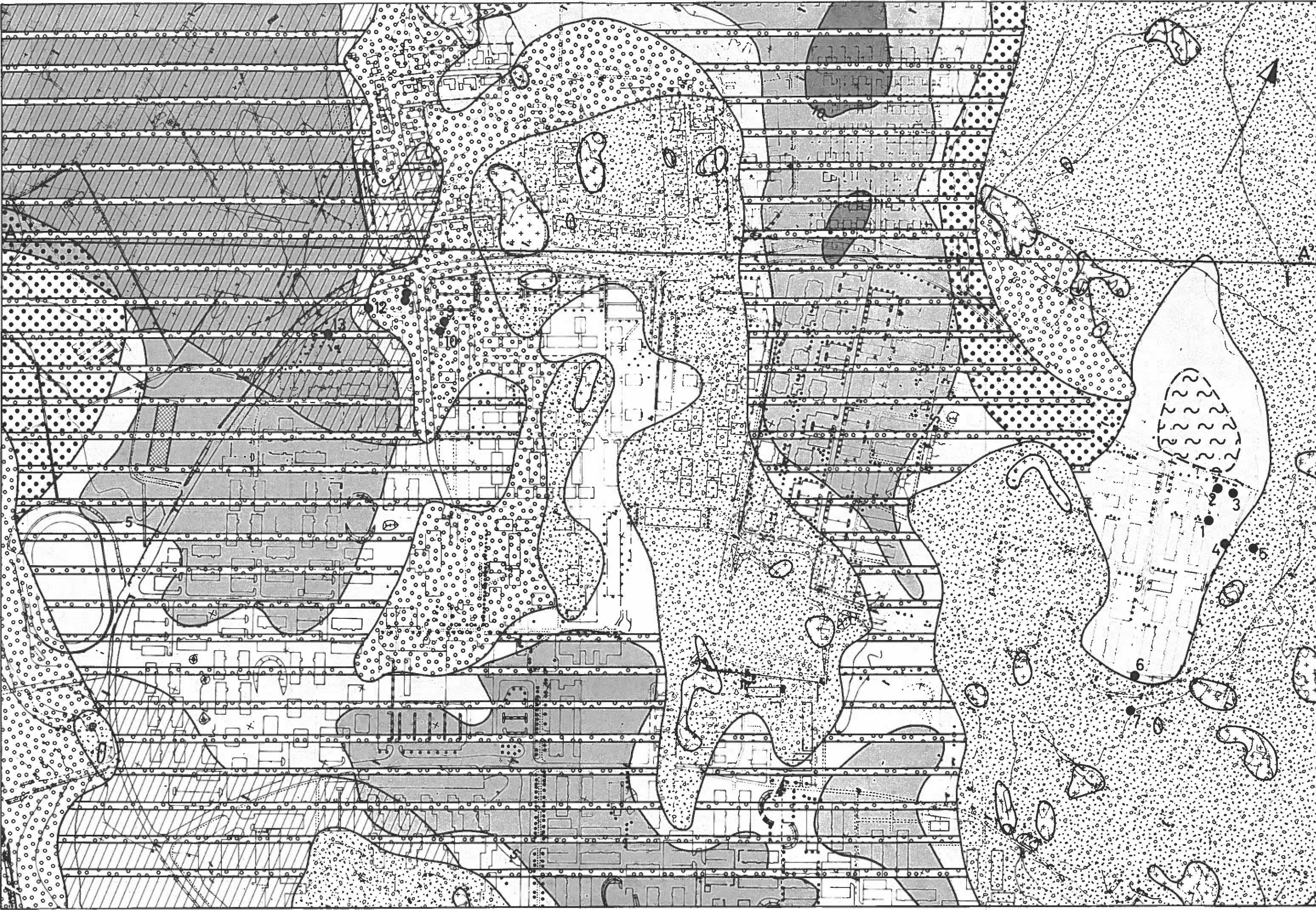
Fyllning

● Provtagningsplatser, jordprover

LINKÖPING, RYD

INGENJÖRSGEOLOGISK KARTA

SKALA 1:4000



0 100 200m

BETECKNINGAR:



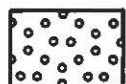
Markyta



Lera i profil



Morän



Sand, grovmo, finmo



Grovsediment



Ungefärlig bergyta



Markering för sonderingshåls avslutning

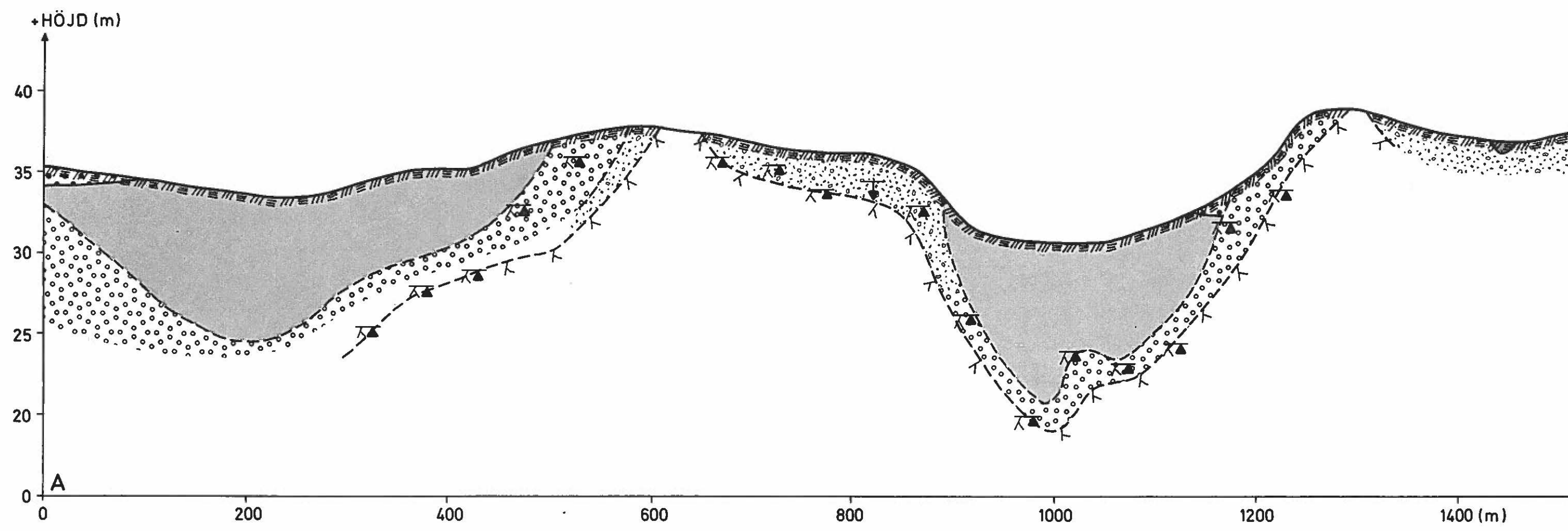


SEKTION A - A'

på ingenjörsgèologiska kartan

LINKÖPING, RYD

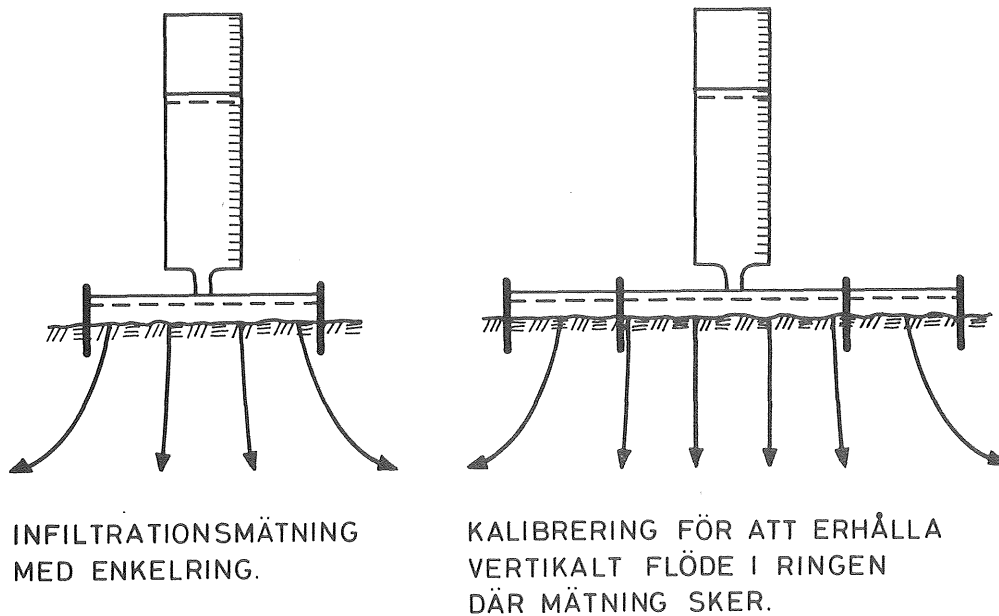
LÄNGDSKALA 1:4000



4.6 Fältarbete

Vid fältarbetet studerades två delytor där de ovan nämnda jordarterna påträffades. Det ena området utgörs av en lerbassäng med omgivande morän. Torv förekommer som ett tunnt ytskikt i norra delen av detta område (se figur 15, område I). Det andra specialstuderade området (se figur 15, område II) är beläget på isälvsmaterial och till viss del även på lera. Utifrån de värden som erhållits på infiltrationskapaciteten finns goda förutsättningar att göra en extrapolation och generalisering av infiltrationen över hela Rydområdet.

Inför fältstudierna tillverkades 10 st infiltrometerflaskor med tillhörande enkelring (r = 19,5 cm). Denna ringstorlek kan anses vara för liten och därför skall de uppmätta värdena modifieras med hänsyn till sidospridning (se figur 16).



Figur 16. Figuren visar principen för en kalibrering av infiltrometerförsöken.

De undersökta delytorna karterades noggrannt i fält enligt det förfarande som används vid geologiska karteringar. Dvs sticksondering och provgröpar utfördes. Som resultat erhöles på detta sätt en uppskattning av fyllningen sammansättning samt underliggande "ostörda" jordart.

Efter infiltrationsförsöken togs ostörda cylinderprover på infiltrationsytan. För att bestämma aktuell vattenhalt togs även slumpvisa cylinderprover i delområdena. En målsättning är som tidigare nämnts att försöka finna en säsongsmässig variation av infiltrationskurvas begynnelsevärde och denna är avhängig av den vattenhalt som för tillfället råder i marken.

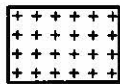
4.7 Bearbetning av fältdata

I Rydområdet tillämpas den beräkningsmodell för simulering av dagvatten inom bebyggda områden som utarbetats av Arnell & Lyngfelt, Chalmers. Infiltrationen är en i denna modell svårbedömd delprocess. Markvattenstudierna syftar därför att ge ett mer underbyggt värde på infiltrationsparametern. Sedan de uppmätta infiltrationsvärdena kompenseras för sidospridning skall en regressionsanalys av mätdata genomföras. Konstanterna i Hortons ekvation skall därvid bestämmas. För närvarande är nämligen Hortons ekvation det uttryck för infiltrationskapaciteten som används i Arnell & Lyngfelts modell. Exempel på uppmätta infiltrationsförlopp finns i figurerna 17 och 18.

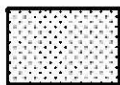
Permeabiliteten för de in situ tagna cylinderproverna har bestämts i laboratoriet. Dessa värden skall jämföras med slutvärdet på infiltrationskapaciteten för varje försök. Vidare skall mekanisk analys av samtliga jordprover genomföras. Även humushalten avses att bestämmas. Det är väsentligt att olika parametrar hos jordproverna korreleras till infiltrationen.

GEOLOGI OCH MARKANVÄNDNING I NOLERED, TORSLANDA

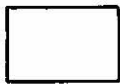
GEOLOGISKA BETECKNINGAR:



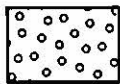
Berg i dagen och berg med tunt jordtäckte.



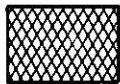
Lager av svallmaterial i på lera. Lera med betydande torrskorpa.



Lera utan betydande torrskorpa.



Friktionsmaterial, sorterat och/eller morän på berg.



Fyllnadsmassor.

VEGETATIONS -OCH BEBYGGELSEBETECKNINGAR:



Samlad bebyggelse.



Kalt berg. Endast ljung, gräs och låg buskvegetation.



Åker.



Öppen vegetation. Gräs, buskar och gles skog.



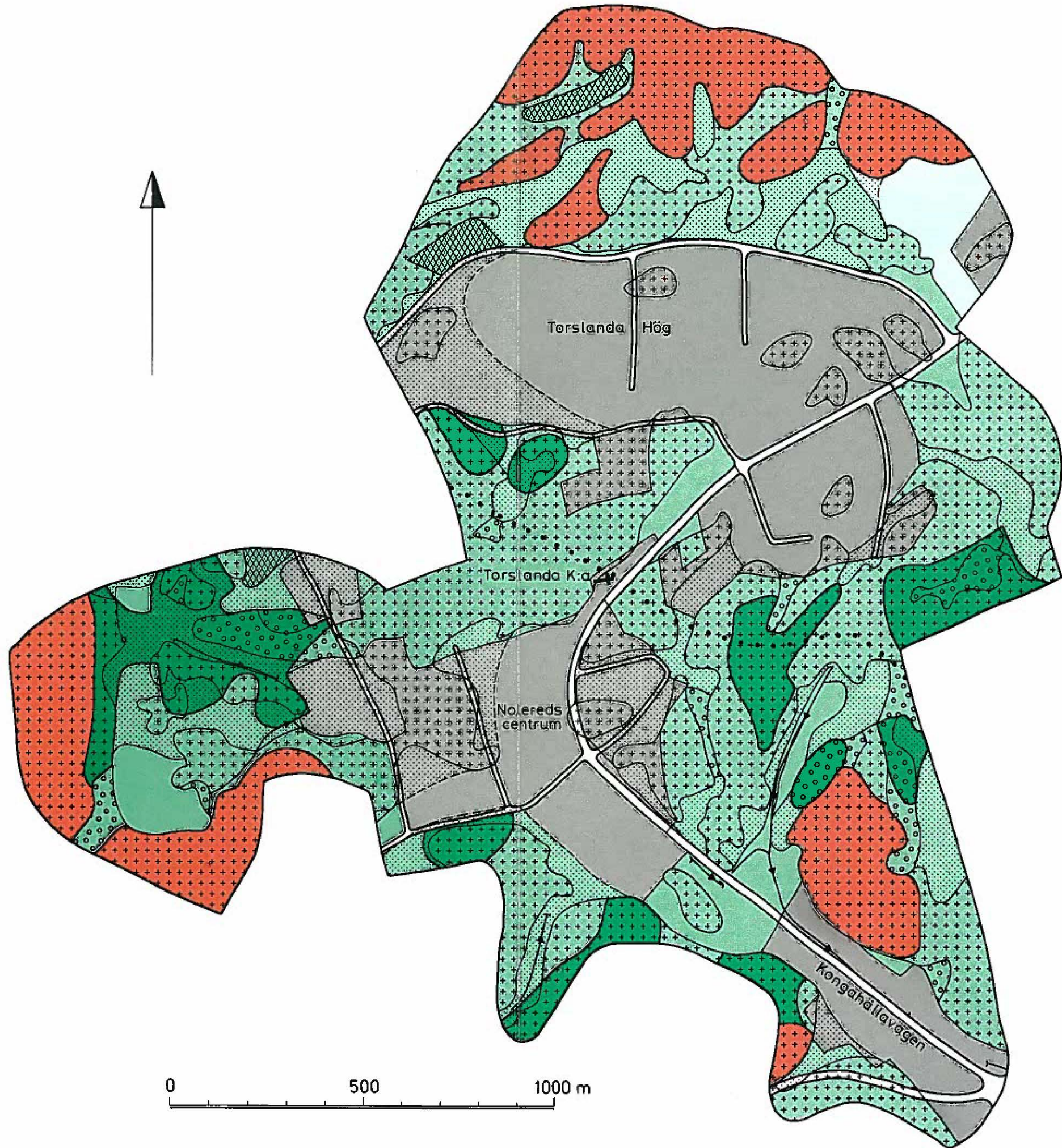
Sluten vegetation. Områden med sammanhängande skog.



Ytvattendelare.



Ytvattendrag och dike.

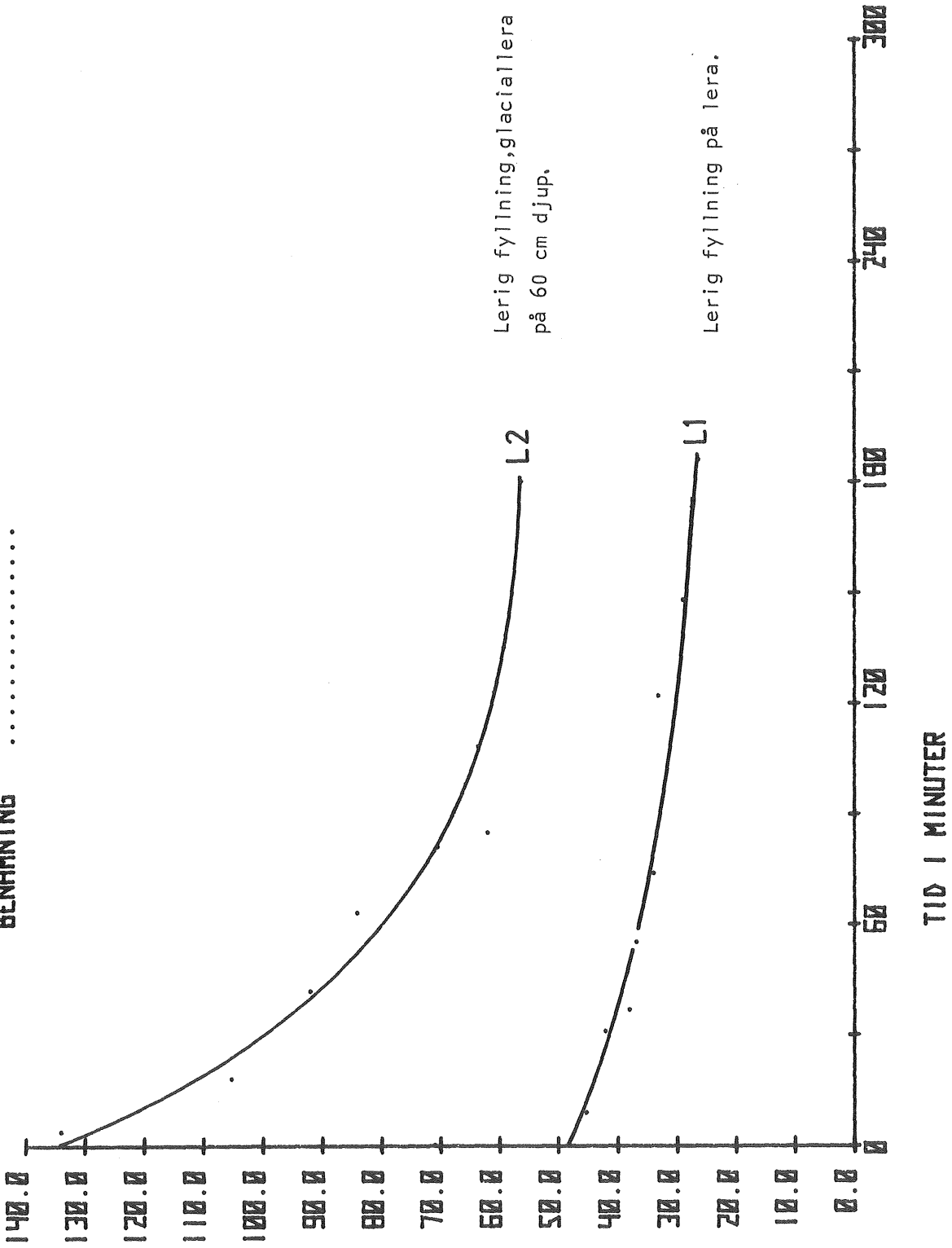


INFILTROMETER FØRSØK

DATUM 760929

BENÄMNING

INF.KRØP
MM/TIM



Lerig fyllning, glaciallera
på 60 cm djup.

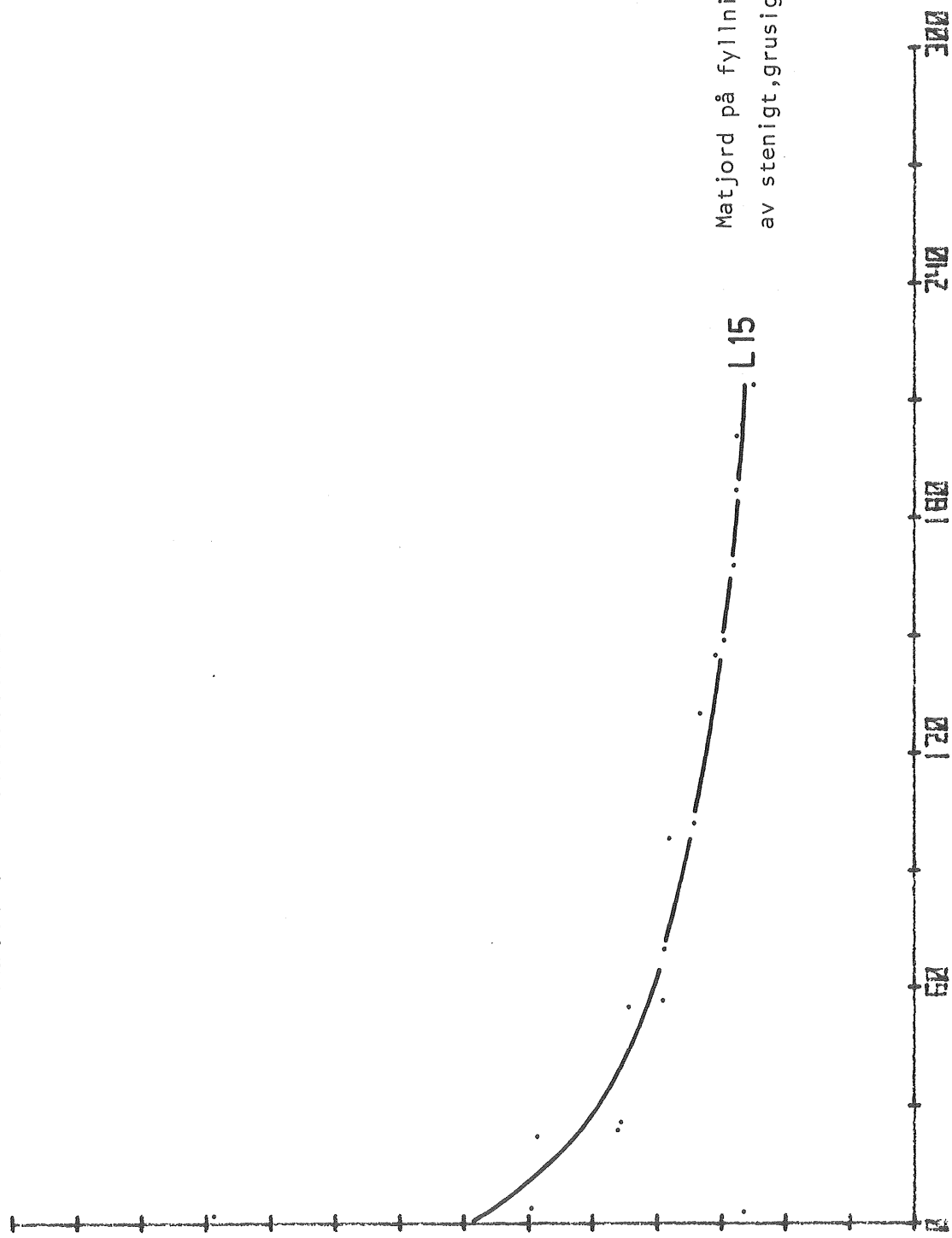
Lerig fyllning på lera.

Figur 17.

INFILTROMETER FØRSØK
 DATUM 760930
 BENNINGEN

INF.KAF
 MM/TIM

700.0
 650.0
 600.0
 550.0
 500.0
 450.0
 400.0
 350.0
 300.0
 250.0
 200.0
 150.0
 100.0
 50.0
 0.0



Matjord på fyllning, bestående
 av stenigt, grusigt material.

TID I MINUTER

Figur 18.

4.8 Litteratur

Hallin, I, 1975, Markbyggnad. LT:s förlag, Alnarp, 1975.

Holmstrand, O & Wedel, P, 1977, Ingenjörsgelogisk kartering, redovisning av i första hand jordlager och grundvatten. Rapport. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1977.

Knutsson, G, 1974, Utlåtande angående grundvattenförhållandena vid planerad vägprot under SJ för väg 36, västra motorvägsinfarten, Linköping. Statens Väg- och Trafikinstitut VTI.

Svensk Geoteknisk Undersökning AB, 1956, Utredning av markförhållandena för kyrkogård inom området Ryd i Linköping.

Sveriges Geologiska Undersökning, Jordartskartan Linköping NO Ser. Ae nr 19. Skala 1:50 000.

VIAK AB, 1961, Linköping, Grundundersökning inom område vid Ryds gård.

VIAK AB, 1974, Geoteknisk karta över Linköping, skala 1:4 000.

5 INFILTRATIONSFÖRHÅLLANDEN I NOLERED, TORSLANDA av Lars Waldner

5.1 Inledning

5.1.1 Syfte

Denna uppsats behandlar infiltrationsförhållanden i ett urbant område.

Resultatet bör dock ses närmast som ett exempel på en metod för översiktliga infiltrationsstudier för större områden utgående från befintligt material och kompletterande undersökningar, vilket ligger inom arbetsområdet för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten".

Valet av Nolered som försöksområde betingades av att en sådan undersökning behövdes för ett projekt benämnt "Planeringmodeller för dagvatten" som utförs med BFR och Göteborgs VA-verk som delfinansiärer, av forskare inom Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH.

5.1.2 Metodik

Den i arbetet använda metodiken kan beskrivas enligt följande.

