



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

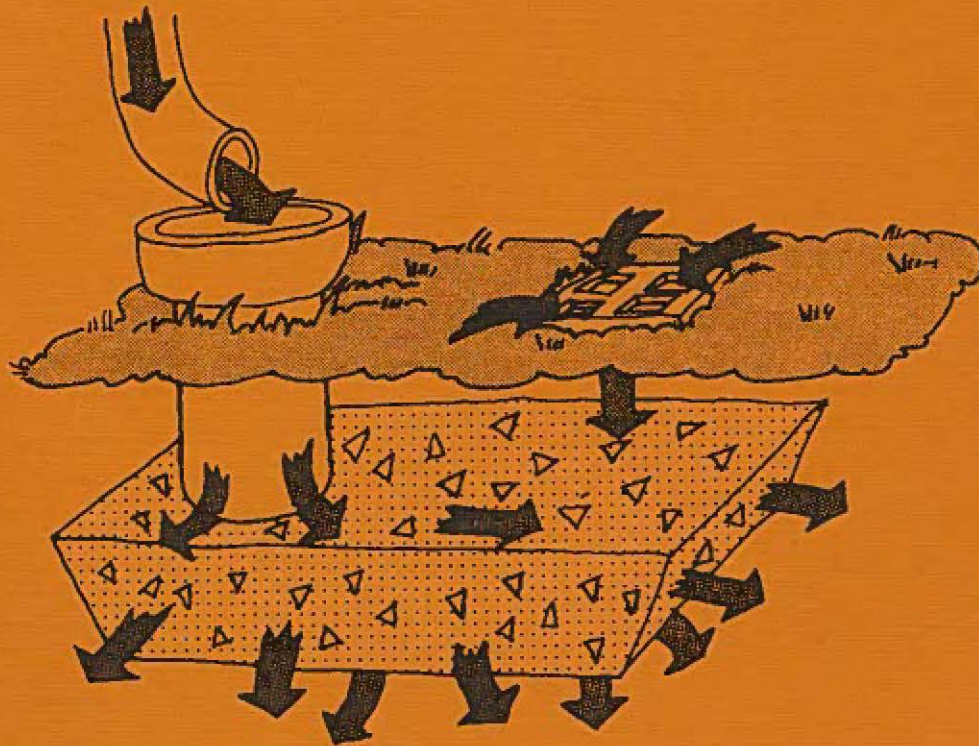
Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN

sammanfattning av forskning om dagvatten-
infiltration vid CTH 1976-79



Olov Holmstrand



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

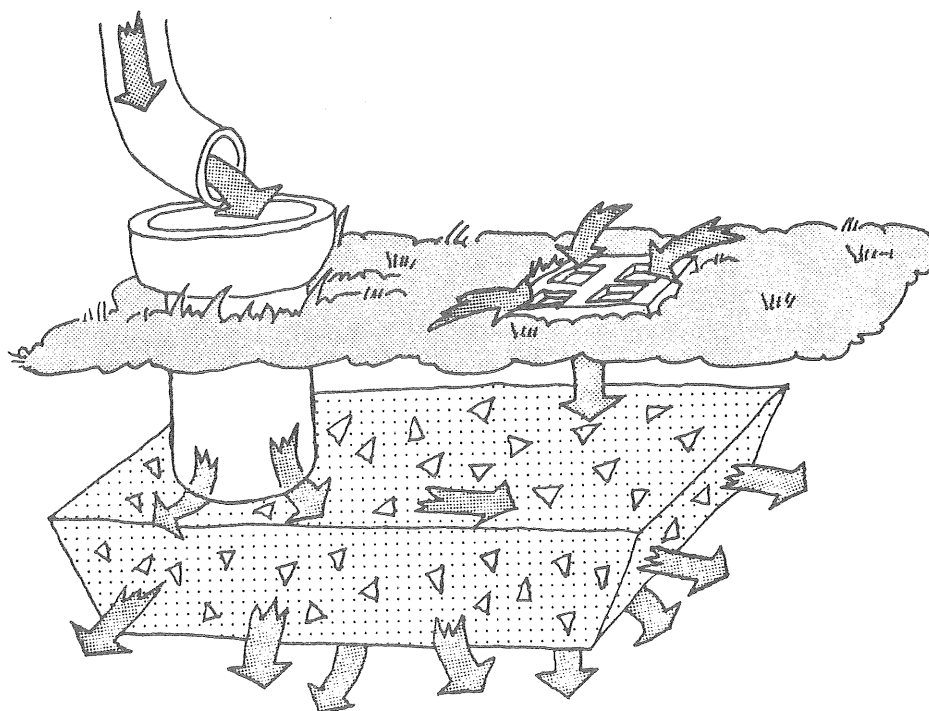
Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN

sammanfattning av forskning om dagvatten-
infiltration vid CTH 1976-79



Adress:
Chalmers Tekniska Högskola
Geohydrologiska forskningsgruppen
412 96 GÖTEBORG
Tel. 031/810100

Olov Holmstrand

FÖRORD

Forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" startades år 1976 inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens vid CTH verksamhet. Projektet inriktades till en början på att klarlägga förutsättningar för och planering av LOD. Samtidigt inleddes emellertid också uppföljning av anläggningar i drift. Under projektets genomförande tillkom sedan en rad specialundersökningar och tillämpningsprojekt med mer eller mindre fast anknytning till det ursprungliga LOD-projektet. Vid tidpunkten för utskriften av föreliggande rapport pågår fortfarande flera sådana följdprojekt.

Forskningen har huvudsakligen bedrivits med anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR). Flera av delundersökningarna och tillämpningsprojekten har dessutom helt eller delvis bekostats av lokala intressenter, främst kommuner.

Inom ramen för LOD-projektet och de olika delprojekten har redovisning av undersökningar och resultat gjorts i ett stort antal rapporter. Föreliggande slutrapport har därför utformats som en ganska kortfattad sammanfattning med hänvisningar till respektive delrapporter. En sammanfattning avsedd för praktisk tillämpning har tidigare utgivits av Naturvårdsverket och Byggforskningen ("Infiltrera dagvatten", Holmstrand och Lindvall, 1979).

Göteborg i juli 1980.

Olov Holmstrand

FÖRORD

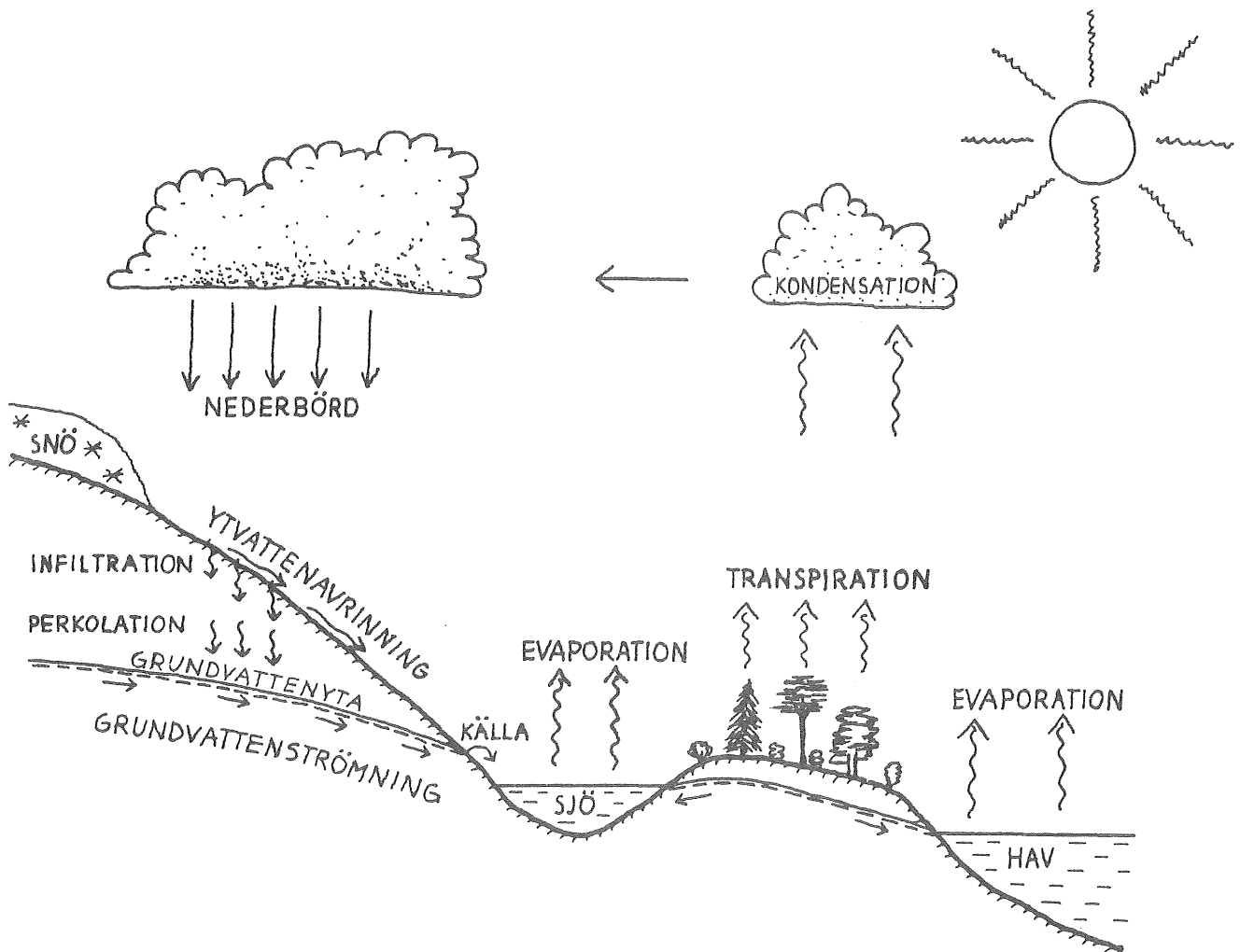
1.	PROBLEMORIENTERING	1
1.1	Naturlig vattenbalans	1
1.2	Urban vattenbalans	2
1.3	Avloppsledningssystem	4
1.4	Negativa konsekvenser av urban vattenhantering	5
1.5	Möjliga lösningar	6
2.	LOD-PROJEKTETS GENOMFÖRANDE	8
2.1	Projektets tillkomst och organisation	8
2.2	Finansiering	9
2.3	Referensgrupp	10
2.4	Målsättning	10
2.5	Rapportering	12
3.	DELUNDERSÖKNINGAR	13
3.1	Inledning	13
3.2	Enkät rörande perkolationsanläggningar	13
3.3	Perkolationsanläggning i Bratthammar	17
3.4	Perkolationsanläggning i Halmstad	26
3.5	Infiltrationsförhållanden i Nolered, Torslanda	31
3.6	Infiltrationsbestämning vid Ronneby flygplats	35
3.7	Planering för LOD i Karlskoga	39
3.8	Planering för LOD i Södra Näset	45
3.9	Planering för LOD i Östra Gårdsten	49
3.10	Planering för LOD i Öjersjö	51
3.11	Infiltrationsundersökningar i Linköping	55
3.12	Infiltrations- och markvattenstudier	58
3.13	Termisk registrering	68
3.14	Dimensionering av perkolationsmagasin	72
3.15	Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering	73
3.16	Information om LOD-projektet	76

