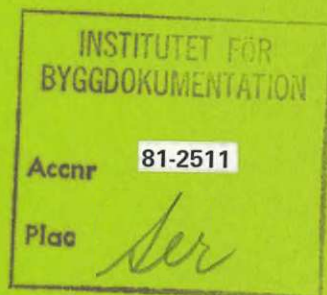


Lokalt omhändertagande av dagvatten

Uppföljning inom Tegelhagen,
Sollentuna

Kjeld Paus
Bo Carlstedt
Runar Andersson



R144:1981

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN
Uppföljning inom Tegelhagen, Sollentuna

Kjeld Paus
Bo Carlstedt
Runar Andersson

Denna rapport hänförs sig till forskningsanslag
770997-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till BPA Byggproduktion AB och Scandiaconsult AB,
Stockholm.

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

R144:1981

ISBN 91-540-3626-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 133447

INNEHÅLL

FÖRORD.....	5
1 BAKGRUND.....	6
2 MÅLSÄTTNING.....	7
3 ANLÄGGNINGAR FÖR MAGASINERING OCH PERKOLATION.....	9
3.1 Uppföljning.....	9
3.1.1 Geologiska och geohydrologiska förhållanden.....	9
3.1.2 Bebyggelse.....	9
3.1.3 Beskrivning av utförda anläggningar.....	13
3.1.4 Anordningar för uppföljning.....	17
3.1.5 Observationer.....	17
3.1.6 Detaljundersökning av de hydrauliska förhållanden vid ett magasin.....	24
3.1.7 Utvärdering.....	24
3.2 Alternativa utföranden och kostnads- jämförelse.....	27
3.2.1 Beskrivning av utförd anläggning för magasinering och perkolation.....	27
3.2.2 Beskrivning av projekterad anläggning för konventionell dagvattenavledning enligt duplikatsystem.....	28
3.2.3 Jämförelse av anläggningskostnaderna för de båda olika utförandena.....	28
3.2.4 Utvärdering.....	33
4 ANLÄGGNINGAR FÖR INFILTRATION.....	35
4.1 Beskrivning av utförda anläggningar.....	35
4.2 Anordningar för uppföljning.....	38
4.3 Observationer.....	41
4.3.1 Nederbörd.....	41
4.3.2 Magasinsuppfyllnader.....	43
4.3.3 Avrinning i brunnar.....	43
4.3.4 Jordarter.....	45
4.3.5 Infiltrationsytors funktion, vegetations- uppföljning.....	46
4.3.6 Övriga observationer.....	47
4.4 Kompletterande prov.....	52
4.5 Utvärdering.....	53
4.5.1 Allmänt.....	53
4.5.2 Artificiellt regn.....	56
4.5.3 Påfyllning magasin M10.....	57
4.5.4 Vegetation m m.....	58
5 SAMMANFATTNING.....	59
6 LITTERATUR, REFERENSER.....	62

FIGURFÖRTECKNING

FIG. 1	Schematisk redovisning av forsknings- etapperna för regnvattenavledning på nytt sätt	8
2	Översiktsplan, GW- och SW-rör	10
3	Profil genom utbyggnadsetapp 1	11
4	Situationsplan utbyggnadsetapp 1	12
5	Översiktsplan med utförda magasin.....	14
6	Perkolationsmagasin, utförande	15
7	Nivåinstrument i magasin.....	16
8	Grund- och sprickvattenstånd, rör 2-4 och 14	18
9	Grund- och sprickvattenstånd, rör 5-6 och 12-13	19
10	Grund- och sprickvattenstånd, rör 7-10	20
11	Vattenstånd i magasin M3	21
12	Vattenstånd i magasin M8	22
13	Vattenstånd i magasin M10	23
14	Plan över utfört ledningsnät för magasinering och infiltration	29
15	Plan över projekterat konventionellt ledningsnät enligt duplikat system	30
16	Infiltrationsyta 1a	36
17	Infiltrationsyta 1b	37
18	Infiltrationsyta 2a	39
19	Infiltrationsyta 2b	40
20	Överfallsskibord och skålpegel	41
21	Mekanisk matjordsanalys från prov nr 58, infiltrationsyta 1a	49
22	Plan med platser för matjordsprover och provtagningpunkter	50
23	Bräddningseffekt av artificiellt regn	51
24	Uppfyllnad av magasin M10 med 715 l/min	51

FÖRORD

Erfarenheter beträffande tidigare försök med regnvattenavledning genom magasinering och perkolation har redovisats i rapport R 23:1974 och R 140:1979 från byggforskningen. Rapporterna innehåller uppföljning, metoder och projekteringsråd som utarbetats på grundval av erfarenheter i huvudsak från ett flertal bostadsområden.

Erfarenheterna från ett av de första projekten med liknande markförhållanden har använts inom Tegelhagenområdet i Sollentuna, där perkolationsmagasin utförts och dimensionerats efter projekteringsråden i rapport 23:1974.

Uppföljning av funktionen hos några av dessa magasin har skett. Dessutom har bebyggelsens inverkan på grundvattennivån och sprickvattennivån följts upp och infiltrationseffekten i olika miljöer har studerats.

Forskningen har handlagts av Runar Andersson och Kjeld Paus, BPA Byggproduktion AB och av Bo Carlstedt, Scandiaconsult AB med Paus som projektledare. Geologie stud. Ole Paus, Stockholms Universitet har i form av ett examensarbete utfört geohydrologiska detaljstudier av två magasin och magasinens närmaste omgivning.

1. BAKGRUND

Inom områden med gles bebyggelse har man fram till 1950-talet låtit regnvatten från tak och hårdgjorda markytor infiltrera i intilliggande mark. Eventuellt överskottsvatten rann till diken efter vägarna. Även dessa diken har då fungerat som infiltrationsytor.

I samband med bilismens ökade omfattning och den ökade exploateringsgraden inom nybyggnadsområden under 1950- och 1960-talen minskade grönyteområdena och regnvatten från hårdgjorda ytor avleddes direkt till brunnar och ledningssystem.

I samband med planering och projektering av ett bostadsområde i Tegelhagen, inom Sollentuna kommun, måste stor hänsyn tas till risker för framtida sättningar i lermarken. Om allt dagvatten från hårdgjorda ytor som tak och vägar tilläts rinna bort i ledningar skulle för stora marksättningar kunna inträffa på grund av sänkning av sprick- och grundvattennivåerna.

Farhågor om ytterligare utdräneringseffekter genom en planerad avloppstunnel söder om Tegelhagen, medförde att byggherren övervägde att låta utreda ett alternativ med ett pålat betongdäck för såväl byggnader som markytor på den del av området som hade de sämsta markförhållandena.

Med ledning av erfarenheterna från forskning avseende dagvattenavledning inom Bäckby-området i Västerås, redovisad i Byggforskningens rapport R23:1974, beslöts istället att regnvatten från hus-tak och även från asfaltytor skulle tillföras marken. Området färdigställdes under första halvåret 1976. Dagvattenavledningen ordnades så att dagvatten från byggnadernas tak i huvudsak avleddes till perkolationmagasin. En viss del av detta takvatten leds tillsammans med dagvatten från hårdgjorda markytor till omgivande vegetationsklädda grönytor för infiltration.

2. MÅLSÄTTNING

Redan innan arbetet med forskningsuppgift R 23:1974 igångsattes utarbetades en utvecklingsplan för den fortsatta forskningen (FIG. 1). Efter varje steg i utvecklingen skulle erhållna erfarenheter appliceras på ett aktuellt projekt. Dessa anläggningar skulle sedan följas upp. Utvärderingen av observationer och mätningresultat skulle därefter ligga till grund för eventuella revideringar av lämnade rekommendationer beträffande magasinsutformning och placering. Exploateringsområdet i Tegelhagen valdes att bli ett sådant uppföljningsprojekt.

Satsningen i Tegelhagen på lokalt omhändertagande av dagvatten genom såväl perkolation som infiltration har givit forskarna möjlighet att även följa upp infiltrationsfunktionen. Genom registrering av nederbörd och genom mätning av de vattenmängder som kan komma fram till brunnar som placerats i vissa lågpunkter, kan man få information om infiltrationseffekten i olika miljöer. Dessa erfarenheter kan tillsammans med andra liknande observationer utgöra underlag för säkrare bedömningar om behov av brunnar i anslutning till infiltrationsytor och av dimensioner på dagvattenledningar från sådana brunnar i kommande projekt.

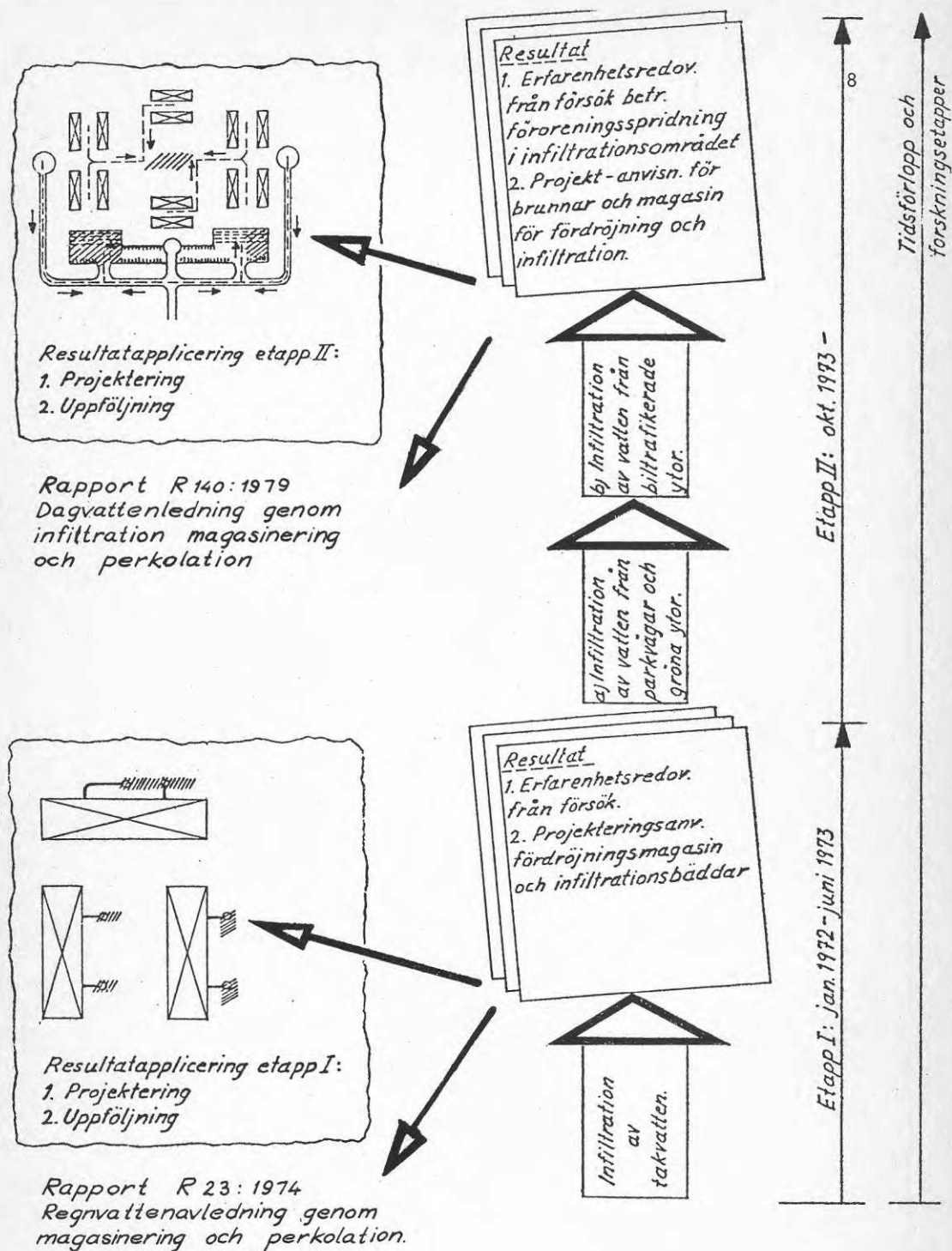


FIG. 1. Schematisk redovisning av forskningsetapperna I och II: Regnvattenavledning på nytt sätt

3. ANLÄGGNINGAR FÖR MAGASINERING OCH PERKOLATION

3.1 Uppföljning

3.1.1 Geologiska och geohydrologiska förhållanden

Bebyggelsen i Tegelhagens centrumområde om ca 4 ha är belägen i en dalgång mellan Sollentunavägen och Edsviken några hundra meter öster om Stockholmsåsen (FIG. 2).

Dalgångens högre partier består av morän på berg, som endast delvis går i dagen. I dalgångens lägre partier är moränen överlagrad av varvig lera upp till 10 m mäktighet (FIG. 3). Leran har en torrskorpa av 0,5-1,0 m tjocklek, i övrigt är den lös och normalkonsoliderad.

Normala grundvattennivån i moränen varierar från ca +25,3 i områdets högre del (G2) (FIG. 4) till ca +23,8 i dess lägsta del (G5). Sprickvattennivån i torrskorpan var ett par dm lägre än grundvattenstrycknivån i moränen under torra perioder medan förhållandet var omvänt under våta perioder. Detta torde sammanhånga med att torrskorpans sprickvatten relativt snabbt dräneras ut mot huvuddiket och det närbelägna, naturliga utloppet från hela dalgången.

Grundvattenstrycket i moränen i dalgångens lägsta delar är förvånansvärt samvarierande och med små gradienter på en sträcka av ca 900 m. Lägsta nivåer visar rören G5 och G12. I vart fall vid höga grundvattenstånd är dalgångens lägsta delar utströmningsområde, d.v.s. marknivån är lägre än grundvattenstrycknivån i moränen under leran.

3.1.2 Bebyggelse

I den första utbyggnadsetappen inom Tegelhagen, som omfattat den centrala delen, har uppförts sexton flerbostadshus i två våningar (FIG 4). Byggnadet tog sin början i november 1974 och var avslutat i juli 1976.

Biltrafik är ej tillåten inom områdets bebyggda del. Från två parkeringsplatser på områdets västra och östra sida leder asfalterade gångvägar till husens entréer. Byggnaderna är i huvudsak placerade parallellt med varandra med entréerna mot en parvis gemensam gård innehållande såväl gångvägar som lektytor för småbarn och grönytor. På husens andra sida disponeras markytorna för uteplatser och gräsytor.