- Områdesavgränsning: Området avgränsas genom att vattendelare, ytvattendrag m m studeras.
- Inventering: En inventering av befintligt kartmaterial, flygbilder, geotekniska undersökningar från byggnation m m görs. Materialet utvärderas vad gäller geologi och markanvändning vilka är de viktigaste faktorerna vid en bedömning av ett områdes infiltrationsegenskaper. Resultatet förs in på en arbetskarta.

- **Kartering:** En översiktlig kartering av geologi och markanvändning görs för att komplettera resultatet från inventeringen.
- **Klassificering:** Med den erhållna kartan som grund görs en klassificering av ytorna i ett antal, ur infiltrationssynpunkt, vanligt förekommande typer inom respektive huvudgrupperna geologi och markanvändning.
- **Infiltrationsbedömning:** De kombinationer mellan huvudgrupperna som har en ytutbredning av betydelse studeras ur infiltrationssynpunkt och ytorna ges värden på infiltrationskoefficient och infiltrationskapacitet.
- **Karta:** För att åskådliggöra resultaten görs en karta över området där de olika delytorna redovisas enligt den klassificeringsmall som tidigare gjorts. Exempelvis kan geologiska förhållanden markeras med olika raster, markanvändning med färg.

5.2 Allmän orientering

5.2.1 Belägenhet

Det undersökta området är beläget omkring Torslanda kyrka på västra delen av Hisingen i Göteborgs och Bohus län. Området som tidigare tillhörde Torsland kommun är numera inkorporerat av Göteborg. Arealen är ca 3,0 km². Områdets gränser är huvudsakligen betingade av vattendelare. I grova drag kan området sägas omfatta 2 större lerfyllda delsänkor omgivna av bergsområden.

5.2.2 Bebyggelse

Bebyggelsen inom området är till största delen koncentrerad till de ovan nämnda delsänkorna och omfattar dels bebyggelse med större flerfamiljshus och servicebebyggelse i områdets centrala del, dels bebyggelse med radhus, enfamiljshus och mindre flerfamiljshus i den norra delen. Denna bebyggelse är uppförd under de senaste 15 åren. I områdets södra del finns äldre bebyggelse med omväxlande småindustri och villor. Området genomkorsas av Kongahällavägen från södra gränsen vid Torslanda flygplats till nordvästra gränsen mot Lilleby.

5.2.3 Geologisk orientering

Göteborgstrakten och därmed Hisingen karaktäriseras av bergsplatåer och sprickdalar. Det studerade området stämmer väl överens med denna allmänna karaktäristik. Regionalt sett tillhör området jordartsregionen Väst-kustens berg- och lerområde. Den genomsnittliga arealfördelningen för denna region är: 55% kalt berg, 20% lera samt sand och morän vardera 10%. Lera uppträder väsentligen i dalgångarna där den ofta når stora maktigheter. Moränens jämförelsevis ringa utbredning anses bero på att landisen primärt avsatt små moränmängder. Havets svallning tillskrivs mindre betydelse för moränens ringa förekomst då moräntäcket även ovan den marina

gänsen på bergsplataerna är tunt och osammanhängande.

5.2.4 Huvuddragen i områdets geologi

Området ligger i sin helhet under marina gränsen och domineras ytmässigt av bergspartier med stort inslag av smärre sprickdalar med ler- eller svallmaterial. Två större delsänkor med betydande (10-30 m) lerlager finns, dels en långsträckt, relativt smal sprickdal som skär in i området från sydost, dels ett större sammanhängande område i den centrala och norra delen. Inom dessa områden gör leran i dagen och ytlagret är utbildat som en 0,5 - 1,5 meter tjock torrskorpa. Leran underlagras inom vissa delar av tunnare lager friktionsjord. I smärre delsänkor överlagras ofta leran av svallmaterial med varierande mäktighet. Friktionsmaterial förekommer i övrigt sparsamt dels som mindre moränpartier dels som utfyllnad i grund och ofta högt belägna små sprickdalar.

5.3 Kartering av geologi, vegetation och bebyggelse

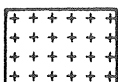
5.3.1 Allmänt

Då syftet med undersökningen har varit att studera förutsättningarna för infiltration av vatten i marken har både kartläggning och redovisning kommit att få en från normal geologisk kartering något avvikande form. Förutom geologin i området har även vegetation och bebyggelse karterats. Arbetet har skett dels i fält, dels genom användande av befintliga kartor, flygbilder och geotekniska undersökningar.

5.3.2 Geologiska beteckningar

Den på kartan använda indelningen av geologiska förhållanden avser främst att ge en bild av markens infiltrationskapacitet. Därför är indelningen av jordarterna delvis annorlunda än gängse beteckningar. Se figur 19.

Följande beteckningar har använts:



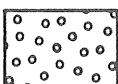
Berg i dagen och berg med tunt jordtäckte.



Lager av svallmaterial på lera. Lera med betydande torrskorpa.



Lera utan betydande torrskorpa.



Friktionsmaterial. Sorterat och/eller morän på berg.



Fyllnadsmassor.

Som underlag för karteringsarbetet har använts: "Karta över Torslanda, Tuve och Säve kommuner" blad 16 nr 5016, skala 1:4000. På grundkartan fanns de geologiska förhållandena översiktligt redovisade. Kartbilden bygger helt på flygbildstolkning. Från denna karta har bergskon- turerna överförts oförändrade. Jordlagren har kontrol-

lerats översiktligt i fält.

En noggrann fältkartering har inte hunnit göras med hänsyn till områdets storlek och tillgänglig tid. Osäkerheten är särskilt stor för gränser mellan "betydande torrskorpa" och "utan betydande torrskorpa" i lerområden eftersom gränsdragningen i detta fall bygger på en subjektiv bedömning som är svår att verifiera genom fältkartering. Vissa av dessa gränser har därför streckats.

Sammanföringen av grupperna "svallmaterial på lera" och "lera med betydande torrskorpa" bygger på antagandet att det i dessa lagerföljder finns förutsättningar för utbildandet av en akvifär i ytskiktet. Denna akvifärs egenskaper kommer dock naturligtvis att i hög grad vara beroende av faktorer som årstid, nederbördens intensitet och varaktighet samt möjlighet till vidare infiltration i underliggande lera. Infiltrationskapaciteten för de områden som använts för deponering av fyllnadsmassor är svårbedömbart med då dessa ytor upptar en mycket liten del av totala ytan är torde effekten av dessa ytor vara liten.

5.3.3 Geologiska förhållanden

Berg i dagen och berg med tunt jordtäckte

Ca 50% av det karterade området har förts till denna grupp. Bergspartier begränsar området i de flesta riktningar något som är naturligt då gränserna i stort sammanfaller med vattendelare. Några större bergspartier skär dock in i områdets centrala del. Smärre partier med berg går även i dagen i lerområdena. Någon närmare undersökning av berggrunden har inte gjorts. Gnejser, ofta med bandstruktur, dominerar.

Lager av svallmaterial på lera. Lera med betydande torrskorpa

Ca 15% av det karterade området har förts till denna grupp. Då gruppen innefattar geologiska bildningar med två principiellt olika uppbyggnader (se avsnitt 5.2.2) uppträder beteckningen i två olika terrängtyper. Lager av

svallmaterial på lera uppträder främst i smärre sprickdalar och andra fördjupningar i berggrunden där transportsträcka varit liten och/eller svallningen kraftig. Detta är fallet främst i områdets västra del men förekommer på flera andra ställen i de större bergspartierna. Utsvallet material uppträder även i mindre utstäckning i kanterna av de stora lerfyllda sänkorna i områdets centrala delar där det succesivt övergår i områden med lera vars ytskikt är utbildat som torrskopa med betydande tjocklek. Samlingsbeteckningen kommer därför ofta att rama in de större lerområdena.

Lera utan betydande torrskorpa

Ca 30% av det karterade området har förts till denna grupp. Gränsdragningen mot föregående grupp är naturligtvis subjektiv. Man kan urskilja 4 lerområden som förts till denna grupp:

- Området längs Kongahällsvägens södra del från Torslanda flygplats till bebyggelsen kring Nolereds Centrum. Lerdjupen är stora särskilt i södra delen där upp till 30 meter uppmätts. Området höjer sig mycket svagt mot norr och lerdjupet avtar till maximalt 15 meter.
- Området längs Kongahällavägen från Nolereds Centrum och förbi Torslanda kyrka fram till bebyggelsen vid Torslanda Hög. Lerans mäktighet är mer okänd men med tanke på de relativt branta bergspartier som avgänsar området i NV och SO kan lerdjupet förmodas vara betydande även om området är smalt. Lerområdet har sadelform och utgör vattendelare för avvattning dels åt norr via Madbäcken dels åt söder mot Torslanda flygplats.
- Området längs Kongahällavägen från föregående område till områdets gräns mot nordost samt området som norr-ut begränsas av Madbäcken (nu kulverterad). Detta parti är den största sammanhängande lerfyllda sänkan inom området.

Lerdjupet är känt i vissa delar och de största djupen som konstaterats är ca 20 meter i den västra delen av området mot Madbäcken.

- Ett mindre parti i västra delen av området väster om Nolereds Centrum. Här saknas den i övrigt förhärskande svallkappan på leran. Området är fuktigt och på vissa ställen finns antydan till organiska jordarter på leran.

Friktionsmaterial

Denna grupp omfattar mindre än 5% av den undersökta ytan. På två platser har morän konstaterats i övrigt utgörs friktionsmaterial av svallmaterial avsatt i grunda och smala sänkor i bergspartierna.

Fyllning

Till denna grupp har förts endast sådana områden där fyllningen ej bildar underlag för bebyggelse. Sammanlagda ytor utgör storleksordningen 1% av totala ytan. Fyllningen utgörs av sprängsten, lermassor och byggnadsavfall.

5.3.4 Vegetations- och bebyggelsebeteckningar

De på kartan använda beteckningarna för vegetation och bebyggelse avser att ge en bild av faktorer som påverkar infiltrationskapaciteten utan att vara av geologisk natur. Naturligtvis finns kopplingar mellan geologi - vegetation och bebyggelse varför vissa beteckningskombinationer blir vanliga.

Speciella beteckningar har använts för följande ytor:

- Samlad bebyggelse
- Kalt berg. Endast ljung, gräs och låg buskvegetation

- Åker
- Öppen vegetation. Gräs, buskar och gles skog.
- Sluten vegetation. Områden med sammanhängande skog.

Som grund har använts samma karta som ovan angivits i kommentaren till geologiska beteckningar. Kartering har utförts översiktligt i fält och kompletterats genom granskning av flygbilder över området.

Gränsdragning är mycket osäker i bergsområden vad gäller gränserna kalt berg - öppen vegetation - sluten vegetation beroende på de mycket småskaliga variationerna. Beteckningen öppen vegetation inkluderar vegetation av mycket skiftande slag, allt från gräsbevuxen mark som nyligen varit odlad till lövsly och områden med gles barrskog. Denna förenkling bygger på antagandet att dessa vegetationstyper ger i stort samma inverkan på infiltrationen genom att de medför att markytan får en lucker struktur.

5.3.5 Vegetationsförhållanden och bebyggelse

Kalt berg. Endast ljung, gräs och låg buskvegetation.

Områden med kalt berg förekommer relativt sparsamt och till denna grupp har förts ca 10% av den totala ytan. Dessa ytor finns huvudsakligen i de centrala delarna av de större bergsområden som för de geologiska beteckningarna har förts till kategorin "Berg i dagen och berg med tunt jordtäckte". Denna beteckning ger alltså möjlighet att nyansera bilden av bergsområdena.

Samlad bebyggelse

Dessa ytor utgör ca 30% av den totala arean. Man kan urskilja tre huvudytor:

- Industri och villabebyggelse längs Kongahällavägen i områdets södra del. Mycket skiftande karaktär.
- Bebyggelse av skilda slag i anslutning till Nolereds Centrum, flerfamiljshus, radhus och servicebyggnader.
- Bebyggelse av huvudsakligen radhuskaraktär i Torslanda Högområdet. Relativt gles bebyggelse med stora gräs och planteringsytor.

Åker

Den odlade jorden utgör endast några procent av den totala ytan och det enda karterade partiet är en mindre åker i områdets nordöstra del.

Öppen vegetation. Gräs, buskar och gles skog.

Till denna vida grupp har förts ca 50% av den karterade ytan. Som ovan nämnts har beteckningen betingats av att dessa ytor, trots sin starkt växlande karaktär, torde ha i stort samma infiltrationsegenskaper. Kategorin återfinns utspridd över hela området och förekommer på så vitt skilda geologiska material som berg och lera.

Sluten vegetation. Områden med sammanhängande skog.

Denna vegetationstyp omfattar knappa 10% av den totala ytan. Två deltyper kan urskiljas:

- Tät tallskog i bergiga områden och vid bergspartiernas gränser.
- Tät granskog på underlag av svallmaterial på lera eller morän.

5.4 Bedömning av infiltrationsegenskaper

5.4.1 Teoretisk bakgrund

Definitioner

Med infiltration förstås vattnets genomträngande av markytan.

Infiltrationskoefficienten definieras som kvoten mellan infiltrerad vattenmängd och nederbörden inom ett infiltrationsområde.

Infiltrationskapaciteten definieras som markytans förmåga att släppa igenom vatten uppmätt som volym per tidsenhet och ytenhet.

Infiltrationens storlek och förlopp inom ett markområde är beroende av ett stort antal samverkande faktorer av vilka några redovisas i det följande.

Geologiska förhållanden

I områden med berg i dagen blir infiltrationen mycket beroende av bergets struktur. Infiltrationen är störst i porösa leror och karstområden, därefter i porösa och sprickiga sandstenar. För kristallin berggrund är sprickigheten helt avgörande. Områden med vertikala, öppna sprickor i förbindelse med snedställda bankningsplan, välutvecklade flacka överskjutningsytor, större krosszoner eller grusvittrade partier har goda förutsättningar för stor infiltration.

I områden med jordlager har faktorer som strukturförhållanden, kornstorlek, sorteringsgrad och kompakteringsgrad stor betydelse. Störst infiltrationskapacitet har i allmänhet grus och sandavlagringar. I morän är infiltrationen betydligt mindre. Mo- och mjälafraktionerna intar en mellanställning och minst är infiltrationen i lera. I lerområden utbildas dock ofta i ytskiktet av så kallad torrskorpa, ett någon eller några meter tjockt skikt, med uttorkad lera genomsatt av ett system av huvudsakligen vertikala krympsprickor. En kraftig torrskorpa kan

alltså medföra en relativt stor infiltrationskapacitet. Infiltrationen avtar dock snabbt då sprickorna vid vattenfyllning slutar. Om en jordart med stor infiltrationskapacitet underlagras av tätare jordlager kan en kraftig minskning av infiltrationen uppstå efter kort tid. Även markytans lutning inverkar på infiltrationen. En fryssning av markytan kan medföra att vattnets nerträngning temporärt helt förhindras.

Vegetation och bebyggelse

En markytas vegetation är naturligtvis ofta kopplat till de geologiska förhållandena men vegetationen som sådan har även stor betydelse.

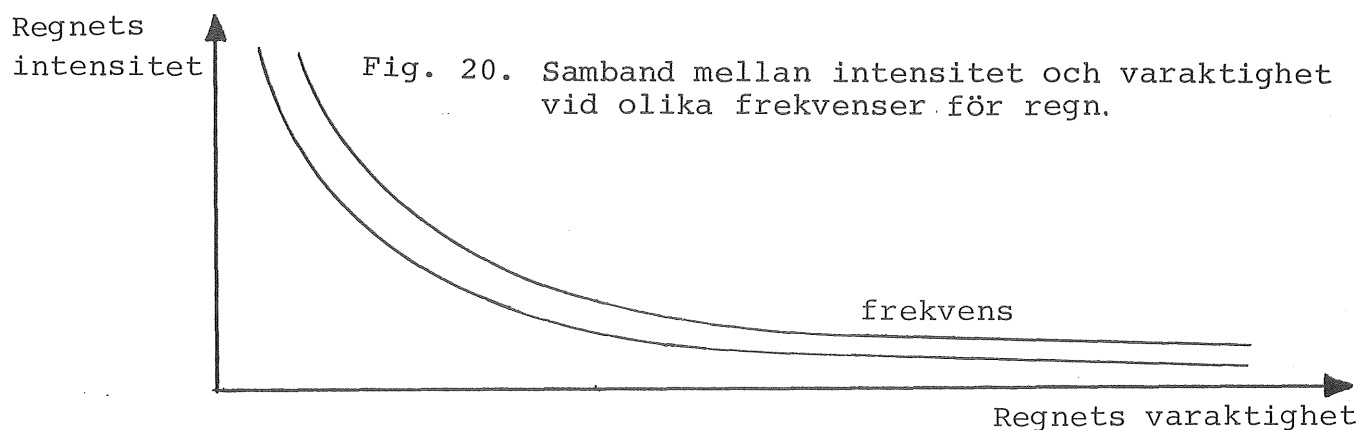
Växternas rotsystem bidrar till att ge de ytliga marklagren en lucker struktur vilken underlättar infiltrationen. Vid kraftig vegetation, typ skog, kommer marken att utsättas för en skärmverkan som särskilt vid kortvariga regn kan ge effekt.

Bebyggelse av ett område innebär hårdgörning av stora ytor genom direkt bebyggelse, asfaltering m m. Detta minskar naturligtvis infiltrationen på dessa ytor till i stort sett noll men även på icke hårdgjorda ytor kan kompaktering av jordlagren bidra till reducerad infiltration.

Regnets karaktär

Regnvattnets möjlighet att infiltrera beror givetvis även på markens aktuella mätnadsgrad av vatten. En yta med visst geologiskt material med normalt sett stor kapacitet kan naturligtvis uppnå vattenmättnad varvid dämning uppstår. Detta kan ofta bli fallet vid långvariga regn då mycket stora vattenmängder tillförs en yta. Sådana långvariga regn har sällan hög intensitet (vattenmängd/areal och tidsenhet). Generellt kan sambandet intensitet - varaktighet för regn beskrivas med ett principdiagram enl. nedan. De olika linjerna får härvid representera det antal gånger per tidsenhet en

viss intensitet överskrids för en viss varaktighet.



Denna koppling mellan regn med hög intensitet och kort varaktighet och vice versa är orsaken till att man inte, vilket kanske synes naturligt, får den, åtminstone volymmässigt, största negativa inverkan på infiltrationen genom ytavrinning vid intensiva regn.

Detta är bakgrunden till att man vid mera översiktliga bedömningar ibland indelar regnen i två kategorier:

- regn med hög intensitet
- regn med låg intensitet

Till detta bidrar också det faktum att regnen ej är likformigt fördelade över året. Intensiva, kortvariga regn är således vanligast under sommaren, i synnerhet under augusti, medan regn med låg intensitet och stor varaktighet är vanligast under årets återstående del med viss övervikt för hösten. Mot denna bakgrund kan också konstateras att vid perioder med regn med låg intensitet infiltrationskoefficienten ofta är lägre än för perioder med regn med hög intensitet.

Under vintern kommer ofta nederbörd att accumuleras i form av snö. Detta i kombination med tjälad mark kommer att helt omöjliggöra infiltration under längre tidsperioder.

5.4.2 Infiltration i Noleredsområdet

Allmänt

Som framgått av föregående kapitel är en bedömning av infiltrationskoefficienter i ett område mycket svår att göra. För det aktuella området redovisas i det följande troliga värden på koefficienten som intervall. Att ge ett entydigt siffervärde torde inte vara möjligt på grundval av denna undersökning.

Områden

Inom området har karterats fem kategorier av vardera geologiska och vegetation - bebyggelsemässiga förhållanden. Detta ger 25 olika kombinationer mellan dessa grupper.

	Kalt berg...	Samlad bebyggelse.	Aker.	Öppen vegetation...	Sluten vegetation.
Fig. 21.					
Berg i dagen...	2	1	0	2	1
Lager av svallmaterial...	0	2	0	2	1
Lera...	0	2	1	2	0
Friktionsmaterial...	0	0	0	1	1
Fyllnadsmassor.	0	0	0	1	0

Dessa kombinationer redovisas i fig. 21

- 0 Markerar terrängtyper som saknas i det aktuella området
- 1 Markeras terrängtyper som förekommer i ringa utsträckning. Inom dessa områden har infiltrationsförhållandena ej bedömts.
- 2 Markerar terrängtyper med stor utbredning.

Områdena redovisas nedan med kortfattad bedömning av infiltrationsegenskaper.

Terrängtyper med stor utbredning (Kategori 2)

A. Berg i dagen.../Kalt berg...

Inom Torslandaområdet är berggrunden kraftigt uppsprucken och detta medför stor infiltrationsförmåga. Områdena i denna kategori gränsar i flera fall till områden med friktionsmaterial. Dessa områden kommer att verka som utjämningsmagasin vid kraftig nederbörd.

Troliga infiltrationskoefficienter:

Regn med hög intensitet	0,30 - 0,60
Regn med låg intensitet	0,40 - 0,70
Infiltrationskapacitet	5 - 10 mm/tim

B. Berg i dagen.../Öppen vegetation...

Vegetationen på bergsytan innebär ökad infiltration genom den utjämnande effekt den har på vattentillförseln till bergsytan. Naturligtvis förekommer ofta vegetation i stora sprickor och krosszoner och ger alltså även en antydning att över berget i sig här har större infiltrationskapacitet.

Troliga infiltrationskoefficienter:

Regn med hög intensitet	0,50 - 0,80
Regn med låg intensitet	0,60 - 0,90
Infiltrationskapacitet	5 - 30 mm/tim

C. Lager av svallmaterial på lera.../Samlad bebyggelse

De geologiska förhållandena ger här förutsättning för

utbildande av en begränsad sekundär akvifär i ytlagret. Möjligheterna för fortsatt infiltration från denna akvifär ner i underliggande lera är begränsade. Infiltrationskapaciteten i dessa områden kommer alltså i mycket hög grad att bli beroende av ytskiktets aktuella mätnadsgrad d v s regnets varaktighet kommer att vara en viktig faktor. Bebyggelse av ett område kommer att kraftigt reducera möjligheterna till infiltration dels genom att stora ytor hårdgjorts (asfalt, byggnader m m) dels genom kompaktering av ytliga jordlager. Det sätt på vilket matjorden avbanats och återförts kommer även att spela in. De lokala variationerna blir stora inom dessa områden.

Troliga infiltrationskoefficienter:

Regn med hög intensitet	0,40 - 0,70
Regn med låg intensitet	0,10 - 0,50
Infiltrationskapacitet	20 - 80 mm/tim

D. Lager av svallmaterial på lera.../Öppen vegetation

De geologiska faktorerna kommer här att inverka på samma sätt som i föregående kombination men bebyggelsens negativa inverkan försvinner naturligtvis. Vegetationen bidrar till att ge infiltrationen ett lugnare förlopp och höjer därigenom infiltrationskoefficienten.

Troliga infiltrationskoefficienter:

Regn med hög intensitet	0,50 - 0,80
Regn med låg intensitet	0,20 - 0,60
Infiltrationskapacitet	40 - 100 mm/tim

E. Lera.../Samlad bebyggelse

Denna kombination torde vara den infiltrationsmässigt sämsta. Här samverkar faktorerna lågpermeabelt geo-

logiskt material, hårdgörning och kompaktering. Troligtvis har det tidigare genom vegetation skapade relativt luckra ytlagret hos jordningsprofilen genom förfarandet avbaning - återförning kommit att få en inblandning av lera vilket kommer att ytterligare reducera infiltrationen.

Troliga infiltrationskoefficienter:

Regn med hög intensitet	0,10 - 0,40
Regn med låg intensitet	0,00 - 0,30
Infiltrationskapacitet	0 - 20 mm/tim

F. Lera.../Öppen vegetation...

De geologiska faktorerna är här likartade med den förra kombinationen men vegetationen kommer att öka möjligheterna till infiltration. Effekten av hårdgörning och kompaktering ersätts här av vegetationens inverkan. Humifieringsgraden är här högre och detta medför att yt-skiktets magasineringseffekt kan ökas.

Troliga infiltrationskoefficienter:

Regn med hög intensitet	0,20 - 0,50
Regn med låg intensitet	0,10 - 0,40
Infiltrationskapacitet	5 - 30 mm/tim

5.5 Grundvattennivåmätningar kring ledningsgravar i Noleredområdet

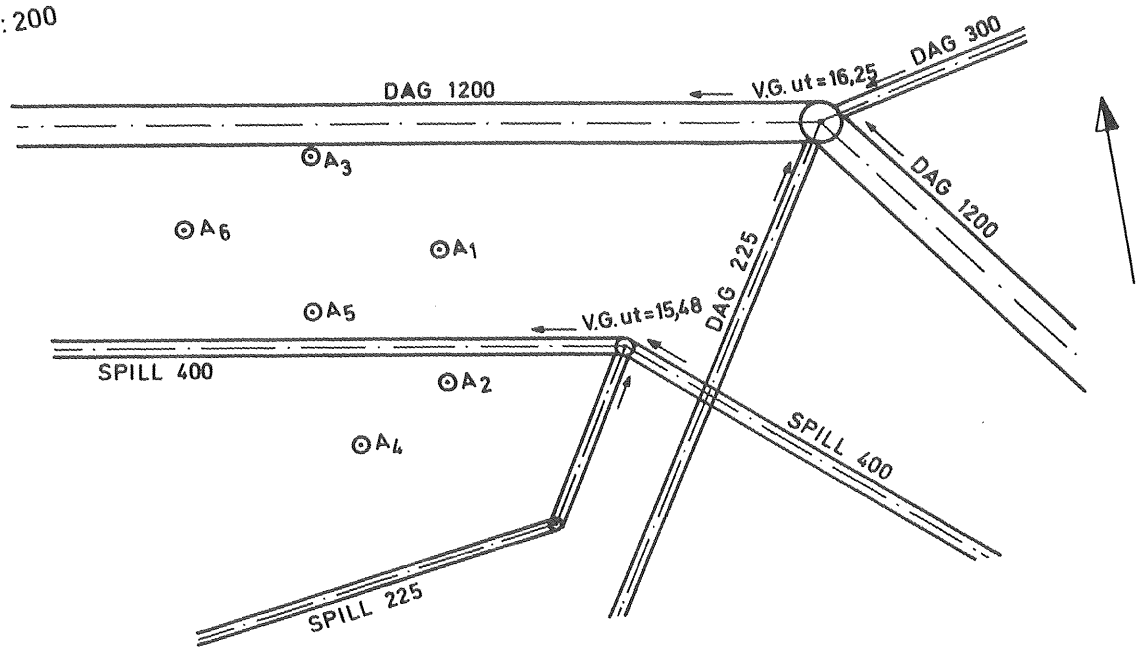
5.5.1 Allmänt

För att utröna förutsättningarna för in- eller utläckage av vatten från spill- och dagvattenledningar i Noleredområdet utfördes under tiden 761115 - 761202 vattenståndsobservationer vid 8 tillfällen i vattenståndsrör. Rören fördelats med huvuddelen i två grupper, en om 8 rör längs spillvattenledningen som följer Kongahällavägen i områdets södra del och en grupp med 7 rör vid dag- och spillvattenledningar strax söder om Domarringsvägen i områdets nordöstra del (Torslanda hög). Dessutom har enstaka rör använts på tre platser. I det sistnämnda fallet, liksom i två resp. ett fall i grupperna har rören placerats i brunnar på ledningarna så att vattenståndsröret borrats genom brunnens botten. Övriga rör har placerats i mark med varierande avstånd till ledningsgraven. Rörens placering framgår dels av översiktskarta, dels av detaljkartor grupperna (fig. 22 och 23). Vattenståndsrörens utformning framgår av figurerna 24 och 25. Samtliga rör är placerade i lerområden. Under avlösningssperioden har nederbörden fallit under tiden 761125 - 761201. Nederbördens fördelning under perioden framgår av nedanstående tabell.