	SID
4. RESULTAT	78
4.1 Inledning	78
4.2 Förutsättningar för dagvatten- infiltration	78
4.3 Planering av LOD	79
4.4 Dimensionering av infiltrations- anläggningar	80
4.5 Utförande och drift av infiltrations- anläggningar	81
5. FORTSATT FORSKNING	82
6. REFERENSER	84

1. PROBLEMIORIENTERING

1.1 Naturlig vattenbalans

Vattnet i naturen bedriver ett kretslopp med solenergin som drivkraft (se figur 1). Under förutsättning att inte klimat och andra naturliga yttre förutsättningar förändras, kan nederbörd, ytavrinning, grundvattennivåer osv anges som statistiska medelvärden, giltiga för längre perioder. Så länge dessa värden inte förändras nämnvärt utöver normala svängningar förändras inte heller förutsättningarna vad gäller exempelvis vegetation, konsolidering av marklager eller vattendragens tillstånd vad gäller vattenföring, näringstillförsel, sedimentation m m.



Figur 1. Vattnets kretslopp (hydrologiska cykeln).

Efter Todd (1959).

Nederbörd som faller på markytan kan antingen rinna av genom direkt ytavrinning eller infiltrera i marken. Under vintern förekommer dessutom tillfällig magasinering i form av snö. Vid de förhållanden som är normala i Sverige infiltrerar så gott som hela nederbörden temporärt i de flesta områden med någorlunda naturliga mark- och vegetationsförhållanden. Härigenom försörjs vegetationen med vatten, en del av nederbörden kan bilda grundvatten och avrinningen i ytvattendragen utjämnas avsevärt i förhållande till nederbördens variationer genom den tillfälliga magasineringen i marken.

Vid passagen genom marken förändras även vattnets kemiska tillstånd, dvs innehållet av lösta och suspenderade (uppslammade) ämnen. Grundvattnet renas på detta sätt och utgör därför en värdefull resurs som försörjningsvatten.

Vegetationen och djurlivet i de ytliga marklagren har avgörande betydelse för vattenomsättningen både kvalitativt och kvantitativt. Växter, mikroorganismer, maskar och andra smådjur håller genom sin aktivitet de ytliga jordlagren porösa och därmed vattengenomsläppliga. Detta förhållande är en följd av växelspelet mellan organismerna under deras utveckling. Växterna som genom sin fotosyntes ger grundvalen för allt annat liv gynnas mest av att dessa andra livsformer skapar goda förutsättningar för vattentillförsel, vilket i sin tur gynnar växterna. Den biologiska aktiviteten i de översta jordlagren har också avgörande betydelse för de kemiska processer som påverkar grundvattnets sammansättning.

1.2 Urban vattenbalans

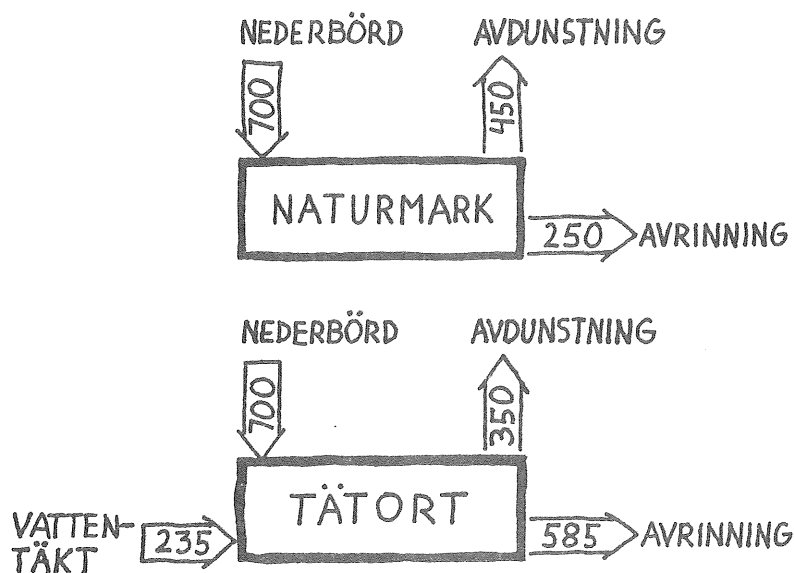
När ett naturligt markområde bebyggs, förändras den naturliga vattenbalansen drastiskt. Orsaken är främst att vegetationen och det översta markskiktet avlägsnas och i stor utsträckning ersätts med helt vattentäta, övertäckande konstruktioner, t ex byggnader, gator och parkeringsplatser. Från sådana ytor sker ingen infiltration i marken

utan regnvattnet rinner av snabbt och i det närmaste totalt. Det avrinnande vattnet (dagvattnet) förorenas dessutom av partiklar och lösliga ämnen som finns på de hårda ytorna.

Man brukar som en tumregel ange att 50% av ytorna i tätorternas ytterområden är hårdgjorda. Siffran kan vara lägre i äldre, lågexploaterade områden. I tätorternas centrala delar kan så gott som hela ytan vara hårdgjord.

Vattenbalansen i tätorter påverkas även av att exempelvis ledningar och undermarksanläggningar av olika slag aktivt dränerar bort mark- och grundvatten.

Sammanfattningsvis kan man säga att vattenbalansen i tätorter karakteriseras av att nederbörden i större utsträckning och på kortare tid rinner av som ytvatten (dagvatten) jämfört med naturliga områden. Dagvattnet är också mer eller mindre förorenat. Genom den minskade infiltrationen och ökade dräneringen sker dessutom i allmänhet en uttorkning av marken som vanligen resulterar i sänkt grundvattennivå. En jämförelse mellan naturlig och urban vattenbalans redovisas i diagramform i figur 2.



Figur 2. Vattenbudget för naturmark respektive tätort i Sydsverige. Efter Bucht et al. (1977).

1.3 Avloppsledningssystem

Ursprungligen släpptes allt förbrukat vatten från bebyggelse ut direkt på marken. I tätorterna uppstod tidigt behov av att i stället leda bort vattnet. När avloppssystem började byggas ut avsåg de att i första hand ta hand om det kraftigast förorenade spillvattnet. Dagvattnet fick fortfarande rinna av på mera "naturligt" sätt. Sådant avloppssystem, separatsystem, finns fortfarande i gles bebyggelse.

Så småningom kom spillvattenledningarna även att utnyttjas för dagvattenavledning i allt större skala. Detta kombinerade avloppssystem har flera nackdelar, främst de stora flödesvariationerna i ledningarna och blandningen av vatten som är olika förorenat. Kombinerade avloppssystem byggdes emellertid i svenska tätorter långt in på 1960-talet.

För att råda bot på det kombinerade ledningssystemets nackdelar har man vidtagit olika åtgärder för att separera dag- och spillvatten. Inom ramen för de "konventionella" systemen kan dagvattnet då avledas i särskilda ledningar eller eventuellt i öppna diken.

Tabellen i figur 3 ger en översikt över de tre viktigaste "konventionella" avloppssystemen och deras funktion.

Typ av avloppsvatten	Avloppssystem		
	Kombinerat system	Separerade system	
		Separatsystem	Duplikatsystem
SPILLVATTEN	Gemensam ledning	Spillvattenledning	Spillvattenledning
DAGVATTEN		Rännsten eller dike	Dagvattenledning
DRÄNVATTEN		Spillvattenledn. el. dike	Spill- eller dagvattenledn.

Figur 3. Avloppssystem. Förenklat efter VAV P28 (1976).

1.4 Negativa konsekvenser av urban vattenhantering

De negativa konsekvenserna av hanteringen av framför allt dagvattnet i urbana områden kan sammanfattas i följande punkter.