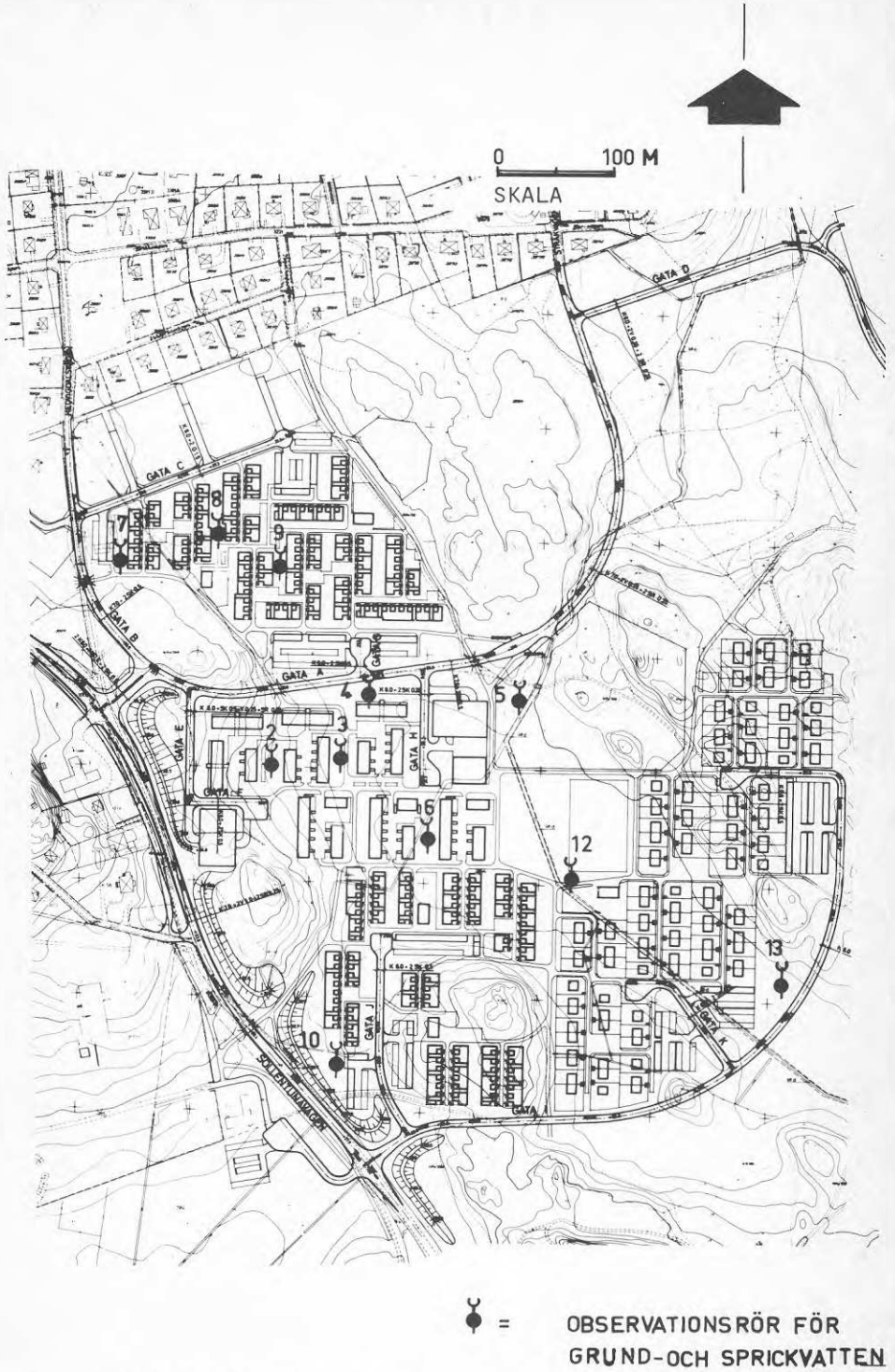


FIG. 2 Översiktsplan, GW- och SW-rör

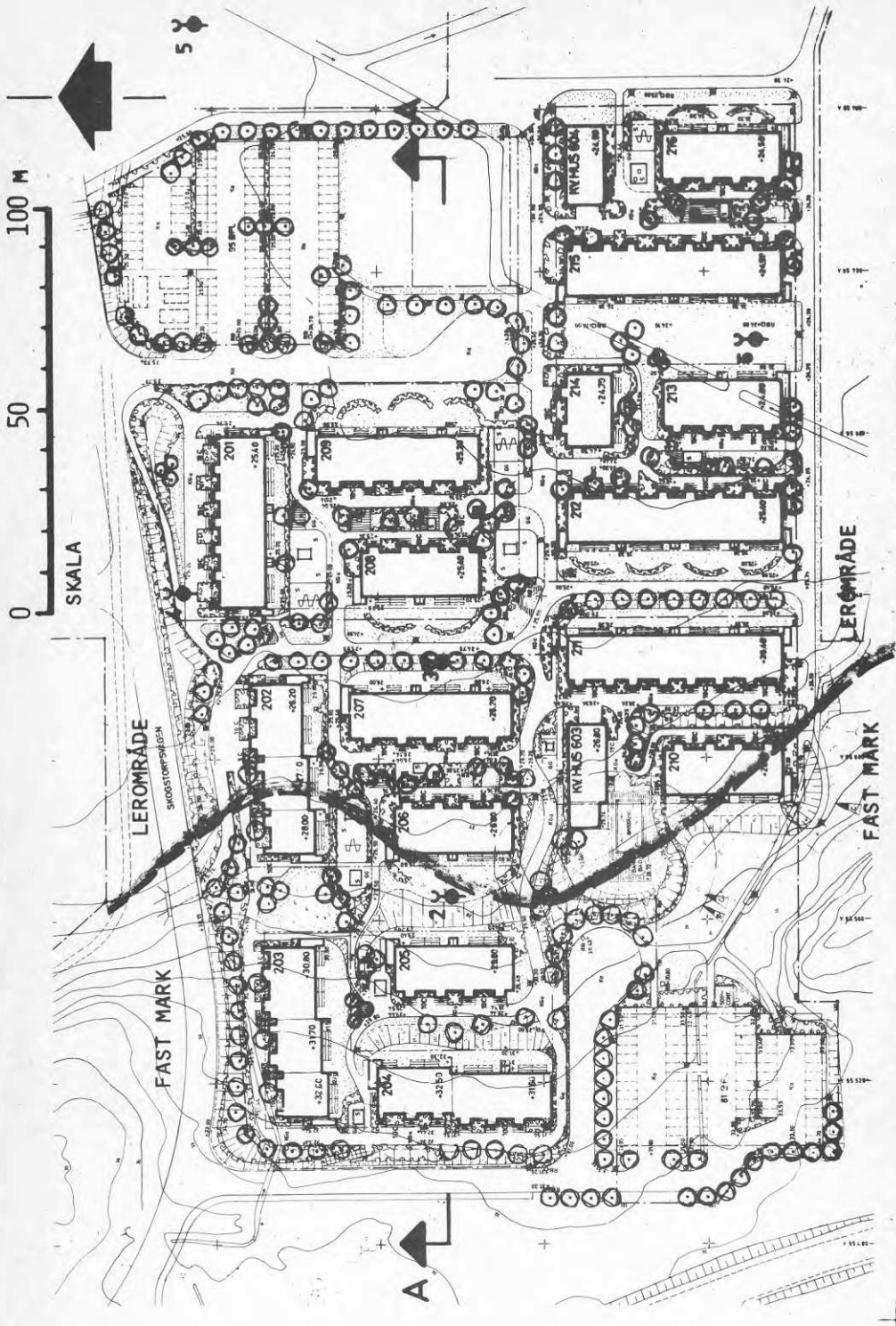


FIG. 4. Situationsplan utbyggnadsetapp 1.

○ = OBSERVATIONSRÖR FÖR
GRUND- OCH SPRICKVATTEN

3.1.3 Beskrivning av utförda anläggningar

Avloppsledningsnätet har utförts som duplikatsystem, vilket bl a innebär bortledning av dagvatten. Inom kvartersmark bortleds endast överskottsvatten, d.v.s. dagvatten som marken ej förmår lagra eller som måste dräneras bort från anläggningar i yt-skikt eller under mark.

Bostadsområdet uppvärms med fjärrvärme. Värmekulvertar har lagts fram till samtliga byggnader. Värmekulvertarna är dränerade till ca 1 m:s djup, vilket medför risk för uttorkning av lerans övre del med åtföljande marksättningar.

Dagvatten från takytor avleds till perkolationsmagasin i mark med undantag för små tak över entréer och förråd vilka avleds till markytan via utkastare.

Perkolationsmagasinen är placerade parallellt med byggnaderna. Sammanlagt har tio magasin utförts varav sju är placerade i ledningsgravar (FIG 5).

Magasinen är dimensionerade för 30 mm nederbörd enligt projekteringsråden i byggforskningens rapport R23:1974. Magasinens utförande framgår av FIG. 6. Samtliga magasin är försedda med bräddavlopp oavsett om de är belägna inom utströmningsområde eller inströmningsområde. Detta med hänsyn till att dräneringsledningar från byggnaderna är anslutna till respektive magasin.

Bräddavloppet i magasinen garanterar att vatten från magasinen ej kan stiga upp i dräneringsledningarna kring byggnaderna. Dagvattnet filtreras i brunn innan det avleds till magasin.

Dagvatten från asfaltytor avleds till intilliggande infiltrationsytor som i huvudsak består av gräs- eller planteringsytor (FIG 3).

Vatten som ej hinner infiltrera i dessa ytor kan avrinna till dagvattenbrunnar som placerats i lågpunkter belägna inom infiltrationsytorna. Dessa har utförts med anläggningsstandard enligt Mark AMA.

Gräsytorna skall enligt projekteringshandlingarna ha en matjordstjocklek av 10 cm och planteringsytor för buskvegetation en matjordstjocklek av 30 cm.

Asfaltytorna begränsas ej av kantsten varför vattnet snabbt kan rinna av sidwärts ut på de något lägre belägna infiltrationsytorna.

En dagvattentunnel från Ärvinge till Edsviken, belägen ca 700 m från Tegelhagen har under den aktuella observationsperioden utförts och tagits i bruk.

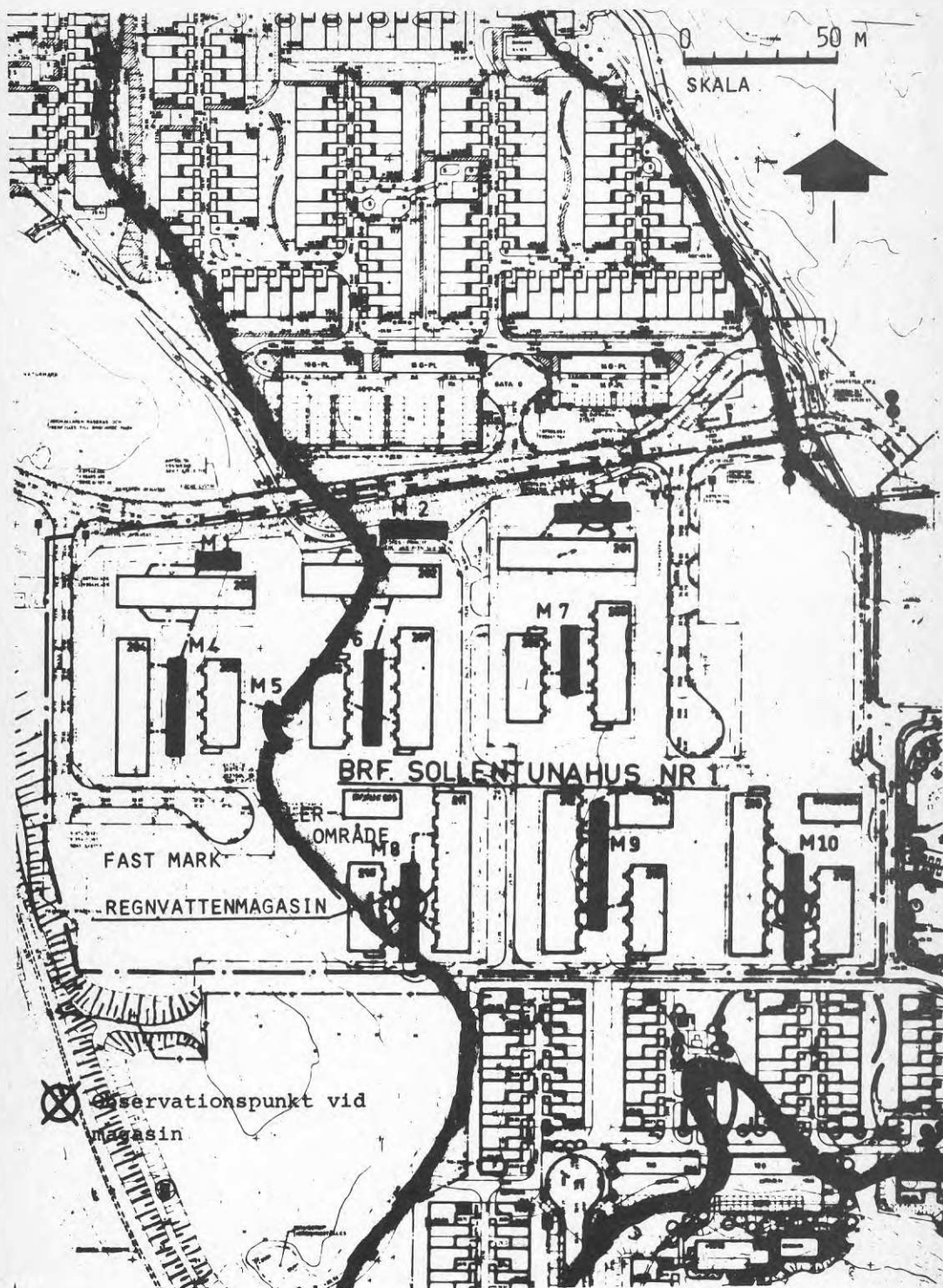


FIG. 5 Översiktsplan med utförda magasin.

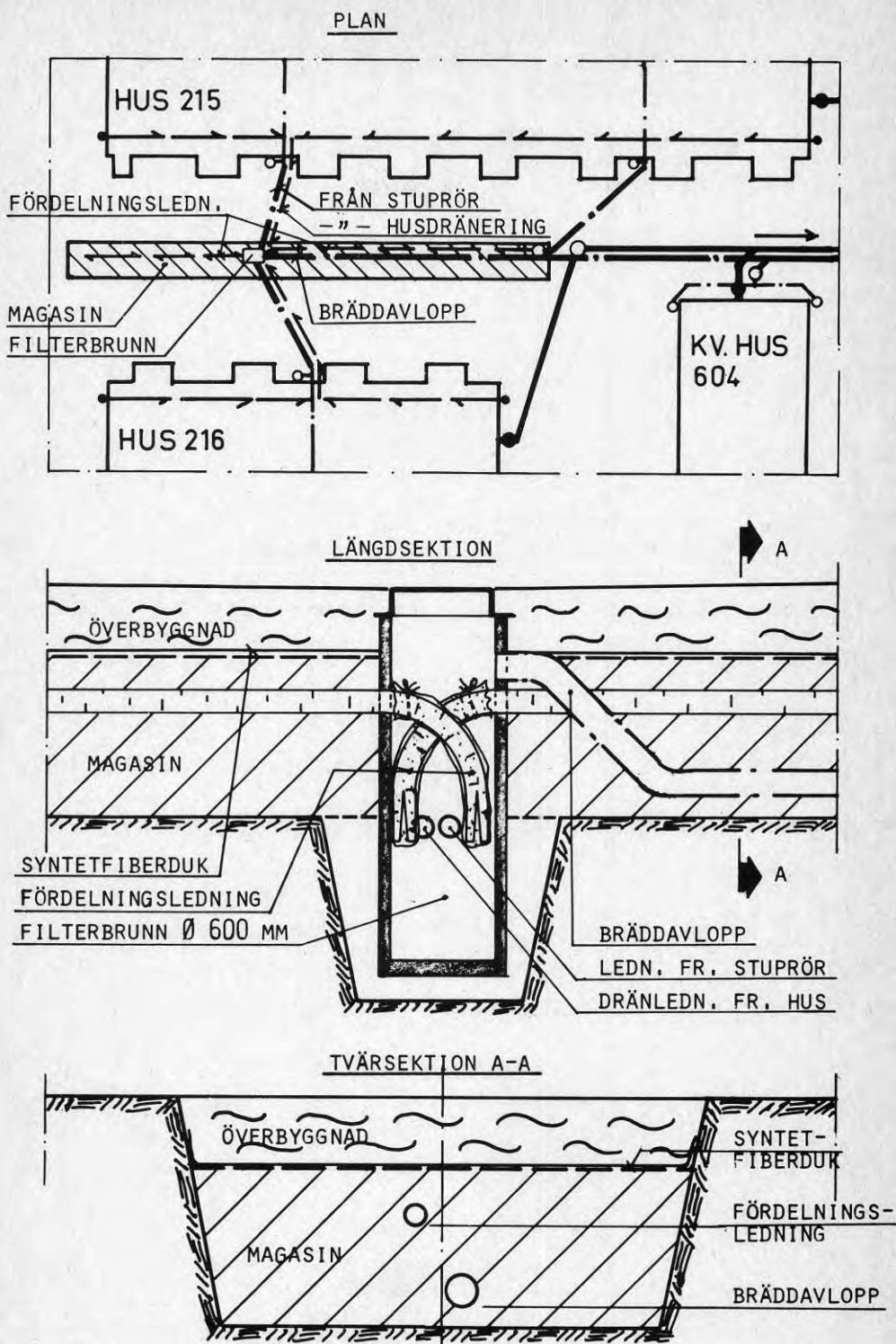


FIG. 6 Perkolationsmagasin, utförande

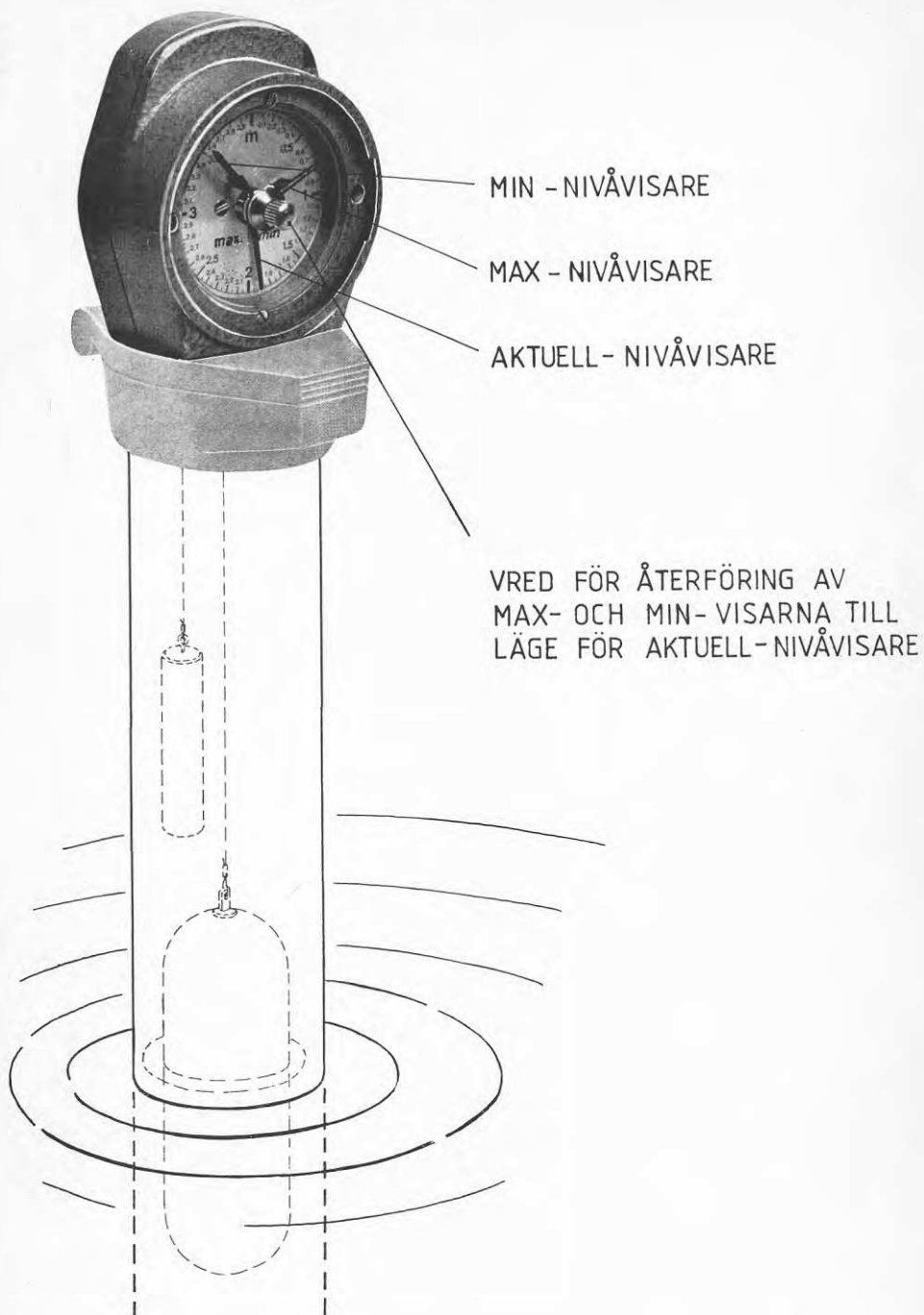


FIG. 7 Nivåinstrument i magasin

3.1.4 Anordningar för uppföljning

Redan innan byggandet inom området påbörjades nedsattes 21 st observationsrör inom och utanför första etappområdet (FIG 2). Beteckningar G innebär observationsrör, som nedförts i vattenförande morän, i de flesta fall genom överlagrande lera. Beteckningar S innebär rör som är nedförda till torrskorpans underkant. De förra visar grundvattnets trycknivå och de senare visar sprickvattennivån i torrskorpan. Samtliga rör utsattes i juli 1974.