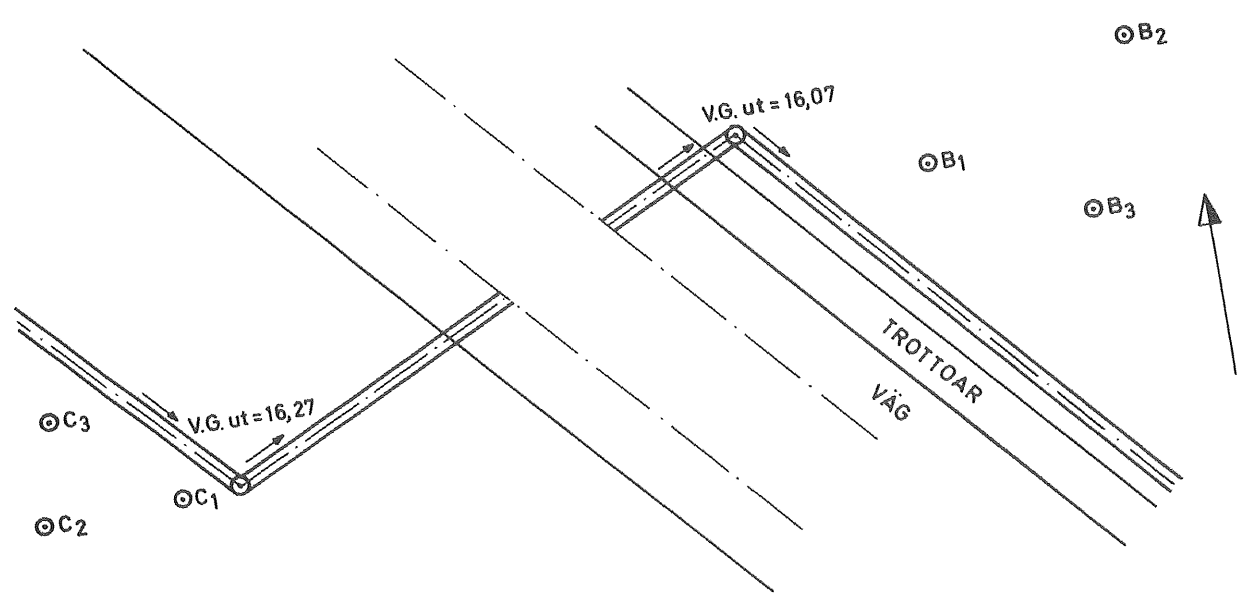
Datum	Nederbörd (mm)
761125	1,4
761126	0,8
761127	12,7
761128	18,1
761129	3,5
761130	8,5
761201	16,8

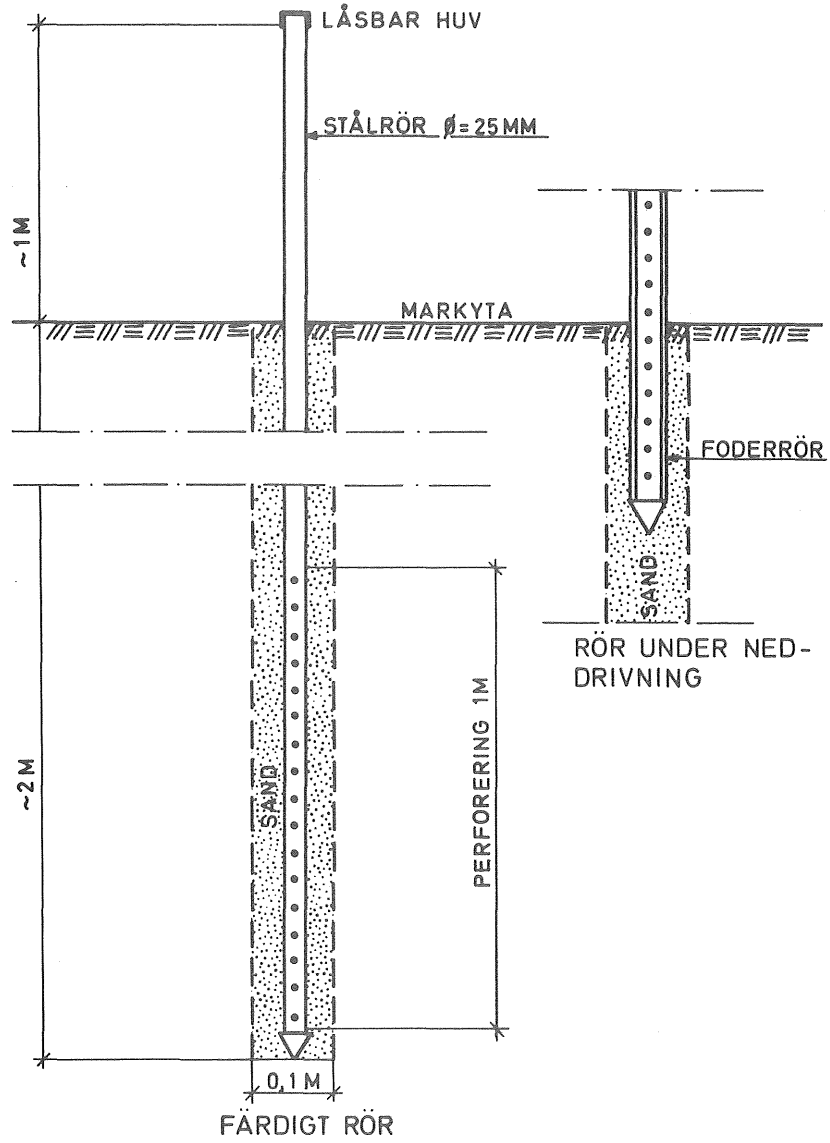
Tabell 1. Nederbörd under tiden 761125 - 761201.

RÖRGRUPP A
SKALA 1:200



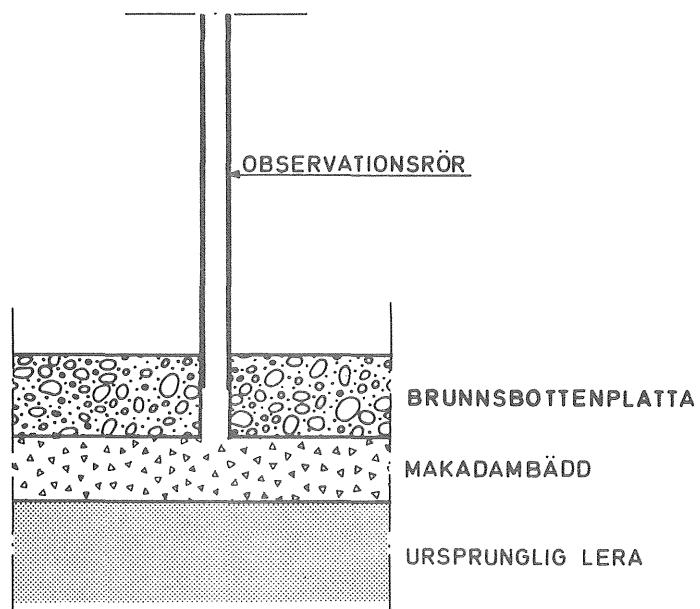
RÖRGRUPP B och C
SKALA 1:200





Figur 25.

VATTENNIVÅRÖR I LEDNINGSBRUNN



5.5.2 Resultat

Vattenståndet i rören kring ledningsgravarna visar liten eller ingen tendens till avsänkning mot ledningsgravarna. Nivåerna ligger avsevärt över rörens nivå samtidigt som de vattenståndrör som slagits genom brunnsbottnarna inte innehållit något vatten i jämnhöjd med vattengången i avslutande rör. Slutsatsen måste alltså bli att även om nivåmässiga förutsättningar finns för inläckage i ledningsgravarna medger inte den omgivande lerans låga permeabilitet någon vattentransport av betydelse. Denna slutsats verifieras även av det flödesmättningsprogram som utförts i samband med ovan beskrivna mätningar och som visar mycket små skillnader mellan vattenförbrukning i området och flödet i motsvarande spillvattenledning. Kopplingen mellan regn och vattennivå är tydliga. Det kraftiga regnen mellan 761126 - 761129 kan avläsas i nivåhöjningar på upp till 70 cm i vissa rör.

I tabell 2 på sidan 24 redovisas vattennivåerna i rör $A_1 - A_6$ (Torslanda hög) samt $B_1 - B_3$, $C_1 - C_3$ (längs Kongahällavägen). Då ingen vattennivå har kunnat konstateras i de rör som slagits genom brunnsbotten har dessa rör ej medtagits.

Mätningar av sprickvattenstånd i torrskorpan längs ledningsgravar har tidigare utförts inom Torslanda Hög. Dessa mätningar utfördes inom ramen för forskningsanslag 730324-3 från Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co - Scandiakonsult och resultatet redovisas i: Carlstedt, B, 1975, Hydrologisk Modell. Dränering genom ledningsgravar (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R 37 - 1975.

Mätningarna av sprickvattenståndet i torrskorpan har där skett i ett antal rör placerade i en linje vinkelrätt mot ledningsgravens riktning. Resultatet visar att dränering sker mot ledningsgraven men i liten skala. Som exempel nämns situationen efter en ovanligt kraftig torrperiod under tiden 20 februari till 19 maj 1974 då den sammanlagda neder-

börden var endast 32 mm. Avsänkningen var då mätbar till ett avstånd av ca 10 meter från ledningsgravens centrum dvs till ett avstånd av ca 7-8 m från ledningsgraven. Dessa små avsänkningar verifierar de i vår undersökning erhållna resultaten.

Tabell 2.

GRUNDTVATTENNIVÅER I RÖR 761115 - 761202

Datum	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
761115	17,79	17,67	-	17,83	17,89	17,82	17,75	17,98	17,73	18,39	17,97	17,50
761117	17,75	17,62	-	17,82	17,85	17,50	17,75	17,93	17,74	18,34	17,95	17,47
761119	17,75	17,59	-	17,82	17,85	17,80	17,74	17,91	17,76	18,36	17,95	17,44
761125	17,73	17,55	-	17,82	17,83	17,77	17,72	17,84	17,77	18,20	17,90	17,31
761126	17,74	17,52	-	17,12	17,83	17,77	17,72	17,84	17,77	18,29	17,98	17,36
761129	18,17	18,16	18,05	18,51	18,07	18,08	18,40	18,28	18,48	18,43	18,24	17,71
761130	18,11	18,19	18,04	18,62	18,07	18,07	18,43	18,31	18,47	18,43	18,27	17,70
761202	18,11	18,21	18,06	18,59	18,09	18,09	18,44	18,30	18,48	18,43	18,28	17,79

I kapitel 7 redogörs översiktligt för de studier som företas inom ramen för de geohydrologiska studierna inom LOD. I kapitel 8 beskrivs vissa preliminära resultat av perkolationsmagasinens hydrauliska funktion i Bratthammar. En redogörelse finns även av instrumentering och planerad verksamhet vid magasinerna.

7 GEOHYDROLOGISKA STUDIER I BRATTHAMMAR av Olov
Holmstrand

Färdigställandet av perkolationsmagasinen i Bratthammar har försenats i förhållande till de ursprungliga planerna för byggandet i området. För att förlusten av mätdata under sommaren 1976 skulle bli mindre, instrumenterades därför provisoriskt andra magasin än de ursprungligen avsedda.

I början av juli månad 1976 installerades således i två skilda magasin, M1 och M2, mekaniska vattennivåskrivare av SMHI-typ. Skrivarna, P1 och P2 på kartan, figur 26, har sedan fungerat som peglar och kontinuerligt registrerat vattenstånden i respektive magasin.

Tillsyn av skrivarna har gjorts två gånger i veckan. I samband med skrivartillsynen har manuella mätningar av vattenstånden i magasinen gjorts, dels i pegelrören, dels också i magasinens bräddavloppsbrunnar. Dessa värden har sedan avprickats på pegeldiagrammen för att tjäna som referensvärden vid tolkning. Det har också visat sig nödvändigt att i vissa fall korrigera pegeldiagrammen till dessa referensvärden. Särskilt under vintermånaderna har isbildning och kyla tenderat att nedsätta skrivarnas funktion.

Nederbördsdata har genomförts av institutionen för vattenbyggnad, CTH. Egna nederbördsdata har insamlats med en enklare uppsamlande nederbördsdata. Denna uppsamlare har, under den snöfria tiden, tömts en gång i veckan.

Pegeldiagram och nederbördsdata har översiktligt bearbetats och redovisas här i form av månadsdiagram. Diagrammet visar vattenståndsfluktuationerna i de bägge magasinerna samt staplar för dygnsnederbörden. Magasinskurvorna är avritade från pegeldiagrammen så att fluktuationerna framhävs, se figurerna 27, 28 och 29.

Grundvattenobservationsnätet i området består för närvarande av 21 observationsrör. Av dessa är 3 st grunt neddrivna och hänför sig till en ytlig grundvattenyta i lerans uppspruckna ytskikt. Ett observationsrör har, på grund av byggnationerna i området, bortfallit.

På kartan, figur 26, redovisas observationsrörens läge. Numren avser långa observationsrör neddrivna till friktionsmaterialet under leran. På kartan är de korta observationsrören ej redovisade. Dessa är belägna invid de långa rören 2, 4 och 7.

Observationsrören har drivits i olika omgångar dels av konsultfirman Bo Alte AB och dels av Göteborgs gatukontor.

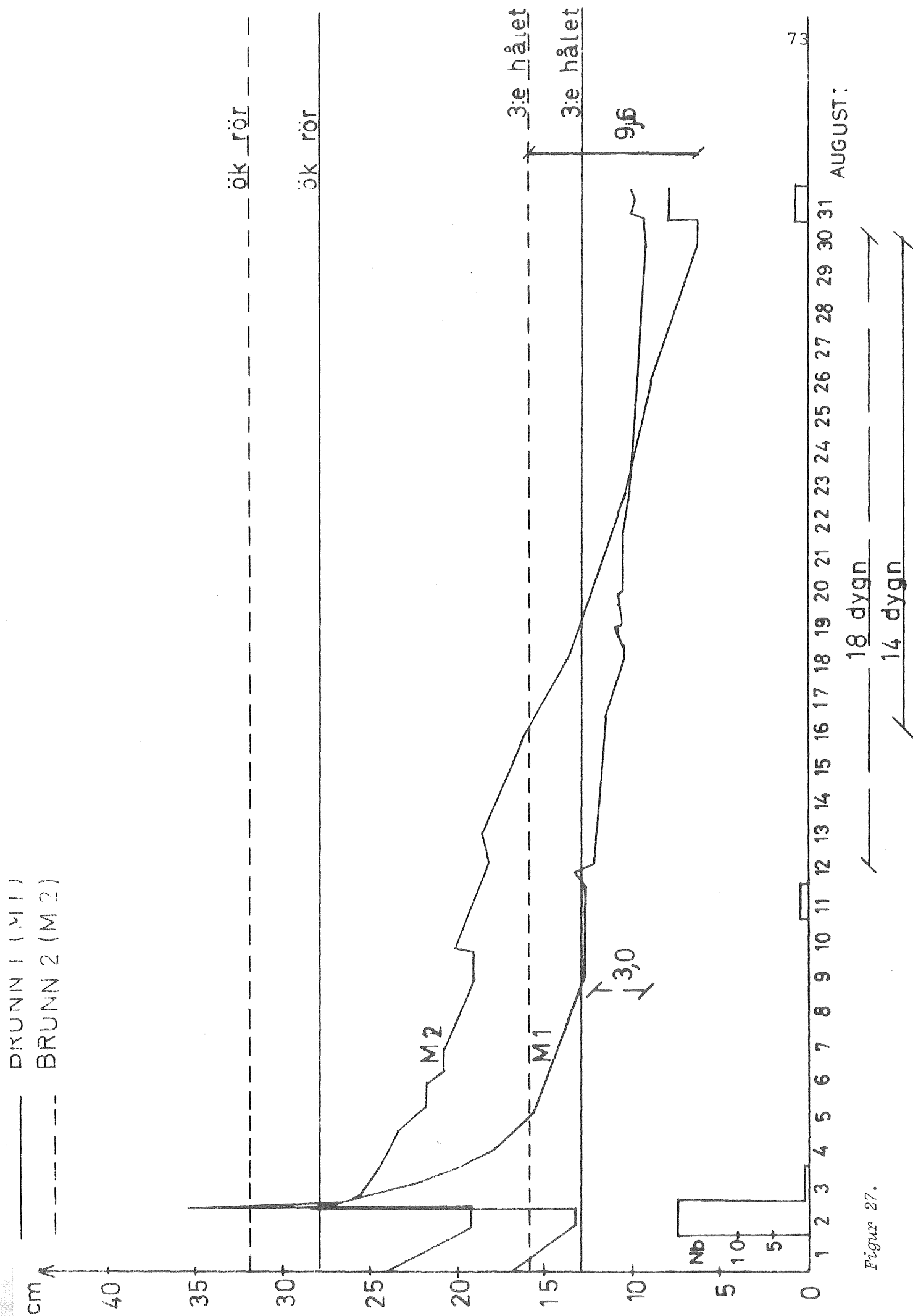
Observationsrör nr 16 och 19 har drivits i egen regi och givit värdefull information om de geologiska förhållandena. En detaljredovisning av resultaten från rördrivning kommer att redovisas i ett senare skede.

Grundvattenrören har avlästs kontinuerligt sedan juni månad 1976. Till en början gjordes avläsningar två ggr i veckan. Efterhand som observationsnätet tätat har mätningrutinen övergått till att gälla en gång i veckan, vilket beräknas fortsätta projekttiden ut.

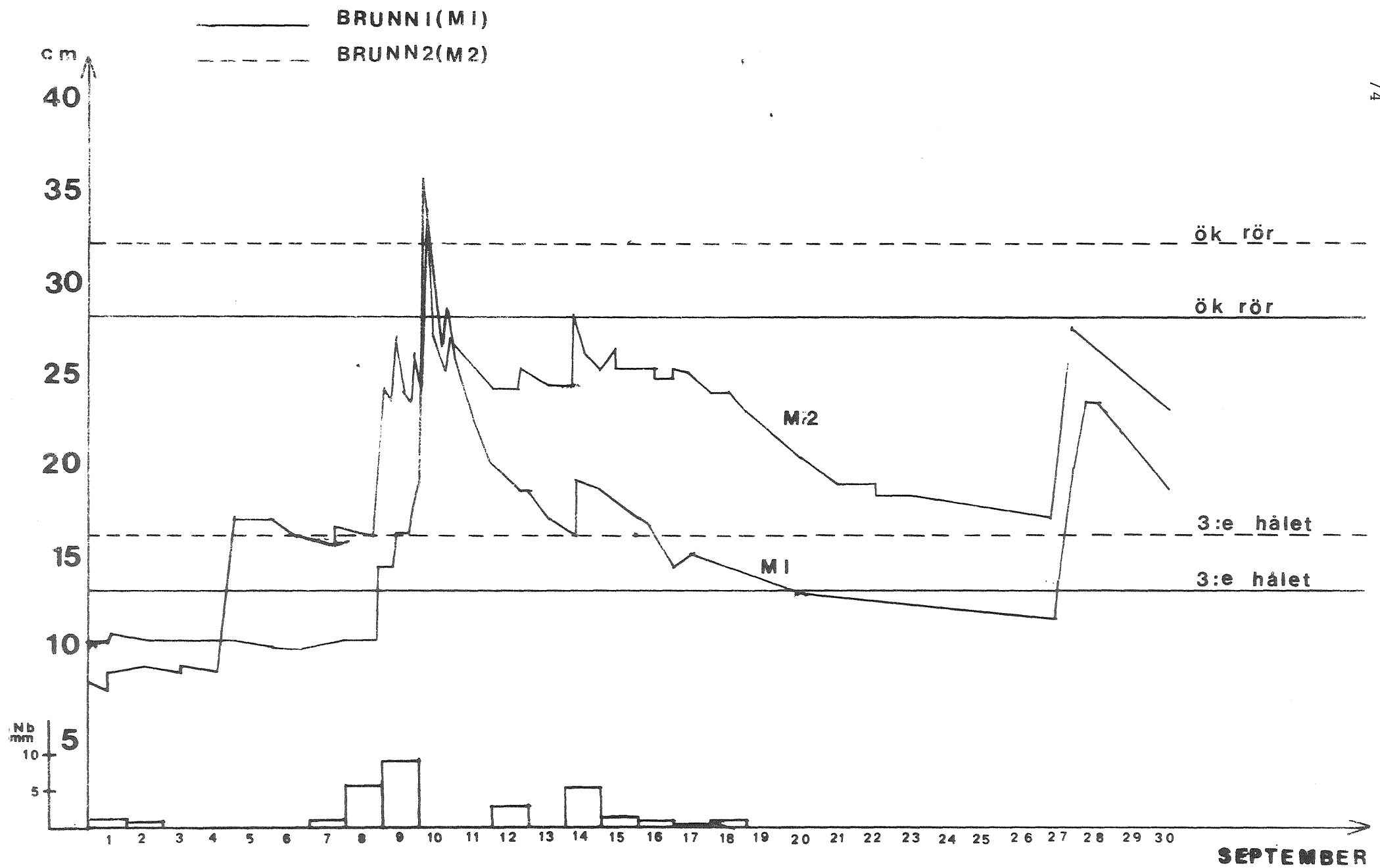
Ett data program för bearbetning av grundvattenobservationer har omarbetats att gälla för Bratthammarförhållanden. Med hjälp av dataprogrammet har rutinerna för uppritning av strömbildskartor och fluktuationsdiagram avsevärt underlättats. En grundvattennivåkarta för den piezometrisk tryckytan inom området 761108 redovisas här i figur 26. Dessutom redovisas som exempel grundvattenståndsdiagram för rör 6 och 8. Se figurerna 30 och 31.



Figur 26. Karta över grundvattnets ungefärliga strömning i Bratthammar 761108. Streckade linjer anger grundvattentrycknivån (m ö h). På kartan anges även observationsrören.



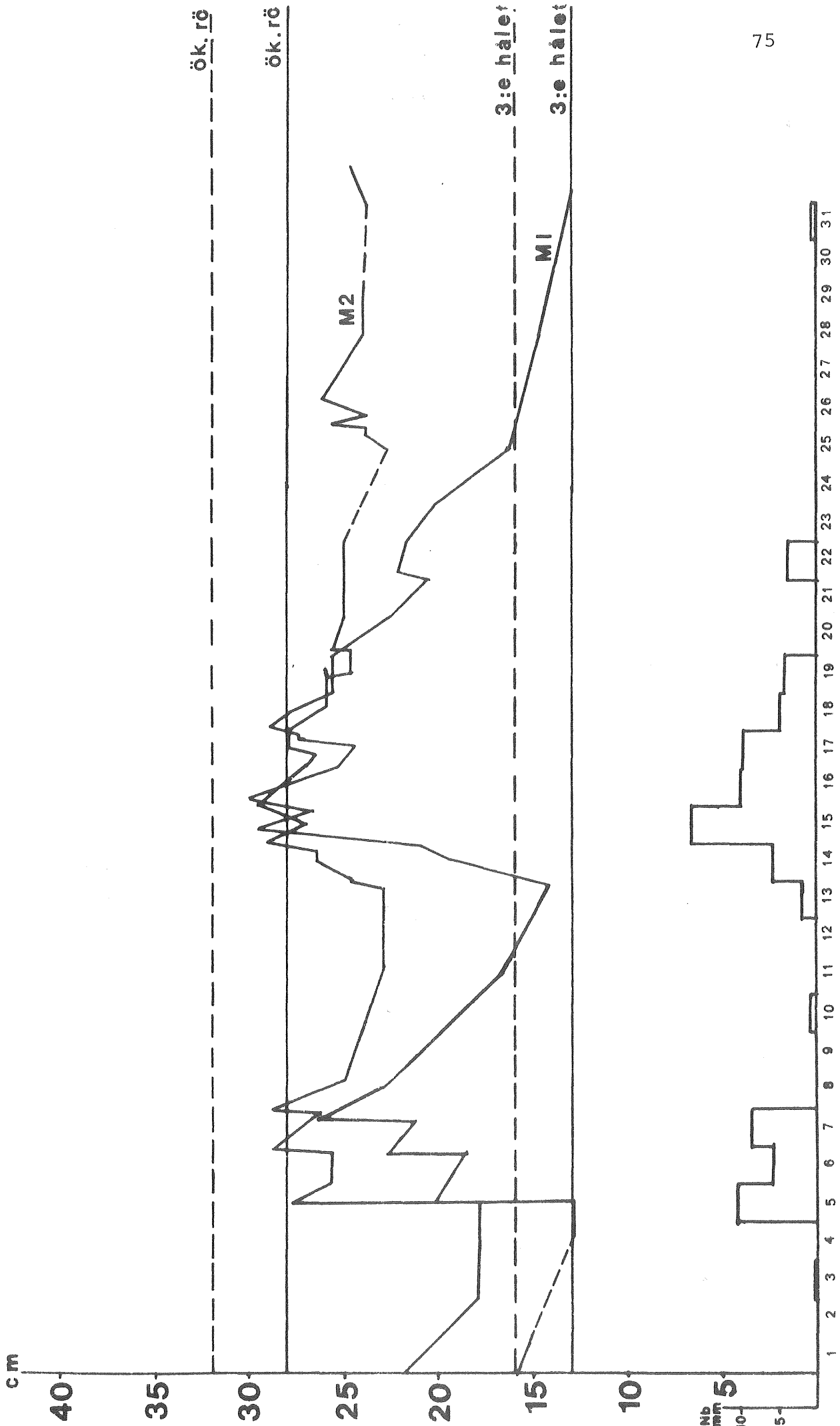
Figur 27.