- Avledningen av dagvatten på markytan minskar infiltrationen i marken. Genom olika dränerande åtgärder avleds vatten dessutom direkt från djupare marklager. Detta ger minskad markvattenhalt och sänkt grundvattennivå. Genom minskad infiltration och markvattenhalt kan vegetationen skadas. Speciellt känsliga är äldre, väl uppväxta träd, som man kanske vill spara i samband med att ett område exploateras. Om sådana träd dör kan den yttre miljön försämrats påtagligt i förhållande till vad som var avsett. Sänkt grundvattennivå ger i områden med finsediment (lera-silt) upphov till sättningar av varierande storleksordning. Sättningarna kan i sin tur förorsaka mycket kostsamma skador på byggnader och anläggningar.
- I samband med regn, särskilt häftiga regn, uppstår stora, koncentrerade dagvattenflöden. Vattnet är även mer eller mindre förorenat efter att ha sköljt av de ytor som avvattnas. Beroende på typ av avloppssystem uppträder skador och olägenheter på olika ställen. Vid kombinerade system finns risk för källaröversvämningar och bräddning av en blandning av dagvatten och orenat spillvatten. Vidare kan reningsverken överbelastas. Vid separerade ledningssystem kan recipienterna skadas både av föroreningarna i dagvattnet och den ojämna tillförseln.
- Konventionell avledning av dagvatten i ledningar kräver ett ledningssystem som är dimensionerat med hänsyn till de kraftigaste flödena. Dessa är mycket kortvariga, varför ledningarna vanligen är så gott som tomma och därmed har låg utnyttjandegrad. Utbyggnad av dagvattenledningar är därför en mycket kostsam metod. Vid dupliksystem tillkommer dessutom risken för felkopplingar som nedsätter ledningsnätets avsedda funktion.

1.5 Möjliga lösningar

De negativa konsekvenserna av störd vattenbalans i urbana områden kan motverkas genom åtgärder av olika slag. Hitills har det varit vanligast att försöka rätta till uppkomna skador. Exempel på sådana åtgärder är ombyggnad av ledningssystem och reningsverk, grundförstärkning och reparation av skadade anläggningar och byggnader samt återplantering av vegetation.

Ett mera radikalt sätt att angripa problemen är att söka bibehålla eller återställa en någorlunda naturlig vattenomsättning i urbana områden. Detta är grundtanken bakom lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD). Genom att i största möjliga utsträckning lokalt hålla inne och infiltrera dagvattnet i marken kan man uppnå både ekonomiska och miljömässiga vinster. De positiva effekterna av LOD kan sammanfattas i följande punkter:

- Ökad möjlighet att bibehålla grundvattennivån eller grundvattentrycket och därmed undvika sättningar.
- Ökad möjlighet att bibehålla befintlig, naturlig vegetation respektive etablera ny vegetation.
- Minskad föroreningsbelastning på ytvattendrag.
- Avlastning av stora, kortvariga flöden till recipienter och reningsverk.
- Minskade risker för källaröversvämningar jämfört med kombinerat avloppssystem.
- Minskade kostnader för anläggande och underhåll av ledningsnät.

Tillämpningen av LOD är emellertid inte utan problem och tveksamheter. Dessa kan sammanfattas i följande punkter:

- Gällande lagstiftning är utformad med hänsyn till "konventionell" dagvattenavledning och tar inte hänsyn till de speciella problemen vid dagvatteninfiltration.
- Infiltration av förorenat dagvatten kan medföra risker framför allt för grundvattentäkter.

- Igensättning av infiltrationsanläggningar kan förorsaka driftstörningar. Anläggningarna kräver därför regelbunden tillsyn och skötsel.
- Förhöjd vattenhalt i markytan kan medföra ytuppmjukning tidvis, vilket ställer krav på begränsat utnyttjande.
- Höjning av den normala grundvattennivån eller grundvattentrycknivån kan ge ökad skredrisk i skredkänsliga områden.
- Såväl allmänhet som berörd teknisk personal saknar vanligen tidigare erfarenhet av dagvatteninfiltration. Det finns därför ett stort behov av upplysningsverksamhet.

2. LOD-PROJEKTETS GENOMFÖRANDE

2.1 Projektets tillkomst och organisation

Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH uppmanades på hösten 1975 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), Göteborgs VA-verk och BPA-Riksbyggen, 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.

I planeringen av forskningsprojektet förutsattes att fältundersökningar skulle kunna bedrivas under sommarperioderna 1976 och 1977. Färdigställandet av de båda anläggningarna i Bratthammar och Halmstad försenades emellertid ca 1/2 år, varför första fältarbets sommaren 1976 inte kunde utnyttjas i avsedd utsträckning. Med hänsyn till förseningen och de under projekttiden tillkomna delmoment, som ej fanns med i den ursprungliga ansökan, förlängdes projektet med ett år till 790630.

Dagvatteninfiltration innefattar ett flertal ganska vitt skilda problem. Forskningsprojektet uppdelades därför från början i tre delprojekt:

- a) Markvattenförhållanden i urbana områden
(genomfördes vid Geologiska institutionen)
- b) LOD - hydrologiska förutsättningar
(genomfördes vid Institutionen för vattenbyggnad)
- c) LOD - geohydrologiska förutsättningar
(genomfördes vid Geologiska institutionen)

Förhållandena i markens vattenomättade zon är av stor betydelse vid infiltration av vatten. Markvattenförhållanden hade redan studerats inom ramen för ett separat forskningsprojekt (redovisat i Holmstrand och Wedel, 1976)

under Geohydrologiska forskningsgruppens första verksamhetsperiod (1972-75). Det var därför naturligt att fortsätta markvattenstudierna inom ramen för LOD-projektet. Markvattenprojektets huvudsyfte var att teoretiskt behandla förhållandena i markvattenzonen och att genom bl a praktiska prov utreda lämplig mätapparat för att bestämma förhållandena i markvattenzonen.

Delprojektet hydrologiska förutsättningar syftade till att studera inverkan av utförda perkolationsmagasin på dagvattenavledningen i bebyggelseområden och utveckla beräknings- och dimensioneringsmetoder för dagvattensystem försedda med infiltrationsanordningar.

Delprojektet geohydrologiska förutsättningar syftade till att studera de geologiska och geohydrologiska förutsättningarna för lokalisering och dimensionering av infiltrationsanordningar samt hur förundersökningarna i dessa avseenden skall bedrivas.

Organisatoriskt uppdelades projektet så att markvattenförhållanden och geohydrologiska förutsättningar genomfördes vid Geologiska institutionen, hydrologiska förutsättningar vid Institutionen för vattenbyggnad. Projektledare för markvattenförhållanden var Per Wedel, för hydrologiska förutsättningar först Klas Cederwall och sedan Anders Sjöberg, för geohydrologiska förutsättningar först Per Wedel och sedan Olov Holmstrand. Olov Holmstrand har hela tiden fungerat som samordnare för delprojekten.

2.2 Finansiering

LOD-projektet har som förut nämnts huvudsakligen finansierats genom anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

Undersökningarna i Bratthammar har fått avsevärda anslag från EHAB, Göteborgs VA-verk och BPA-Riksbyggen.

Undersökningarna i Halmstad har på olika sätt fått stöd från Halmstads Gatukontor exempelvis i form av material och vissa avläsningar av mätapparatur.

Flera av de mer eller mindre fristående tillämpningsprojekt som genomförts har formellt varit organisatoriskt skilda från LOD-projektet och finansierats separat på olika sätt. Detta framgår närmare av redovisningen av respektive projekt i avsnittet "Delundersökningar" (3.2-3.16).

2.3 Referensgrupp

Ett villkor från BFR vid beviljandet av anslaget till LOD-projektet var att en referensgrupp skulle tillsättas. Gruppen, vilken har haft fyra protokollförda sammanträden, har haft följande sammansättning:

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

Erik Isgård har varit ordförande i referensgruppen och Olov Holmstrand har varit sekreterare.

Arbetet inom Bratthammarområdet har utgjort en väsentlig del i forskningsprojektet med delvis egen finansiering som förut beskrivits. För att de lokala intressenterna i detta område skulle kunna informeras och få tillfälle att framföra synpunkter på projektets uppläggning, genomfördes regelbundna diskussioner med representanter för EHAB, BPA-Riksbyggen och Göteborgs VA-verk.

2.4 Målsättning

Delprojektens allmänna målsättning och syfte har kort

skisserats i avsnitt 2.1. För hela LOD-projektet kan framhållas ett antal huvudmål, vilka förtydligas och kommenteras i följande punkter. Dessa överensstämmer inte helt med vad som angavs i den ursprungliga ansökan utan utgör en sammanfattning av vilka delområden som efter hand kom att framstå som väsentligast under arbetets gång.

Planering med hänsyn till geologiska och geohydrologiska förhållanden

Projektering av infiltrationsanläggningar kräver som underlag god information om geologiska och geohydrologiska förutsättningar inom ett aktuellt markområde. Målsättningen är främst att optimera undersökningsinsatserna och utnyttja en lämplig redovisningsteknik. Här finns en stark anknytning till projektet "Ingenjörsgelogiska kartor" (se Holmstrand och Wedel, 1977 samt Holmstrand, 1980).

Magasinsdimensionering

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

Magasinsutformning med hänsyn till infiltrations- och markvattenförhållanden

Infiltrations- och markvattenförhållandena har avgörande betydelse för magasinens funktion och därmed hur magasinerna dimensioneras. I delmålsättningen ingår både undersökningsmetodik och magasinens inverkan på omgivningarna.

Magasinsanläggningars konstruktion - enkät

Några normer för konstruktion av magasinsanläggningar finns för närvarande inte. Ett av enkätens huvudsyften var att ge en så bred information som möjligt om hur olika anläggningar utformats. Målsättningen var att från det

insamlade erfarenhetsmaterialet kunna bedöma vilka konstruktionstyper som kan vara lämpliga.

Magasinsanläggningars funktion

Erfarenheter från olika anläggningars funktion sammanställs och sätts i relation till dimensionering och detaljutformning. Underlagsmaterial inhämtas främst från anläggningarna i Bratthammar och Halmstad. Mera översiktlig information kan hämtas ur enkäten.

Miljömässiga aspekter på dagvatten

De miljömässiga effekterna av dagvatteninfiltration är dåligt kända. Innan man kan rekommendera utförande av perkolationsmagasin i exempelvis för grundvattenförorening känsliga områden bör dessa förhållanden klarläggas. Problemet, som huvudsakligen faller utanför projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har medfört att ett separat projekt initierats.