I tre av perkolationsmagasinen för takvatten, nämligen M3, M8 och M10 (FIG 5) har installerats registrerande nivåmätare med flottör, som visar aktuell vattennivå i magasinet samt lägsta och högsta nivå sedan föregående avläsning och nollställning (FIG 7). Apparaturen har monterats i och på PVC-rör som nedsatts i magasinerna i samband med utförandet. Anordningarna har dessutom inbyggts i jordfasta trälådor som försetts med hänglås.

På en tomt ca 500 m norr om området har en regnmätare Pluvius uppsatts i september 1976.

3.1.5 Observationer

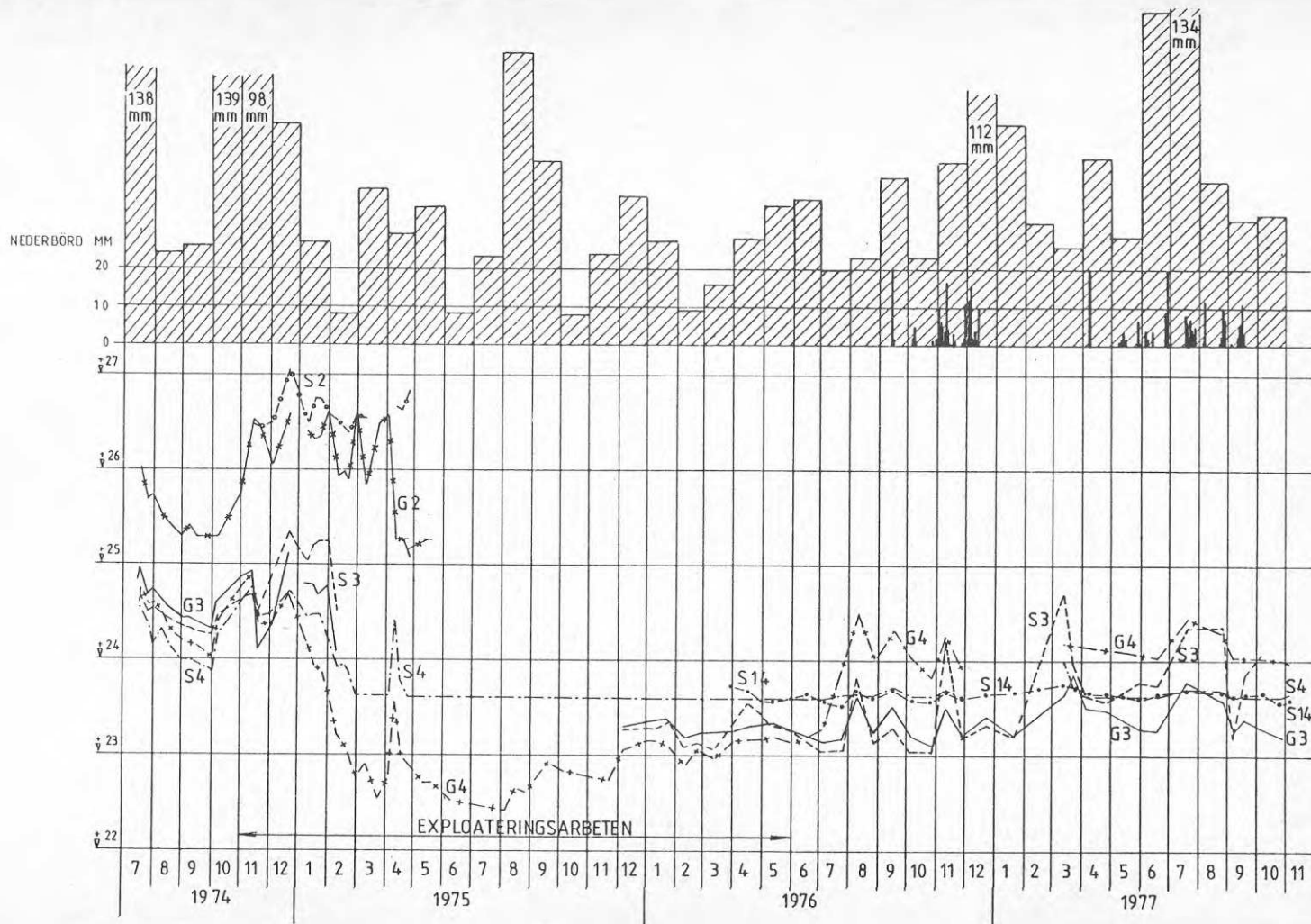
I föregående avsnitt angivna observationsrör har avlästs med avseende på aktuellt vattenstånd, i regel en till tre gånger per månad från juli 1974 till november 1977.

Vissa avbrott i observationerna har inträffat för en del observationsrör under byggnadstiden på grund av bortschaktning, överfyllning eller påkörning. I vissa fall har rören åter uppsatts flera gånger under byggnadstiden.

Resultaten av dessa observationer återges i höjdtidsdiagram på FIG 8-10. På samma diagram har även angivits uppmätta, dagliga regnmängder i regnmätaren samt månadsvärden för nederbörd enligt SMHI vid Bromma flygplats.

De registrerande nivåmätarna i perkolationsmagasinen har avlästs och nollställts i regel en till tre gånger per månad i samband med nivåmätningar i observationsrören. Perkolationsmagasinens vattennivåvärden finns redovisade i fyllningshöjdtidsdiagram på FIG 11-13.

Stockholms Gatukontors utredningsavdelning har satt ner observationsrör i jordlager och utfört borrhål i berg mellan den tidigare omnämnda dagvattentunneln och Tegelhagen. I dessa observationsrör och borrhål har grundvattennivån uppmätts ca en gång i månaden under perioden 1974-1977.



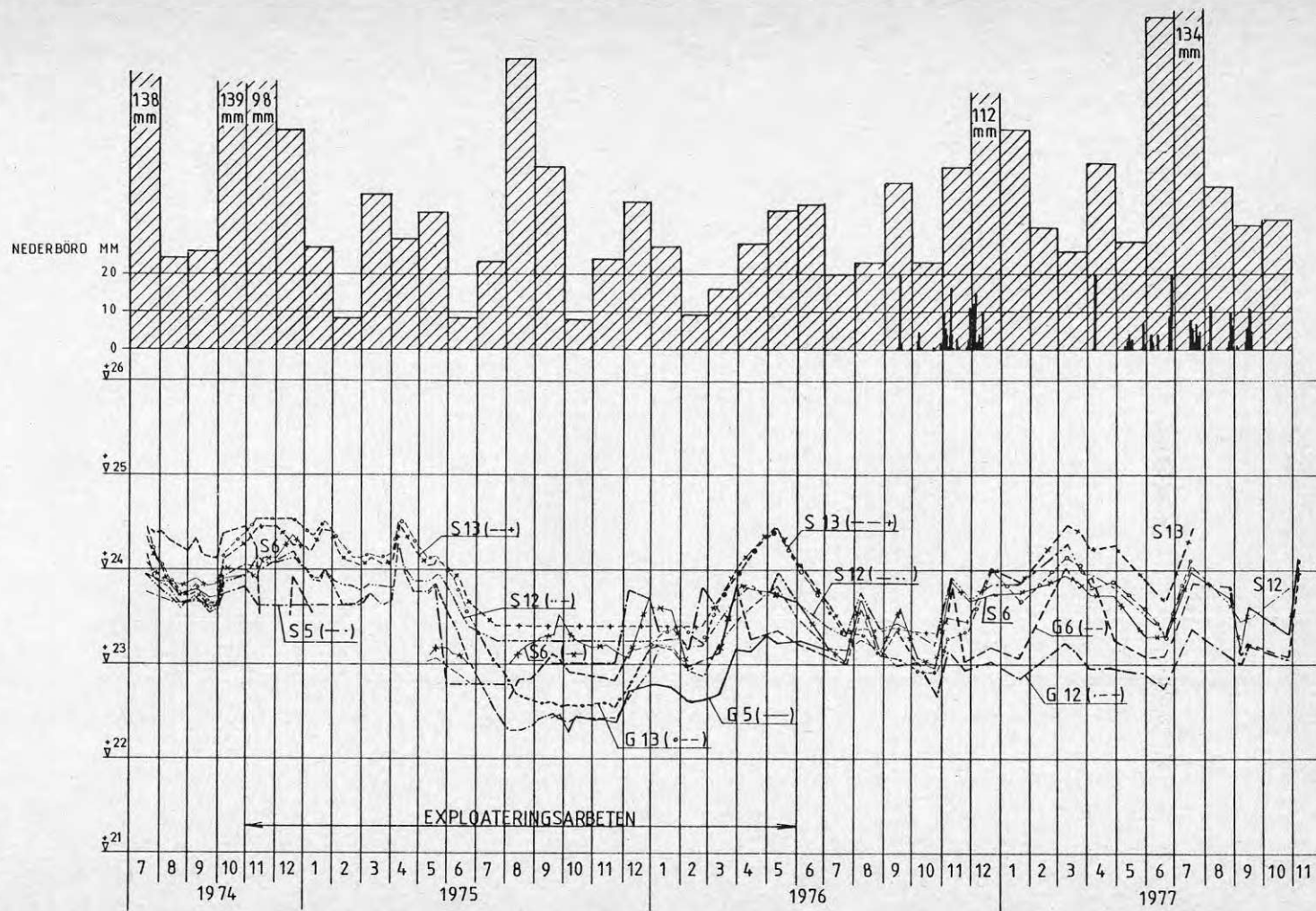


FIG. 9 Grund- (G) och sprickvattenstånd (S), rör 5-6 och 12-13

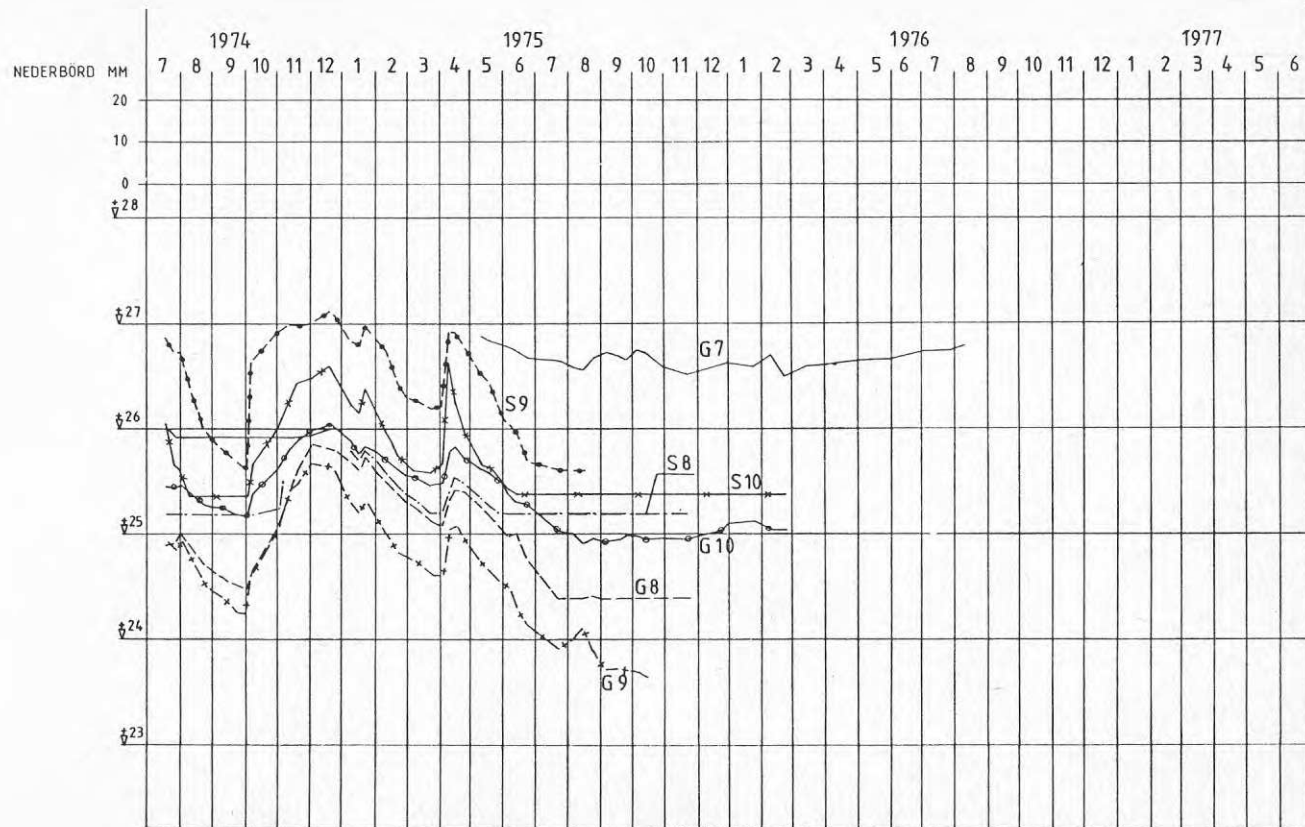


FIG. 10 Grund-(G) och sprickvattenstånd (S), rör 7-10

FYLLNINGSHÖJD M 3
CM

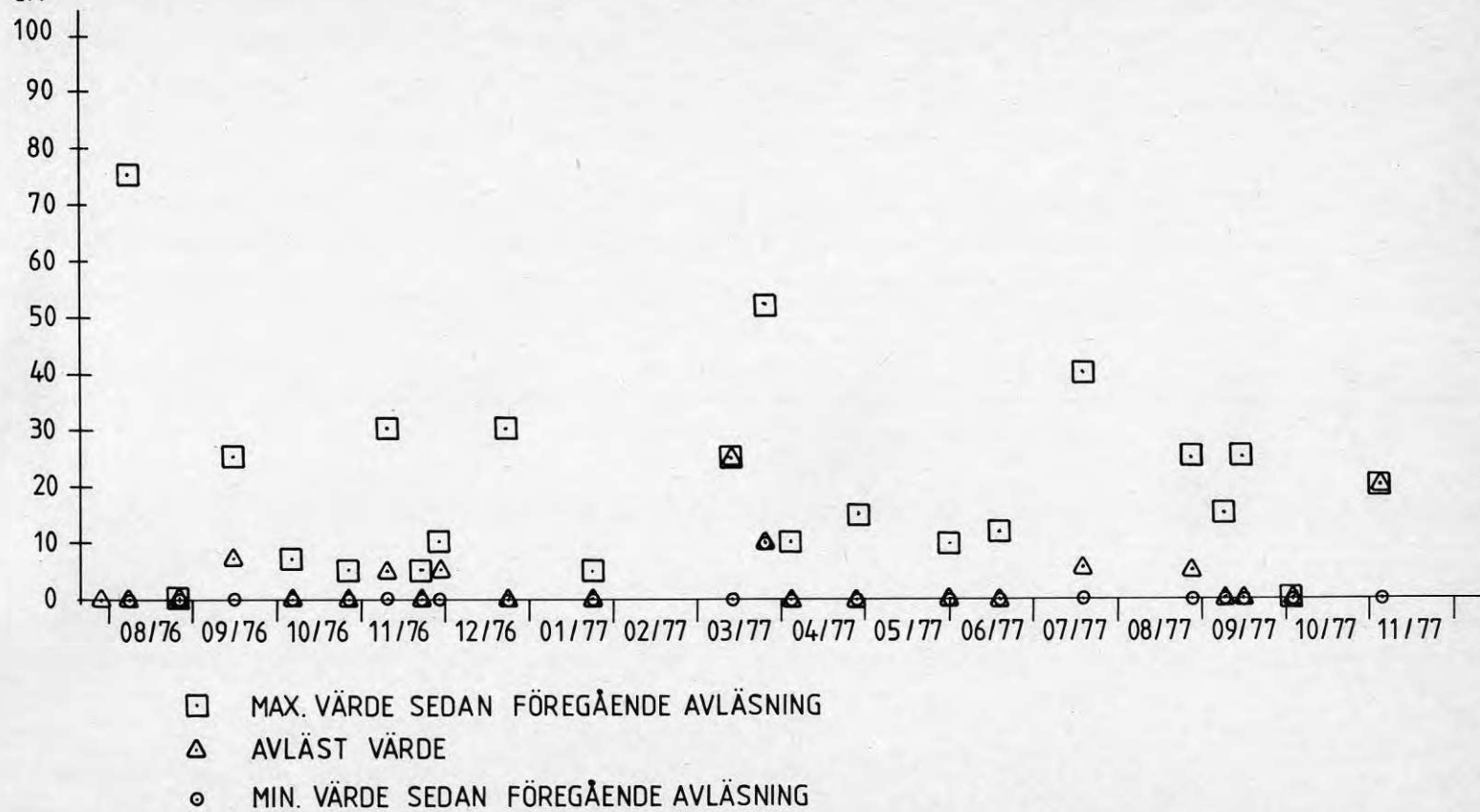
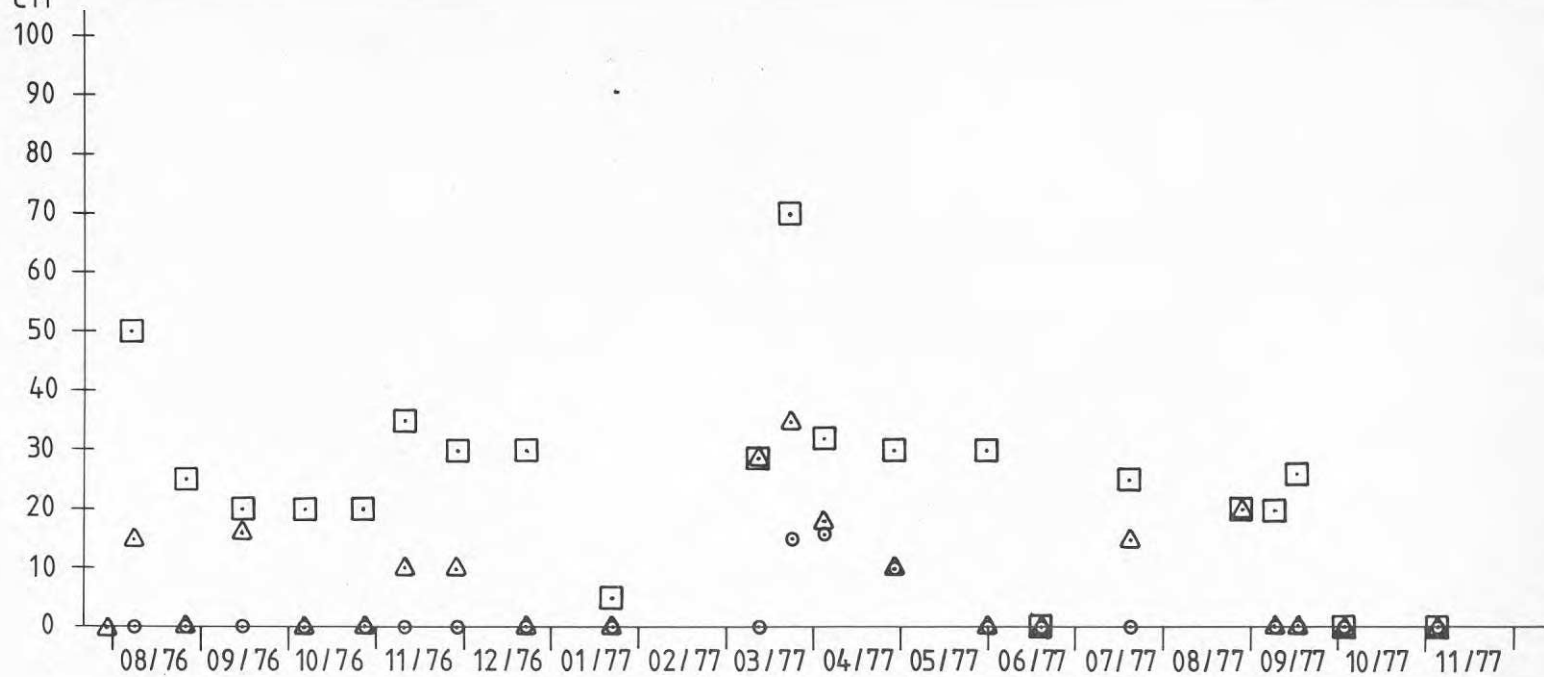