Figur 28.

SEPTEMBER

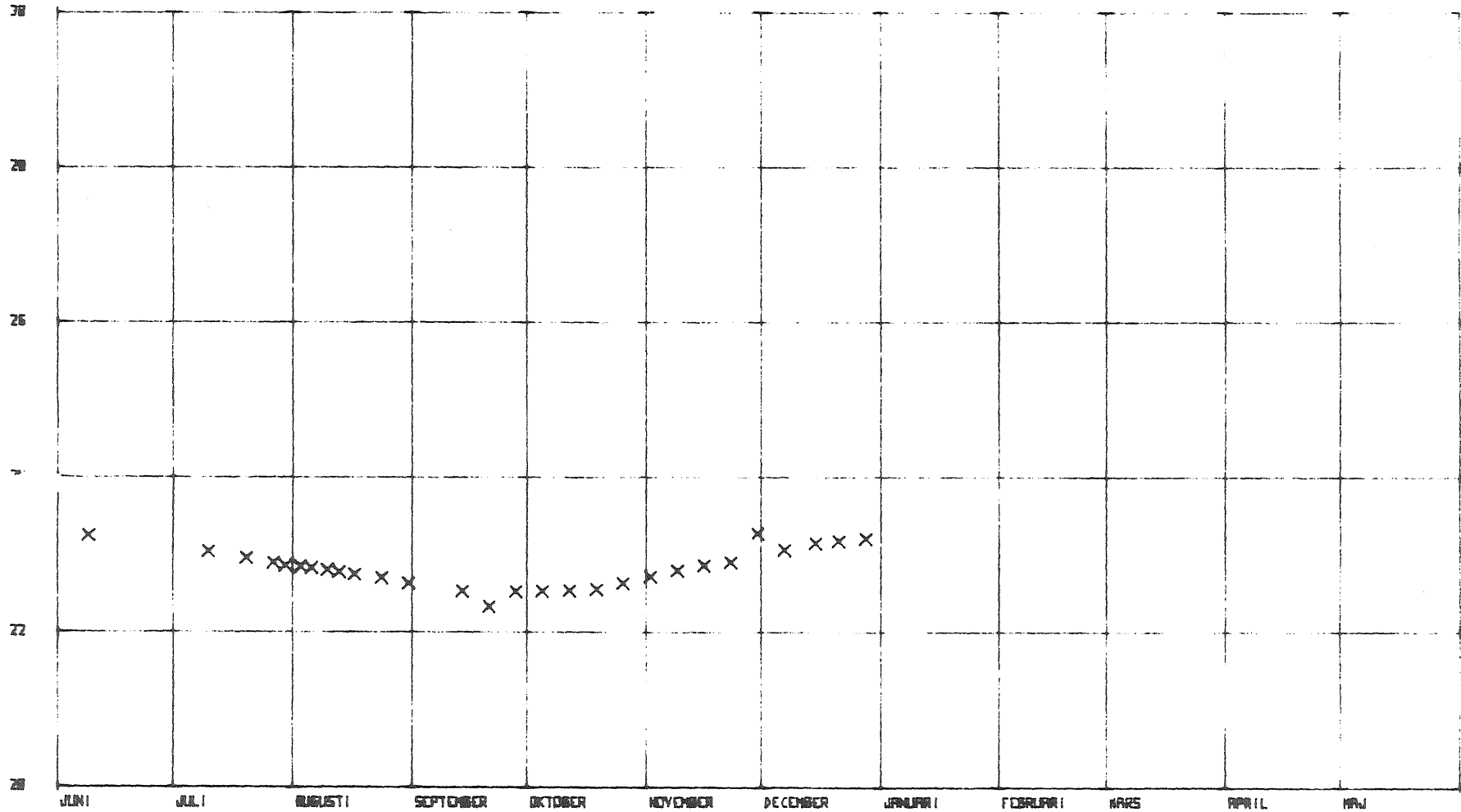
BRUNN 2 (M2)



Figur 29.

BRATTHAMMAR-BFR/ROR NR: 6

LAGSTA NIVA 22.324 DATUM 760920
HOGSTA NIVA 23.32 DATUM 760908



1976

1977

Figur 30.

8 PERKOLATIONSMAGASINS HYDRAULISKA FUNKTION. INSTRUMENTERING, PRELIMINÄRA RESULTAT OCH PLANERAD FORTSATT VERKSAMHET av Per Lindvall

8.1 Områdesbeskrivning

Bratthammar se figur 32 är beläget i sydvästra Göteborg ca 1 km från Fiskebäck. Försöksområdet, som består av radhus under uppbyggnad, begränsas av kommunens dagvattenkulvert och ansluter med sitt dagvattensystem till denna i norr, väster och söder, vilket sett ur avrinningssynpunkt delar området i tre delar. Området vars totala area är ca 7 ha, är mycket flackt med några högre partier i nordöstra delen.

Ledningsnätet är försett med perkolationsmagasin i en omfattning som framgår av figur 33.

Magasin av två typer förekommer.

Långsmala makadamfyllningar anslutna till takvattensystem på ömse sidor huskropparna.

Större rektangulära makadamfyllningar anslutna till parkeringsytorna.

Magasinen fungerar så, att regnvatten tillföres via stuprörsutkastare alternativt makadamfyllda gräsarmeringsplattor. Bräddning från magasinen till områdets interna dagvattennät sker genom vertikalt stående bräddrör. Se figur 34. Då möjligheten att infiltrera vatten är liten har bräddröret försetts med tre avtappningshål för att åstadkomma avtappning av magasinen på önskad tid, ca 4 dygn.

8.2 Mätningar

Nederbörd

Nederbörden registreras i en punkt centralt i området. Mätaren är av flotörtyp (Hellman) och ger ackumulerad nederbörd på ett avlöpande diagrampapper med frammatningshastighet 40 mm/tim. Se figur 35.

8.3 Avrinning

Avrinning mätes i fyra punkter i området. I två av dessa, servisanlutningar till kommunens kulvert i norr och söder, registreras kontinuerligt avrinningen över 90° mätöverfall från respektive delområde med ekolodspeglar och skrivare med avlöpande papper (pappersframmatning 60 mm/tim). Se figur 36

Två magasin belägna i mitten av området specialstuderas: ett parkeringsmagasin samt ett gårdsmagasin. Bräddning från magasinerna registreras var för sig, med liknande utrustning som beskrivits ovan, över 30° mätöverfall. Pappersframmatningen ändras dock här automatiskt vid varje regntillfälle från 15 mm/tim till 90 mm/tim, detta för att öka läsbarheten på de förväntade snabba förloppen vid bräddning i magasinerna. Vattennivån i magasinerna registreras med bandskrivande pegel (pappersframmatning 20 mm/tim).

På grund av att områdets utbyggnad, vilken startat i norr, blivit försenad har mätningar hittills inte kunnat utföras i den omfattning som planerat.

Avrinningsmätningar i norra delområdet startade under juli månad och nederbörds mätning under augusti 1976.

Nivåregistrering i gårdsmagasinet påbörjades under december, övriga mätningar i pilotmagasinen påbörjas under januari - februari 1977.

Mätstart i södra delområdet är beroende av tidpunkten då området färdigställts.

8.4 Bearbetning av fältdata

Regn och avrinningsdata från Bratthammar kommer att över-

föras med hjälp av koordinatorläsare från skrivardigram till hållremsa varefter det spelas upp och lagras på magnetband.

Materialet lagras i denna form beroende på att totalavrinningen från området ingår i den vattenbalansstudie som skall göras i samarbete med övriga projekt och som kräver maskinell utvärdering.

8.5 Räkneexempel

För att få en uppfattning om flyttiden i norra delområdet har en situation enligt figur 37 studerats. I området förekommer förutom ytor anslutna till perkolationsmagasin även till det interna ledningssystemet direkt anslutna hårdgjorda ytor. En förändring i nederbördsintensitet ger snabbt en ökad avrinningsintensitet till det yttre (kommunala) systemet.

Den uppmätta avrinningshydrografen jämförs här med regndata från samma tidsperiod, där dessa indelas i perioder med konstant intensitet. Vid, som här långa regn, kan man observera att förändringar i regnintensitet ger en motsvarande förändring i avrinningsintensitet. Sådana flödesförändringar inträffar mindre än 10 min efter motsvarande nederbördsförändring.

En vidare bearbetning kommer att göras på enstaka isolerade regntillfällen under sommarperiod.

Vid ett regntillfälle den 2 augusti 1976 registrerades en regn- och avrinningsituation enligt figur 38. Under 92 min föll totalt 18,7 mm regn. Inom detta regn föll under 12 min 9,4 mm, vilket motsvarar intensiteten 130 l/sek x ha motsvarande ett statistiskt regn med återkomsttiden 2 år. Det största observerade flödet är 32 l/sek. Detta ger en max avrinningskoefficient = 0,13.

Då enligt ovan flyttiden inom området är mindre än 10 min har motsvarande beräkning gjorts för en maximal nederbördsvolym för ett 5 minuters intervall av det aktuella regnet (5,8 mm). Medelintensiteten blir 193 l/s x ha (statistiskt 5 års regn) och max avrinningskoefficienten = 0,09.

Eftersom, för magasinen, totala regnvolymen är av väsentlig betydelse har på samma material beräknats volymavrinningskoefficienten för tre olika fall med basflödesseparation enligt nedan:

1. Beräkningen inkluderar en totalavrinning från regnstart till 30 min efter regnstopp, dvs 120 min. Detta kan anses rimligt för ett område med traditionellt utformat dagvattensystem.

$$\text{Volymsavrinningskoefficienten} = \frac{\text{Avrunnen vol.} - \text{basflödesvol.}}{\text{Nederbördsvolym}}$$

blir då = 0,20

2. Beräkningen utföres på samma sätt för en tidpunkt då avrinningshydrografen går mot basvattenföring, 4 tim efter regnstart. Detta ger en volymsavrinningskoefficient = 0,33.
3. Beräkningen utföres för en tidpunkt 5 tim efter regnstart och ger motsvarande koefficient = 0,34, vilket visar att sluttidpunkten för beräkningen kan väljas något olika utan att resultatet nämnvärt påverkas.

8.6 Driftsstudier

Under slutet av 1976 och början av 1977 har vinterförhållande rått med minusgrader och snötäcke, vilket givit möjligheten att studera klimatpåverkan på magasinen. Temperaturmätningar på magasinsvattnet påbörjades under januari och kommer att omfatta perioden fram till och med snösmältning. Se figur 39.

8.7 Utveckling av dimensioneringsmetod

En dimensioneringsmetod för infiltrationsmagasin har framtagits och redovisas i bilaga 1. Denna skall praktiskt prövas på dagvattenanläggningar med perkolationsmagasin.

Behovet av uppgifter om regnvolymer för dimensionering av magasin gör det angeläget att ta fram kurvor för kortvariga regn och för olika återkomsttider. En bearbetning av 30 års regndata från Lundby, Göteborg, gör för närvarande på SMHI. Ur detta material kommer regnvolymskurvor att framtagas för regn på upp till 1 dygns varaktighet. Liknande bearbetning kan utföras på övriga av SMHI databearbetade nederbördsstationer.

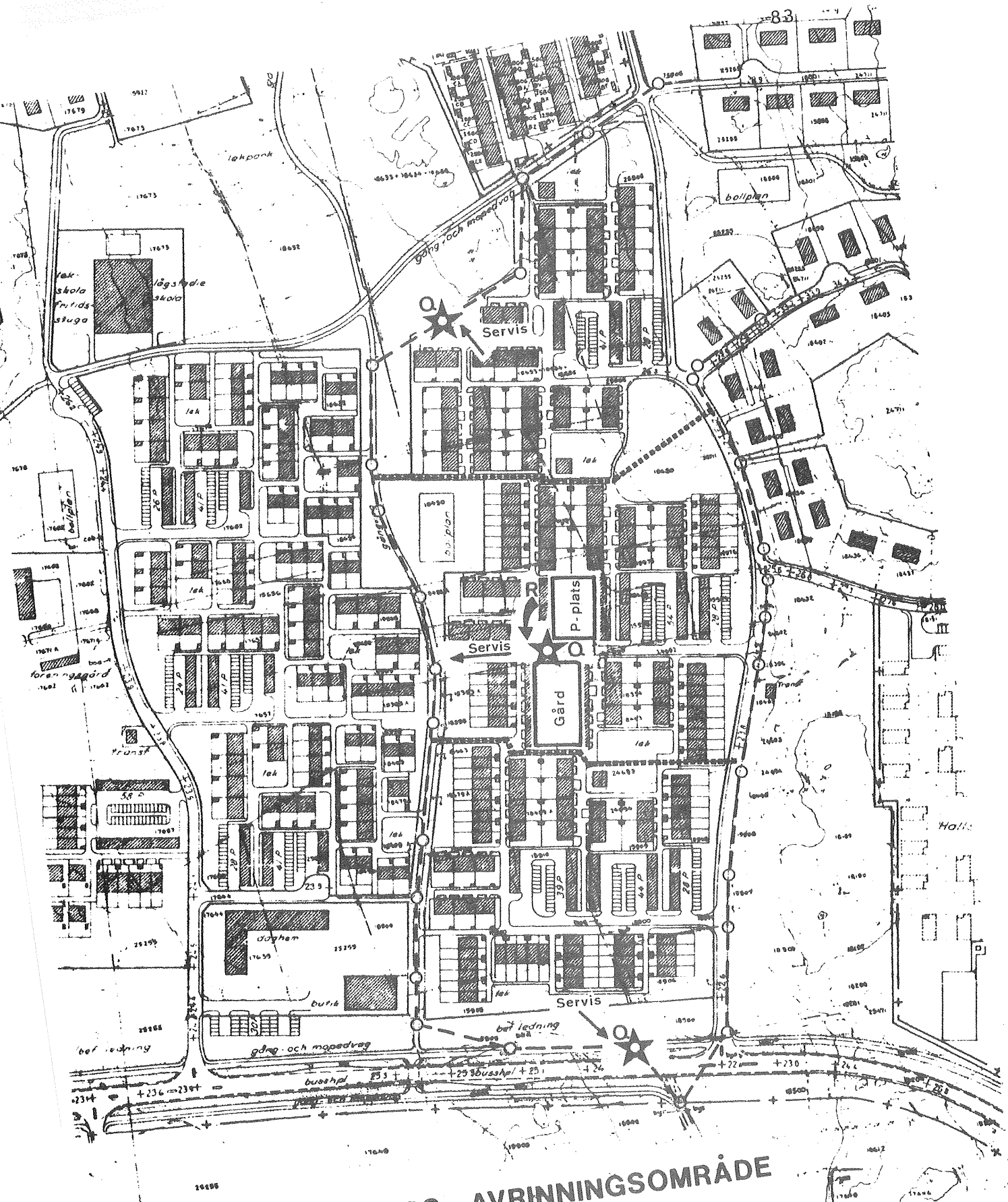
8.8 Pågående projekt

Den enkät rörande perkolationsmagasin som sänts ut i samarbete med övriga projekt till kommuner och länsstyrelser har givit ett underlag som skall sammanställas inom ramen för ett examensarbete på geologiska institutionen, CTH. Härur erhålles ett samlat material som kan ytterligare bearbetas vad gäller drifts- och dimensioneringsaspekter av perkolationsmagasin.

Ett examensarbete med fältmätningar i Bratthammar, för studium av perkolationsmagasinens hydrauliska funktion planeras för mätperioden 1977.

Avrinningsstationen i söder kommer att uppföras under sommaren 1977 och startas när alla deltagande ytor anslutits.

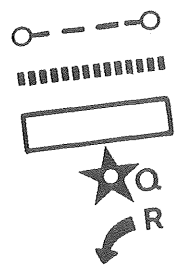
Bratthammars avrinningsområde skall karteras med avseende på yttyper, ytors lutningar, ytstorlekar samt ledningslutningar. Detta arbete skall utföras under 1977 och kommer att utgöra indata till den simuleringsmodell som skall prövas på området.



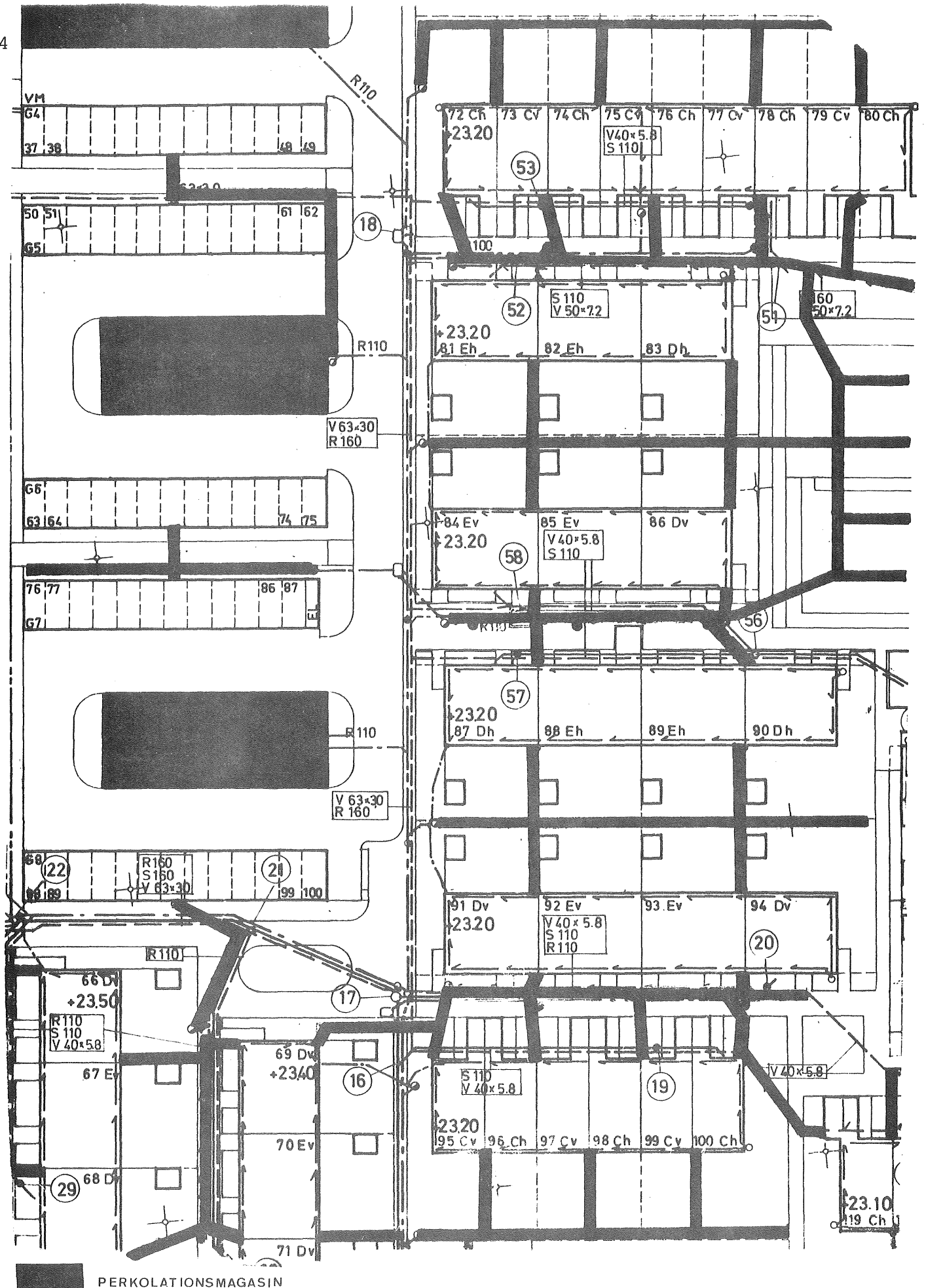
Figur 32.