2.5 Rapportering

Inom ramen för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" har sammanställts ett stort antal rapporter. Dessa har antingen gällt lägesredovisning för hela projektet eller redovisning av avslutade delundersökningar. I avsnittet "Delundersökningar" (3.2-3.16) redovisas kortfattat innehållet i flertalet av rapporterna. I övrigt hänvisas till referenslistan, där samtliga rapporter har medtagits.

3. DELUNDERSÖKNINGAR

3.1 Inledning

LOD-projektet har som förut nämnts inkluderat en stor mängd mer eller mindre fristående delundersökningar och tillämpningsprojekt. Dessutom har successivt tillkommit följdprojekt inom delar av ämnesområdet som inte inrymdes i det ursprungliga projektet. Dessa projekt har i allmänhet rapporterats separat, vilket gör att det i föreliggande rapport inte finns behov av en fullständig redovisning av planering, genomförande, mätvärden, utvärdering osv inom varje delprojekt.

I de följande avsnitten ges en relativt kortfattad och koncentrerad orientering om respektive delprojekts bakgrund och motivering, genomförandet samt viktigare resultat. För mera fullständig information hänvisas till respektive specialrapporter.

3.2 Enkät rörande perkolationsanläggningar

3.2.1 Orientering

Redan i ett tidigt skede av planeringen av LOD-projektet stod det klart att en enkät för att skaffa uppgifter om befintliga LOD-anläggningar i Sverige skulle genomföras. Syftet skulle därvid bland annat vara att få en uppfattning om i vilken omfattning LOD tillämpats, under vilka förutsättningar tillämpningen skett, hur anläggningarna konstruerats samt hur anläggningarna fungerat.

Enkäten har genomförts som ett moment i delprojektet "Hydrologiska förutsättningar". Förutom från LOD-projektet har medel även erhållits från VAV:s programstyrelse för driftstudier. Arbetet har genomförts av Per Lindvall, Institutionen för vattenbyggnad, CTH och Anders Eriksson, Allmänna Ingenjörbyrå AB. Senare har genomförts en mera ingående studie av driftsförhållandena vid några anläggningar (Lindvall och Hogland, under arbete).

3.2.2 Genomförande

Arbetet inleddes med att en skrivelse sändes till länsstyrelser, kommuner och större konsultföretag. Ett flertal svar erhöles genom denna inledande enkät. För att erhålla detaljerade upplysningar om anläggningarna kontaktades sedan kommuner och konsultföretag, vilka därefter välvilligt ställde ritningar och annat material till förfogande. Utan detta tillmötesgående skulle arbetet ha försvårats avsevärt.

Från det erhållna materialet och även på grundval av personliga kontakter gjordes en bearbetning och redovisning. Därvid sammanställdes dels generella synpunkter på perkolationsanläggningars planering, konstruktion och drift, dels en "exempelsamling" på grundval av det insamlade materialet.

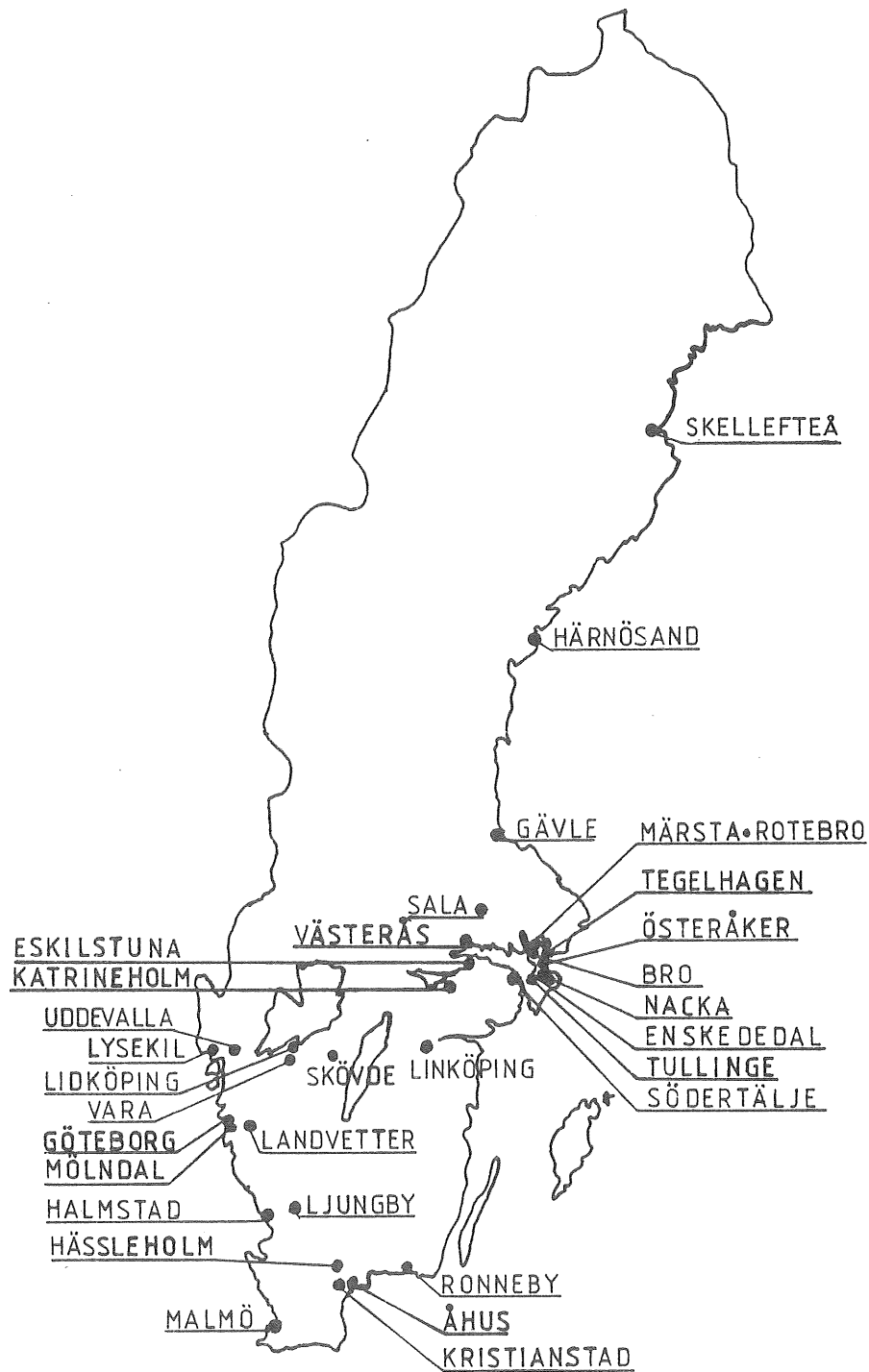
3.2.3 Resultat

Arbetet redovisades i en separat rapport från Geohydrologiska forskningsgruppen (Eriksson och Lindvall, 1978). Rapporten omfattar en beskrivning av projektets bedrivande, allmänna synpunkter på perkolationsanläggningar samt en "exempelsamling".

Det finns inte anledning att här ingående referera de allmänna synpunkterna på utformning och drift av perkolationsmagasin. Dessa har bearbetats och vidareutvecklats och finns redovisade i "Infiltrera dagvatten" (Holmstrand och Lindvall, 1979).

I figur 4 redovisas de inventerade anläggningarnas geografiska läge. I figur 5 ges ett exempel på redovisning av en enskild anläggning ur rapporten. Bland de slutsatser som dras i rapporten kan framhållas följande:

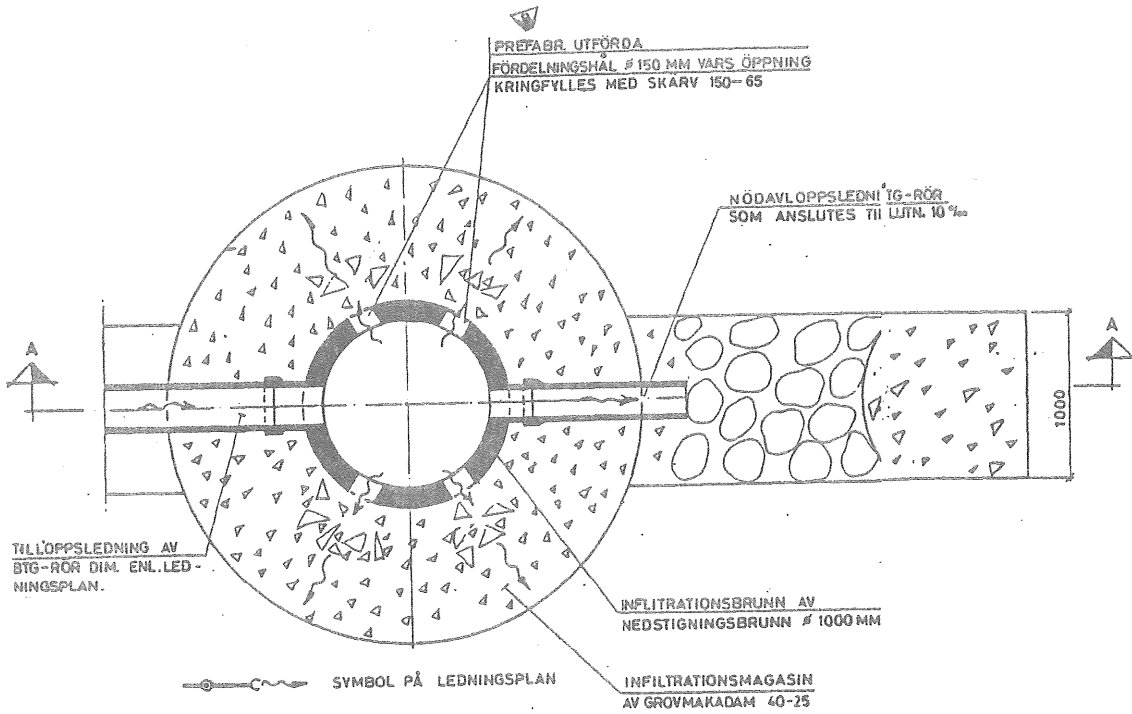
Perkolationsanläggningar förekommer i starkt varierande miljöer och har i de flesta fall tillkommit under den senaste 5-årsperioden. Den geografiska spridningen är stor vilket visar att förutsättningar finns att anlägga perkolationsmagasin även i områden med utpräglat