FIG. 11 Vattenstånd i magasin M3

FYLLNINGSHÖJD M 8

CM

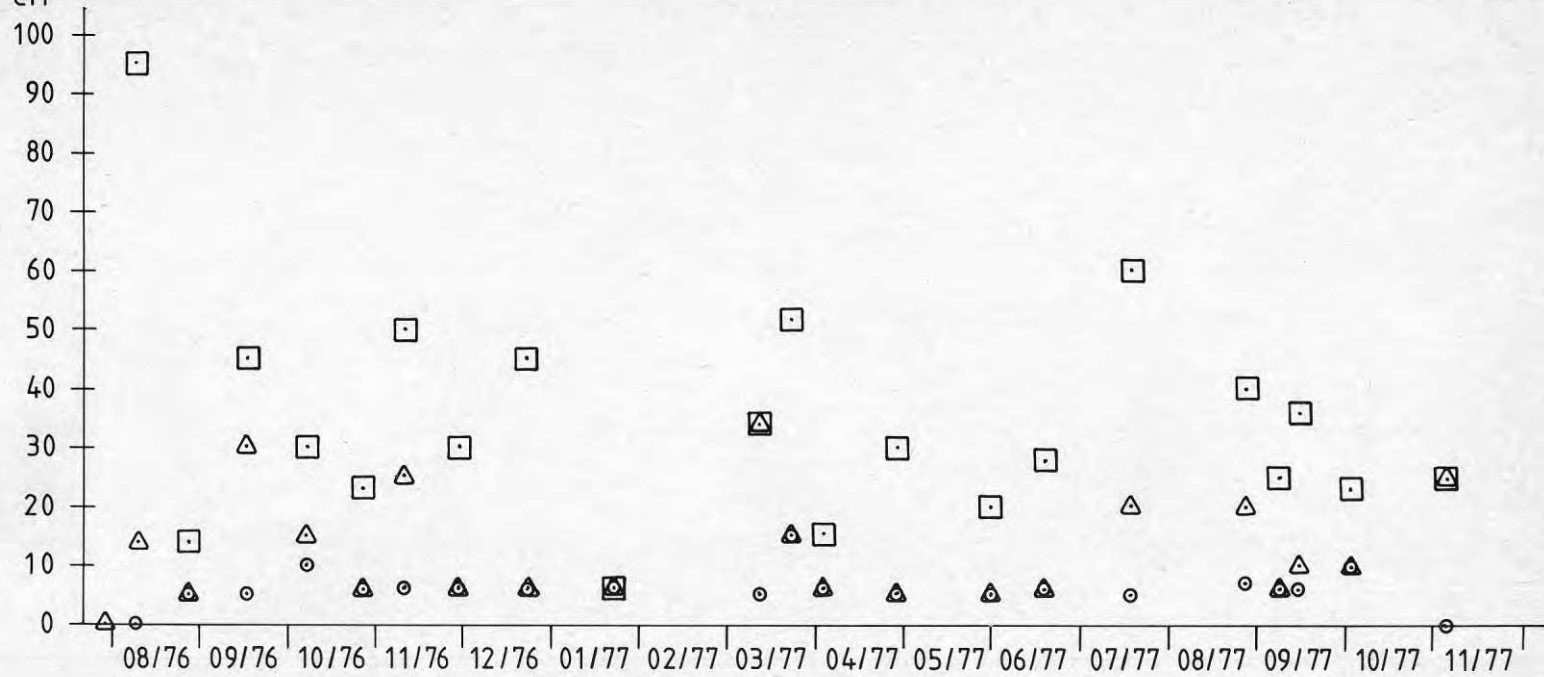


- MAX. VÄRDE SEDAN FÖREGÅENDE AVLÄSNING
- △ AVLÄST VÄRDE
- MIN. VÄRDE SEDAN FÖREGÅENDE AVLÄSNING

FIG. 12 Vattenstånd i magasin M8

FYLLNINGSHÖJD M 10

CM



- MAX. VÄRDE SEDAN FÖREGÅENDE AVLÄSNING
- △ AVLÄST VÄRDE
- MIN. VÄRDE SEDAN FÖREGÅENDE AVLÄSNING

FIG. 13 Vattenstånd i magasin M10

3.1.6 Detaljundersökning av de hydrauliska förhållandena vid ett magasin.

Ett examensarbete har utförts av geologie stud. Ole Paus vid Stockholms Universitet, bestående av ett geohydrologiskt detaljstudium av magasinen M3 och M10.

Sammanfattningsvis har denna detaljundersökning visat att ifrågavarande magasin normalt fungerar dränerande för omgivande jordlager, som delvis består av fyllning på ursprunglig torrskorpa. Magasinen synes i sin tur dräneras mot intilliggande ledningssystem.

3.1.7 Utvärdering

En av målsättningarna för undersökningen har varit att följa upp eventuella effekter av takvattenperkolationen på grund- och sprickvattenstånd. Det är därför som grund- och sprickvattenstånd har observerats under så lång tid som juli 1974 till november 1977.

Exploateringsarbetena påbörjades i november 1974 och området i etapp 1 var klar för inflyttning i juli 1976. Av FIG 8-10 framgår att ingrepp i form av schaktningsarbeten och länshållning, särskilt under arbetenas första hälft påtagligt har sänkt såväl grund- som sprickvattenstånd i samtliga observationspunkter, möjligen med undantag av observationsrör G7 (FIG 10).

Vid utvärderingen av grundvattenstånd efter exploateringen i förhållande till dem före densamma har man att ta hänsyn till de meteorologiska situationerna under dessa båda perioder. Tyvärr har nederbörden under tiden före exploateringsarbetet varit förhållandevis riklig, vilket bidragit till höga grundvattenstånd under denna tidsperiod vilket försvårar jämförelsen. Emellertid har grundvattenbildningsförhållandena varit relativt stabila och likvärdiga i månaderna augusti-september alla fyra åren 1974-1977. För observationsröret G4 har under dessa år och månader vattennivåerna i medeltal varit:

<u>G4:</u>	8-9/1974	+24,29
	8-9/1975	+22,71
	8-9/1976	+24,15
	8-9/1977	+24,13

Avsänkning under byggnadsskedet (1,6 m) är således påtaglig. Efter områdets färdigställande är de avlästa GW-nivåerna i det närmaste lika grundvattennivån i den ursprungliga kulturmarken, om man tar hänsyn till det grundvattenbildningsmässigt gynnsamma utgångsläget 1974.

Vid det närliggande sprickvattenröret (S4) avlästes 8-9/1974 i medeltal vattenståndet +24,09. Röret var tomt (botten +23,65) under hela perioden maj 1975 till juni 1976 och pendlade i augusti-september såväl 1976 som 1977 omkring +23,65, varför man här kan anse att en viss permanent avsänkning om max 30-40 cm kan ha inträffat på grund av exploateringen. Övriga sprickvattenrör visar enligt FIG 8 och 9 likartade förändringar som S4. De lägsta nivåerna under perioden har avlästs i rör G6, som står närmast den ursprungliga grundvattentröskeln för området.

Mest intresse tilldrar sig funktionen hos de undersökta sprickvattenmagasinen, vars karakteristiska fyllningsnivåer framgår av FIG 11-13.

De avlästa värdena på instrumentets tre visare (FIG 7) vid varje observationstillfälle, är i figurerna angivna med särskild beteckning för max-, min- och aktuell-nivå. Vid täta observationsintervaller efter regn, framgår tydligt hur snabbt vattennivån sjunker.

Magasinen visar först och främst förvånande låg fyllningsfrekvens. Sålunda har endast ett av magasinerna (M10) vid ett enda tillfälle varit helt fyllt. Detta skedde vid ett mycket intensivt regn i början av augusti 1976. Vid samma tillfälle fylldes magasin M3 till 75% och M8 till 56%. Magasinen M3 och M10 hade största fyllnadsgraden vid detta tillfälle medan M8 var mest fyllt i mars 1977 med 78% fyllnadsgrad. I övrigt har magasin M10 vid några ytterligare tillfällen varit något mer än halvfyllt medan magasinerna i övrigt under hela perioden ej ens varit halvfyllda enligt maxivläsningarna.

En annan iakttagelse har varit att magasinerna så hastigt tömts. Magasinen M3 och M8 har mellan avläsningarna blivit helt tömda med undantag för mars-april 1977, d.v.s. i samband med snösmältning och tjällossning. Magasin M10 har som regel ej blivit helt tömt utan visat 5-10 % fyllnadsgrad som minimum mellan avläsningarna. Detta förhållande torde få tillskrivas magasinets låga höjdläge med lägsta bottennivå av samtliga magasin. Denna är +22,50, vilket innebär att normal lågvattennivå i magasinet är +22,55. Vid observationsrör S14, som är placerat 4 m från magasinets kant, har vattenståndet under perioden april 1976 till oktober 1977 varierat mellan +23,50 och 23,75 enligt observationerna, vilket tydligen innebär att torrskorpan dräneras mot magasinet och detta i sin tur dräneras på ett eller annat sätt.

En tänkbar fastän föga sannolik orsak till magasinets dränering kan vara nedläckning till moränen under leran via de borrhål som upptagits vid grundundersökningarna. Vattenstånden i det närbelägna röret G6 talar emellertid emot en sådan möjlighet, eftersom vattennivåerna där vid flera tillfällen varit betydligt högre än samtida vattenstånd i magasinet, medan det senare varit sjunkande. Dessutom måste borrhålen beräkningsvis vara praktiskt taget helt öppna för att kunna transportera det ifrågakvarande flödet, vilket vid vertikal transport nedåt är helt uteslutet.

En annan mera sannolik förklaring är att magasinet dräneras till befintligt, angränsande ledningssystem, trots att någon medveten strävan härtill ej förekommit vid anläggningsarbetena. Dessa ledningar är emellertid lagda på en lägre nivå än magasinet, vilket gäller genomgående vid alla magasinerna inom området. Ledningsgravars dräneringseffekter är även omvittnade i flera andra sammanhang (exempelvis Carlstedt, 1975). Eftersom ett av ändamålen med magasinerna i Tegelhagen var att söka bibehålla sprickvatten i torrskorpan för att undvika uttorkning kan sistnämnda slutsats möjligtvis tolkas som ett mindre lyckat resultat för nämnda målsättning. Magasinerna fungerar ju mera som dräneringsmagasin än som fördelare av vattnet till torrskorpan. Häremot kan dock invändas att det är bättre att dagvattnet tillförs magasinerna och därmed åtminstone inledningsvis vid regn tillförs angränsande torrskorpa än att det leds bort direkt i rör. Dessutom har sprickvattenobservationerna visat att sänkningen av sprickvattennivån efter exploateringen är förhållandevis blygsam.

Stockholms gatukontors observationer i rör och borrhål mellan Tegelhagen och dagvattentunneln har ej givit någon indikation på att tunneldrivningen skulle ha påverkat grundvattenförhållandena i Tegelhagen under observationsperioden.

3.2 Alternativa utföranden och kostnadsjämförelser

För att påvisa skillnader i anläggningskostnader mellan å ena sidan anläggningar för magasinering, perkolation och infiltration och å andra sidan anläggningar utförda enligt konventionellt dublikatsystem har jämförande kostnadskalkyler utförts. För kalkylerna har, avseende utfört system för magasinering och infiltration, arbetsritningar använts som upprättats av Svenska Riksbyggen.

För jämförande kostnadskalkyl för dublikatsystem har likvärdiga ritningar upprättats av samma markprojektör.

Kalkylerna på de olika ledningsnäten har upprättats av kalkylavdelningen inom BPA Byggproduktion AB.

3.2.1. Beskrivning av utförd anläggning för magasinering, perkolation och infiltration.

Ledningsnätets utformning framgår av FIG 14. Området är försett med dagvattenledningar i normal omfattning för dagvatten från allmänna gator men endast för överskottsvatten från magasin och infiltrationsytor inom kvarteretsmark. Med överskottsvatten menas här dels vatten som bräddar från perkolationsmagasinen och dels dagvatten som rinner till brunnar i infiltrationsytor och som således ej infiltrerat. Ett undantag utgör dagvattenavledning från parkeringsplatserna i västra och östra delen av området vilka delvis avvattnas direkt till brunnar belägna i asfaltyta. Mer detaljerad redovisning framgår under 3.1.3.

Vid områdets västra del ansluter en dagvattenledning från Sollentunavägen vid punkt 30. Detta innebär att ledningsdimensionerna i utfört huvudledningsnät är dimensionerade även för dagvatten som tillrinner i punkt 30.

För att kunna göra en kostnadsjämförelse mellan de olika avledningssätten har dimensionering av huvudledningarna ändrats i kalkylunderlaget genom att punkt 30 (FIG 14) antagits vara ändpunkt för huvudledningen inom etapp I. Dagvatten från områden utanför etapp I påverkar därför ej kalkylen för ledningsnätet inom kvarteret.

Huvudledningarna i utfört system är dimensionerade för överskottsvatten från infiltrationsytor och för dagvatten från brunnar i asfaltytor. Överskottsvatten som bräddar från magasinerna beräknades i detta sammanhang ske i försumbar omfattning. Något tillskott från grönytor som ej utgör infiltrationsytor för dagvatten har ej heller medräknats.

Största flöde har bedömts inträffa vid mycket starka regn. Under snösmältning på mark med isbark blir sannolikt överskottsvattenmängden större men flödesintensiteten lägre. Dimensionerande regn valdes därför till 134 l/s ha (10 min 2-årsregn). En sammanställning av flöden från olika ytor samt ledningsdimensioner på olika ledningssträckor i de jämförda systemen är redovisad i TAB 1. Ledningssträckorna på utfört system framgår av FIG 14.

För beräkning av överskottsvattenmängden d v s dagvattenavrinningen till de brunnar som är placerade i infiltrationsytor (kolumn 5) har avrinningen från anslutande hårdgjorda ytor (kolumn 2) multiplicerats med en avrinningsfaktor (kolumn 4). Denna är bedömd med hänsyn till ytförhållandet mellan anslutande hårdgjord yta och mottagande infiltrationsyta. Avrinningsfaktorn för infiltrationsyta som är mindre än anslutande hårdgjord yta har bedömts till 0,4, för infiltrationsyta som är lika stor som anslutande hårdgjord yta har faktorn valts till 0,2 och för infiltrationsyta som är större än anslutande hårdgjord yta är faktorn 0,1.

3.2.2 Beskrivning av projekterad anläggning för konventionell dagvattenavledning enligt dublikatsystem.

Ledningsnätets utformning framgår av FIG 15. Huvudledningarna har samma sträckning som i utfört ledningsnät.

Hårdgjorda ytor, vägar och parkeringsplatser, avvattnas till brunnar som är placerade i dessa. Dagvattnet uppsamlas mot kantstöd utmed ytor med öppen jord (planteringsytor). Brunnarna är anslutna till dagvattenledning.

Dagvatten från takytor avleds till dagvattenledning. Stuprören har samma placering som i utförd anläggning. I övrigt uppfyller anläggningen kraven i VA-byggnorm beträffande dimensionering och utförande. Såsom framgår av punkt 3.2.1 har punkt 30 antagits vara ändpunkt för huvudledningen inom etapp I. Dagvatten från områden utanför etapp I påverkar därför ej heller denna projekterade anläggning. Dimensionerande regn är lika som för utförd anläggning 134 l/s ha.

3.2.3 Jämförelse av anläggningskostnaderna för de båda olika utförandena.

Kostnadskalkylerna har omfattat dagvattenledningarna med brunnar inom etapp I inklusive samtliga ledningsgravsarbeten.

Dagvattenledning som är placerad i gemensam ledningsgrav är belastad med 30% av ledningsgravens kostnad. Kostnaderna hänförs till kostnadsläget under 1975 och framgår av TAB 2.