BRATTHAMMARS AVRINNINGSSOMRÅDE

Sannektion

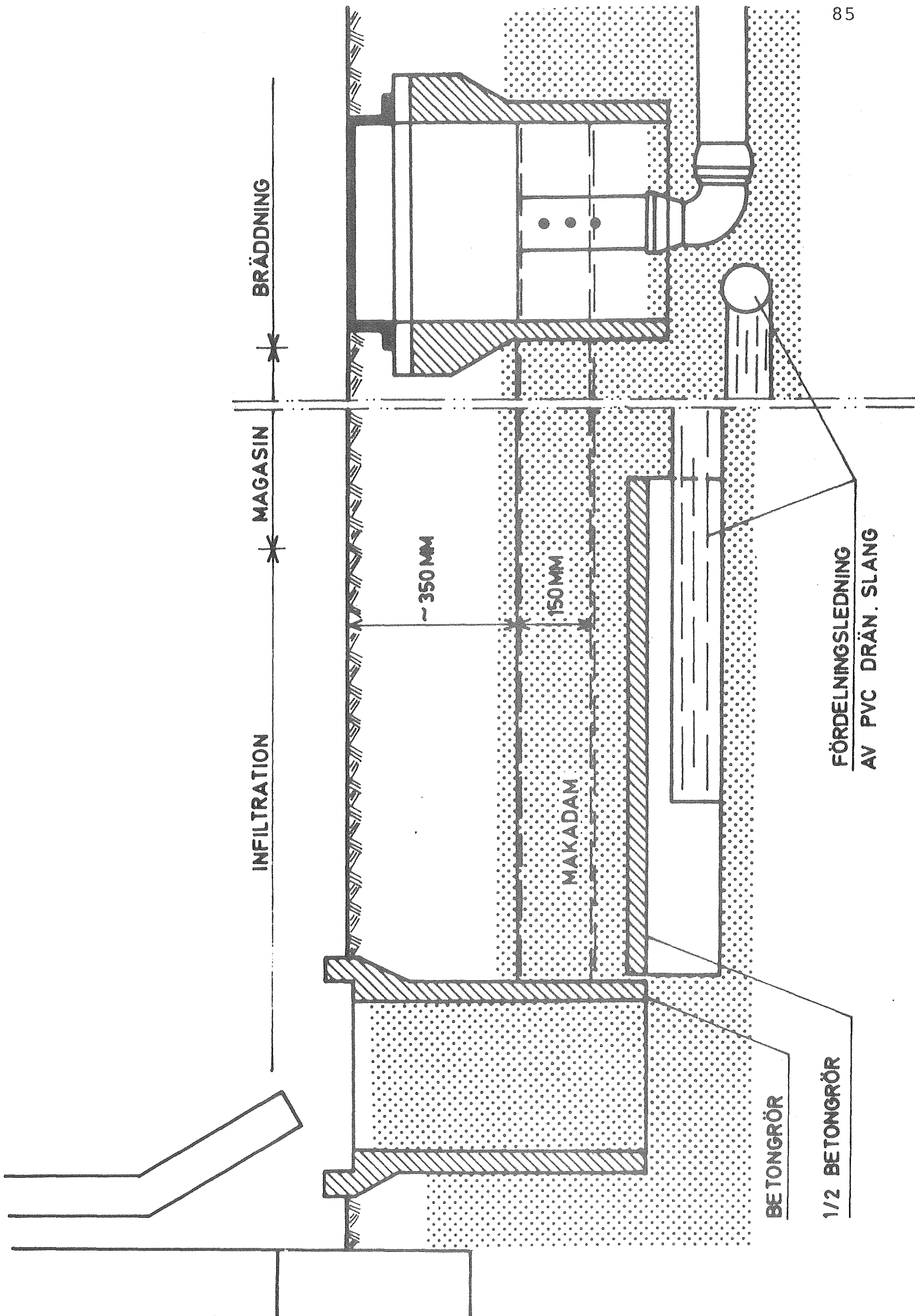


- KOMMUNAL DAGV. KULV.
- GRÄNS DELOMRÅDE
- PILOTMAGASIN
- AVRINNINGSTATION
- REGRNMÄTARE

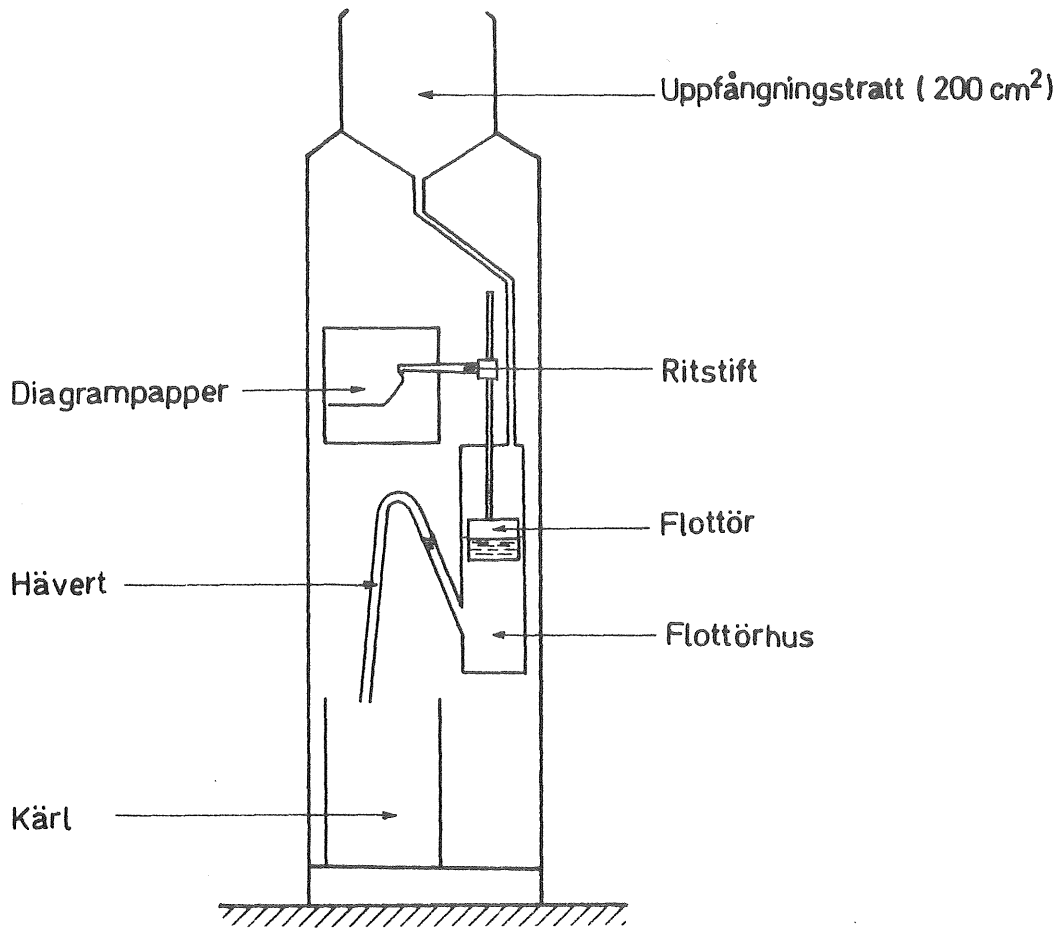


PERKOLATIONS MAGASIN

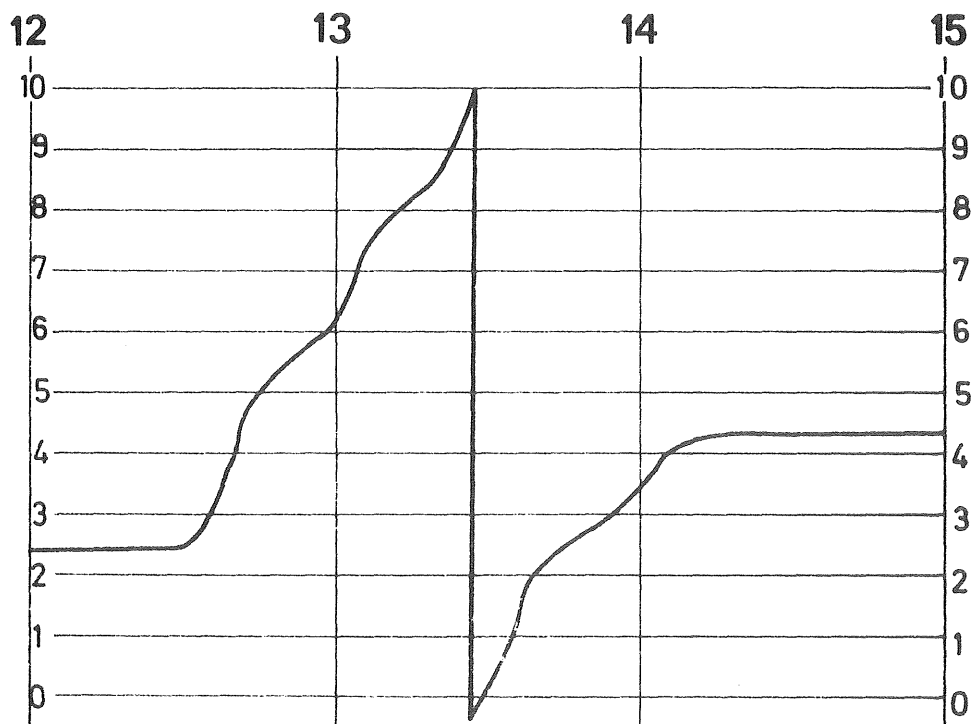
Figur 33. Bratthammar, perkolationsmagasinens omfattning i plan.



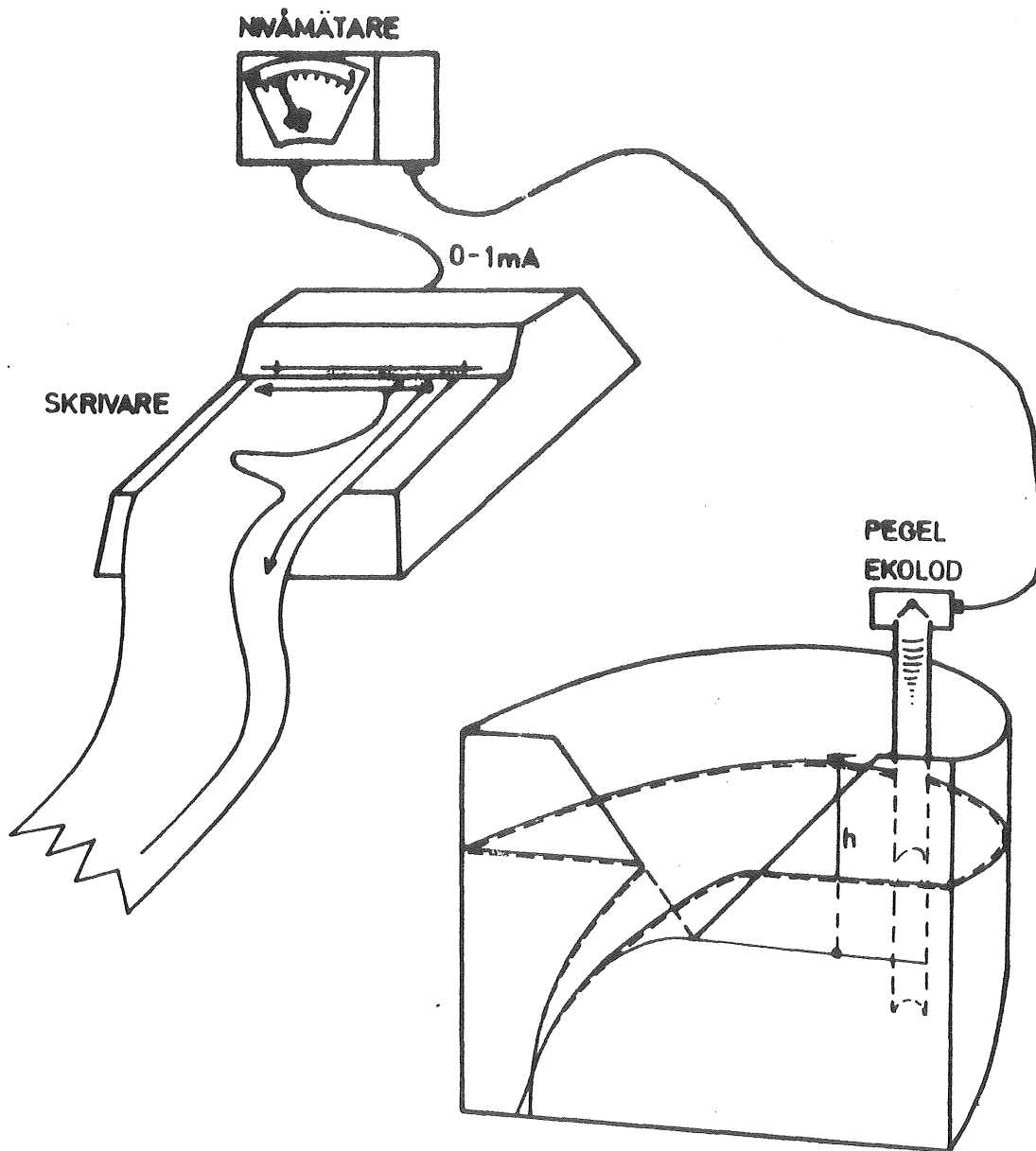
Figur 34. Princip för regninfiltration - Bratthammar, enligt Berggren, Svenska Riksbyggen.



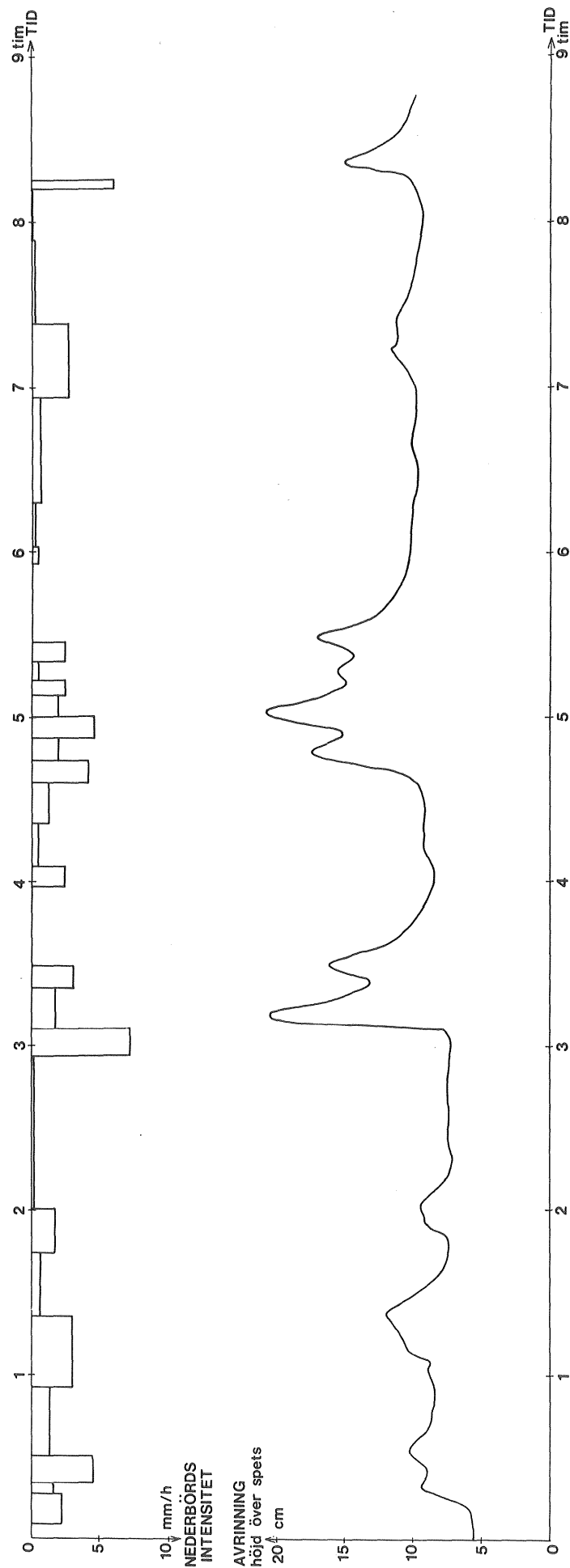
Figur 35:1. Nederbördsmätare typ Hellman.



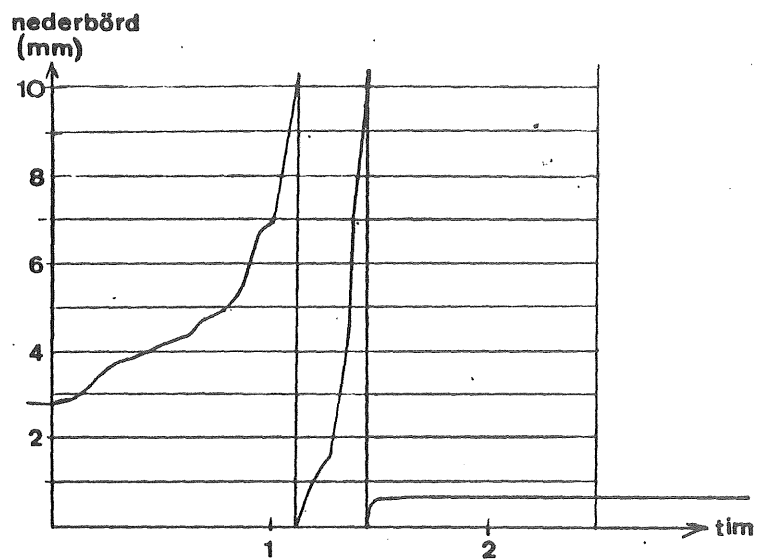
Figur 35:2. Nederbördsdiagram från Hellman mätare, enligt Arnell & Lyngfelt 1976.



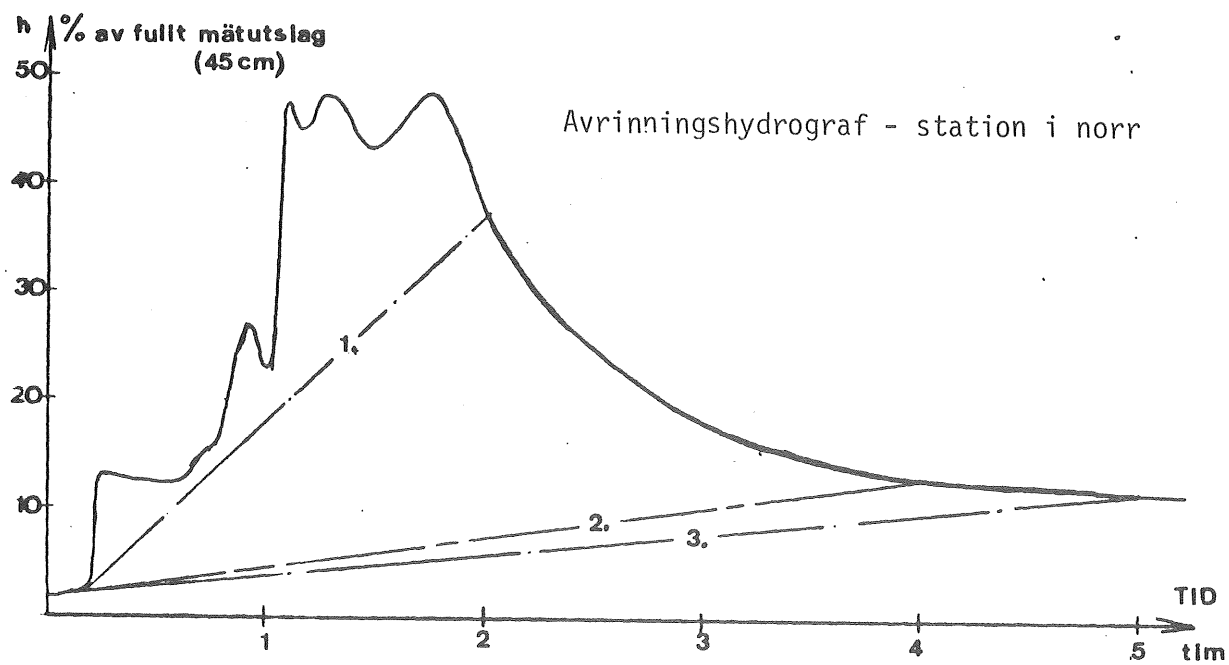
Figur 36. Utrustning för avrinningsmätning.



Figur 37. Fördröjningstid i norra delområdet - Bratthammar.

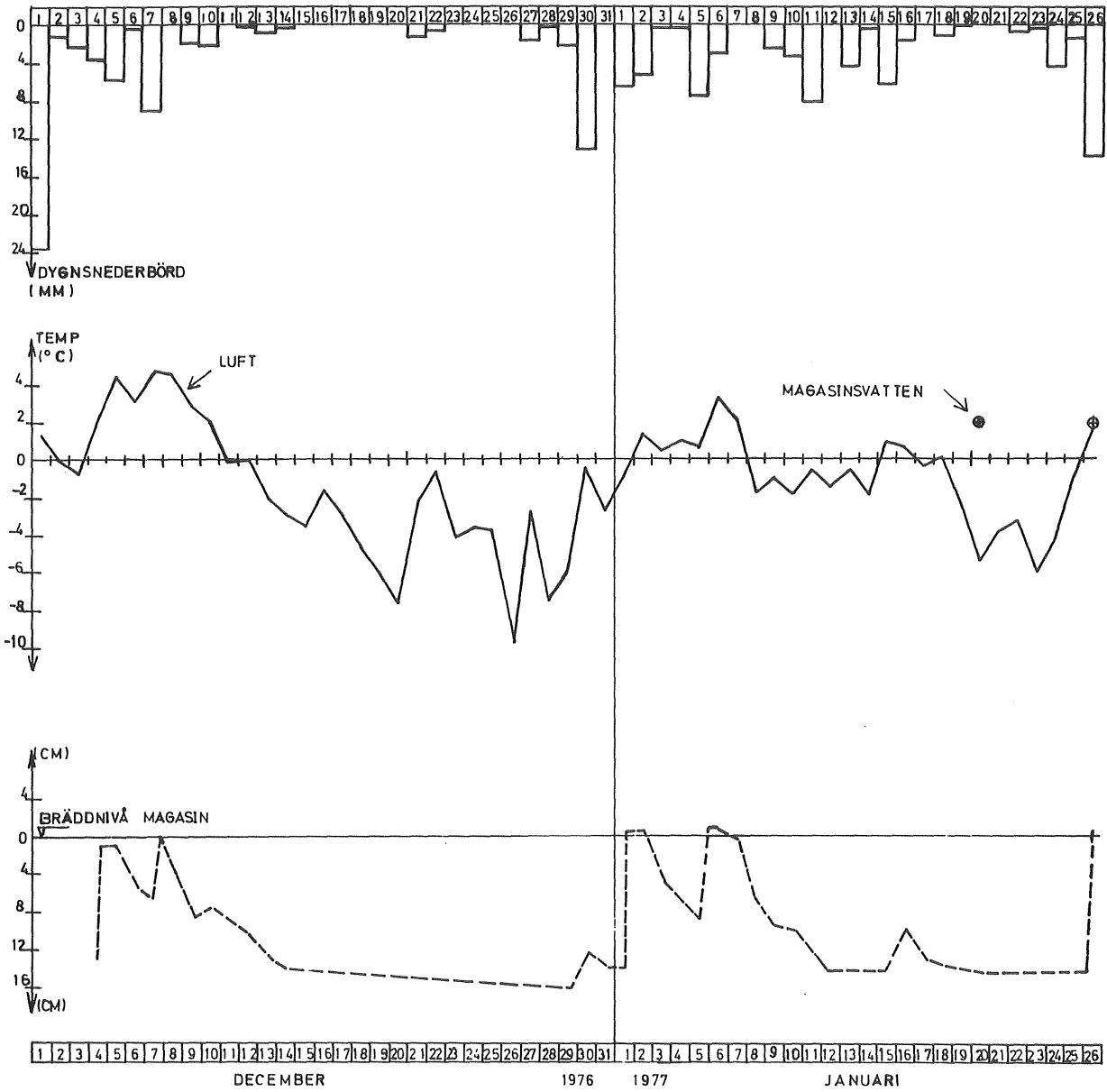


Akkumulerad nederbördskurva



Avrinningshydrograf - station i norr

Figur 38. Nederbörds- och avrinningsituation 760802 - Bratthammar.



Figur 39. Driftsobservationer av perkolationsmagasin under vintertid - Bratthammar.

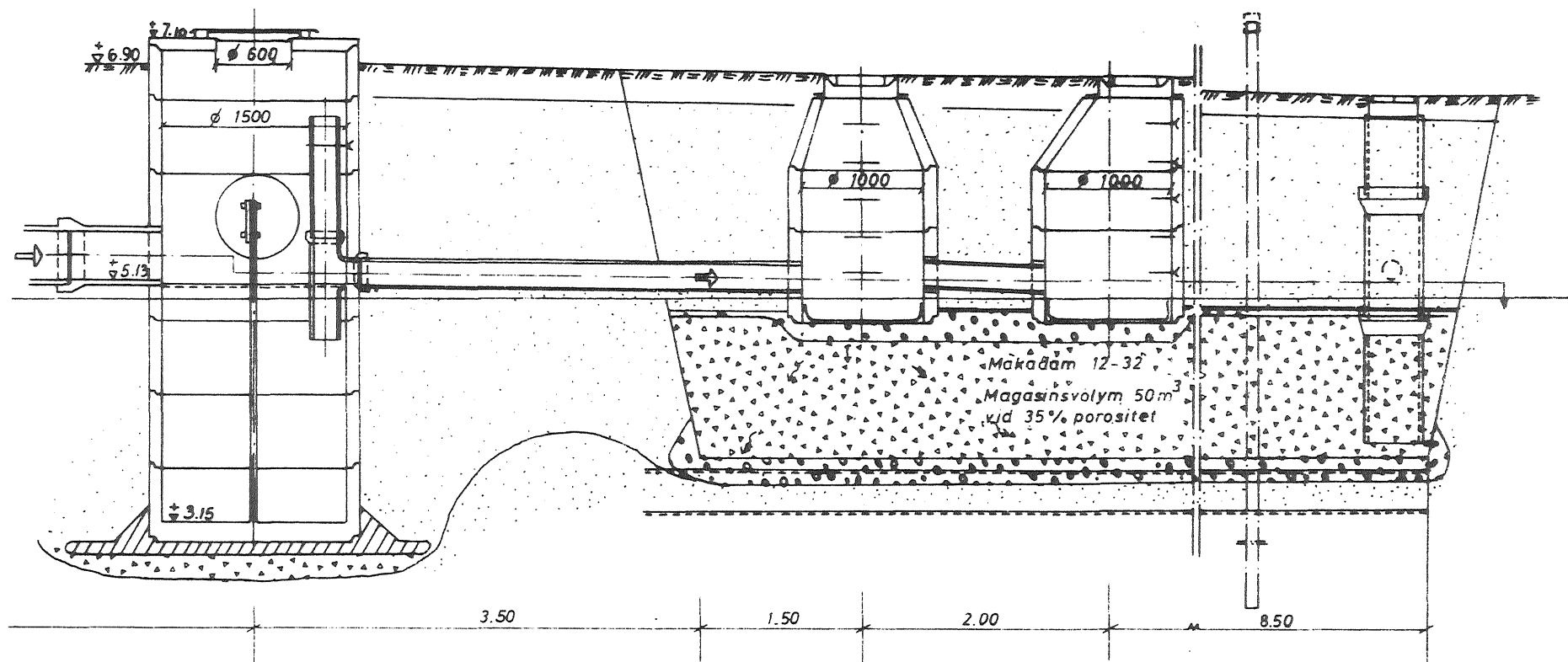
9 GEOHYDROLOGISKA STUDIER I ANSLUTNING TILL
PERKOLATIONSANLÄGGNING I HALMSTAD av Bo Lind

Följande geohydrologiska avsnitt från anläggningen i Halmstad är ett utdrag ur en mera omfattande geologisk och hydrologisk inventering av hela Halmstadsområdet utförd som en C-kurs-uppsats i kvartärgeologi.

I Halmstad har flera fastighetsägare i många år fått dras med otrevliga översvämningar i samband med häftiga regn. Ur golvbrunnarna i källarplanet har avloppsvatten börjat stiga och exempel finns, där hela källaren täckts av ca 50 cm avloppsvatten. Detta beror på att man i området har ett kombinerat ledningsnät för spill- och dagvatten, som med åren blivit otillräckligt och ej längre klara avbördningen i samband med häftigt regn. Ledningsnätet vattenfylls då helt och vatten tränger alltså upp, i första hand i låga punkter - golvbrunnar m m, men kan i speciellt ogynnsamma fall även tränga upp i toaletter och handfat.

Omläggning av det befintliga ledningssystemet till grövre dimensioner skulle innebära oerhörda arbetsinsatser och kostnader, och alternativa lösningar har länge sökts. Ett sätt att avlasta det befintliga ledningsnätet är att avleda dagvattnet på annat sätt, t ex genom infiltration.

För att råda bot på den besvärliga situationen i Halmstad beslutade således kommunen att installera en perkolationsanläggning för infiltration i ett särskilt utsatt område. Anläggningen konstruerades och byggdes av kommunen och togs i drift i mars månad 1976. Perkolationsanläggningens principiella utseende framgår av figur 40. Inkommande dagvatten fördelades, från en slamavskiljande uppsamlingsbrunn, på två inloppsbrunnar. Inloppsbrunnarna är placerade på ett ca 15 cm tjockt lager av grus och därunder vidtar det egentliga magasinmaterialet, makadam 12-13, till ca 320 cm



Figur 40. Perkolationsanläggningen vid Falkens väg, Halmstad. Anläggningen är avsedd för infiltration av dagvatten från omkringliggande villaområde. Vattnet kommer in från vänster i figuren till en slamavskiljande tvåkammarsbrunn och fördelas sedan på två inloppsbrunnar. I figurens högra förlängning syns ett grundvattenobservationsrör samt en inspektionsbrunn på bräddavloppsledningen. Under magasinsbotten har grundvattennivån för april (övre) och maj (undre) 1975 markerats.

djup under markytan. Den totala magasinsvolymen beräknas vid 35 vol % porositet uppgå till ca 50 m³. Nödavloppsledningen är via en nylagd avloppsledning ansluten till det äldre kombinerade systemet.

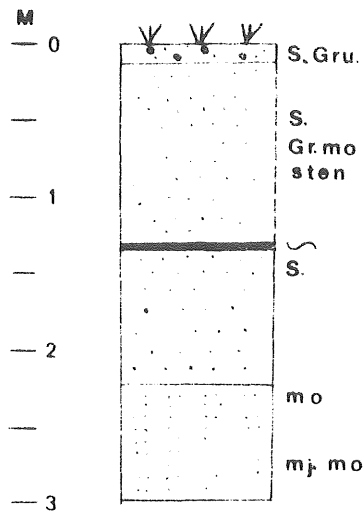
I samråd med gatukontoret i Halmstad specialstuderas nu perkolationsanläggningens funktion och verkningar av Geohydrologiska forskningsgruppen. I anslutning till studierna av anläggningen var en geologisk och hydrologisk inventering av intresse. Arbetet utfördes i anslutning till projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten - geohydrologiska förutsättningar", och utformades som en C-kurs-uppsats i kvartärgeologi.