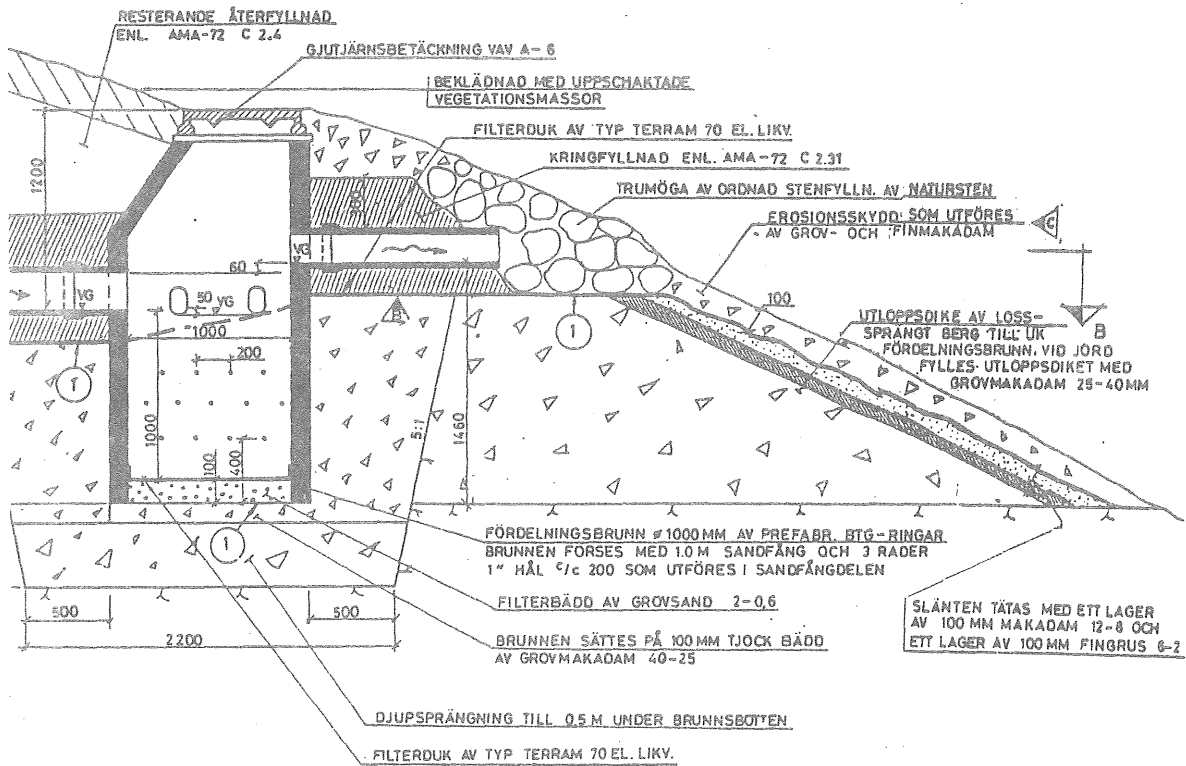
Figur 4. Geografiskt läge för inventerade anläggningar
(ur Eriksson och Lindvall, 1978).

INFILTRATIONSANLÄGGNING MED NEDSTIGNINGSBRUNN \varnothing 1000 MM

PLANSEKTION B-B



SEKTION A-A



Figur 5. Ett exempel på redovisning av anläggning i enkäten.
Området Nacka-Orminge (ur Eriksson och Lindvall, 1978).

vinterklimat. Anledningen till att perkolationsmagasin anläggs varierar starkt. Främsta orsaken är dock att söka minska ledningsdimensionerna på dagvattennätet, bibehålla grundvattennivån och bibehålla fuktigheten i de övre marklagren i en strävan att söka undvika sättningar.

Alternativet att utföra perkolationsmagasin i dagvattennätet kommer för närvarande ofta in sent i projekteringsstadiet. Detta medför att förutsättningarna som styr placering och dimensionering av dessa anläggningar i många fall är låsta.

Det har klart framkommit att magasinering uppdelat på flera mindre magasin är att föredraga framför centrala större magasin. I de fall de senare byggs beror det bland annat på juridiska problem då anläggningen tillkommer i äldre bebyggelse eller bebyggelse av centrumkaraktär.

Ekonomiskt visar sig perkolationsanläggningar i kombination med ledningssystem i många fall vara ett gynnsamt alternativ.

Ekologiskt innebär dessa anläggningar ett sätt att söka minska den störning som åstadkommes på bland annat vattenbalansen som följd av urbaniseringen.

Slutligen kan sägas att lokalt omhändertagande av dagvatten är en teknik som är allmänt tillämpbar då god kännedom om de aktuella geologiska förhållandena föreligger. Insamlat enkätmaterial visar på många intressanta detaljlösningar vilka i andra delen av denna rapport redovisas i form av en exempelsamling. Anläggningarna är samtliga av ganska sent ursprung och vissa av de driftproblem som kan tänkas uppstå är ej möjliga att utläsa förrän en anläggning varit i drift några år. Värdefullt vore därför att med ledning av detta enkätmaterial om några år på nytt göra en uppföljning av dessa anläggningar.

3.3 Perkolationsanläggning i Bratthammar

3.3.1 Orientering

De lerfyllda dalgångarna i Göteborgstrakten erbjuder många

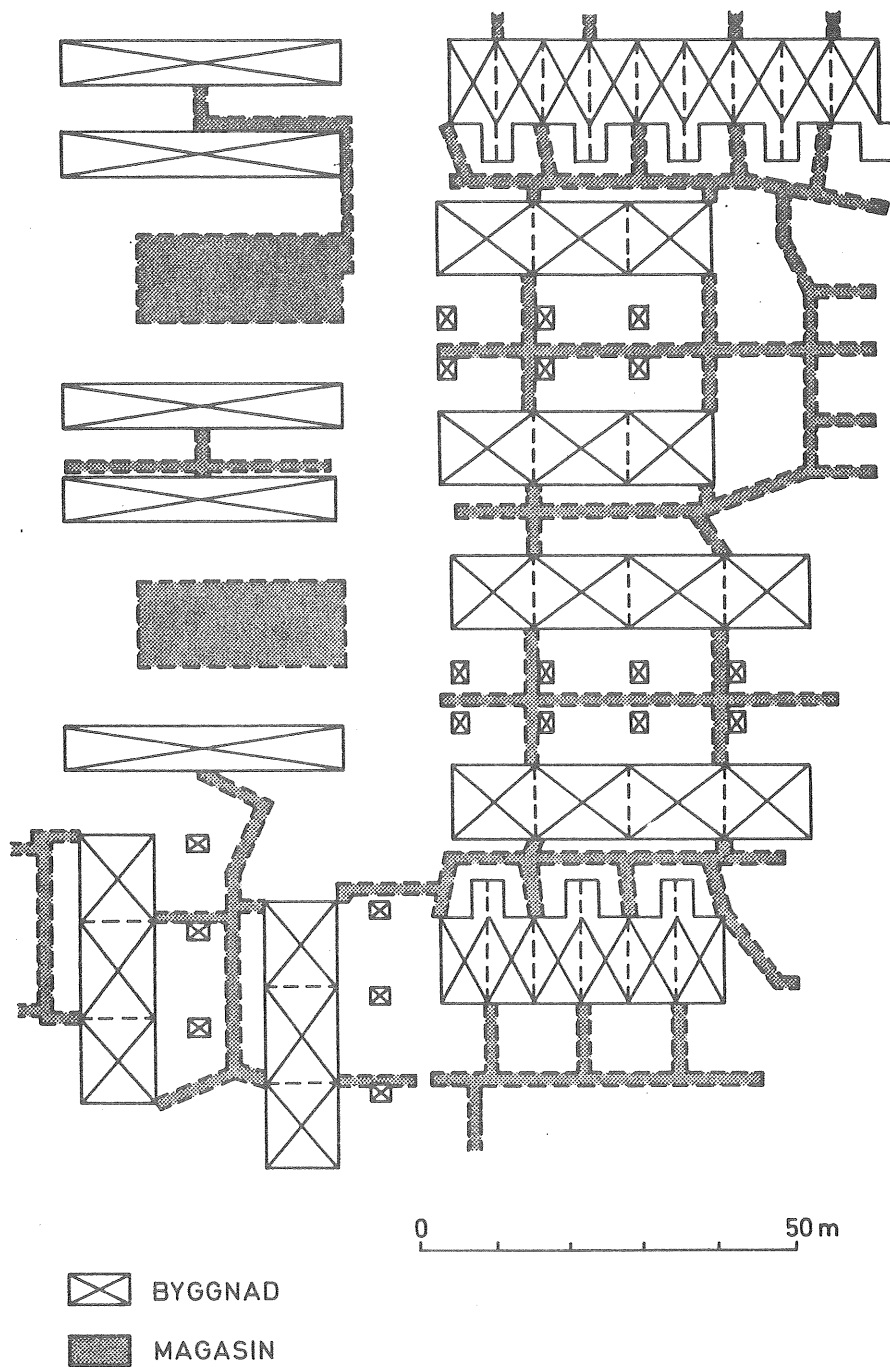
svårigheter vid byggande. Grundläggningen kan bli problematisk och dyrbar även för småhusbebyggelse. Rubbad grundvattenbalans har flerstädes givit upphov till svåra sättningar. Grundvattensänkningen kan därvid ha två huvudsaker, dränering underifrån genom tunnlar och andra undermarksanläggningar eller ytlig dränering och förhindrad infiltration genom hårdgörning av markytan.