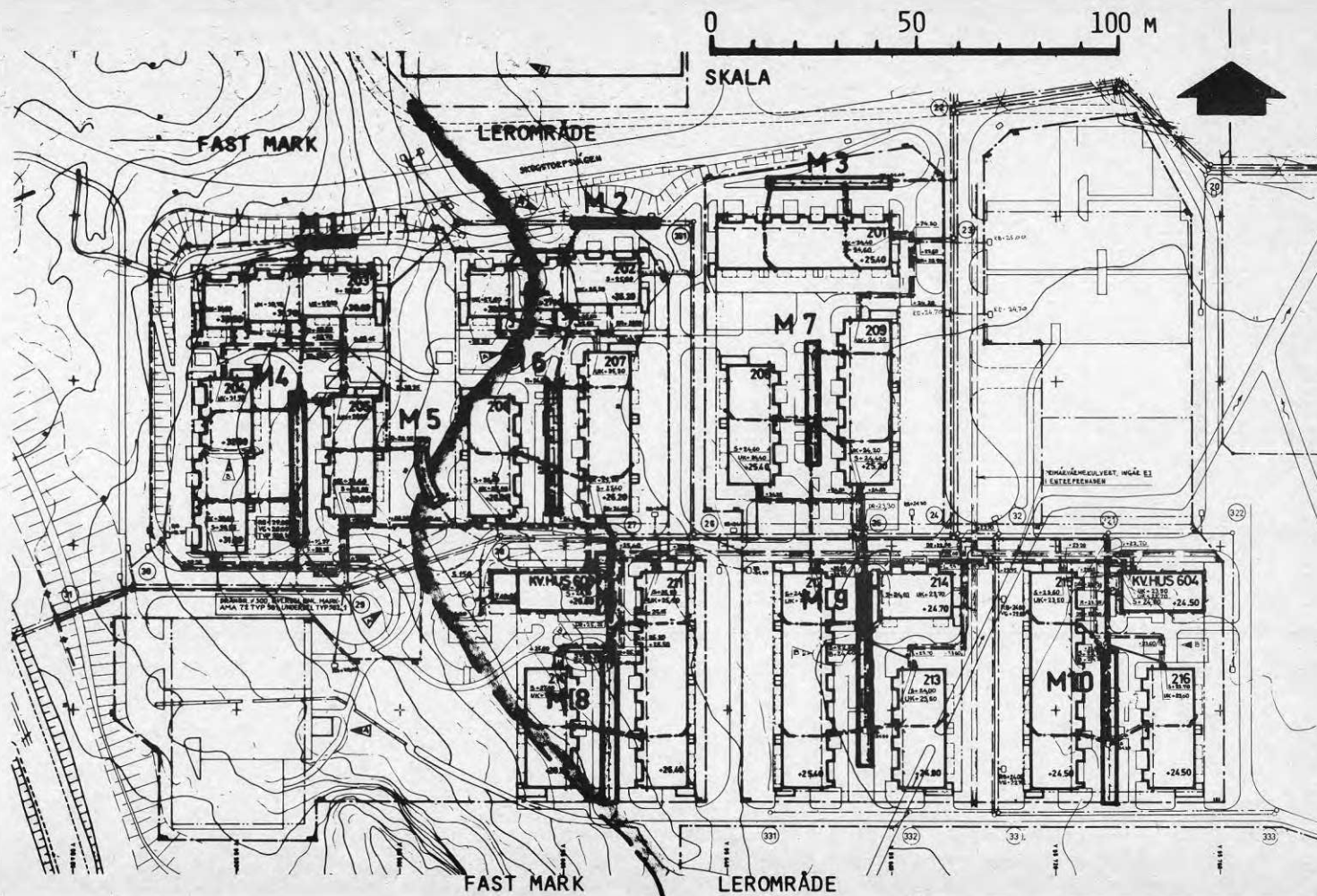


FIG. 14 Plan över utfört ledningsnät för
magasiner och infiltration

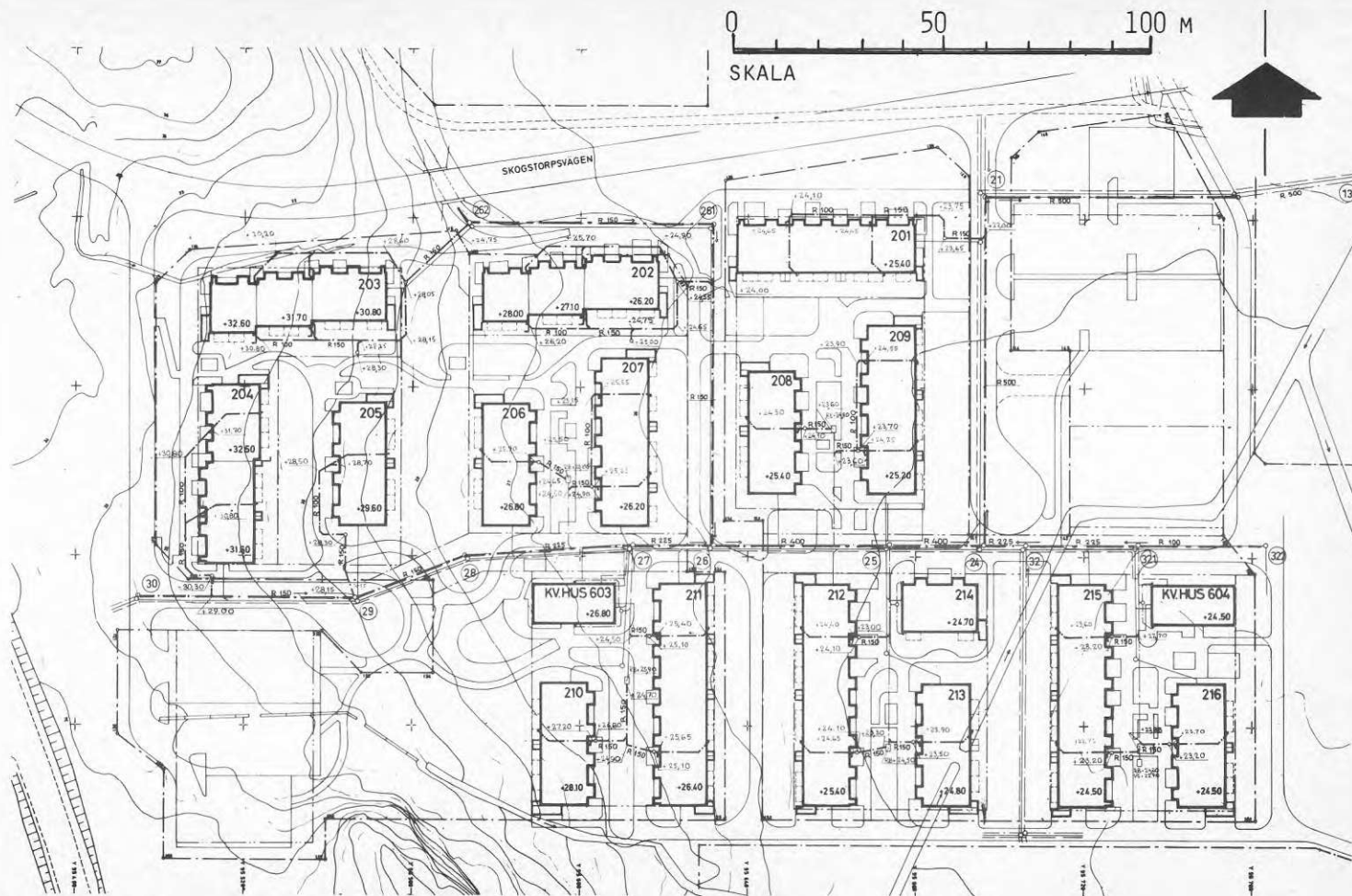


FIG. 15 Plan över projekterat konventionellt ledningsnät enligt duplikatsystem

Kolumn nr

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ledningssträcka	Belagd yta inom avrinningsomr. m ²	Dim.flöde från belagd yta $\sum 0,9$ l/s	Avrinningsfaktor för infiltrationsyta	Flöde från infiltrationsyta l/s	Dim.flöde i utförd anläggning l/s /delsträcka	Erforderlig ledn. dim m m	Takyta m ²	Dim.flöde från takyta $\sum = 0,95$ l/s	Dim.flöde i konvent. anläggning l/s /delsträcka	Erforderlig ledn. dim m m	Lechn. lutning %
30-29	966 ^x	11,7	-	-	11,7	150	-	-	11,7	150	19,0
30-29	288	3,5	0,2	0,7	0,7	150	510	6,5	10,0	150	19,0
29-28	2685	32,4	0,4	12,9	12,9	150	330	4,2	36,6	225	100,0
28-27	650	7,8	0,4	3,2	3,2	150	780	10,0	17,8	225	26,6
27-26	1059	12,8	0,2	2,5	2,5	225	1130	14,5	27,3	300	26,6
262-261	890	10,7	0,4	4,3	4,3	150	510	6,5	17,2	225	10,5
261-26	-	-	-	-	-	150	510	6,5	6,5	225	5,3
26-25	950	11,5	0,2	2,3	2,3	225	780	10,0	21,5	400	7,7
25-24	825	10,0	0,4	4,0	4,0	225	1130	14,5	24,5	400	7,5
322-321	730	8,8	0,1	0,9	0,9	150	-	-	8,8	150	4,0
321-32-											
24	1440	17,4	0,2	3,5	3,5	150	1130	14,5	31,9	225	4,0
24-21	1655 ^x	20,0	-	-	20,0	300	-	-	20,0	500	4,0
24-21	600	7,2	0,2	8,1	1,1	300	510	6,5	13,7	500	4,0
21-13	1495	18,0	0,4	7,2	7,2	300	-	-	18,0	500	3,0

x Avrinning sker direkt till dagvattenledning.

TAB. 1 Dimensionering av huvudledningar.

Kostnad för	Utförd anl.	Konventionell anl.
Huvudledningar för dagvatten	88.000	97.000
Övriga ledningar för dagvatten	80.000	130.000
Regnvattenbrunnar	28.000	34.000
Perkolationsmagasin	71.000	-
Kantstöd	-	48.000
Total kostnad	267.000	309.000

TAB. 2. Kostnadsjämförelse mellan alternativa ledningsnät.

3.2.4 Utvärdering

Som framgår av TAB 2 blir anläggningskostnaderna för utförd anläggning c:a 15% lägre än för projekterad anläggning enligt konventionellt duplikatsystem.

Att det konventionella systemet blir dyrare beror främst på huvudledningarnas större dimensioner, större ledningsmängder, större antal regnvattenbrunnar samt att kantstöd erfordras där erosions-skador utmed vägar annars uppstår.

I den utförda anläggningen utgör perkolationsmagasinen c:a 26% av kostnaderna för hela dagvattenanläggningen.

Enligt utförda mätningar är de flesta magasinen något överdimensionerade. En mer noggrann dimensionering med hänsyn till markens perkolationsegenskaper hade i detta projekt medfört att magasinvolymerna kunnat minskats med i genomsnitt 30%. Anläggningskostnaderna för utfört ledningsnät hade då minskat med c:a 21.000 kr, vilket skulle ha inneburit att totalkostnaden hade blivit c:a 20% lägre än alternativet med konventionellt duplikatsystem.

Någon driftkostnadskalkyl har ej ingått i detta forskningsarbete. En jämförelse kan dock enkelt ske enbart genom att betrakta de i systemen ingående mängderna anläggningsdelar.

I det konventionella systemet är ledningsmängden större liksom antalet regnvattenbrunnar. Mängden kantstöd är också betydande.

Driftkostnaden för ledningarna måste därför öka vilket även gäller regnvattenbrunnarna. Rensningsintervall för brunnar i hårdgjorda ytor är relativt kort beroende på att partiklar på asfaltytor lätt spolats med av dagvattnet till regnvattenbrunnarna. Betäckningar till brunnar i hårdgjord yta sätts ofta igen vintertid av trafiken, vilket ej inträffar för brunnsbetäckningar i grönytor. Jämför artikel om dagvattenledningars funktion vintertid i tidskriften Väg- och Vattenbyggaren nr 11-12, 1979.

Den största driftkostnaden i de flesta områden med lermark, utgör dock alla reparationer som erfordras av ledningar, hårdgjorda ytor och entréer, som följd av marksättningar.

I det utförda systemet utgörs driftkostnader för perkolationsmagasinen av kontroll av filterdukar i filterbrunnarna bedömningsvis en gång per år. Utbyte av filterduk kan sannolikt erfordras c:a en gång vart 5:e år om dämning inträffar i filterbrunnarna.

För infiltrationsytor beräknas ingen särskild åtgärd behöva utföras utöver normal skötsel av gräsyta. Rensningsintervall för brunnar i gräsyta blir lång eftersom mängden tillförda partiklar blir liten i bruksskedet. Infiltrationsytorna binder partiklarna på grund av att flödesintensiteten till brunnarna är mycket liten. Däremot kan snövallar hindra avrinning till infiltrationsyta vid väderlek som medför isbildning mot hårdgjord yta. Vallar kan vid några tillfällen behöva huggas upp för att vatten skall kunna rinna till brunnar. I gengäld täpps ej brunnsbetäckningar igen av snötäcke på infiltrationsytor.

Överskottsvatten från anläggningar som magasin, infiltrationsytor och dräneringar har filtrerats innan det leds in i ledningar. Rensningsbehov för ledningar blir därför inget eller litet sett även i ett långt tidsperspektiv.

Avsaknaden av kantstöd har i detta projekt medfört större driftskostnader under första året på grund av mer trafikskador på jord och gräsytor utmed vägarna jämfört med ett utförandealternativ med kantstödsförsedda vägar. Att direkt jämföra infiltrationsalternativet med detta är dock ej möjligt eftersom möjligheten att infiltrera dagvatten i det senare alternativet blir betydligt beskuren. Risk för uttorkning med åtföljande sättnings-skador är då påtaglig vilket skulle leda till betydligt större underhållskostnader än som nu är fallet. Stor omsorg måste läggas ner på att utföra anslutning av jordyta mot asfaltyta så att dagvatten ej blir stående vid asfaltkanten och förorsakar ytuppmjukning. Vägens överbyggnad bör dras ut bredvid beläggningskanten så att marken bättre tål slitage från gång- och cykeltrafikanter som passerar på gräsmattan utanför asfaltytan och så att asfaltkanten får tillräckligt sidostöd.

4. ANLÄGGNINGAR FÖR INFILTRATION

4.1 Beskrivning av utförda anläggningar

Uppföljningen har utförts på två infiltrationsytor belägna över moränmark och två belägna över lera. Samtliga dessa infiltrationsytor utgörs av matjord med gräsvegetation och på en yta delvis av grus.

Inom varje infiltrationsyta finns en dagvattenbrunn som eventuellt överskottsvatten skall rinna ned i. Miljön inom de olika infiltrationsytornas avrinningsområden framgår översiktligt nedan. Mer detaljerad information finns under 4.3.5. Infiltrationsytor på moränmark kallas 1a och 1b och infiltrationsytor på lera kallas 2a och 2b.

Med effektiv infiltrationsyta avses infiltrerbar yta mellan asfaltyta och brunn respektive lågpunkt i dikesanvisning, d v s den yta över vilken nederbördsvattnen från asfaltytan kan fördelas för infiltration.

- 1a. Infiltrationsyta belägen utmed asfalterad entréväg väster om hus 205. Brunnen är belägen obetydligt lägre än infiltrationsytan. Avrinningsytorna består av entrétak, asfalterad entréväg samt högre belägen gräs- och planteringsyta, delvis i stark lutning. Undergrund morän. (FIG 16).

De olika ytorna fördelar sig på följande arealer:

Entrétak och asfalterad entréväg	323 m ²
Gräs- och planteringsyta	567 m ²
Effektiv infiltrationsyta	77 m ²

Förhållandet mellan hårdgjord yta som gränsar mot effektiv infiltrationsyta och denna är ungefär 3:1.

- 1b Infiltrationsyta belägen utmed asfalterad entréväg väster om hus 211. Brunnen är belägen i dikesanvisning. Avrinningsytorna består av entrétak, asfalterade entrévägar samt planterad slänt. Undergrund morän (FIG 17).

De olika ytorna fördelar sig på följande arealer:

Entrétak och asfalterad entréväg	525 m ²
Gräsyta och planterad slänt	1 058 m ²
Effektiv infiltrationsyta	78 m ²

Förhållandet mellan hårdgjord yta som gränsar mot effektiv infiltrationsyta och denna är ungefär 3:1.



FIG. 16. Infiltrationsyta la.



FIG. 17. Infiltrationsyta lb.

- 2a. Infiltrationsyta belägen utmed asfalterad huvudgångväg mellan hus 211 och 212. Ytan utgörs delvis av dike. Brunnen är belägen i diket. Avrinningsytorna består av gångvägen och omgivande relativt plana gräsytor. Undergrund lera. (FIG 18).

De olika ytorna fördelar sig på följande arealer:

Gångväg	210 m ²
Gräsyta	589 m ²
Effektiv infiltrationsyta	105 m ²

Förhållandet mellan hårdgjord yta och effektiv infiltrationsyta är 2:1.

- 2b. Infiltrationsyta belägen på entrégård. Ytan utgörs av gräs, buskplantering och grus. Brunnen är belägen i samma höjd som infiltrationsytan som är nästan helt plan. Avrinningsytorna utgörs av entrétak, asfalterade entrévägar och buskplanteringsytor. Undergrund lera med torrskorpeskikt. (FIG 19).

De olika ytorna fördelar sig på följande arealer:

Entrétak och asfalterad entréväg	280 m ²
Grusyta samt gräs- och planteringsyta	260 m ²
Effektiv infiltrationsyta	90 m ²

Förhållandet mellan hårdgjord yta och effektiv infiltrationsyta är ungefär 3:1.

Dagvattenbrunnarnas avrinningsytor har bestämts genom avvägning med teodolit och karterats beträffande läge och slag av yta. Dock har delytorna för infiltrationsyta 2b mätts från ritning. Jordlagerföljden har bestämts på olika punkter inom varje infiltrationsyta genom upptagning av jordprover med spadborr eller provgrop till 0,5 m djup.

4.2 Anordningar för uppföljning

I dagvattenbrunnarna har överfallsskibord (FIG 20) med V-formade öppningar installerats. I centrum av det vertikala utloppsröret har en självregistrerande pegel av typ skålpegel (FIG 20) installerats med en nivå-skillnad av 5 mm mellan skålarnas kanter. Genom avläsning och tömning av skålpegeln efter varje större regn och i samband med snösmältning har toppflödena, som är de eftersökta, registrerats.



FIG. 18. Infiltrationsyta 2a.