I anslutning till perkolationsanläggningen vid Falkens väg har en storskaligare geologisk sammanställning utförts. Detta dels med hjälp av prover tagna av gatukontoret i Halmstad, i samband med anläggningen av magasinet och dels med hjälp av resultaten från rördrivning. Spadbörning till ca 2,25 m djup har också givit värdefull information.

När utgrävningen för magasinet avslutats togs genom gatukontorets försorg prover i schaktväggen för var 25 cm, dessutom dokumenterades väggen genom fotografering. Foton och prover sändes över till CTH, där de analyserades och sedan sammanställdes av författaren till profilen, figur 41.

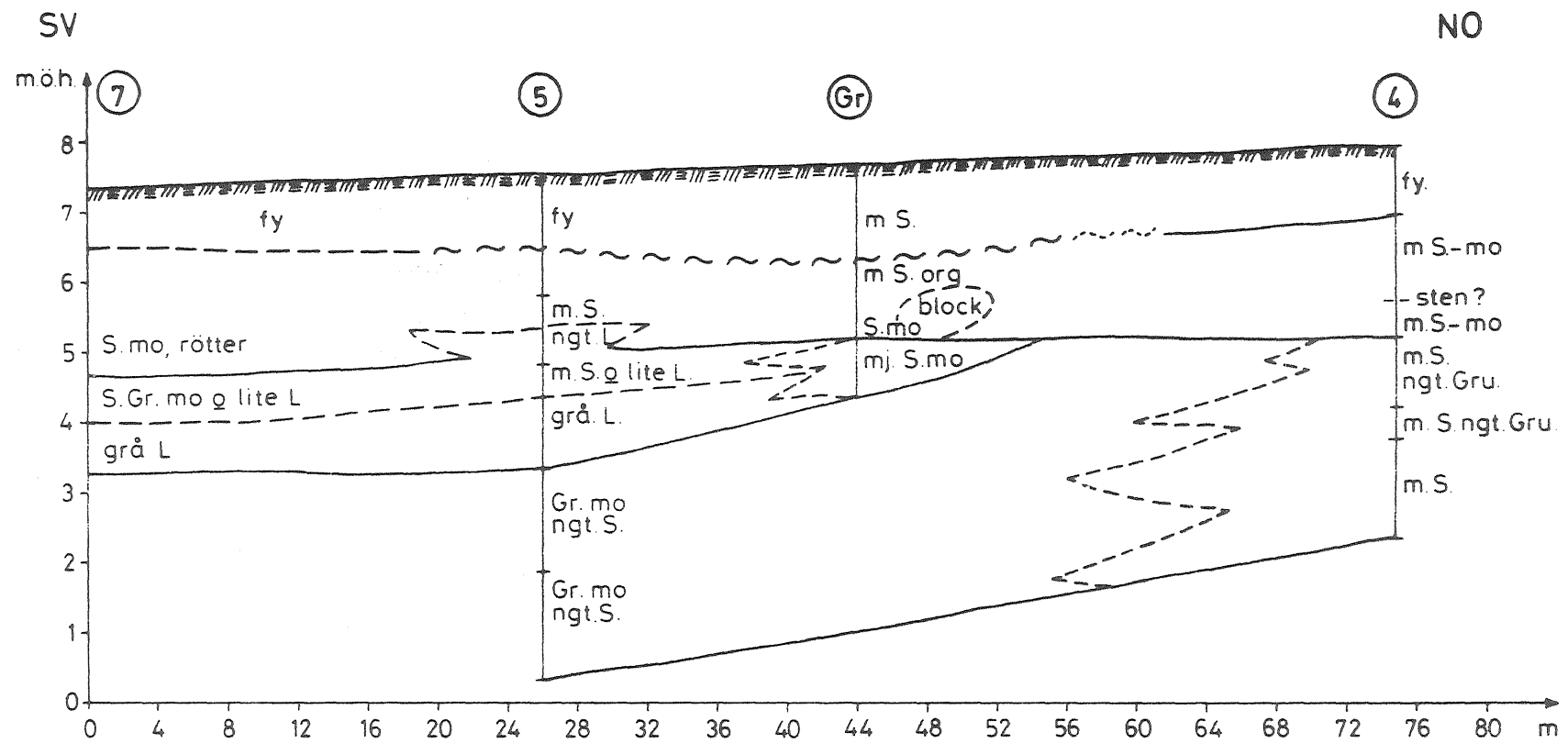
Lagerföljden i denna profil utgörs från ytan räknat av ett tunt lager grusig sand underlagrat av ca 1,4 m fyllnadsmassor, bestående av i huvudsak sand och grovmo med kraftigt inslag av tippsten. Därunder ligger ett par cm tjockt torvlager vilande på moig sand övergående till mo och mot djupet mjällig mo.

För att komplettera grundvattenobservationsnätet drevs i parken fem stycken 2" observationsrör av den s k röda



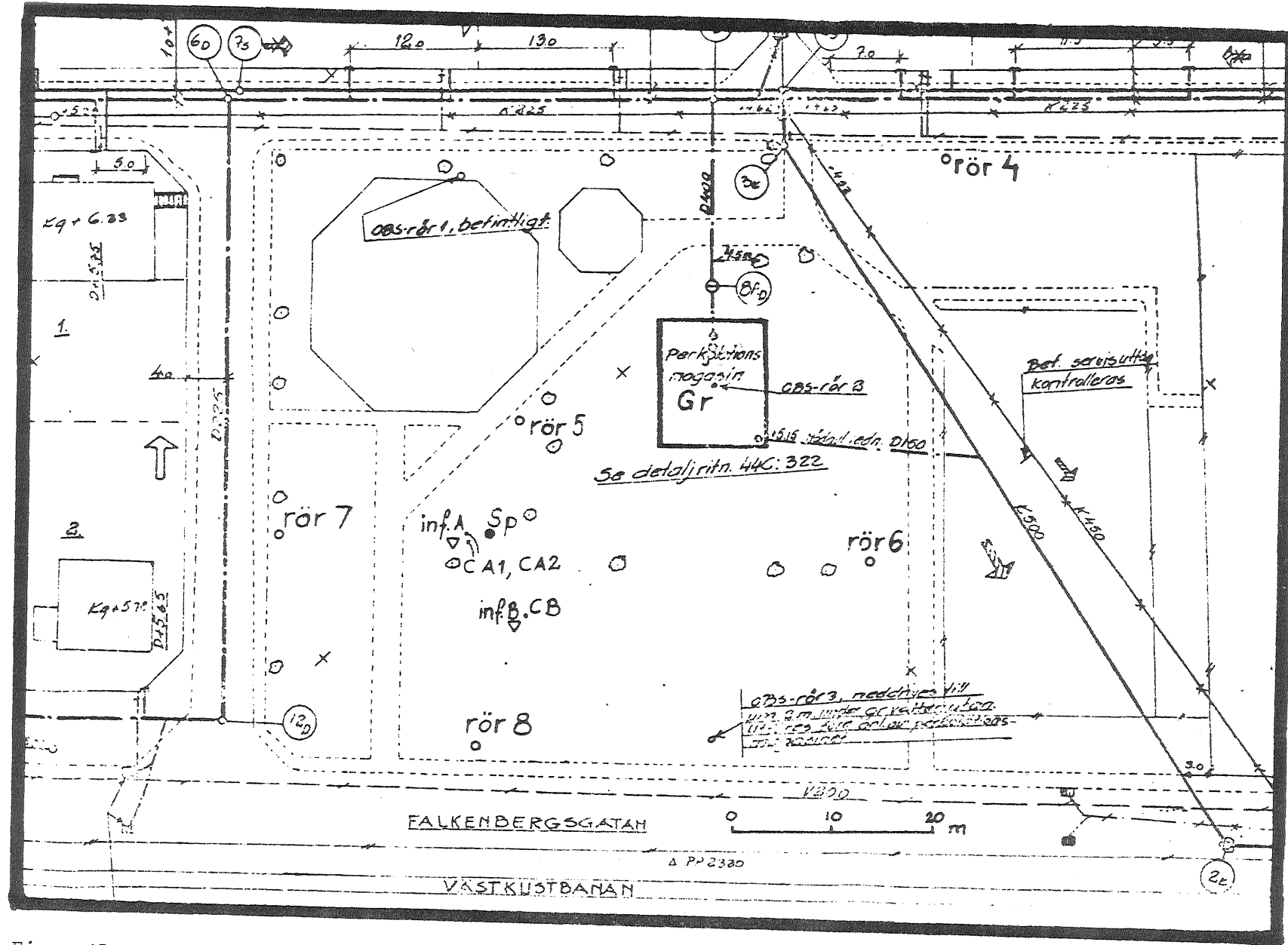
Figur 41. Profil sammanställd på grundval av prover tagna vid utgrävningen för perkolationsmagasinet, punkt Gr, figur 43.

typen med öppen spets och med perforering med 2,5 mm hål på en längd av 1,0 m från spetsen. Neddrivningen har skett med hejarblock försedd med 60 kg:s frifallshejare och prover från lagerserien har erhållits genom successiv uppspolning. Prover för analys har tagits för omkring var 1,5 m. Vid drivningen noterades hela tiden antalet slag för 25 cm sjunkning. På olika nivåer, ungefär för var 1,5 m, kontrollerades också jordlagrens permeabilitet genom uppmätning av vattnets sjunkhastighet i cm/min i de olika rören. Resultaten från rördrivningen redovisas i sektionen, figur 42. De olika borrhöjdernas läge framgår av kartan, figur 43. Vid konstruktion av figuren har hänsyn även tagits till resultatet av spadborrningen, punkt Sp, vars resultat framgår av markprofilen, figur 44.

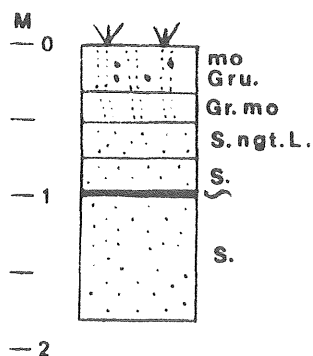


Sektion 5

Figur 42. Sektion genom parken vid Falkens väg, Halmstad, grundad på utförda rördrivningar och provtagningar. Sektionens läge framgår av figur 43.



Figur 43. Karta över parken mellan Falkens väg och Falkenbergsgatan, Halmstad. Rör nr 4-8 avser de av CTH drivna grundvattenobservationsrören. Utgrävningen för perkolationsmagasinet har markerats med Gr. Sp avser punkt för spadborrning. CA1, CA2 samt CB avser cylinderprovtagningpunkter och inf. A och inf. B (tringlar) avser platserna för infiltrationsförsök.



Figur 44. Profil grundad på spadbormning i punkt Sp, figur 43. Lagerföljden utgörs från ytan räknat av, ca 0,3 m mo med inslag av grus och rötter. Därunder ca 0,2 m grovmo-sand vilande på ca 0,25 m sand med lerklumpar följt av ren sand. Torvlagret vilar på ett tunnt lager av mo med inslag av småsten. Detta lager övergår i sand med inslag av rötter och tegelfragment.

Marklagren i profilen utgörs i stort sett av 1-2 m moiga-sandiga fyllnadsmassor med kraftiga inslag av tippsten. Detta lager skiljs via ett lager av organiskt material från underliggande naturliga material av sand och mo med någon inlagring av rottrådar. Det mellanlagrande skiktet av organiskt material utgörs i punkt Gr av torv, medan det utåt profilens bägge sidor övergår i mullhaltig fossil markhorisont. I mo- och sandskiktet påträffades vid grävningsarbetet till synes primärt inlagrade block. Blocken, som var av den storleksordningen att man tvingades till sprängning, anges förekomma någorlunda frekvent i stadens nordvästra delar med koncentration väster och nordväst om järnvägen.

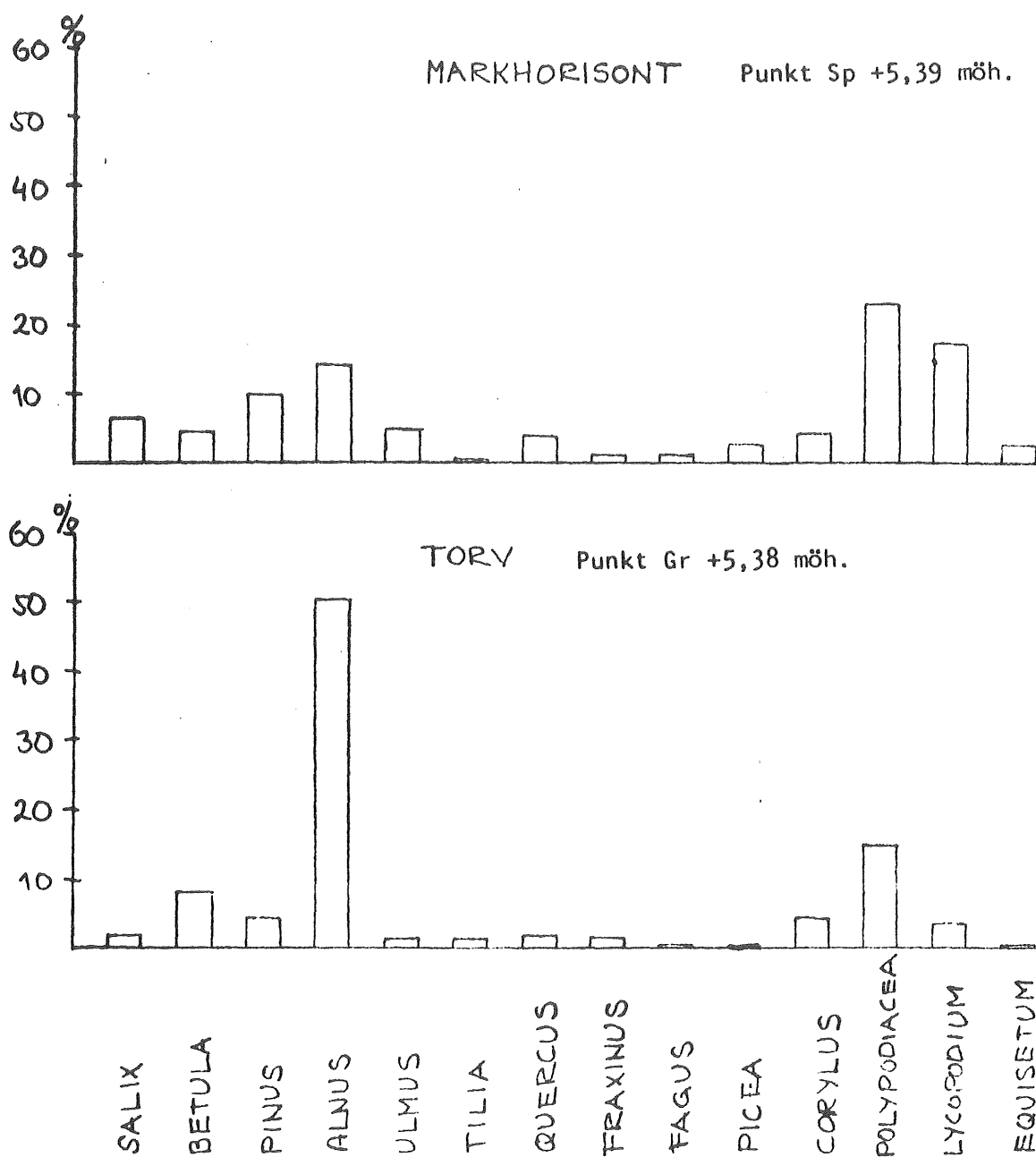
I profilens sydvästra del underlagras de moiga-sandiga sedimenten av en lerlins, som åt NO snabbt tunnas ut och övergår i mjäla och mo. Övergången till lerans synes ske successivt och utan skarp gräns. Lerskiktet underlagras

Från torvlagret har i punkterna Gr och Sp prover tagits för pollenanalys. Preparat framställdes efter acetolysmetoden. På grund av torvlagrets ringa mäktighet representerar pollenproverna hela skiktet och stapeldiagram över pollenfördelningen i de bägge punkterna upprättades som figur 45.

Endast trädpollen har räknats och dessa beräknas utgöra ca 60-70% av totala polleninnehållet. På grund av osäkerhet vid pollenidentifikationen utelämnades omkring 20% av pollenkornen, som identifierats som trädpollen. Totalt räknades från torven i punkt Gr 421 pollenkorn och från markprofilen i punkt Sp 348 pollenkorn.

Vid studium av stapeldiagrammen kan man dra följande slutsatser. Proverna härrör sig till samma jordlager. Trots individuella olikheter mellan de olika proverna kan man dock i staplarnas höjd utläsa samma genomgående trend. Vidare står det klart att det rör sig om en alkärrbildning med centrum i parkens centrala delar och som åt sidorna snabbt övergår i en dränerad markhorisont sådan den återfunnits i punkt Sp. Av lagerföljden och det stora örtpolleninnehållet att döma, är bildningen recent och det har också bekräftats från personer som känner till parkens öden att en överfyllnad av ett tidigare kärr utförts. I första omgången för kolonilotter och senare för parkanläggningen.

Kärr- och mossbildning inom ett område uppstår, när grundvattennivån når upp till markytan eller dess omedelbara närhet och därigenom en fuktälskande, torvbildande vegetation utvecklas. Ett grundvattenstånd så nära markytan kan ha två orsaker. Antingen ligger den allmänna grundvattenytan, på grund av topografiska och geologiska förhållanden, mycket ytligt, eller också är markens ytskikt impermeabelt, så att vatten blir stående i, eller strax under markytan.

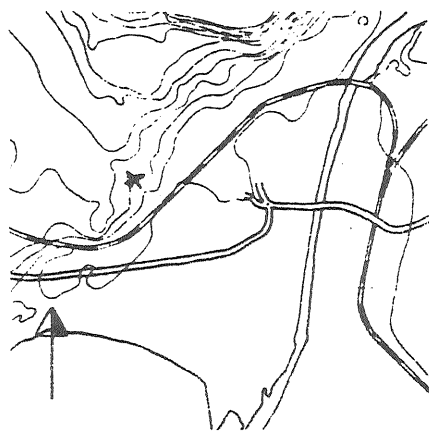
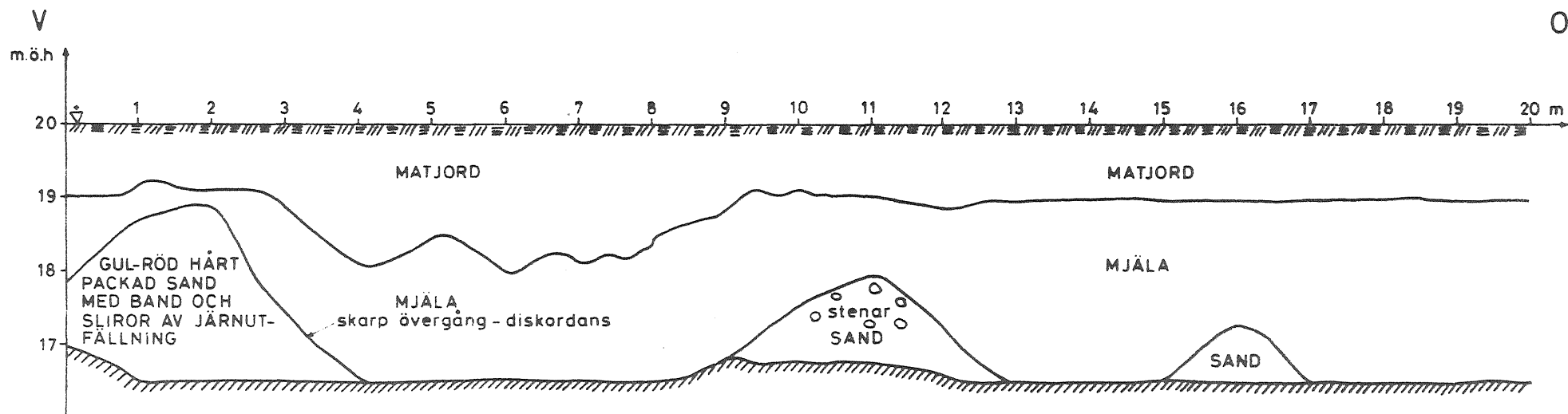


Figur 45. Pollenanalys från torvlager i parken vid Falkens väg, Halmstad. Pollenfloras treänd är liknande i de båda proverna och visar att proverna härrör från samma torvlager. Provpunkternas lägen framgår av figur 43.

I samband med exploateringen av området för villabyggelse lades omfattande ledningsnät för vatten och avlopp ut i området. Ledningsgravar och diken kan ha fungerat som dräneringskanaler med upptorkning och grundvattensänkning som följd. Torvbildningen kan ha utbildats i ett skede med högt naturligt grundvattenstånd, som i relativt sen tid avsänkts. Det antas att ett fuktigt område behåller sin karaktär av kärr eller mosse i åtskilliga 10-tals år efter en avsänkning av grundvattennivån.

Möjligen står orsaken till kärrbildningen, i stället för den ovan skisserade, att finna i de lerlinsor som finns inlagrade i de övre sandskikten. En sådan lerlins, som är belägen något under markytan, kan bilda en vattentät skål och ge mycket hög vattenhalt i de överliggande jordlagren. En sådan lerlins har också påträffats vid drivning av rör 5, 7 och 8. Huruvida denna lerlins kan ha orsakat den aktuella kärrbildningen är mycket svårt att avgöra. Avståndet från torvlagret ned till lerlinsen är ca 1,5 m, vilket med hänsyn till de i övrigt goda dräneringsförhållandena, bedöms som alldeles för mycket för att ge permanent fuktighet i markens ytskikt. Troligare är då att en tunnare lerlins, 5-10 cm bedöms som alldeles för mycket för att ge permanent fuktighet i markens ytskikt. Troligare är då att en tunnare lerlins, 5-10 cm bedöms tillräckligt, är belägen strax under torvlagret. Med den förhållandevis grova undersökningsmetod som använts i parken är ett marklager med 10 cm mäktighet lätt att missa. Speciellt om lagret inte utgörs av påfallande hårt material. Lerlinsen är förmodligen också kraftigt störd, eventuellt helt utsuddad, till följd av överfyllnaden. Med hänsyn till markens i allmänhet mycket goda permeabilitet och de anförda geologiska frågetecknen, framstår den senare teorin som mindre trolig.

Studiet av de övre markskikten i och omkring parken har i hög grad försvårats p g a liten tillgång till öppna



SKALA 1:50 000



SKALA 1:5000

Figur 46. Sektion från rörgrav strax öster om Västra begravningsplatsen. Sektionens läge framgår av kartorna till vänster.

schakter. Endast i ett fall har en öppen schakt, i en rörgrav strax öster om västra begravningsplatsen, kunnat studeras. Schaktväggen dokumenterades genom avritning och redovisas som figur 46. I schaktväggen togs också prov från det sandigare materialet, som siktades och visade en väl sorterad sandig mo. Den sandiga mon ligger hårt packad och överlagras, till synes diskordant, av mjåla. I det moiga skiktet ligger också, i till synes primärt läge, inlagrade stenar av upp till några dm:s storlek.

I anslutning till perkolationsanläggningen har en noggrannare hydrologisk inventering gjorts. Med hjälp av det något tätare observationsnätet i stadens centrala delar har en grundvattenkarta i skala 1:5.000, med 1 m nivålinjer upprättats över området. Se figur 47. Det betonas att observationspunkterna fortfarande är mycket få, varför kartan måste bli högst skissartad. Det har ändå ansetts meningsfullt att, med reservationer, redovisa bedömningarna över grundvattenströmningen vid och omkring perkolationsanläggningen. Eftersom avläsningar inte skett vid samma tidpunkter i samtliga rör, har medelvärden över en längre tid måst användas. Kartan anger grundvattenytans ungefärliga läge från juni - augusti 1976. Kartan har upprättats med stöd av angivna medelvärden och kännedom om grundvattenförhållandena i stort. Samtliga observationsrör anses kommunicera med grundvattnets huvudakvifer under den glaciala leran och i de omgivande glacifluviala sand- och gruslagren.

För att bedöma markytans infiltrationskapacitet i parkens naturliga marklager vid sidan om perkolationsmagasinet har infiltrometerförsök utförts på två närbelägna ställen i parken. Se figur 43. Vid försöken användes infiltrometrar av dubbelringstyp, som i princip fungerar så att ett litet markområde, som begränsats genom att en cylinder slagtis ner i marken, tillförs så mycket vatten som jorden kan ta upp. Jordens upptagningsförmåga bestäms genom att man noterar den vattenmängd som

per tidsenhet tillförs den inre ringen. I den yttre ringen tillförs också vatten. Genom att hålla vattenytan på ungefär samma nivå i de bägge ringarna, kan man undvika sidospredning av det vatten som infiltreras i den inre ringen.

Infiltrationskapaciteten vid de två försöken uppvisar höga värden. Försök A gav 450 mm/tim och försök B 150 mm/tim efter ca 2 timmar, då stationärt tillstånd kan anses ha uppnåtts.

I anslutning till infiltrometerförsöken togs tre stycken prover i de översta marklagren. Proverna togs som cylinderprov med hjälp av cylinderprovtagare.

Två prover togs med cylinderlängden 100 mm och ett med en cylinder av 50 mm länd. Alla cylindrarna hade en innerdiameter på 72 mm. Proverna togs direkt i markytan och omfattar således också de översta centimetrarna av gräsmatta. Efter provtagningen tillslöts cylindrarna med plastlock i båda ändarna och transporterades till laboratoriet. Med denna metod anses det att man får åtminstone tillnärmelsevis ostörda prover. I laboratoriet bestämdes sedan aktuell vattenhalt, fältkapacitet samt densitet vid torrt och naturfuktigt tillstånd. De angivna parametrarna har erhållits med gängse laboriemetoder. Provtagningspunkterna finns angivna på kartan, figur 43, och resultatet redovisas i tabell 3 nedan.