Sydvästra Göteborg utgör ett attraktivt område för småhusbebyggelse. Under senare delen av 1960-talet uppfördes småhus bland annat i Åkered. Många av husen byggdes på lera utan pålning. Troligen till följd av utdränering till djupt liggande kulvertar samt förhindrad ytinfiltration skadades flera hus svårt av sättningar.

När Bratthammarområdet nära Åkered skulle bebyggas gjorde de likartade grundvattenförhållandena att åtgärder vidtogs för att förhindra sättningar. Sålunda stödpålades husen och området försågs med perkolationsmagasin i lerans torrskorpa. Syftet med perkolationsanläggningen var dels att hålla uppe vattennivån i lerans torrskorpa, dels att utjämna dagvattenflödet från området. Områdets grundförhållanden gör att man inte kan räkna med att netto kunna infiltrera och "bli av med" nämnvärda vattenmängder.

Bratthammar ligger i en mindre dalgång, fylld med maximalt 30 m jordlager, huvudsakligen bestående av homogen, lös lera. Bebyggelsen består av en och enhalvplans radhus utan källare. Dagvattnet från tak och asfaltytor inom området avleds till makadamfyllda magasin, vilkas principiella fördelning och konstruktion framgår av figur 6. Dagvattenledningarna inom området har reducerade dimensioner. Huvudkulverten som passerar området har däremot dimensionerats utan hänsyn till LOD-anläggningen.

I samband med att Geohydrologiska forskningsgruppens ramprogram för perioden 1976-79 utarbetades, kontaktades gruppen av intressenterna i Bratthammarområdet med en förfrågan om gruppen kunde åta sig att studera perkolationsanläggningen i området. Resultatet blev att projek-



Figur 6. Fördelning i plan och principutförning för perkola-tionsmagasin i Bratthammar.

tet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" fick som ett väsentligt delmoment att studera Bratthammarområdet. Denna delundersökning fick också särskilda anslag från de lokala intressenterna Göteborgs Stads Egnahems AB (EHAB), Göteborgs VA-verk och BPA-Riksbyggen.

Undersökningarna i Bratthammar har huvudsakligen bedrivits inom ramen för LOD-projektets delprojekt "Hydrologiska förutsättningar" och "Geohydrologiska förutsättningar". Genom att Bratthammarundersökningarna varit det största delprojektet inom LOD har ett stort antal personer medverkat, i första hand följande:

Geologiska institutionen:	Lars Ericsson Olov Holmstrand Stig Hård Bo Lind Lars-Ove Sörman
Institutionen för vattenbyggnad:	Per Lindvall
Examensarbete i geologi:	Bo Suneson Bengt Thorén
Examensarbete i vattenbyggnad:	Åke von Schantz Anders Wimby

3.3.2 Genomförande

Målsättningen för Bratthammarprojektet var i första hand att undersöka perkolationsanläggningens funktion och inverkan på områdets vattenbalans. Med utgångspunkt från denna allmänna målsättning inriktades undersökningarna på att klarlägga områdets förutsättningar, dagvattensystemets funktion samt konsekvenserna av dagvatteninfiltrationen på områdets vattenbalans.

De viktigaste momenten i undersökningarna framgår av nedanstående punkter:

- Sammanställning och dokumentation av områdets geologiska uppbyggnad och geotekniska egenskaper.

- Nederbörds­mätning med registrerande nederbörds­mätare.
- Mätning av vattennivåer i magasin med registrerande mätare.
- Mätning av vattentemperaturen i magasin.
- Mätning av flöde från magasin med registrerande mätare.
- Mätning av flöde i två av områdets tre huvudavlopp till kulverten från området.
- Mätning av vattennivån i torrskorpans spricksystem (sprickvattenmagasinet).
- Mätning av markvattenhalten i de översta jordlagren.
- Mätning av portryck i leran samt avvägning av sättningspeglar.
- Mätning av grundvattennivån i grundvattenmagasinet i friktionsmaterial under leran.

Dessutom gjordes under projektets genomförande allmänna observationer av dagvattnets uppträdande i området.

Området bebyggdes och färdigställdes successivt medan forskningsprojektet pågick. Genomförandet av olika undersökningsmoment fick därför i hög grad anpassas efter tillgängligheten inom olika delar av området. Vissa delundersökningar kom på detta sätt att omfatta relativt korta perioder. Generaliserat kan sägas att undersökningarna någorlunda väl belyser områdets funktion vid en tidpunkt, medan mera långsiktiga processer och förändringar knappast hunnit belysas. I några fall kan antydningar till långsiktiga trender spåras.

3.3.3 Resultat

Bratthammarundersökningarna har belysts i ett flertal rapporter under projektets genomförande. Projektets uppläggning och genomförande redovisades kortfattat av Cederwall och Holmstrand (1976) samt Holmstrand (1978b). Mera detaljerade beskrivningar av undersökningar och vissa resultat finns i LOD-projektets båda delrapporter

(Ericsson, 1977 och Holmstrand, 1978a). Sammanställning av geologiska och geohydrologiska förutsättningar gjordes inom ramen för ett examensarbete i geologi (Suneson och Thorén, 1977). I ett examensarbete i vattenbyggnad studerades vissa aspekter av magasinens hydrauliska funktion (von Schantz och Wimby, under utarbetande). Samtliga undersökningar i Bratthammar har sammanfattats i en slutrapport (Holmstrand et al. 1980).

I Bratthammarprojektets slutrapport redovisas utförligt samtliga delundersökningars genomförande och resultat. Här görs därför endast ett mycket kortfattat referat av de viktigaste slutsatserna.


Områdets geologiska uppbyggnad är okomplicerad som framgår av figur 7 och 8. De naturliga markvatten- portryck- och grundvattenförhållandena verkar inte ha påverkats nämnvärt av urbaniseringen. Givetvis har förhållandena i de översta jordlagren förändrats drastiskt genom avschaktning, byggande m m, men en medveten strävan har varit att om möjligt bibehålla ursprunglig marknivå och göra ingreppen så små som möjligt.


De meteorologiska förhållandena under observationsperioden har varit tämligen normala. Möjligen kan det anses anmärkningsvärt att båda de berörda vintrarna 1976-77 och 1977-78, innefattat för göteborgsförhållanden långa perioder med minusgrader och relativt tjockt snötäcke. Detta har emellertid ej inverkat negativt på perkolationmagasinens funktion.


Magasinens hydrauliska funktion har studerats ingående, dels genom intensivstudier av fyra magasin, dels genom mera översiktliga inventeringar. Allmänt kan sägas att magasinerna i stort fungerat ungefär som planerat men med ganska stora variationer. Generellt gäller att vattnet från magasinerna tycks sprida sig väl i området via ledningsgravar, överbyggnader i vägar m m. Eftersom en av huvudavsikterna med anläggningen var just denna måste spridningen av vattnet sägas fungera väl.




BETECKNINGAR:


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


 Grus, sand, grovmo.

 Grovsediment, minst 0,5 m mäktigt
under lera.

Lera

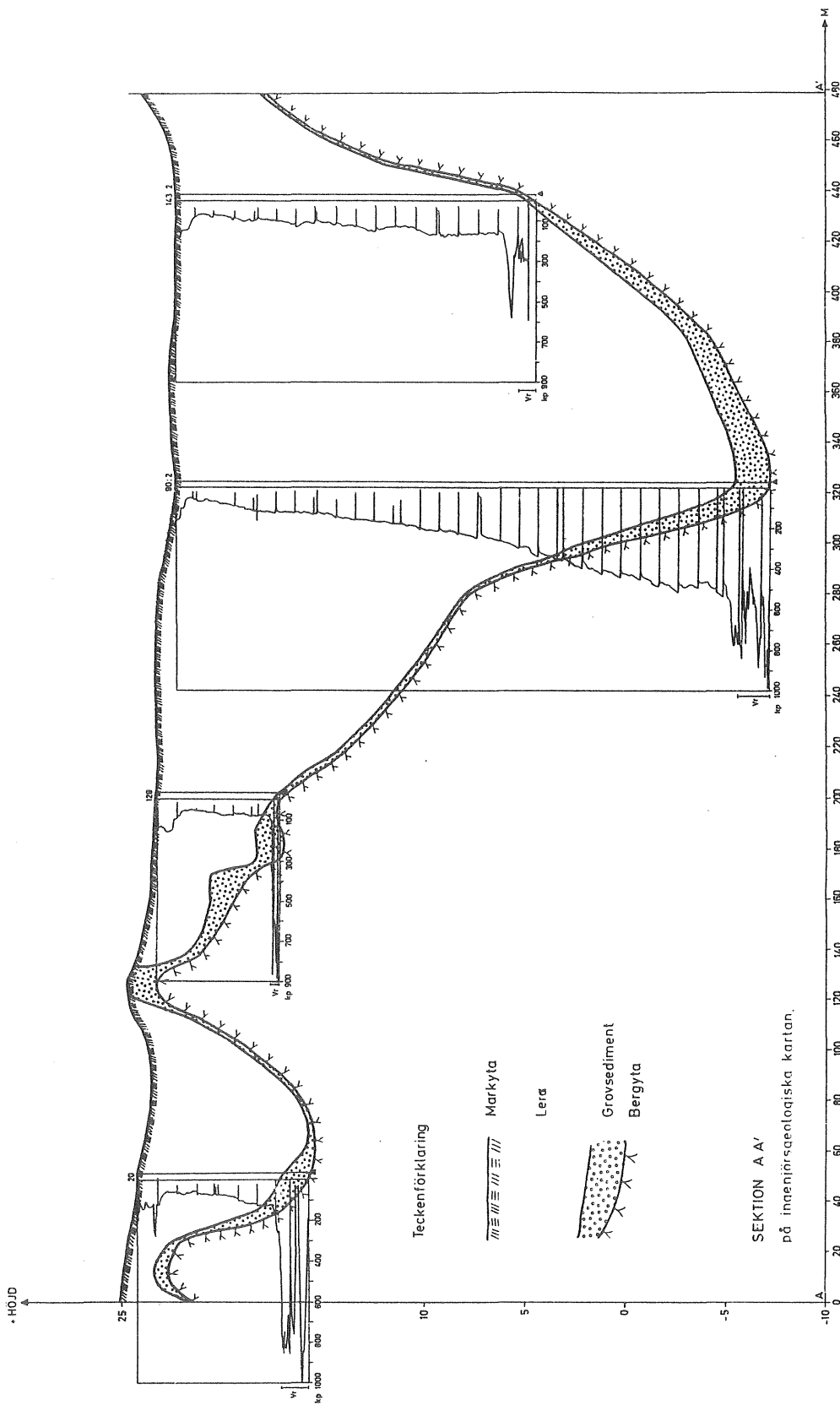
 0-5 m

 5-20 m

 > 20 m

 Profil

Figur 7. Ingenjörsgelogisk karta över Bratthammarområdet
(ur Suneson och Thorén, 1977).