FIG. 19. Infiltrationsyta 2b.

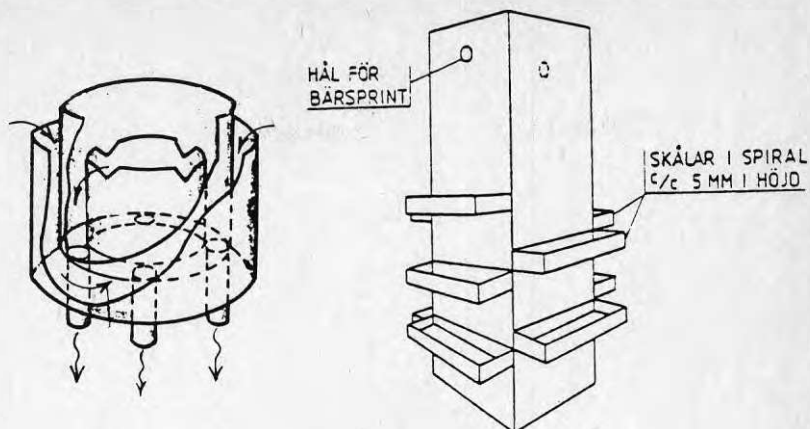


FIG. 20 Överfallsskibord och skålpegel.

De under 3.1.4 beskrivna magasinerna M3, M8 och M10 för takvatten, har även avlästs i samband med uppföljningen av överfallsskiborden för att ge komplement till nederbördsavläsningarna och för att kontrollera magasinens fortsatta funktion.

Registreringar av dygnsnederbörd har utförts inom området genom avläsning i regnmätare typ Pluvius.

Dessa observationer har pågått under tidsperioden augusti 1978 till juni 1980.

4.3 Observationer

4.3.1 Nederbörd

Avläst nederbörd i lokal regnmätare är sammanställd i TAB 3.

TAB 3 Lokalt registrerad nederbörd

Datum	Avläsning, mm	Anm	Datum	Avläsning, mm	Anm
78-08-04	20	2 dygn	79-03-27		Regn
-05	21				
-06	3		79-05-22	7	
-14	20	3 dygn	-26	8	
-25	5				
-26	10		79-06-09	36	
-27	4		-10	4	
-28	7				
78-09-01	26	2 dygn	79-07-03	5	
-02	18		-07	17	
-03	4		-10	4	
-04	19		-11	9	
-05	2		-12	3	
-10	5		-18	2	
-11	3		-19	6	
-12	5		-21	25	
-15	4		-23	2	
-25	4		-27	7	
-26	7		-30	7	
-27	2		79-08-02	3	
-28	10		-04	2	
			-27	43	3 dagar
78-10-17	3				
-31	3		79-09-03	24	2 dagar
			-04	6	
78-11-03	4		-22	7	13 dagar
-05	3				
-06	4		79-11-04	>10	uppskattat
-23	5		-26	16	3 dagar
-26		Snö			
79-03-17		Kraftig snö- smältn.	80-05-26	3	
		Nästan barmark	80-06-01	12	
-24			-02	17	åska 0130- 0430
			-23	35	under sam- manlagt
			-24	15	12 tim

Nederbördsmätaren har vintertid varit intagen, varför eventuella regn då ej kunnat observeras.

4.3.2 Magasinsuppfyllnader

Avläsningarna av maximi- och minimipeglarna i magasinerna M3, M8 och M10, har sammanställts i TAB 4 såsom nettouppfyllnad från föregående avläsning, d v s skillnaden mellan maximi- och minimivåerna.

TAB 4 Tillförd regnvolym sedan föregående avläsning till magasin M8, M10 och M3

Datum	Skillnad mellan max och min värde		
	M8	M10	M3
78-08-28	-	0.34	0.36
78-09-01	-	0.85	0.80
78-09-04	0.15	0.62	0.58
78-11-03	0.25	0.38	0.30
79-03-09	0.30	0.35	0.30
79-07-10	0.35	0.65	0.60
79-08-27	0.35	0.70	0.60
80-04-25	0.30	0.40	0.30
80-06-01	0.17	0.35	0.27
80-06-02	0.20	0.38	0.42
80-06-24	0.25	0.65	0.65

4.3.3 Avrinning i brunnar

Antalet fyllda skålar vid varje observationstidpunkt framgår av TAB 5.

TAB 5 Antal fyllda skålar

Datum	Brunn 1a	Brunn 1b	Brunn 2a	Brunn 2b
78-08-07	4	4	3	0
78-08-28	8	4	5	0
78-09-01	4	3	4	0
78-09-04	3	2	3	0
78-11-03	2	1	2	0
79-03-09	frusen	1	1	0
79-07-10	2	1	2	0
79-08-27	1	1	3	0
79-09-04	2	1	3	0
79-11-04	1	0	1	0
80-01-20	frusen	0	0	0
80-03-30	(2)	(1)	(3)	(2)

TAB 5 forts

Datum	Brunn 1a	Brunn 1b	Brunn 2a	Brunn 2b
80-04-25	2	0	0	1
80-06-01	2	2	0	0
80-06-02	3	2	0	1
80-06-24	1	1	2	0

Siffror inom parentes innebär att avläsningarna är otillförlitliga på grund av iakttagelser vid avläsningstillfällena såsom dämning genom klippt gräs vid skibord eller is i mittröret som medfört för höga () resp för låga () värden.

För de avläsningar i TAB 5 som ej bedömts visa felaktiga värden har maximala flöden beräknats. Därvid har förutsatts att vattennivån nått upp så högt att nästa skål nått och jämnt ej hunnit vattenfyllas, vilket innebär att om exempelvis 2 skålar fyllts, har vattennivån kunnat nå 1.5 cm över skibordens spetsar. Detta innebär alltså att man erhåller värden på säkra sidan.

De beräknade värdena anges i TAB 6 dels som absoluta flöden i l/s och dels omräknade som specifikt flöde i l/s ha av effektiv infiltrationsyta. Flöden till brunn 2b har ej medtagits i tabellen beroende på osäkerhet om flödesförhållandena enligt TAB 5.

TAB 6 Maximalt avlästa flöden vid olika tidpunkter, absoluta och specifikt per effektiv infiltrationsyta

Datum	Brunn 1a		Brunn 1b		Brunn 2a	
	l/s	l/s ha	l/s	l/s ha	l/s	l/s ha
78-08-28	-	-	0.60	77	0.94	89
78-09-01	0.60	78	0.34	44	0.60	57
78-09-04	0.34	44	0.17	22	0.34	32
78-11-03	0.17	22	0.06	8	0.17	16
79-03-09	-	-	0.06	8	0.06	6
79-07-10	0.17	22	0.06	8	0.17	16
79-08-27	0.06	8	0.06	8	-	-
79-09-04	0.17	22	0.06	8	0.34	32
79-11-04	-	-	0	0	0.06	6
80-01-20	-	-	0	0	0	0
80-03-30	0.17	22	0.06	8	0.34	32
80-04-25	0.17	22	0	0	0	0
80-06-01	0.17	22	0.17	22	0	0
80-06-02	0.34	44	0.17	22	0	0
80-06-24	0.06	8	0.06	8	0.17	16
Ursprunglig marknivå sänkt	1 m		0,8-1,5 m		0,6-1 m	

4.3.4 Jordarter

Genom spadborrning har jordlagerföljder bestämts i ett antal punkter inom infiltrationsytorna (effektiva infiltrationsytor).

Borrpunkternas lägen (FIG. 22) och jordlagerföljderna framgår nedan (med "fyllning" avses ospecificerbar, ej naturligt lagrad jord).

Avrinningsområde till brunn la

7801	0	- 0.25 m moränfyllning
		0.25 - 0.50 m lera med småsten
7802	0	- 0.50 m fyllning
7803	0	- 0.50 m fyllning

Avrinningsområde till brunn lb

7804	0	- 0.10 m matjord
		0.10 - 0.25 m fyllning
		0.25 - 0.50 m grusig morän
7805	0	- 0.25 m matjord
		0.25 - 0.50 m fyllning av lera och sand

Avrinningsområde till brunn 2a

7806	0	- 0.25 m fyllning ¹⁾
		0.25 - 0.50 m fyllning av lera
7807	0	- 0.10 m matjord
		0.10 - 0.25 m sand ²⁾
		0.25 - 0.50 m lera
7808	0	- 0.10 m matjord
		0.10 - 0.50 m lera

Avrinningsområde till brunn 2b

7809	0	- 0.25 m matjord
		0.25 - 0.50 m matjord blandad med lera
7810	0	- 0.10 m matjord
		0.10 - 0.50 m fyllning av morän

1) Provpunkten belägen intill asfaltkant.

2) Sannolikt lokal fyllning i samband med arbetenas utförande.

4.3.5 Infiltrationsytors funktion, vegetationsuppföljning

Underhåll av grönytor har utförts av fastighetsförvaltarens personal. Samtliga gräsytor såväl de som utgör specifika infiltrationsytor som övriga grönytor sköts på likartat sätt. I etablerings-skedet förekom de normala problemen med förstörda nysådda jordytor av gång- och cykeltrafik och även hjulspår från lastbilar. Efter ett år hade grönytorerna fått bra etablering och normal funktion med några undantag. På några platser har därför stora stenar placerats i vägkorsningar som påkörnings-skydd för grönytor.

Väster om hus 206 blev markytan uppmjukad av markvatten. Dräneringsledning utfördes till dagvattenbrunn. Ytuppmjukningen uppstod på grund av att den nya markytan är nedschaktad 0,8 - 1,3 m under naturlig marknivå. Efter dränering har markytan normal funktion. GW-observationer i rör 2 visar att GW-nivån på denna plats går upp till $\sim 25,50$ vilket sammanfaller med nuvarande marknivå. Detta förklarar ytuppmjukningen.

Ytskiktet i tre infiltrationsytor där infiltrationskapaciteten undersökts har studerats okulärt. Matjordsprover har tagits på punkter inom infiltrationsytorna där vegetationen haft olikheter. Dessutom har jämförelseprov tagits på två platser i gräsyta som ej belastas med dagvatten från takytor eller hårdgjorda markytor.

Ytskiktets beskaffenhet framgår av TAB 7 och FIG 21. Matjordsanalyserna framgår av TAB 8. Platserna där matjordsproverna tagits framgår av FIG 22.

TAB 7

Infiltrationsyta	Beskaffenhet	Prov nr	Förhållande vid provtagningspunkten
1a	Relativt dålig gräsvegetation. Inslag av andra växter. Delvis obevuxna jordytor.	58	Provet taget ca 3 m från brunn. Flack yta. Bra gräs. ~ 10 cm matjord på sand och blandjord av friktionsmaterial.
	Delar av ytan svagt v-formad. Bästa gräset där ytan är flack utan v-form. Hela ytan är belägen $\sim 1,0$ m under ursprunglig marknivå. Perkolationmagasin under delar av infiltrationsytan vid lägsta marknivå.	59	Provet taget ca 6 m från brunn. V-formad yta. Dåligt gräs. ~ 10 cm matjord på lerig friktionsjord (blandjord).

TAB 7 forts

Infiltrationsyta	Beskaffenhet	Prov nr	Förhållande vid provtagningspunkten
1b	Bra gräsvegetation över hela ytan. Flack yta. Ytan är belägen 0,8-1,5 m under ursprunglig marknivå. Perkolationsmagasin under delar av infiltrationsytan vid lägsta marknivå.	60	Provet taget ca 15 m från brunn. Bra gräs. ~ 10 cm matjord på leriq friktionsjord (blandjord).
2a	Relativt bra gräsvegetation. Delvis obevuxna fläckar av friktionsjord nära asfaltytan.	55	Provet taget ca 38 m från brunn. Bra gräs. ~ 10 cm matjord på lera.
	Ytan nedschaktad 0,6-1,0 m under ursprunglig markyta.	56	Provet taget ca 5 m från brunn. Bra gräs. ~ 10 cm matjord på lera.
	Inget perkolationsmagasin under infiltrationsytan.	57	Provet taget ca 16 m från brunn nära asfaltkanten. Inget gräs. Tunt matjordsskikt på grus och sten.
Jämförelseprov utan tillflöde från asfaltyta	Något lutande gräsyta.	61	Provet taget för jämförelse. Gräsyta över moränmark. Bra gräs. Mer än 10 cm matjord.
- " -	Flack gräsyta.	61	Provet taget för jämförelse. Gräsyta över lermark. Bra gräs. Mer än 10 cm matjord.

Platser för provtagning framgår av FIG 24.

4.3.6 Övriga observationer

Marksättningar

Uppföljning av förekomst av marksättningar har skett okulärt. Smärre synliga sättningar har endast inträffat vid parkeringsplatser i områdets östra del öster om hus 201 och 209.

Ojämnheter i asfaltbeläggningar förekommer i övrigt men i normal omfattning.

TAB. 8

Resultat av jordanalyser

Infyta	Plats och kultur	pH		Kväve	Fosfor	Kalium	Kalcium	Magnesium	Mangan	Järn	Bor	Mullhalt vikt %
		pH	Ledn. tal									
2a	Nr 55 Jordprov	6,5	0,4	spår	2	56	432	39	2,0			1,3
2a	Nr 56 "	6,0	0,5	spår	2	63	696	51	2,5			7,4
2a	Nr 57 "	6,4	0,4	spår	4	48	576	30	2,5			2,3
1a	Nr 58 "	7,1	0,4	spår	3	45	816	48	2,5			3,1
1a	Nr 59 "	6,5	0,6	spår	6	88	744	51	3,0			5,6
1b	Nr 60 "	5,9	0,6	15	6	84	768	60	2,0			12,1
Noll- pro- ver)	Nr 61 "	6,3	0,6	spår	1	52	672	45	4,0			4,2
	Nr 62 "	6,4	0,6	spår	1	42	792	54	2,0			6,3
	Rekommenderade värden för jämförelse	6- 6,5	1,5- 3,0	20- 40	20- 40	100- 160	700- 1000	150- 180	3- 5			8- 10

Anm.

Matjordens kornfraktioner är likartade för samtliga prover med undantag för prov nr 57 där grus och sandfraktionerna översteg 50% av provet. Representativ kornkurva framgår av FIG. 21.