Tabellen visar som väntat stor homogenitet i marklagren. Prov A:1 avviker något från de övriga, främst vad vattenhalterna beträffar. Marken har här en större vattenhållande förmåga än i de två andra provpunkterna. Påpekas bör dock att prov A:1 avser den mindre cylindern, som ju med sin mindre provvolym är behäftad med något större procentuella felmarginaler. Någon skillnad i materialets mekaniska sammansättning mellan de olika proverna har inte konstaterats och trots felkällorna visar proverna klart, att det förkommer skillnader i markens struktur som påverkar förhållandet till vatten. Inhomogeniteten i mar-

ken torde vara störst i de ytliga delarna, som utgörs av fyllnadsmassor, och för perkolationsmagasinets del, som grävts ner under denna nivå, är troligen marklagren att betrakta som likartade.

Tabell 3. Provtagning med cylinderprovtagare. Prov A.1 är taget med 50 mm lång cylinder och prov A:2 och B är tagna med 100 mm cylindrar.

Prov nr	Densitet naturfuktigt g/cm ³	Densitet torr g/cm ³	Naturlig vattenhalt vol. %	Vattenhalt vid fältkap. vol. %
A:1	1,41	1,31	9,6	54,2
A:2	1,46	1,39	5,3	37,5
B	1,45	1,39	6,1	35,0

10 PERKOLATIONSMAGASIN I PILOTSKALA VID CHALMERS
av Stig Hård

Ett mindre infiltrations- perkolationsmagasin har utförts i anslutning till Chalmersområdet. Avsikten med detta mindre magasin i pilotskala är att under kontrollerade förhållande studera infiltrations- och perkolationsförloppet samt prova lämplig apparatur. Avsikten är även att få möjlighet att studera miljömässiga problem som kan tänkas uppkomma i samband med dagvatteninfiltration. Det har även varit angeläget att få till stånd ett närbeläget magasin tämligen omgående, eftersom perkolationsmagasinen i Halmstad och Bratthammar har blivit försenade.

En översiktlig geologisk kartering gjordes över Chalmersdalgången för att lokalisera anläggningen. Detaljstudier utfördes i friktionsmaterialzonen mellan det kala berget och torven-fyllningen som täcker leran inom större delen av dalgången.

Infiltrationsanläggningen förlades till Chalmersdalgångens västra del (fig. 48). Jordlagerföljden bedömdes här genom sticksondering och grävning av provgropar vara lämplig för lokalisering av en försöksanläggning. Jordlagerföljden utgöres kortfattat av, överst en ca 40 cm mäktig mulljord uppblandad med fyllning som underlagras av en stenig sandig jordart, vars mäktighet är ca 30 cm. Ca 70 cm under markytan utbreder sig moig lera.

En omfattande slagsondering (med bormaskin av typ Kobra) gjordes runt den planerade anläggningen. Sonderingsresultatet visar att berggrunden stupar ganska brant mot öster. Berggrunden låg som grundast ca 2,5 m under markytan. Detta värde är med god marginal tillräckligt för den planerade instrumenteringen.

Infiltrationsgropen schaktades för hand. Detta gjordes dels för att få så jämna väggar som möjligt dels för att väl dokumentera lagerföljden. I samband med schaktningen togs ett flertal jordprov för bestämning av bl a mekanisk

sammansättning, vattenhalt och halt av organiskt material. Infiltrationsgropen dokumenterades både genom fotografering och uppritning av samtliga schaktväggar där de skilda lagren noggrant inmättes.

Infiltrationsgropens mått är ca 1.55 x 1.15 x 0.90 m.

För att fördela vattnet jämnt i infiltrationsanläggningen placerades ett dränflexrör \varnothing 94 - 80 centralt i magasinets längdriktning. Ett antal genomföringar, 4 st \varnothing 150 mm och 8 st \varnothing 50 mm PVC-rör utplacerades i magasinet innan infiltrationen. Infiltrationsgropen fylldes med makadam. För att skydda infiltrationsanläggningen och dess instrument har ett skyddslock i PVC-plast konstruerats. Locket har utformats med öppningsbara luckor för att tillåta snabbt utförande av infiltrationsförsök och därtill hörande mätningar och provtagningar.

Följande instrumentering planeras:

Registrerande pegel

Porvattentryckspetsar (två typer)

Tensiometrar

Tjäldjupsmätare

Möjligheter till vattenprovtagning och ytterligare instrumentering finns genom att extra genomföringar har utsatts.

Figur 49 visar schematiskt infiltrationsanläggningen.

I anslutning till infiltrationsanläggningen har ett tvåtums grundvattenobservationsrör slagits. Vid neddrivning med sk hejarsondering, gjordes utförliga observationer och provtagningar för att på bästa möjliga sätt dokumentera lagerföljden.

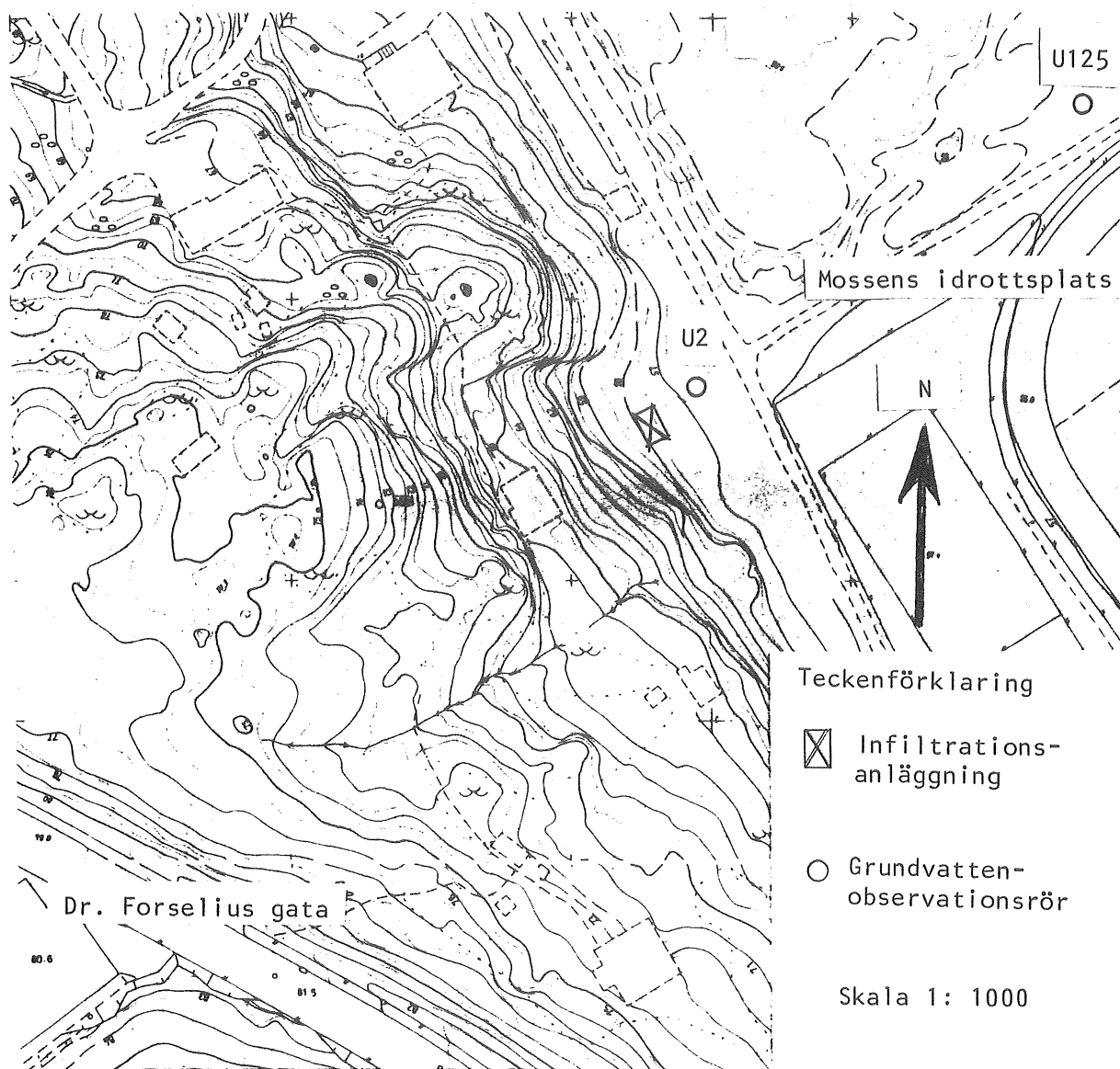
I Chalmersdalgången utföres även kontinuerliga nederbörds-mätningar vid en mätstation som handhas av institutionen för vattenbyggnad, CTH.

Avsikten med infiltrationsanläggningen är att under kontrollerade former styra infiltrationsförloppet och genom mätning och provtagning registrera förändringar i och utanför magasinet. Här ges även möjligheter att variera det inkommande vattnet med avseende på sammansättning, Ph, temperatur, etc. Miljömässiga aspekter på dagvatteninfiltration skulle därmed även kunna belysas.

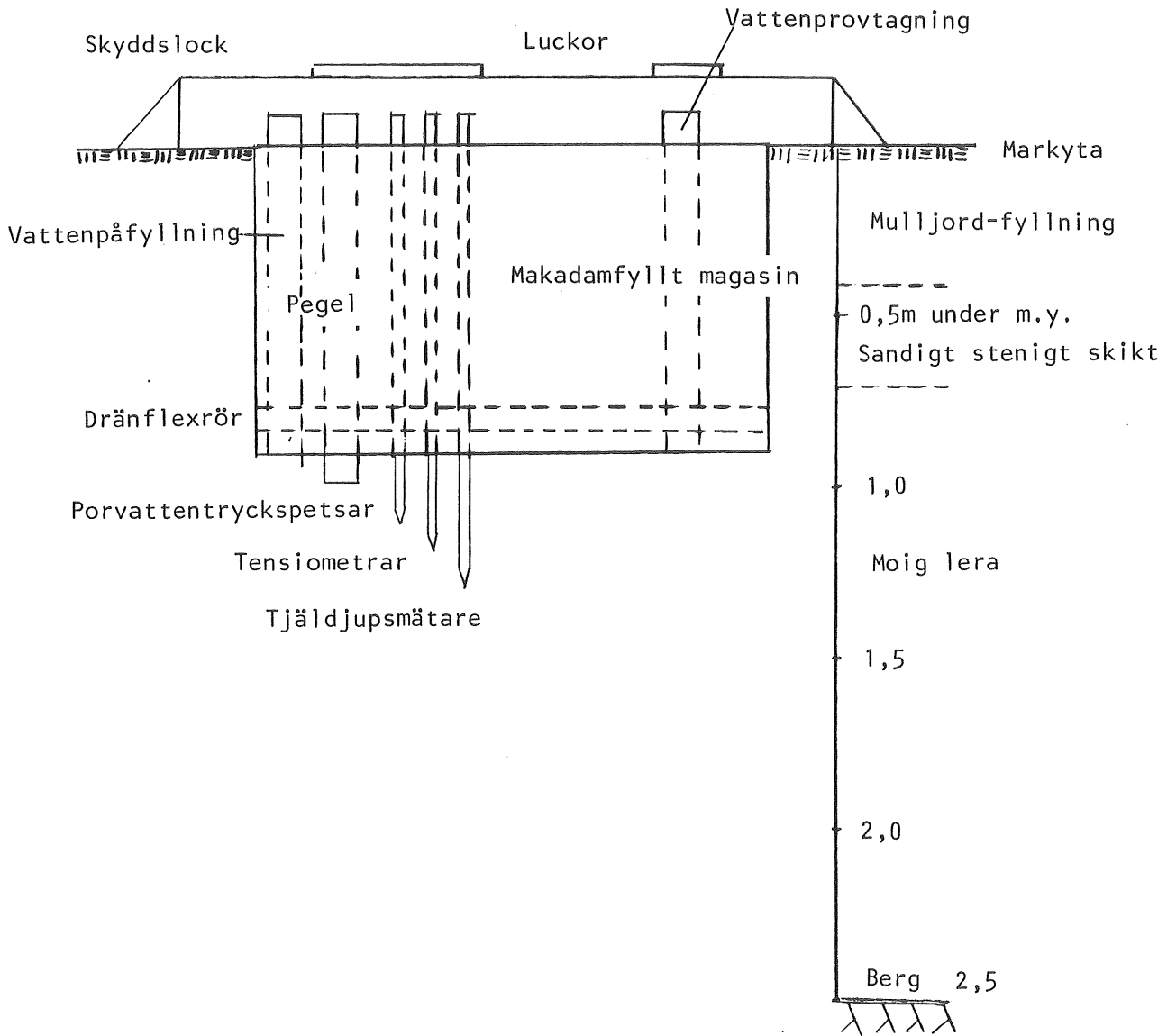
Avsikten med infiltrationsanläggningen har även varit att utarbeta samt utprova en ny metod för fältmätningar. Signaler från mätinstrumenten avses i första hand sändas via kabel till en central station där mätdata registreras på en bandspelare. Utvärdering av mätdata kan därmed väsentligen underlättas, eftersom banden direkt kan köras på Geologiska institutionens minidator.

Instrumentering av infiltrationsanläggningen pågår för närvarande.

Försöksverksamheten beräknas komma igång under våren 1977.



Figur 48. Situationsplan över infiltrationsanläggning i pilotskala.



Figur 49. Principskiss över infiltrationsanläggning i pilotskala. Skala 1:20.

11 MILJÖMÄSSIGA ASPEKTER PÅ DAGVATTEN av Stig
Hård

Det har framkommit att dagvatteninfiltration tekniskt är genomförbar under vissa yttre geologiska förhållanden. Huruvida dagvattnet kan betraktas som en resurs eller en belastning är till stor del beroende av dess miljömässiga inverkan.

Genom tidigare forskningsprojekt inom Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH har framkommit att ett komplext samspel råder i markzonen mellan biologiska, kemiska och fysikaliska processer. Under det pågående forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har detta samspel ytterligare aktualiserats. Inom ramen för projektet initierades sommaren 1976 en litteraturstudie av detta problemkomplex. Geohydrologiska forskningsgruppen fann det angeläget att arbeta vidare med miljöaspekterna och inlämnade i mars månad 1977 en ansökan om forskningsbidrag till Statens Naturvårdsverk. Projektet betecknades "Miljömässiga aspekter på dagvatten".

Miljöprojektet har delats upp i två etapper. Medel har beviljats för etapp 1, vilken för närvarande pågår.

Målsättningen under etapp 1 är att undersöka vilka delar av föroreningsproblematiken som måste beaktas vid dagvatteninfiltration samt att utarbeta ett detaljerat förslag för hur den vidare forskningen skall bedrivas. Etapp 1 bedrivs i samarbete mellan forskare inom Geohydrologiska forskningsgruppen och forskare från bl a Lantbrukshögskolan, Uppsala, Botaniska institutionen vid Göteborgs Universitet och avdelningen för Analytisk Kemi, CTH.

Målsättningen under etapp 2 planeras bli att utarbeta underlag för hur dagvatten kan hanteras och vilka föro-

reningar som kan tålas utan att olägenheter uppstår. Under etapp 2 är det även väsentligt att i detalj studera mekanismerna för såväl biologiska som fysikalisk-kemiska processer. Efter definition av potentiella föroreningsrisker vid dagvatteninfiltration kommer dessa att studeras dels i laboratorium och dels i befintliga försöksanläggningar som Halmstad, Bratt- hammar och i den uppförda försöksanläggningen i pilot- skala vid CTH. Den resurskrävande delen av projektet beräknas avslutas efter ca 2 år. Därefter behövs en längre tids uppföljning av fältförsöken för att bli klarlägga långtidseffekter.

Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelopemetoden

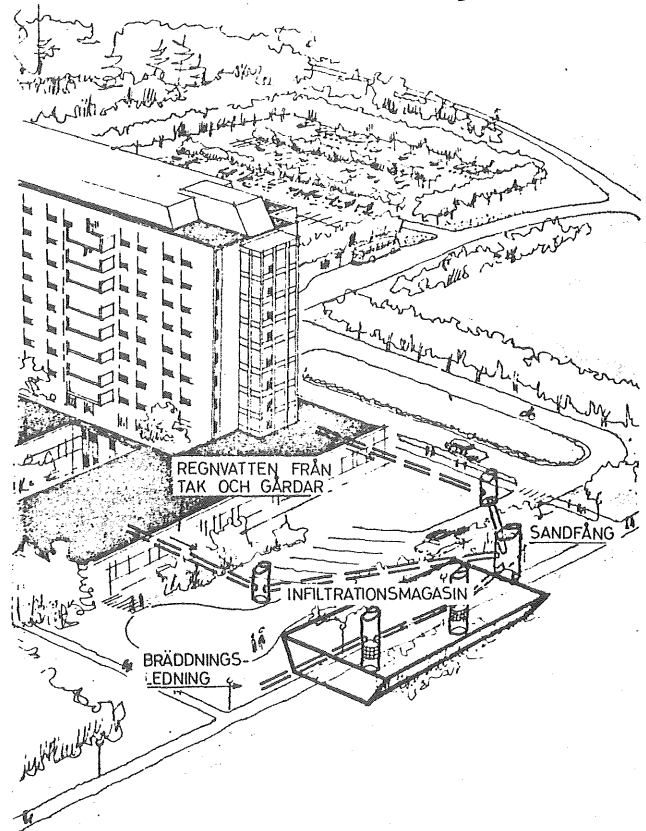
Klas Cederwall* – Anders Eriksson**

Regn som faller på täta ytor inom ett bebyggelseområde måste tas om hand på något sätt. Det finns alternativ till den traditionella dagvattenavledningen som visat sig fördelaktiga tekniskt-ekonomiskt. I denna artikel diskuteras dimensioneringsfilosofi men också tekniska lösningar och praktikfall för lokal magasinering och infiltration av regnvatten i urbana områden

Alternativ dagvattenhantering

På senare år har intresset ökat för alternativa system för lösning av dagvattenproblem. Inom VA-tekniken har man av tradition projekterat dagvattensystem som ger en så effektiv uppsamling av regnvatten som möjligt inom bebyggelseområdenas täta ytor — tak, gator, parkeringsytor. Regnvattnet, eller dagvattnet som vi då benämner det, avleds i kombinerade system (tillsammans med spillvattnet) eller i separat ledningssystem (skilt från spillvattnet). Den traditionella lösningen på "dagvattenproblemet" innebär ju att vi betraktar dagvattnet just som ett problem. Vi ser till att dagvattnet avleds från bebyggelseområdet till en närliggande recipient eller reningsverk. Vid kombinerade ledningssystem kommer en stor del av dagvattnet att bräddas till recipienten tillsammans med obehandlat spillvatten. Ett annat problem som sammanhänger med häftiga regn är översvämningar. Speciellt besvärliga är källaröversvämningar, när ledningssystemets hydrauliska kapacitet ej räcker till.

I stället för att betrakta dagvattnet i det urbana området som en belastning och ett problem kan vi se på det som en vattenresurs. Det ligger då nära till hands att försöka infiltrera¹ så stor del av dagvattnet som möjligt inom det urbana området och helst i ungefär samma utsträckning som när området var opåverkat av bebyggelse. Naturens sätt



att "avleda" regnvattnet blir helt annorlunda än det traditionella dagvattensystemets avledning via asfaltytor rännstenar och ledningar. I naturen finns ett omfattande system av yt-, mark- och grundvattenmagasin som ger en i allmänhet mycket effektiv flödesutjämning och tidsfördröjning av det hydrologiska förloppet nederbörd — avrinning, se fig 1.

Det här leder fram till ett nytt sätt att betrakta dagvattnets optimala hantering där just tekniska möjligheter och fördelar av "magasinering och infiltration vid källan" blir en väsentlig fråga att studera. För att omsätta denna princip om "lokalt omhändertagande av dagvattnet" i praktiskt ingenjörarbete pågår bl a i Byggeforskningsrådets regi en del undersökningar [1, 2].

Fördelar — nackdelar

En alternativ dagvattenhantering baserad på lokal magasinering och infiltration av regnvattnet i urbana områden kan ge följande fördelar:

1. mindre investeringsbehov i ledningsnät,
2. mer flexibla och utbyggbara VA-system,
3. eliminering eller reducering av störningar på grundvattenbalansen och på vegetationen,

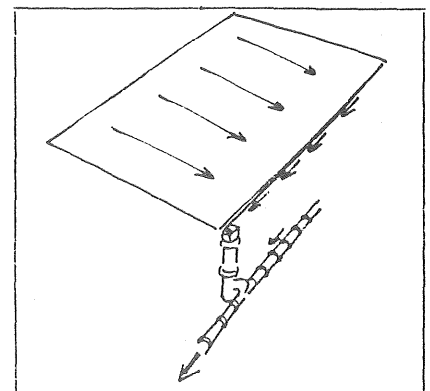
¹ Med infiltration avses enligt geohydrologisk nomenklatur regnvattnets inträngande i marken medan den fortsatta strömningen ned mot grundvattenytan kallas perkolation. I denna text används dock termen infiltration även när vatten på konstgjord väg leds ner i jorden, t ex via öppna ledningsskarvar, öppna dagvattenbrunnar eller hålrumsmagasin.

4. jämnare belastning på reningsverk — förbättrad drift,
5. minskad stöbelastning på recipienter.

Där dagvattnet är starkt förorenat kan problem uppstå genom kvalitetsförsämring av grundvattnet. Tak- och gårdsvatten är dock som regel relativt litet förorenat och lämpar sig väl för infiltration. Även dagvatten från gång- och parktytor är förhållandevis rent men påverkas tidvis av saltning och sandning. Om saltning och sandning utförs med de försiktighetsåtgärder som Statens Vägverk tillämpar bedöms även detta vatten kunna infiltreras utan risk för skadeverkningar på grundvattnet och växtligheten. Dagvatten från gator, trafikplatser och industriområden är mest

Vinjettbilden visar ett infiltrationsmagasin för tak- och gårdsytor för Dalens sjukhus. Sjukhuset ligger vid sidan av åsen men infiltration kan där ske i en sandavlagring, jfr också fig 9

Principskiss 1. Traditionell dagvattenavledning



* Professor
KTH, Inst för vattenbyggnad
** Geolog
Allmänna Ingenjörbyrå AB

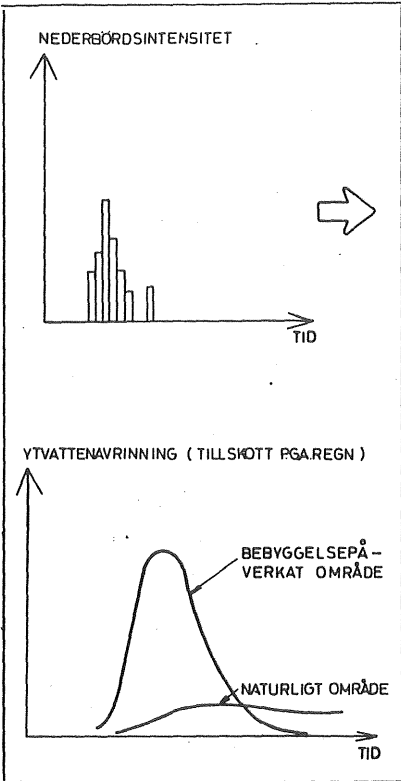


Fig 1. Principskiss förloppet nederbörd — avrinning för bebyggelsepåverkat resp opåverkat område

förorenat och kan ej infiltreras utan närmare studier. Om vattentäkter eller potentiella vattentillgångar kan påverkas av dagvatteninfiltrationen bör speciell försiktighet iakttagas.

Utformning av infiltrationsanläggningar

Fig 2 a och b visar hur perkolationsmagasin och infiltrationsbrunnar i princip kan utföras. Magasinsvolymen utgörs i regel av grovporösa fyllningar — makadam, i vissa fall sprängsten — som genom sin effektiva volym (hålrumsvolym) ger möjlighet till flödesutjämnning och tidsfördröjning av tillrinnande dagvatten men magasinerna ger också möjlighet till infiltration som innebär både tillskott till grundvattenbildningen och minskad dagvattenavledning till det yttre dagvattennätet. Driftproblem på grund av igensättning, tjälning m m måste beaktas vid utformningen av infiltrationsanläggningen. Magasinets tendens till igensättning kan prognosticeras om dagvattnets halt av suspenderade ämnen är känd och anläggningen kan förses med filter så som framgår av fig 3. Med regelbundet byte av filter kan en god funktion säkerställas.