Figur 8. Exempel på sektion till ingenjörsgaologisk karta över Bratthammarområdet (ur Suneson och Thorén, 1977).

Magasinens samspel med sprickvattnet i lerans torrskorpa är något mera svårbedömbart. Generellt tycks emellertid sprickvattenmätningarna visa att magasinerna dränerar torrskorpan under våta perioder och tillför vatten till torrskorpan under torra perioder.

Mätning av markvattenhaltens variationer har endast skett i fyra punkter. Det är därför svårt att dra generella slutsatser. Resultaten antyder möjligen att perkolationsmagasinen genom sin tillförsel av vatten minskar variationerna i markvattenhalten. I närheten av den djupt nedschaktade dagvattenkulverten genom området tycks variationerna vara större, möjligen beroende på kulvertens dränerande inverkan.

Portrycks- och sättningsmätningarna visar på mycket små förändringar under observationsperioden. Det är givetvis för tidigt att avskryva risken för sättningar, men någon dramatisk förändring av portrycksförhållandena har inte inträffat under byggnadstiden och torde inte vara att förvänta.

Grundvattenmätningarna har också visat att några dramatiska förändringar inte har inträffat. Möjligen kan en svag tendens till sjunkande grundvattennivå spåras under observationsperioden.

Sammanfattningsvis kan man sålunda konstatera att området har kunnat bebyggas utan att vattenbalansen ändrats dramatiskt. Det är givetvis svårt att med en observationsperiod av ett par år säkert påstå att perkolationsanläggningen medverkat till denna gynnsamma situation. Anläggningen tycks emellertid ha fungerat ungefär som planerat vilket ger anledning att anta en positiv effekt på vattenbalansen. Flödesutjämningen har klart påvisats.

Bratthammarområdet måste anses vara tämligen väl undersökt i flera olika avseenden. Utgångsläget är därför gott för fortsatt uppföljning av perkolationsanläggningens funktion och inverkan på området. Först efter en relativt

lång observationsperiod, uppskattningsvis 5-10 år, kan säkrare bedömningar göras av anläggningen.

3.4 Perkolationsanläggning i Halmstad

3.4.1 Orientering

I de centrala, äldre delarna av Halmstad finns kombinerade ledningssystem som genom överbelastning vid häftiga regn vållat källaröversvämningar och andra problem. När Halmstads kommun skulle lägga om ledningssystemet i ett mindre område mellan Falckens väg och Falkenbergsgatan beslöt man att på försök infiltrera dagvattnet. Perkolationsanläggningen konstruerades och byggdes av kommunen. Den togs i drift i mars 1976.

Anläggningen består av ett centralt perkolationsmagasin beläget i en mindre park. Till magasinet har byggts ledningar från kringliggande gator och hustak. Från början har endast gatuytorna kopplats till magasinet.

I samband med projekteringen av perkolationsanläggningen kontaktade Halmstads gatukontor Geohydrologiska forskningsgruppen för att få synpunkter på utförandet. Forskningsgruppen ansåg sig inte då kunna bedöma konstruktionen men erbjöd sig att inom ramen för LOD-projektet studera anläggningens funktion. Arbetet har bedrivits dels inom själva forskningsprojektet, dels i form av elevarbeten vid Chalmers tekniska högskola och Göteborgs Universitet.

Undersökningarna i Halmstad har till största delen bekostats av Statens råd för byggnadsforskning (BFR) inom LOD-projektets ordinarie ram. Halmstads kommun har dessutom bidragit med bl a viss materiel och avläsningar.

Delprojektet i Halmstad har hört till de större inom LOD-projektet och i huvudsak genomförts inom ramen för "Hydrologiska förutsättningar" och "Geohydrologiska förutsättningar". Ett flertal personer har varit engagerade

i de praktiska undersökningarna, främst Bo Lind och Stig Hård, geologiska institutionen samt Per Lindvall, institutionen för vattenbyggnad. Dessutom har inom ramen för ett examensarbete vid institutionen för vattenbyggnad Mats Ericsson, Per Cedergårdh och Kenneth Svensson medverkat.

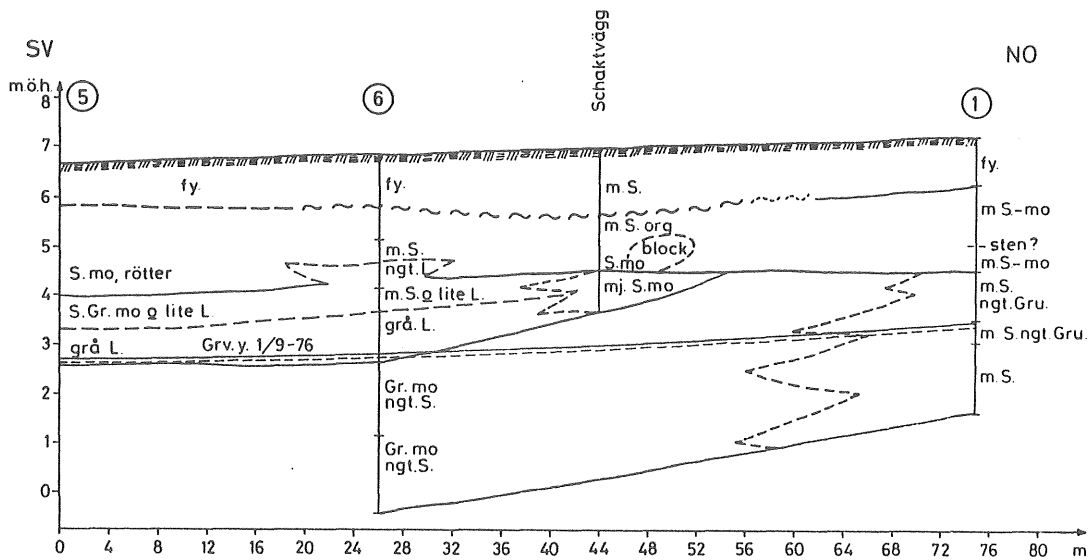
3.4.2 Genomförande

Inledningsvis utreddes de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna såväl inom det aktuella området som regionalt i Halmstad. I samband härmed etablerades bl a ett observationsnät för grundvattnet genom drivning av ett antal 2" observationsrör. Med hjälp av rördrivningsresultat, spadbörning och observationer under utförandet av perkolationsmagasinet har den geologiska uppbyggnaden av marklagren kring magasinet kunnat fastställas med ganska god säkerhet. Allmänt kan jordlagren sägas bestå av skiktad sand och mo med inslag av lerlinser. Närmast markytan finns ca 1 m sandiga fyllnadsmassor med inslag av sten och byggavfall.

I ett par omgångar har anläggningens funktion, kapacitet och inverkan på omgivningarna studerats. Detta arbete har inkluderat nederbörds-mätning, avrinningsmätning, kontroll av magasinets funktion samt provtagning på inkommande vatten och grundvattnet nedströms magasinet.

3.4.3 Resultat

De geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna studerades i ett C-kursarbete i kvartärgeologi (Lind, 1977). Magasinets funktion och inverkan på omgivningarna undersöktes i ett examensarbete i vattenbyggnad vid CTH (Ericsson, Cedergårdh och Svensson, 1978). Projektets uppläggning och genomförande beskrevs översiktligt av Cederwall och Holmstrand (1976) samt Holmstrand (1978b). Vidare gavs kortfattade lägesredovisningar i LOD-projektets båda delrapporter (Ericsson, 1977 och Holmstrand, 1978a). Samtliga resultat har bearbetats och sammanfattats i en slutrapport (Lind, 1979b).