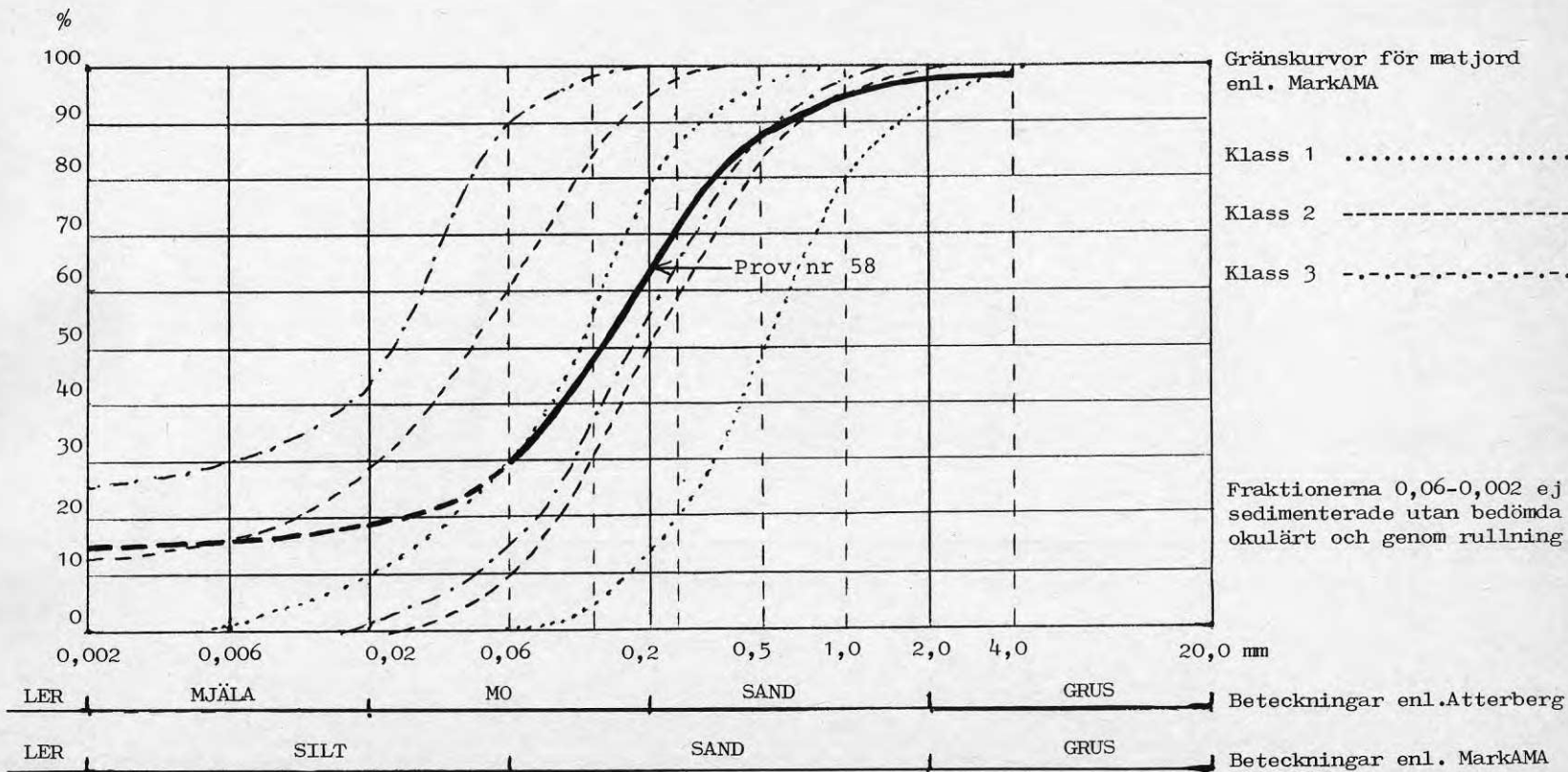


FIG. 21 Mekanisk matjordsanalys från prov nr 58, infiltrationsyta la

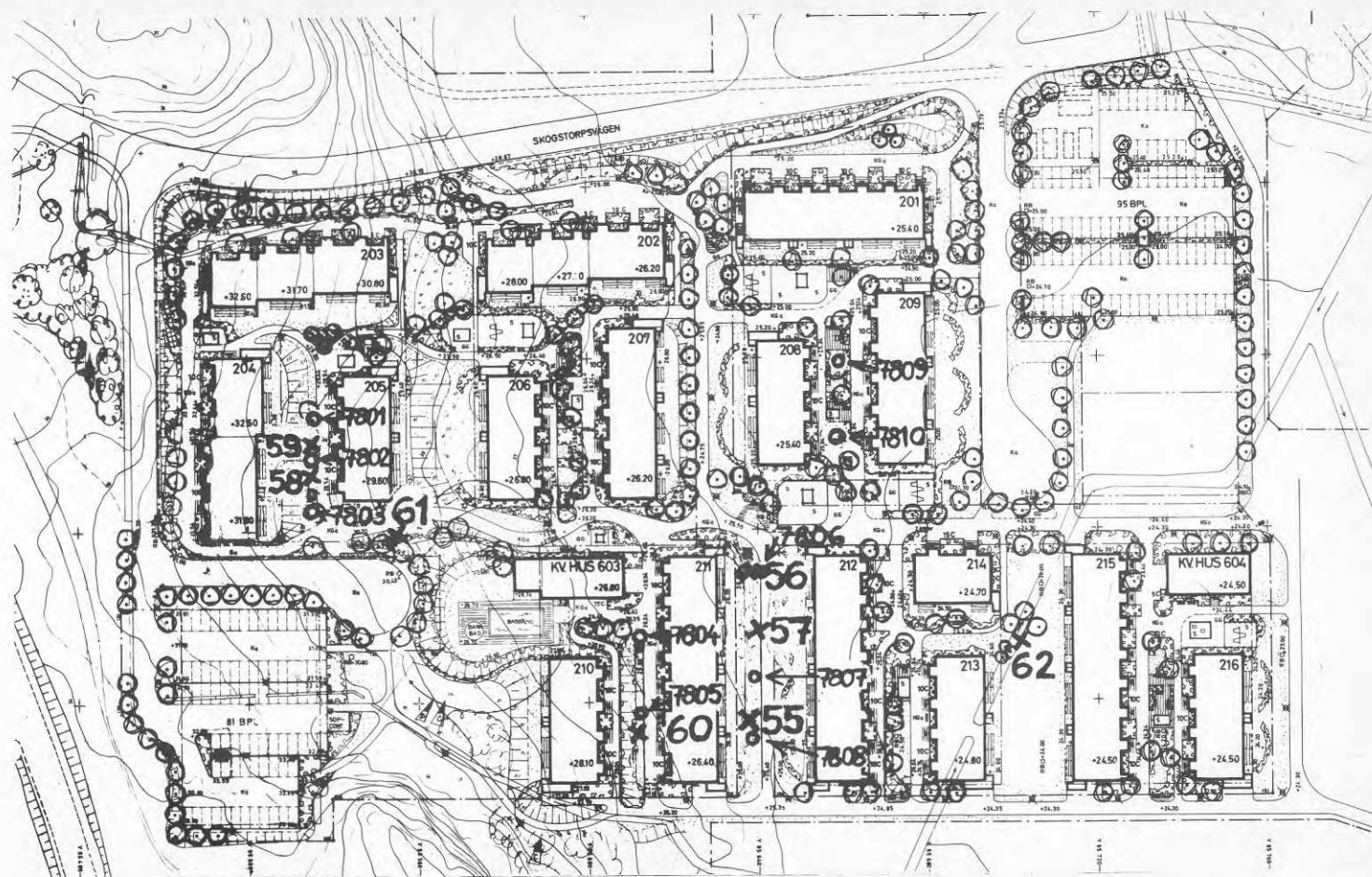


FIG. 22 Plan med platser för matjordsprover och provtagningspunkter

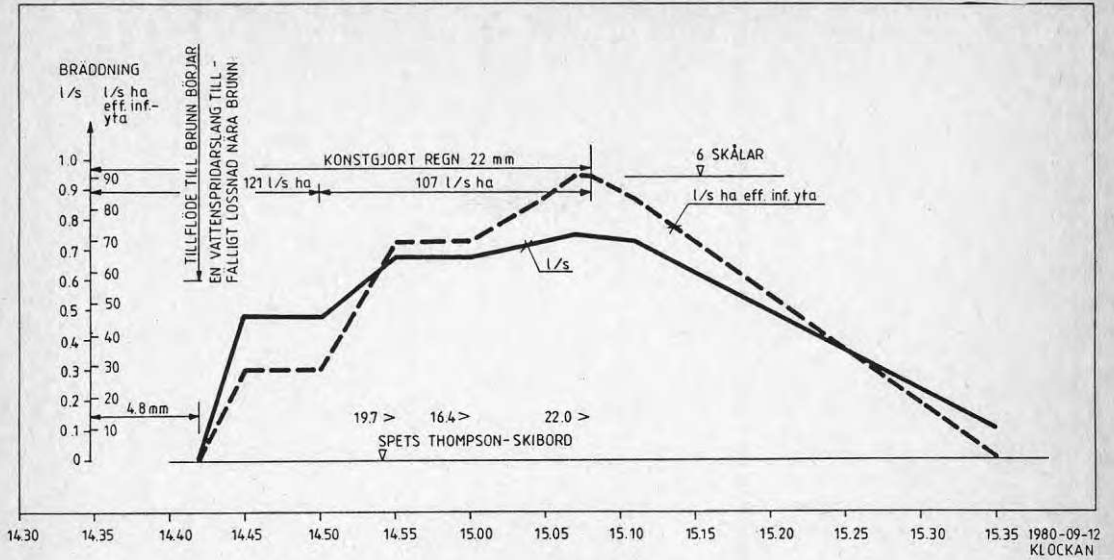


FIG. 23 Bräddningseffekt av artificioellt regn över 420 m^2 (varav 105 m^2 eff. inf. yta)

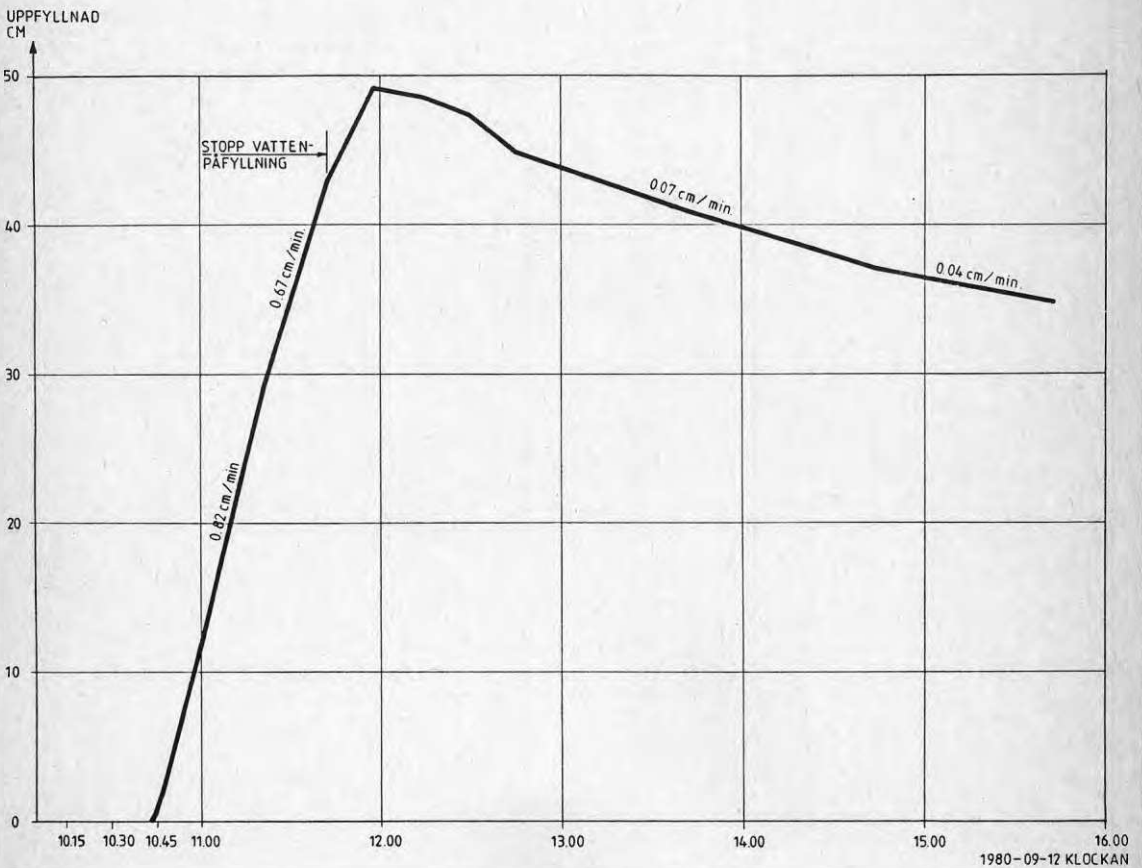


FIG. 24 Uppfyllnad av magasin M10 med 715 l/min.

Inga marksättningar kan iakttagas utmed husen vid entréer vilket är det tydligaste beviset för att marksättningar ej har inträffat.

Kompletterande dränering erfordras i släntfot mot befintlig badbassäng väster om kvarterets hus 603. Marken är här nedschaktad ca 2 m under ursprunglig markyta. Grundvattennivån är därför tidvis högre än nuvarande markytan och grundvatten rinner tidvis fram vid släntfoten.

Vid ett intensivt regn sommaren 1977 erhöles erosion i en brant gångvägslänt mellan hus 205 och 206 i södra delen. Gräsytorna var ännu ej etablerade och jordytorna i slänter är då mycket erosionskänsliga även för relativt små punktvisa flöden. Sedan växtligheten etablerats har erosion i slänter ej uppstått.

Utmed hus 202 och 209 har en bullervall utförts. Utrymmet mellan Skogstorpsvägen och entrévägen framför husen togs i anspråk för bullervallen och någon flack infiltrationsyta kunde ej utföras för dagvatten från entréytor och entrévägen. Erosionsskador i mindre omfattning har erhållits i vecket mellan entrévägens asfaltkant och bullervallens släntfot. Erosionsskydd av plattor har utförts punktvis.

Öster om bostadsområdet i avrinningsområdets lågpunkt finns en lekpark. När bostadsområdet var färdigbyggt steg sprickvattennivån över markytan inom lekparken vid tidpunkter med stor nederbörd. Det dike som tidigare avvattnade terränglågpunkten var igenlagt och ersatt med dagvattenledning. Någon dränering av lekparken var ej projekterad varför överdämning uppstod. Sedan dränering utförts upphörde överdämningen.

4.4 Kompletterande prov

Eftersom inget extremt regn inträffat under mätperioden har undersökningen utökats med ett artificiellt regn i anslutning till avrinningsytan mot brunn 2a. Vattenspridare har utplacerats så att hela asfaltytan och lika stor gräsyta i anslutning till asfaltytan, som avvattnas till brunn 2a, kunnat funderas med artificiellt regn under en period av 32 minuter under kontrollerade intensitetsförhållanden. "Nederbörden" har därvid under hela perioden hållits konstant vid en intensitet av i genomsnitt 287 l/min (totalt 22 mm), på en total yta av 420 m², varav ena hälften asfaltyta i gångväg och andra hälften gräsyta med flack dikesanvisning mot mätbrunn 2a. Gräsytan mellan gångvägen och dikesanvisningens botten är 105 m². "Regnintensiteten" över hela ytan uppgick till 114 l/s ha i genomsnitt med 121 l/s ha under 15 minuter och därefter 107 l/s ha under 17 minuter.

Under försöket mättes bräddningsnivån i mätbrunn 2a med mm-noggrannhet och antalet fyllda skålar kontrollerades.

Resultatet är redovisat i diagram i FIG 22. I samband med provet med artificiellt regn har magasin M10 påfyllts under kontrollerade former. I magasinets tillloppsbrunn har tillförts ett konstant vattenflöde av 715 l/min under en timme. Stigningen av vattennivån har därunder med täta intervaller mätts med mm-noggrannhet i observationsrör i magasinets norra ände. Samtidigt har pegelinstrumentet avlästs. Det visade sig därvid att pegelinstrumentet uppvisade ojämna avläsningsvärden, troligen beroende på friktions effekter i instrumentet. Avvikelserna uppgick till 5 å 10 cm nedåt från uppmätta nivåer vilket alltså inneburit att vattennivån legat 5-10 cm högre.

Resultatet av de noggranna mätningarna finns redovisade i diagram, FIG 23.

4.5 Utvärdering

4.5.1 Allmänt

Man måste ha klart för sig att det är många parametrar som påverkar infiltrationsförmågan. Utöver direkt mätbara förutsättningar såsom arealer, nederbörds mängder och grundvattennivåer och deras variationer finns ej mätbara förutsättningar såsom blandjordars förekomst och porositet, mer eller mindre dränerande anläggningar i marken, inverkan av trafik, snöupplag, packning från byggredskap m m. Trots dessa irrationella företeelser som i sig både kan förbättra respektive försämra infiltrationsförmågan kan man generellt sett grunda en utvärdering på i huvudsak följande parametrar, där förändring av infiltrationsförmågan angivits inom parentes.

1. Nederbördsintensitet (större intensitet ger sämre infiltrationsresultat).
2. Avvattnade täta ytans storlek (större storlek ger sämre infiltrationsresultat).
3. Avvattnade täta ytans lutning (större lutning ger sämre infiltrationsresultat).
4. Mottagande infiltrationsytans nivå i förhållande till ursprunglig markyta (nedschaktning under ursprunglig nivå ger mindre infiltrationsförmåga).
5. Mottagande infiltrationsytans storlek (ju mindre yta desto mindre infiltrationsförmåga).
6. Mottagande infiltrationsytans lutning (ju större lutning desto mindre infiltrationsförmåga).
7. Mottagande infiltrationsytans biologiska karaktär (glesare växtlighet ger mindre infiltrationsförmåga).
8. Översta marklagrens karaktär (lägre permeabilitet ger mindre infiltrationsförmåga).

9. Grundvattenytans respektive sprickvattenytans nivå (högre grundvattennivå ger lägre infiltrationsförmåga).

Av dessa parametrar kan 2, 1, 5, 9, 7 och 4 anses ha störst betydelse i nämnd ordning. Det är dock därvid värt påpekas att en sänkning av marknivån (parameter 4) kommer in i denna prioritetsordning före parametrarna 6-8 vid kohesionsjordar och där grundvattennivån är hög. Parameter 4 påverkar därvid även parameter 9. I andra fall kommer parametrarna 6 eller 8 in före parameter 4. Som synes påverkas således parametrarnas inbördes ordning av de yttre förhållandena. Vid utvärderingen av föreliggande observationsmaterial har endast parametrarna 1, 2, 4 och 5 kunnat bli föremål för bedömning på grund av fåtalet objekt.

Ett viktigt observandum är därvid att tre av de fyra observationsytornas lägsta delar ligger ovanför perkolationsmagasin, vilket kan förutsättas ge extra fördelar från infiltrationssynpunkt dels på grund av att magasinens täckande jord är återfyllnadsjord och dels på grund av snabbare uttorkningseffekter i denna återfyllnadsjord.

Detta har också tydligt kommit till uttryck i observationsresultaten. Enligt TAB 6 har sålunda avrinningen i brunn 2a, som är den enda brunnen som tar emot vatten från infiltrationsytor utan perkolationsmagasin, varit större än vid de övriga brunnarna såväl absolut som i synnerhet specifikt per ytenhet.

Som framgår av TAB 7 har nedschaktning från ursprunglig marknivå till färdig marknivå skett vid såväl 2a som vid 1a och 1b. Skillnaden är att vid de två sistnämnda infiltrationsytorna har nedschaktningarna skett i morän medan de vid 2a skett i lerområdet. Eftersom 2a dessutom ligger lägst av de tre ytorna är den således från flera synpunkter mycket ogynnsam för infiltration. Under matjorden ansluter lera, vars överyta ursprungligen legat 0,7 - 1,1 m under markytan och sannolikt oftast med sprickvatten i torrskorpan.

Den största avrinning som under mätperioden förekommit i brunn 2a utgör enligt TAB 6 89 l/s ha effektiv infiltrationsyta och inträffade någon gång mellan 78-08-07 och 78-08-28. Eftersom inga uppgifter om regnintensitet kunnat registreras kan sambandet mellan bräddavrinning och regnintensitet inte bestämmas. Det förtjänar dock konstateras att den sammanlagda nederbörden under 24-dagarsperioden uppgick till 70 mm, vilket kan tolkas så att ett intensivt regn mot slutet av perioden gav bräddning på grund av att fältkapacitet uppnåtts och därför hög grundvattennivå snabbt inträffade. Avrinningsförhållandena vid brunn 2b enligt TAB 5 överensstämmer sannolikt ej med verkliga förhållanden. Troligen har mätanordningen en okänd anledning ej registrerat flödet. Brunnen är belägen i en planteringsyta med öppen jord. Omkringliggande ytor består även av smärre grus- och gräsytor. Belastningen mellan avrinningsytan och infiltrationsytan är ca 3:1, vilket borde ge större flöden till brunnen.

Den flacka infiltrationsytan och dess underliggande innehåll av grusöverbyggnad över magasinet kan dock påverka infiltrations- respektive ytmagasinerings så att överskottsvattenmängden minskar. Någon säker bedömning kan dock ej göras.

Det kan ha sitt intresse att jämföra här erhållna resultat med projekteringsråden i Andersson et al 1979.

Infiltrationsytorna vid la och lb kan jämföras med förhållanden enligt A.1.2 i nämnda rapport under 9.2. Det största flöde som registrerats vid la ligger mellan 0.34 och 0.60 l/s, vilket omräknat till specifikt flöde från den avvattnade ytan (890 m²) gör 3,8 resp 6,7 l/s ha. Motsvarande största flöde från den avvattnade ytan vid lb (1583 m²) ligger mellan 2,2 och 3,8 l/s ha.

I rapporten rekommenderas ett dimensionerande bräddningsflöde av 5 l/s ha från den avvattnade ytan. Resultaten i Tegelhagen enligt ovan ger knappast anledning till ändring av detta värde.