Den naturliga jordprofilens (jordlagerföljden) permeabilitet bestämmer magasinets yta och infiltrationskapaciteten. Magasinerna förläggs i första hand till platser där de hydrogeologiska förhållandena ger gynnsamma infiltrations-

Principskiss 2. Lokalt omhändertagande av dagvattnet

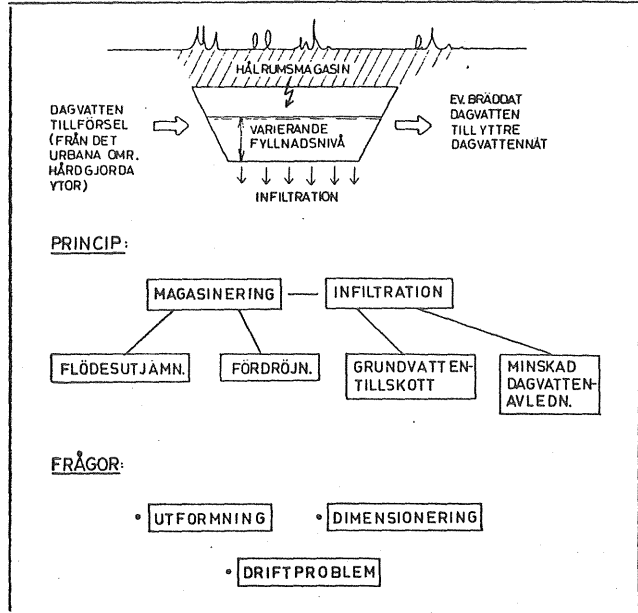
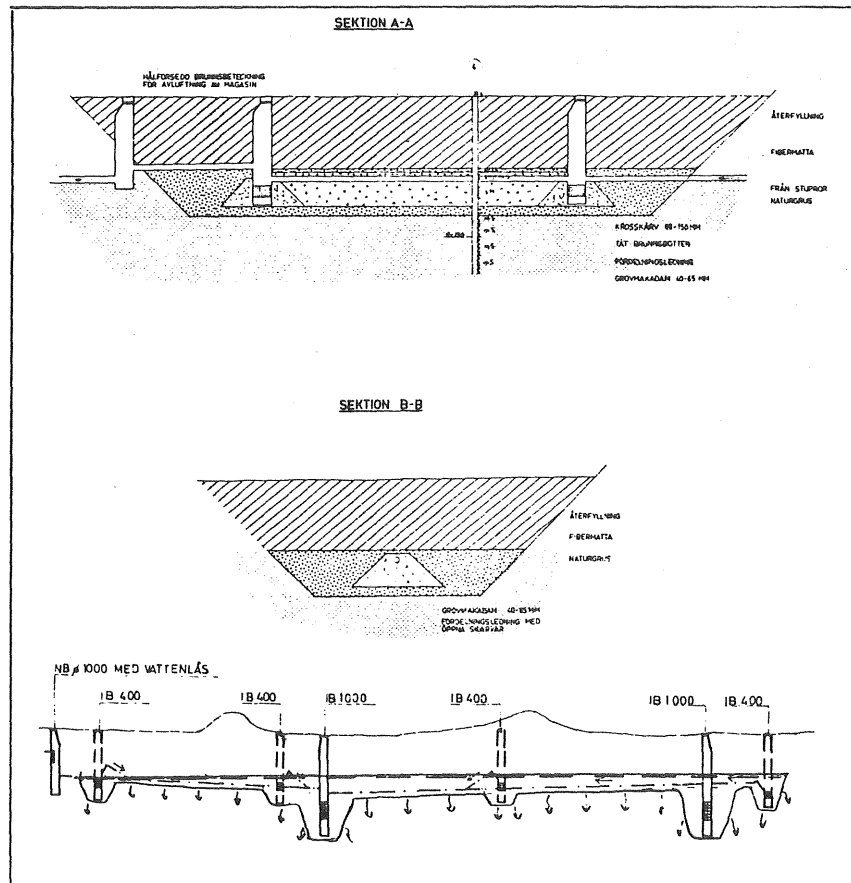


Fig 2 a. Större infiltrationsmagasin b. Profilskiss av infiltrationsystem på gård



betingelser. Om magasinets botten ligger ett stycke ovan grundvattennivån så är också det nödvändiga hydrauliska villkoret för infiltration — perkolations uppfyllt.

Infiltrationsanläggningar kan utföras med eller utan bräddningsmöjlighet till ett yttre dagvattennät. I områden med mycket gynnsamma infiltrationsmöjligheter bör infiltrationsmagasin kunna utformas utan bräddningsanordning även om man innan driftserfarenhet vunnits

bör man till viss försiktighet. Det är med hänsyn till konsekvenser av en eventuell överdämning bättre att utföra flera och små magasin än färre och större anläggningar i ett område där dagvattnet skall infiltreras. Om dagvattenledningarna inne i ett bebyggelseområde läggs med öppna skarvar och återfyllnad i ledningsgravarna sker med permeabelt material så ger detta möjlighet till avsevärd infiltration. Efter viss tid kan dock problem uppstå med in-

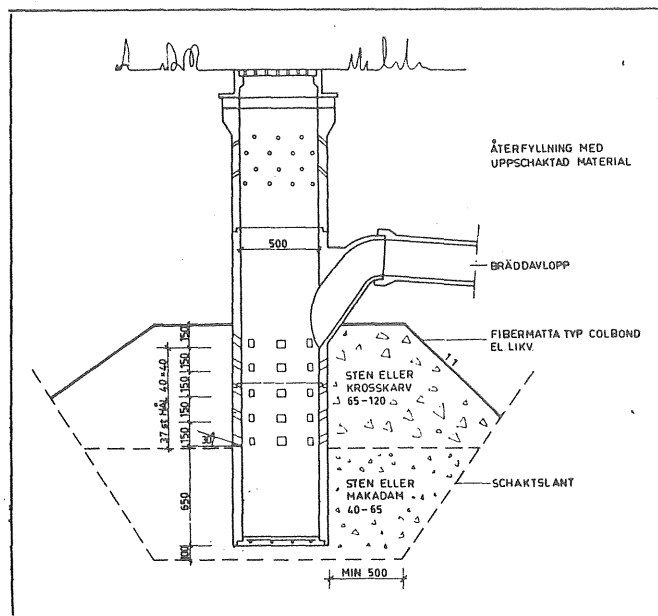
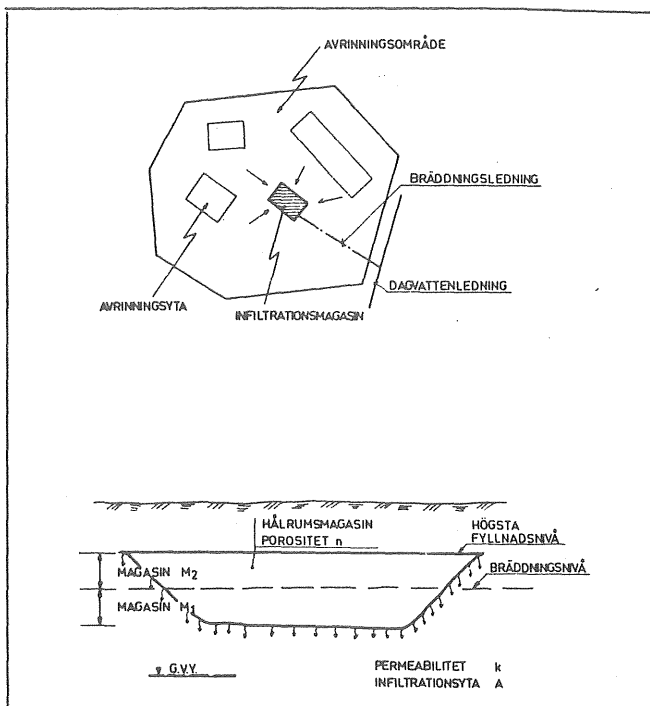


Fig 3. Infiltrationsbrunn 500

Fig 4 (t h). Schematisk skiss av infiltrationsmagasin



trängning av sand och rötter i dessa skarvar. Fig 2 b visar hur infiltrationsbrunnar kan utföras med hydraulisk kommunikation mellan brunn och anslutande ledningsgravar, vilket ökar de verkamma infiltrationsytorna. Bräddning och infiltration från tex ett system av infiltrationsbrunnar kan arrangeras antingen så att bräddning till yttre dagvattennätet endast sker vid stora regn eller också omvänt att överledning till hålrumsmagasin endast kommer till stånd vid kraftiga regn. Dagvattens kvalitet blir avgörande för systemutformningen — för mer förorenat dagvatten kan det vara önskvärt att avleda detta till dagvattennätet medan infiltrationsmöjligheten utnyttjas huvudsakligen för att avlasta nätet vid extrema regntillfällen, se fig 3.

Konventionell dagvattenavledning från tex ett bostadsområde innebär normalt att grundvattenbildningen via nederbördsinfiltration reduceras. Därvid erhålls större reduktion vid tät och mindre reduktion vid gles bebyggelse. Med fullt utbyggda infiltrationsanläggningar i ett glest bebyggt område kan grundvattenbildningen sannolikt hållas uppe vid normal nivå, vilket innebär stora fördelar ur grundvattenbalanssynpunkt.

Dimensionering av infiltrationsmagasin

Dagvattenmagasin bör dimensioneras så att endast regn — intensiva regn eller längre sammanhängande regn — med visst valt statistiskt återkomstintervall ger bräddning eller översvämning. Detta innebär att bräddning till dagvattennätet men också eventuell översvämning i anslutning till infiltrations-

magasin kommer att ske i kalkylerbar omfattning och frekvens i enlighet med beräkningsantagande. Kan området inte tåla sådan lokal översvämning måste dimensioneringen ta hänsyn till detta annars bör överbelastning kunna accepteras någon eller några gånger på såg en tioårsperiod.

Olika metoder för dimensionering av utjämningsmagasin har diskuterats av Bergström i en nyutkommen VAV-publication [3]. Han redovisar metodik med förenklade regleringsberäkningar som med regndata och aktuell magasin-funktion ger erforderlig magasinvolym. Paus, Andersson och Carlstedt [1] diskuterar dimensionering av perkolationmagasin och föreslår att man låter magasinvolymen bestämmas av största dygnsregnet med två års återkomstintervall. De anger också att magasinet bör utformas så att fyllt magasin kan tömmas av infiltration på högst fyra dygn. Den beräkningsmetodik som här anges ansluter nära till det av Bergström redovisade dimensioneringsförfarandet för utjämningsmagasin.

Regnvelopemetoden

För att beskriva hur dimensionering av infiltrationsmagasin kan ske enligt regnvelopemetoden så antar vi att vi skall dimensionera en infiltrationsanläggning som ligger centralt i ett avrinningsområde. Bräddning från magasinet kan ske till ett yttre dagvattennät, varför vi kan betrakta anläggningen som bestående av två delmagasin, se fig 4. Anläggningen fungerar så att bräddning träder i funktion först då magasin M_1 är fyllt. Beräkningsförutsättningarna är vidare att hela magasinet endast får fyllas av

regnsituationer med återkomstintervall T är, vilket alltså innebär att sannolikheten för att högsta fyllnadsnivån i magasinet skall överskridas ett visst år är $\frac{1}{T}$. Regnvattnets rinnitider från avrinningsytor till magasin försummas i jämförelse med den tid som är representativ för fyllning och tömning av magasinet i samband med regn.

Vi inför nu följande beräkningsvariabler (en del givna per hektar avrinningsyta).

$N_T(t)$ (maximal) ackumulerad nederbörd uttryckt i m^3/ha avrinningsyta för regn med varaktighet t och återkomstintervall T , $N_T(t)$ är den s k regnvelopen ($1 m^3/ha = 0,1 mm$ nederbörd),

A infiltrations-perkolationsmagasinen infiltrationsyta i m^2/ha ,

k permeabilitetskoefficient för omgivande jord,

q bräddningsflöde i $m^3/s \cdot ha$. För enkelhets skull antages q konstant då M_1 är fyllt och lika med noll då M_1 ej är fyllt. Alternativt kan ett avbördnings-samband anges mellan q och fyllnadsgraden av M_2 .

f infiltrationsfunktion = $k \cdot A$ (hydrauliska gradienten antages lika med ett) $m^3/s \cdot ha$,

F ackumulerad infiltration m^3/ha ,

M_1, M_2 magasinsskikt enligt fig 4 i m^3/ha ,

n magasinsskiktens porositet,

a avrinningsfaktor = relativa andelen täta ytor i avrinningsområdet.

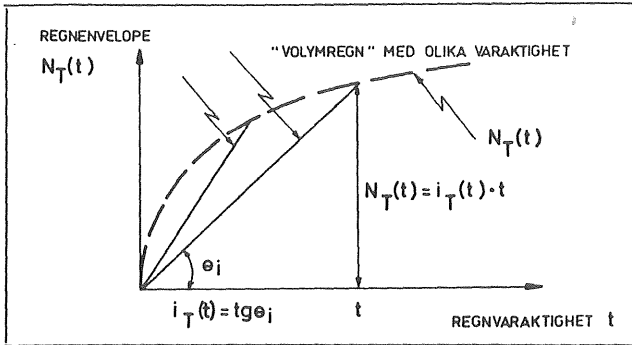


Fig 5. Definition av regnvelope

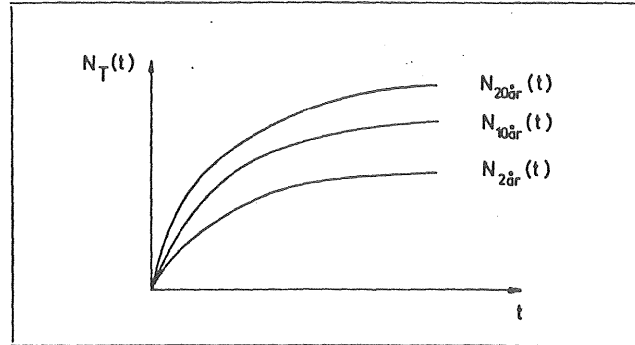
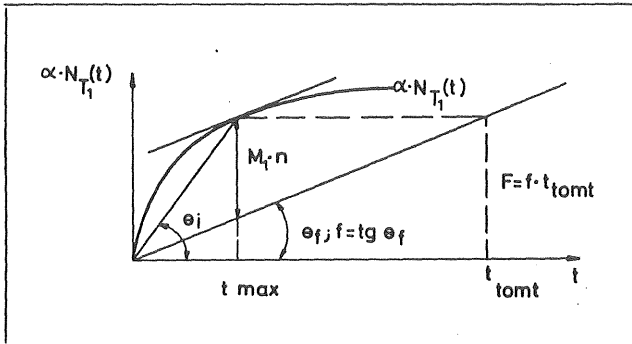
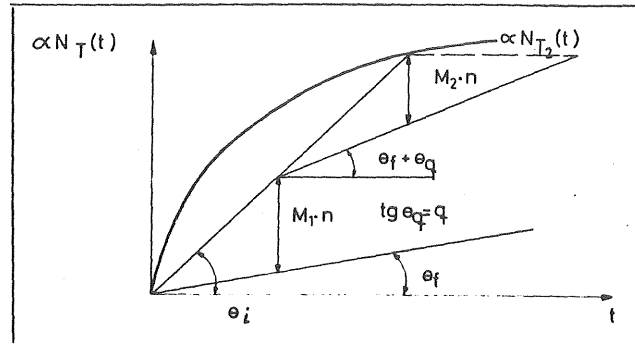


Fig 6. Principiellt utseende av olika regnvelopekurvor

Fig 7. Sambandet mellan $M_1 \cdot n$, F och $N_T(t)$ grafiskt återgivet. $N_T(t)$ har multiplicerats med α i diagrammet för att motsvara verklig avrinningFig 8. Grafisk bestämning av delmagasin M_1 och M_2 . Erforderligt värde M_2 erhålles genom att pröva olika regn $i_T(t)$.

Vi antar som en rimlig beräkningsapproximation att alla de "volymregn" (med avseende på regninnehåll) som beskriver regnvelopen $N_T(t)$ är sk "blockregn", dvs de ger en regnintensitet $i = \frac{N_T(t)}{t}$ som är konstant under

varaktigheten t , se fig 5.

Fig 6 visar hur man kan upprita $N_T(t)$ -kurvor för en viss region som då baseras på nederbördsdata för kortvariga, intensiva regn (regnvaraktigheter under en timma) men också data över mer ihållande regn erfordras. Framräkning av sådana kurvskalor för några olika platser i Sverige sker nu inom ramen för ett BFR-projekt [2]. Av speciellt intresse är bearbetning av regn med varaktigheter upp mot ett dygn. I vårt beräkningsmagasin dit vi antar tillrinningen motsvaras av antagna blockregn (rinntider i avrinningsområdet försummas), inträffar bräddning för ett visst volymregn motsvarande regnvelopen $N_{T_1}(t)$, vilket är grafiskt åskådliggjort i fig 7.

Fig 7 visar att för given infiltrationsfunktion f , som även antagits vara konstant, fås ett största erforderligt magasinbehov $M_1 \cdot n$ för ett volymregn $i_{T_1}(t_{\max})$. Magasinet är tomt igen efter ett sådant regn vid tiden t_{tomt} räknat från regnstart.

Vid vissa volymregn med återkomstintervall T_2 kommer även magasin M_2 att kunna fyllas. Detta åskådliggörs i fig 8.

Testning och utveckling av beräkningsmetodiken

Vid dimensionering av infiltrationsanläggningen kan ytterligare villkor tillkomma t ex vad gäller maximal tillgänglig fyllnadshöjd eller area i magasin. Dimensionering av utjämningsmagasin kan ske på liknande sätt — infiltrations- och/eller bräddningsfunktion ersätts då av tömnings- och/eller bräddningsfunktion. I princip gäller att magasin med liten infiltrations- eller perkolationskapacitet eller låg tömningskapacitet kommer att dimensioneras av nederbördsrika regn med längre varaktighet medan mer utpräglad infiltrations-perkolationsmagasin volymmässigt måste dimensioneras för intensiva, kortvariga regn. I viss mån kan detta modifieras genom magasinens utformning — för t ex ett magasin med förhållandevis stor yta förstärks infiltrationskapaciteten och vice versa.

De införda beräkningsförutsättningarna — dimensionerande volymregn är av blockregnskaraktär alltså med konstant medelintensitet under viss regnvaraktighet varvid inverkan av eventuella sk för- och efterregn försummas — innebär en förenkling av verkligheten. I anslutning till det tidigare nämnda BFR-projektet [2], som innebär en funktionsstudie av utförda infiltrationsanläggningar i ett egnahemsområde i Göteborg, kommer den föreslagna beräkningsmetodiken att närmare testas och utvecklas.

I områden där infiltrationsmagasinen ligger glest måste hänsyn tas till regnell eller dagvattnets flyttider. Den nu beskrivna regnvelopemetoden modifieras då på så sätt att för varje infiltrationsmagasin beräknas i ett "retardationsdiagram" den sammanlagda tillrinningen varvid hänsyn tas till rinntiderna från olika delar.

Praktikfall

Projekteringen av infiltrationsanläggningar för ett ca 10 ha stort område — kvarteret Dalen i stadsdelen Gamla Enskede söder om Stockholm — pågår för närvarande. Här har dagvattenavledningen planerats så att lokal infiltration kommer att ske i så stor utsträckning som möjligt, se fig 9 och vinjetten. Då en stor del av kvarteret ligger på den nedschaktade delen av Stockholmsåsen är förutsättningarna för infiltration mycket gynnsamma i området.

På kartan över kvarteret framgår de möjligheter till dimensionsminskningar i det yttre dagvattennätet som föreligger genom den planerade dagvatteninfiltrationen.

Sammanfattning

Intresset för alternativa system för dagvattenhantering har ökat på senare tid. Skälen till detta är flera, dels står vi inför kostsamma omläggningar av framför allt äldre kombinerade ledningssystem som fungerar dåligt ur miljösyn-

Fig 9. Kvarteret Dalen, Gamla Enskede. Planerad infiltration av dagvatten från tak och gårdar. Möjligheter till dimensionsminskningar i det yttre dagvattennätet möjliggörs av den omfattande dagvatteninfiltrationen

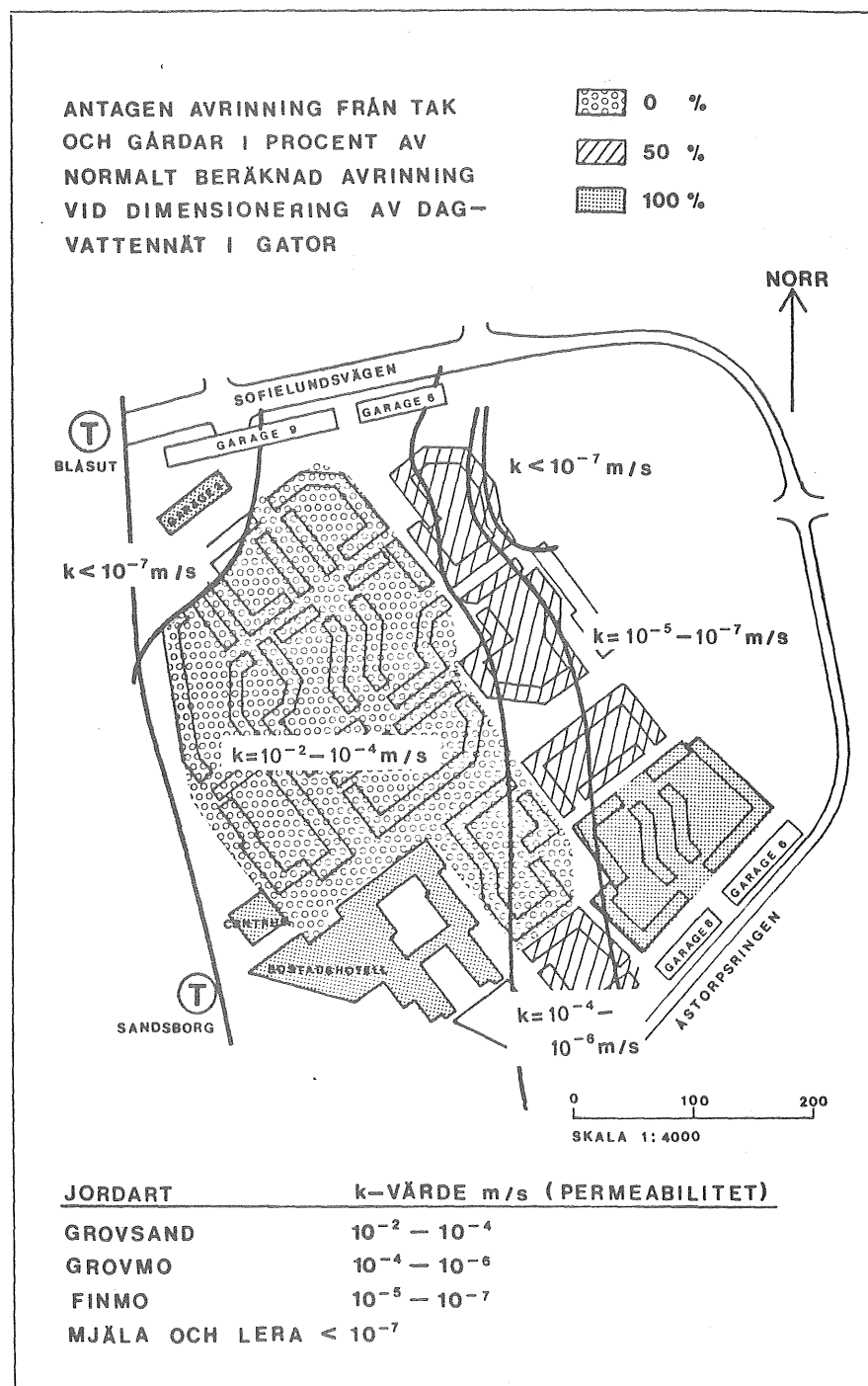
punkt och där en minskning av dagvattenflödet är viktigt, dels kan traditionell dagvattenavledning vara en av flera möjliga samverkande orsaker till en rubbning av grundvattenbalansen som ofta blir kostsam för bebyggda, sättningskänsliga lerområden. Utjämning av flödesvariationer genom magasinering av uppsamlat regnvatten i kombination med infiltration-perkolation i sådana magasin kan då innebära flera fördelar. Praktiska försök pågår på en del håll med stöd av Statens Råd för Byggnadsforskning för att studera sådana infiltrationsanläggningars funktion i olika geohydrologiska områden vid olika systemlösningar. Som ett led i detta arbete har i denna artikel diskuterats en enkel metodik för dimensionering av perkolationsmagasin. En bearbetning av tillgänglig nederbördsstatistik i form av framtagning av regnenveloper för olika områden planeras. Detta kommer att ske inom ramen för ett BFR-projekt rörande "Lokalt omhändertagande av regnvatten" som är knutet till CTH [2]. □

Summary

Design of infiltration storages

by Klas Cederwall and Anders Eriksson

The interest in alternative methods for taking care of the storm-water in urban areas has increased substantially during the last few years. There are many reasons for this. The performance of many old combined sewer systems is not acceptable from the environmental point of view and one way of reducing diversion of sewage to the recipient is to infiltrate locally a larger portion of the storm-water. This has also the advantage of increasing the rate of ground water replenishment — which is often substantially reduced in urban areas. This is essential in clay areas sensitive



to lowering of the ground water pressure.

Infiltration basins are integrated within the storm-water net works and located if possible to areas where the geohydrological conditions are favourable for infiltration. They provide for increased infiltration and hence a reduction of the amount of storm-water that is conveyed out of the area but the basins also produce — and this is the primary effect in urban areas with less permeable ground — a levelling of the storm-water flow (the storage effect).

In this paper a design method for infiltration storages is discussed. Cumulative rain curves corresponding to varying return periods are drawn, see fig. 5.

The discharge to the basin is then a linear function of the time from rain start if the rain intensity is assumed to be constant during the rain duration. The required volume of the storage can then be determined graphically by introducing infiltration functions as illustrated in fig. 7.

Referenser

- [1] Paus, K - Andersson, R - Carlstedt, B: Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Rapport R23: 1974, Byggnadsforskningen
- [2] Lokalt omhändertagande av dagvatten — hydrologiska förutsättningar. BFR-projekt 750947-5, CTH
- [3] Utjämningsmagasin i avlopps-nät. Svenska Vatten- och Avloppsverks-föreningen, Publ VAV P31, 1976

Chalmers tekniska högskola

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för
Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01--1973-03-01). 1973. 100 sidor. 20:-. (Utgången).
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor. 20:--.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor. 15:--.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätartyper. 1973. 39 sidor. 15:- (Utgången).
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926 - 1971. 1974. 68 sidor. 20:--.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01--1974-02-01). 1974. 167 sidor. 20:-
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. 15:--.
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. 20:-- (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. 15:-- (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. 15:-- (Utgången).
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Rapport från arbetsgruppen "Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper". Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. The character and properties of urban storm water results from investigations in Stockholm and Gothenburg 1969-1972. English summary. 1974. 46 sidor. 20:--.
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda om-

- råden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975. 50 sidor. 15:-.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor. 20:-.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Urban storm water quality. Interim report from a study in Gothenburg. English summary. 1975. 73 sidor. 20:-. (Utgången).
- nr 15 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt, Anders Sjöberg och Gilbert Svensson: Dagvatten, Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975. 1976. 33 sidor. 15:-.
- nr 16 Leif Andréasson, Leif Carlsson, Klas Cederwall, Bengt-Arne Torstensson och Per Wedel: Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975. 1976. 43 sidor. 15:-.
- nr 17 Olov Holmstrand: Markvattenundersökningar i ett urban område. 1976. 127 sidor. 25:-.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 130 sidor. 25:-.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. In English. 1977. 30 sidor. 15:-.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor. 15:-.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov - 17 dec 1976. 1977. 61 sidor. 15:-.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor. 25:-.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 1977. 29 sidor. 20:-.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor. 15:-.
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01--1977-01-31. 1977. 120 sidor. 25:-.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En invertering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. (Under utskrift).

- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor. 25:-.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01--1977-11-30. 1978. 69 sidor. 20:-.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor. 20:-.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor. 15:-.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård : Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor. 25:-.