Infiltrationsytan vid 2a är enligt vad som tidigare nämnts jämförd med utströmningsområde. Härvid gäller A.2.2 i ovannämnda rapport. Största flöde har här uppgått till mellan 0,60 och 0,95 l/s, vilket omräknat till specifikt flöde för hela avrinningsområdet motsvarar högst 1,7 l/s ha. Detta skall jämföras med rekommendationen 2 l/s ha vid dimensionering. Ej heller i detta fall föreligger skäl till ändring av rekommendationen.

En annan fråga som ej ingått att besvara i föreliggande rapport är vad som kan hända med det vatten som infiltrerar. Kan en del av detta vatten vid ogymsamma regnförhållanden nå avloppssystemen på smygvägar (läckage) och påverka överskottsvattnets toppflöden? Om så vore fallet men hänsyn härtill ej tagits vid dimensionering innebär det emellertid att inläckage omöjliggöres så länge ledningen går full. När ledningen inte går full finns visst utrymme för större flöde. Med andra ord en begränsad dimension verkar flödesutjämnande vid extrema toppflödessituationer genom att en viss grundvattenmagasinerings (tillfällig högt grundvattenstånd) inträffar. Frågan torde därför knappast behöva närmare utredas, vilket får anses lyckligt, eftersom dels sådana undersökningar sannolikt skulle bli förhållandevis kostsamma och dessutom i hög grad påverkas från fall till fall av rådande lokala förhållanden (jordarter, grundvattennivå, ledningarnas täthet etc.).

Detta utesluter dock inte att frågan bör vara föremål för överväganden med avseende på om tillfälligt högt grundvattenstånd i ledningsgrav kan orsaka skador på närliggande byggnad eller annan anläggning, särskilt vid normalt högt grundvattenstånd och hög kvot hårdgjord yta/eff. infiltrationsyta.

4.5.2 Artificiellt regn

Det kompletterande provet med artificiellt regn enligt 4.4 bekräftar tolkningen av avrinningsförhållandena vid infiltrationsyta 2a. Resultatet av detta prov, redovisat i FIG 22 kan utvärderas på följande sätt:

Efter 5 mm "regn" börjar avrinningen i brunnen. Vid detta tillfälle har tillgänglig magasinvolym i gräsytan uppfyllts och "regnets" intensitet överstiger infiltrationskapaciteten. Bräddningsflödet ökar därefter relativt snabbt fram till strax efter minskningen av bevattningsintensiteten, då ökningen blir avsevärt mindre. Detta torde dock inte enbart bero på intensitetsminskningen, som är relativt marginell, utan även på den ökade gräsyta som tas i anspråk för infiltration liksom på den ökade gradient för infiltration som erhålls genom dämningen.

Den maximala bräddningen uppgår till 0,95 l/s vilket innebär 90 l/s ha räknat över den effektiva infiltrationsytan. Om "regnet" hade avbrutits efter 15 minuter skulle den maximala bräddningen ha uppgått till 0,3 l/s motsvarande 29 l/s ha räknat över effektiva infiltrationsytan.

Eftersom den täta ytan (gångvägen) är dubbelt så stor som den ianspråktaga infiltrationsytan kommer tillförseln av nederbördsvatten över den infiltrerbara ytan att vara tre gånger större än nederbörden, d v s den får ta emot ett flöde som motsvarar en regnintensitet över ytan som är tre gånger den verkliga. I detta fall har den maximala intensiteten över infiltrationsytan således uppgått till $3 \cdot 121 = 363$ l/s ha och den maximala bräddningen, räknad på samma yta, har uppgått till 90 l/s ha. Toppavrinningsfaktorn var således $\frac{90}{363} = 0,25$. Med 15 minuters varaktighet hade den varit 0,08. Av försöket framgår således vilken betydelse för bräddningen som varaktigheten har.

Enligt (Dahlström 1979) gäller för Tegelhagen nederbördsvärden enligt TAB Z = 18. Enligt denna skulle ett regn med 10 års återkomsttid och 32 minuters varaktighet ge en medelintensitet nederbörd av 104 l/s ha, d v s mindre än det här genomförda provet. Vid en jämförelse kan möjligen invändas att provregnet skedde över en begränsad yta medan ett verkligt regn skulle omfatta betydligt större areal och därmed kunna påverka bräddningsflödet i ökande riktning. Man kan emellertid gentemot detta hävda att det artificiella regnet just omfattat den areal, som beräknats kunna påverka bräddningen under den begränsade varaktigheten och regnmängden. Ytorna utanför "regnytan" ligger så mycket högre att nederbördsvatten över dessa ytor vid ett verkligt regn med samma intensitet och varaktighet ej kan förväntas hinna fram till dikesanvisningen inom den aktuella tidpunkten 32 minuter.

Betraktar men de första 15 minuterna av det artificiella regnet i jämförelse med (Dahlström 1979) TAB 18, finner man att detta motsvarar ett regn med en återkomsttid mellan 2 och 5 år och alltså i detta fall mer än väl uppfyller normala dimensioneringskrav för erforderliga ledningar.

4.5.3 Påfyllning magasin M10

Påfyllningen av magasin M10 under kontrollerade former har givit värdefull information. Vid en närmare analys av uppfyllningsförloppet (FIG 23) finner man sålunda följande:

Under 33 minuter till en uppfyllnad av 30 cm uppgår uppfyllnadsintensiteten till 0,82 cm/min. Därefter avtar den till en uppfyllnad av 43 cm till 0,67 cm/min. Magasinets horisontella yta är $2,5 \times 38,2 \text{ m}^2$. Med en porositet av 40% blir nettovolymen således $38,2 \text{ m}^3$. Eftersom påfyllnadsflödet var 715 l/min finner man att uppfyllnadsintensiteten med justering för motsvarande avtappning borde ha varit maximalt

1,83 cm/min upp till 37 cm uppfyllnad och
1,80 cm/min upp till 45 cm uppfyllnad

om enbart magasinets porositet varit verksam.

Detta innebär att betydligt större volymer utanför magasinet tagits i anspråk för magasinering av det tillförda vattnet. Totalt har ianspråktagits

$$\frac{1,83}{0,82} = 2,23 \times \text{magasinsvolymen upp till 30 cm}$$

och $\frac{1,80}{0,67} = 2,69 \times \text{magasinsvolymen mellan 30 och 43 cm}$

d v s spricksystem i lerans torrskorpa har funnits tillgängliga med effektiva volymer uppgående till mellan 120 och 170% av magasinets nettovolymer.

Resultatet ger reflektionen att liknande kontrollerade uppfyllnader borde genomföras vid många andra magasin för att dokumentera om företeelsen är normal, om variationerna är stora och hur de är beroende av olika parametrar såsom jordarter, angränsande ledningsgravar etc.

De avläsningar som skett i magasin M10 i samband med regn ger inte belägg för de påvisade reservvolymererna om man jämför med avlästa regnmängder och endast tar med takvattnet.

Detta kan bero på att magasinet och dess angränsande spricksystem tar emot vatten från en stor del av omgivande markytor genom direkt infiltration. Dessa markytor är av samma storleksordning som takytorna.

En synbarlig paradox i diagrammet FIG 23 bör kommenteras. När påfyllningen av vatten avbryts kl 11.43 fortsätter ändå vattenytan att stiga i mätpunkten så att den 15 minuter senare är 6 cm högre än vid avbrottet. Detta måste tolkas så att nivån vid påfyllningsbrunnen, som är belägen 21 m från mätstället, varit högre på grund av intern-dämning i magasinet. Sådan dämning kan endast uppstå på grund av någon diskontinuitet i fyllnads-materialiet och är ett exempel på vad som kan inträffa i praktiken, särskilt om kontrollen ej är 100-procentig under byggnadsskedet.

4.5.4 Vegetation m m

Avsikten med matjordsprovtagningarna och analyserna var att utvärdera huruvida den påtagligt ökade infiltrationen invid asfaltytor ger större urlakning av närsalter än under övriga vegetationsytor.

De i TAB 8 redovisade analysvärdena visar ingen signifikant skillnad mellan prover i högbelastade infiltrationsytor (nr 55-60) och nollprover i normalbelastade infiltrationsytor (nr 61 och 62). Samtliga analyser visar emellertid mycket låga halter av speciellt kväve, fosfor, kalium och magnesium. Antalet prover är för litet för att några definitiva slutsatser skall kunna dras om eventuell urlakningseffekt. Denna fråga bör studeras vidare i kommande projekt.

Utformningen av infiltrationsyta la skiljer sig från övriga undersökta infiltrationsytor. Tvärsnittet är något v-format på ungefär halva ytan. Gräsvegetationen är något sämre i den v-formade ytans mitt och smärre fläckar med öppen jord helt utan vegetation förekommer. Den verkliga orsaken till dessa skador kan ej säkert avgöras men de tyder på att gräsvegetationen tagit skada av vatten som tillförts från omgivande ytor under längre tidsperioder eller av isbildning. Liknande skador är vanliga i fördjupningar i gräsytor och i diken. Speciellt vid högbelastade infiltrationsytor bör man eftersträva utförande med horisontell yta där eventuell brunn utgör bräddavlopp.

Gräsytor som skall användas som högbelastade infiltrationsytor bör utföras med anpassat jord- och växtmaterial. Den i infiltrationsytorna använda matjorden innehåller c:a 15% silt och c:a 10% lera. De små mängder överskottsvatten som avrunnit till brunnarna tyder på att ifrågavarande matjordslager och/eller kvalitet varit tillfyllest för att säkerställa en tillfredsställande infiltration.

Dessa frågor har dock ej kunnat behandlas närmare i detta uppdrag.

5. SAMMANFATTNING

Uppföljning av vattenbalansen i Tegelhagenområdet har genomförts såväl i naturmarksskedet som under byggnads- och brukskedet.

Funktionen hos anläggningar för lokalt omhändertagande av dagvatten har följts upp och samtidigt har det byggda områdets geohydrologiska funktion iakttagits okulärt under en lång följd av år, dels av forskningsgruppen och dels av personer som bor eller arbetar i området.

Grundvatten- och sprickvattenförhållandena har följts 1974 - 1977 och magasinens funktion 1976 - 1977.

Infiltrationsytornas funktion har okulärt följts upp ända sedan sådd i samband med färdigställandet 1976 till hösten 1980 då även matjordsprover togs.

Under åren 1978 - 1980 har överskottsvattenmängderna från fyra olika gräsbevuxna infiltrationsytor uppmätts.

Dessutom har specifika undersökningar utförts. Vid två magasin har en mer djupgående och noggrann undersökning av vattnets strömningsvägar kring perkolationmagasin genomförts.

Vid infiltrationsyta 2a utfördes ett artificiellt regn i sept 1980 med hänsyn till att nederbördsförhållandena under uppföljningstiden ej var tillräckliga för att utröna överskottsvattenmängder från en specifik infiltrationsyta vid ett regn med stor intensitet och lång återkomsttid.

När markarbetena påbörjas för ett exploateringsområde med byggande av ledningar, terrassering av nya marknivåer, vägar och husgrunder, påverkas naturlig vattenbalans genom pumpning och utdränering, varvid grundvatten leds bort genom insläpp i de nya ledningarna. Detta förhållande måste beaktas vid byggnadsarbeten på sättningskänslig mark och i områden där bibehållen grundvattennivå är viktig för kringliggande byggnader och/eller anläggningar.

Det mest påtagliga resultatet från Tegelhagen ur funktionssynpunkt är att vattenbalansen i den byggda miljön är väl anpassad till funktionskrav för utvändig kommunikation, vegetation och för recipienten. Detta har uppnåtts trots att anläggningskostnaderna kunnat reduceras något i förhållande till kostnaderna för ett avloppssystem där allt dagvatten leds bort.

Ur driftssynpunkt finns det inga särskilda uppföljningar gjorda. Några uppenbara skillnader i driftskostnader har dock ej påtalats av driftspersonalen. Det kan dock konstateras att marksättningar uteblivit vilket innebär stora besparingar i förhållande till driftskostnader för bostadsområde på normalkonsoliderad lermark där dagvatten från hårdgjorda ytor leds bort i ledningar till recipient.

Perkolations- och/eller fördröjningsmagasinen har fungerat helt tillfredsställande. Några rensningsåtgärder har ej utförts fram till hösten 1980. Undersökningarna har visat att magasinen har olika uppfyllningsgrad beroende på jordart omkring magasinen samt grund- och sprickvattenförhållanden. Dimensionering av perkolationsmagasin bör ske med hänsyn till dessa förhållanden. Det har också visat sig att magasinen i lermark tar emot sprickvatten från omgivande mark. Magasinen dränerar således omgivningen vilket i sin tur innebär att magasinen ofrivilligt dräneras nedströms - sannolikt till ledningsgrav och ledningar till vilka magasinens bräddavloppsledningar är anslutna. Med hänsyn till den praxis och teknik som gäller för ledningsbyggande är utdräneringen ej förvånande. Stor vikt måste fortsättningsvis dock läggas på tätning mellan magasin och djupare belägna schakter och ledningar. Målsättningen att hindra uttorkning av lermarken och momentan avrinning till ledningsnät har dock infriats i detta fall. Markning omkring magasinen i lermark bidrar till magasineringseffekten. Försök i ett magasin visar betydande sekundär lagringskapacitet utanför magasinet.

Infiltrationsförhållanden har följts upp med avseende på hur mycket överskottsvatten som avleds till ledningsnätet från olika lokala infiltrationsytor.

Överskottsvatten har avrunnit från alla de undersökta infiltrationsytorna. Mängderna varierar främst beroende på markbeskaffenheten under vegetations-täcket och på grundvattenytans nivå.

Flödena av överskottsvatten har jämförts med dimensioneringsråden i Andersson et al 1979, avsnitt 9.2. Därvid har överensstämmelse befunnits föreligga. Detta innebär emellertid inte någon säker verifikation av rekommenderade dimensioneringsråd, eftersom endast tre platser undersökts. Betydligt mer omfattande undersökningar på andra platser krävs härför.

Infiltrationsytornas ytskikt har följts upp okulärt och genom provtagning av matjorden inom såväl infiltrationsytorna som på andra gräsytor inom området.

Gräsvegetationen på infiltrationsytorna har etablerats bra efter några år och har visat stor tålig-het mot snöupplag och vattentillförsel. Någon större skillnad i utseende mellan infiltrationsytor och andra gräsytor föreligger ej. Matjordsanalyser visar ej heller någon påtagbar skillnad i organiskt eller fysikaliskt hänseende. Belastningen på de undersökta ytorna har varit i storleksordningen 3:1 vilket med hänsyn till funktionen visar att gräsytor är väl lämpade för infiltration av dagvatten även i tät bebyggelse där ytbelastningen av plan-lösningsskäl ofta blir stor.

Funktionsstörningar har inträffat på platser i området i huvudsak där schaktingrepp medfört att den nya marknivån hamnat nära grundvattenytan och med hänsyn till grundvattnets nivåvariationer, tidvis under grundvattenytan. Dessutom har utebliven dränering orsakat överdämning av en lekpark i terränglågpunkten belägen intill bostadsområdet.

Skador på grönytor under etableringsskedet är vanliga under tidsperioder med stor nederbörd i områden med finkorniga jordarter. Erosions- och ytuppmjuknings-skador uppträder på grönytor oberoende av hur dagvatten omhändertas.

Skillnader kan finnas nära vägar om kantstöd utförs eller ej. Skador på grönremsor utmed vägar med kantstöd kan vara mindre än där kantstöd borttagits. Å andra sidan skadas ofta kantstöd genom påkörning av tunga fordon.

De erfarenheter som framkommit i Tegelhagen vad avser dagvattenproblematik och som finns redovisade under 4.3.5 understryker vikten av en klar gränsdragning mellan inströmningsområde och utströmningsområde och att utströmningsområden, som ej avsiktligt planeras som våtmarker, måste dräneras tillfredsställande. De understryker även vikten av att beakta de hydrologiska effekterna av sänkt marknivå vid exploateringar. Dessa konstateranden har ej uteslutande att göra med användning av "lokalt omhändertagande av dagvatten" utan gäller oavsett metod för dagvattenhanteringen.

De begränsade negativa effekter, som uppträtt i fråga om dagvattnet i Tegelhagen under de 4 år som gått efter utbyggnaden, har inträffat på andra ställen inom områden, än där LOD-anläggningar förekommer och är inga effekter av tillämpningen av LOD. De beror uteslutande på nedschaktningar och/eller otillräcklig dränering.

På grundval av de geotekniska undersökningar som utfördes före exploateringen inom undersökningsområdet räknade man med sättningseffekter i lerområdet. Det var för att söka motverka dessa sättningar som man beslutade att tillämpa LOD. Det kan nu, 4 år efter exploateringen, konstateras att några sättningar ej inträffat.

6. LITTERATUR, REFERENSER

- Paus K, Andersson R & Carlstedt B 1974
Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation (Statens Råd för byggnadsforskning) Stockholm, Rapport R23:1974
- Carlstedt B, 1975, Hydrologisk modell.
Dränering genom ledningsgravar. (Statens Råd för byggnadsforskning) Stockholm, Rapport R37:1975
- Andersson L & Nyberg Fred, 1975
Konstgjord regnvatteninfiltration (Kungliga Tekniska Högskolan) Publikation 75:1
- Paus O W, 1978, Geohydrologiskt detaljstudium,
Tegelhagen, Sollentuna (Stockholms Universitet,
Kvartärgeologiska institutionen) Stockholm
- Andersson R, Carlstedt B, Paus K, 1978
Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Tjälens inverkan på magasin i mark av porös fyllning (Statens Råd för byggnadsforskning) Stockholm Rapport R73:1978.
- Dahlström Bengt, 1979, Regional fördelning av nederbördsintensitet - en klimatologisk analys (Statens Råd för byggnadsforskning) Stockholm, Rapport R18:1979
- Andersson R, Carlstedt B & Paus K, 1979
Dagvattenavledning genom infiltration, magasinering och perkolation (Statens Råd för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R140:1979
- Holmstrand O, 1980, Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-1979, Göteborg CTH, meddelande nr 53, 1980



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770997-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till BPA Byggproduktion AB och Scandiaconsult AB,
Stockholm.**

R144: 1981

ISBN 91-540-3626-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700444

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

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

Cirka pris: 25 kr exkl moms