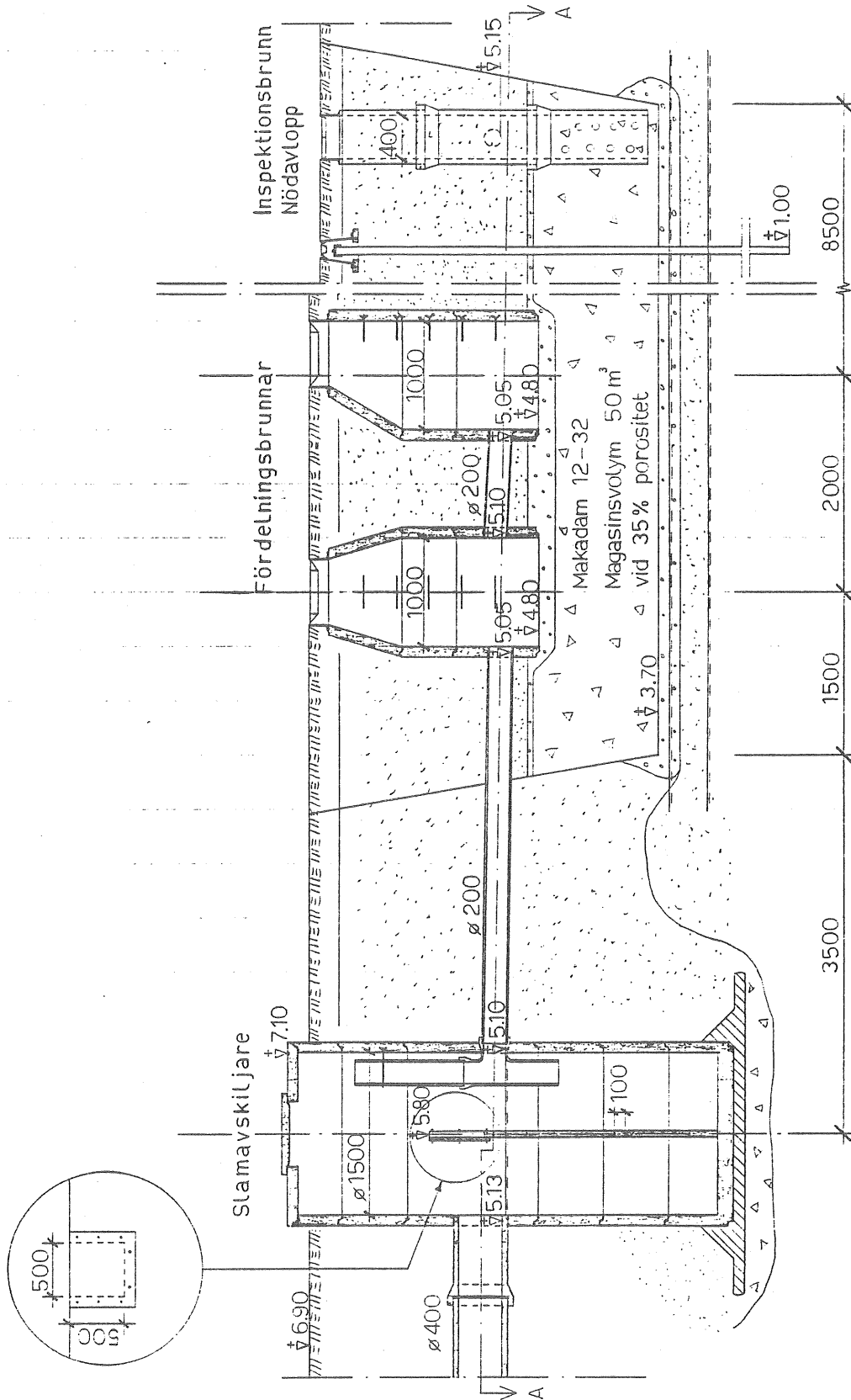


Figur 9. Markprofil genom parken vid Falckens väg, Halmstad.
Ur Lind (1979b).

En markprofil genom parken vid Falckens väg framgår av figur 9. Perkolationsanläggningens konstruktion framgår av figur 10. Inkommande dagvatten passerar en slamavskiljningsbrunn och går därefter ned i magasinet genom två fördelningsbrunnar. Fördelningsbrunnarna är placerade på ett ca 15 cm tjockt lager av grus över den egentliga magasinssyffningen (makadam). I brunnarna finns också utbytbara filterdukar för slamavskiljning. Ett nödavlopp finns i en inspektionsbrunn i ena hörnet av magasinet. Nödavloppsledningen är ansluten till spillvattensystemet.

Perkolationsmagasinet är som nämnts beläget i en park. Ansluten bebyggelse består av 24 friliggande villor och ett barndaghem. Avrinningsområdets totala yta är 3,7 ha och de impermeabla ytorna utgör ca 10%.

Av de nederbörds- och avrinningsmätningar som utförts kan man sluta sig till att 23% av de impermeabla ytorna inte deltar i avrinningen. Till en del kan detta bero



Figur 10. Perkolationsanläggningen vid Falckens väg, Halmstad.
Ur Lind (1979b).

på felaktig bedömning av ytornas storlek men en stor del av förlusten kan troligen hänföras till ledningsläckage.

Magasinets kapacitet har testats i två försök. Resultaten ger vid handen att fördelningsbrunnarna är begränsande för anläggningens kapacitet vid tillförda intensiteter över 2,2 l/s. Detta motsvaras teoretiskt av en konstant regnintensitet på 2,2 mm/tim.

Permeabiliteten i jordlagren kring magasinet har med olika metoder beräknats till i medeltal omkring $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Markytans infiltrationskapacitet i parkens naturliga marklager vid sidan av magasinet har uppmätts till 420 mm/tim respektive 140 mm/tim. Resultaten antyder att så kallad ytinfiltration, dvs vatten från impermeabla ytor släpps ut direkt på de permeabla, skulle väl gå att utnyttja inom området. Troligen skulle tillgängliga permeabla ytor åtminstone teoretiskt kunna ta emot allt avrinnande dagvatten inom området.

Resultaten av de kemiska analyser som gjorts på inkommande dagvatten och på vatten i grundvattenobservationsrören kan inte direkt tolkas så att anläggningen påverkar grundvattenkvaliteten. Däremot torde fyllnadsmassor i parken innehålla både metallföremål och kalk. Detta återspeglas i onormalt höga bly-, koppar- och pH-värden i vissa vattenståndsrör.

Det inkommande vattnets halt av suspenderat material är mycket måttlig (ca 21 mg SS/l). Risken för igensättning av magasinet förefaller liten med de rådande geologiska förhållandena. Eftersom det är de två fördelningsbrunnarnas bottenarea som är hela systemets begränsande faktor bör eventuella filter ha så god genomsläpplighet att de inte hindrar vattnet att strömma ner i magasinet.

När magasinet var nyutfört konstaterades igensättning av filtren i fördelningsbrunnarna. Dessa fick därför bytas ut. För att ytterligare belysa problemet med igen-

sättning av dukfilter gjordes inom LOD-projektets ram en mindre laboratorieundersökning (Rogbeck, 1978). Undersökningen visade att igensättning kan uppstå ganska snabbt vid ogynnsamma förhållanden. Konstruktionen med filter i botten av en brunn bör kanske mot bakgrund av dessa erfarenheter betecknas som mindre god.

Sammanfattningsvis kan den undersökta anläggningen i stort sett sägas fungera väl. Anläggningen är emellertid onödigt omfattande och ett centralt, stort magasin skulle inte ha behövt utföras. Det hade varit bättre med en kombination av lokal ytinfiltration och små utspridda ledningsgravsmagasin.

3.5 Infiltrationsförhållanden i Nolered, Torslanda

3.5.1 Orientering

I anslutning till forskningsprojektet "Planeringsmodeller för dagvatten" vid Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH studerades ett område i Torslanda, Göteborg. Det befanns därvid vara lämpligt att utreda infiltrationsförhållandena inom ramen för LOD-projektet. På detta sätt gavs möjlighet att praktiskt prova en metodik för översiktlig inventering och utvärdering av geologiska-hydrogeologiska förhållanden. Arbetet genomfördes som ett fristående moment inom delprojektet "Geohydrologiska förutsättningar" av Lars Waldner, Geologiska institutiet, CTH.

I samband med infiltrationskarteringen genomfördes i samma område en studie av spill- och dagvattenledningars inverkan på omgivande sprickvattennivåer i lerans torrskorpa. Denna del av undersökningarna kommer inte att behandlas vidare här.

3.5.2 Genomförande

Arbetets genomförande kan beskrivas i följande punkter:

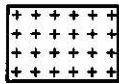
- Områdesavgränsning: Det studerade områdets gränser bestämdes huvudsakligen med hänsyn till vattendelare och ytvattendrag.
- Inventering: Tillgängligt material som kartor, flygbilder och geotekniska undersökningar insamlades. Materialet utvärderades med hänsyn till geologi, markanvändning m m och resultaten redovisades på en arbetskarta.
- Kartering: En översiktlig fältkartering gjordes för att komplettera inventeringsresultaten med avseende på geologi, vegetation och markanvändning.
- Klassificering: Området indelades i ett antal delområden med hänsyn till geologi och markanvändning. Klassificeringen gjordes med hänsyn till betydelse från infiltrationssynpunkt.
- Infiltrationsbedömning: De kombinationer av geologiska förutsättningar och markanvändning som har väsentlig utbredning studerades från infiltrationssynpunkt. Ytorna gavs värden på infiltrationskoefficient och infiltrationskapacitet.
- Karta: Resultatet redovisades i kartform. På kartan har geologiska förhållanden markerats med raster, markanvändningen med färg. Till kartan finns en förklarande text.

3.5.3 Resultat

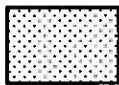
Arbetet redovisades i LOD-projektets första delrapport (Ericsson, 1977). Redovisningen omfattar metodik, områdesbeskrivning och bedömning av infiltrationsförutsättningar i olika delområden. Områdesbeskrivningen gjordes i form av text till en karta, figur 11 (följande sida). Av kartan framgår att ett antal kombinationer av geologi och markanvändning kan erhållas. Dessa kombinationer kan åskådliggöras i form av en matris som framgår av figur 12. De kombinationer som markerats ha stor utbredning i matrisen har beskrivits närmare i texten. Ett exempel återges här:

GEOLOGI OCH MARKANVÄNDNING I NOLERED, TORSLANDA

GEOLOGISKA BETECKNINGAR:



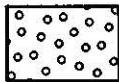
Berg i dagen och berg med tunt jordtäckte.



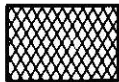
Lager av svallmaterial i på lera. Lera med betydande torrskorpa.



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.



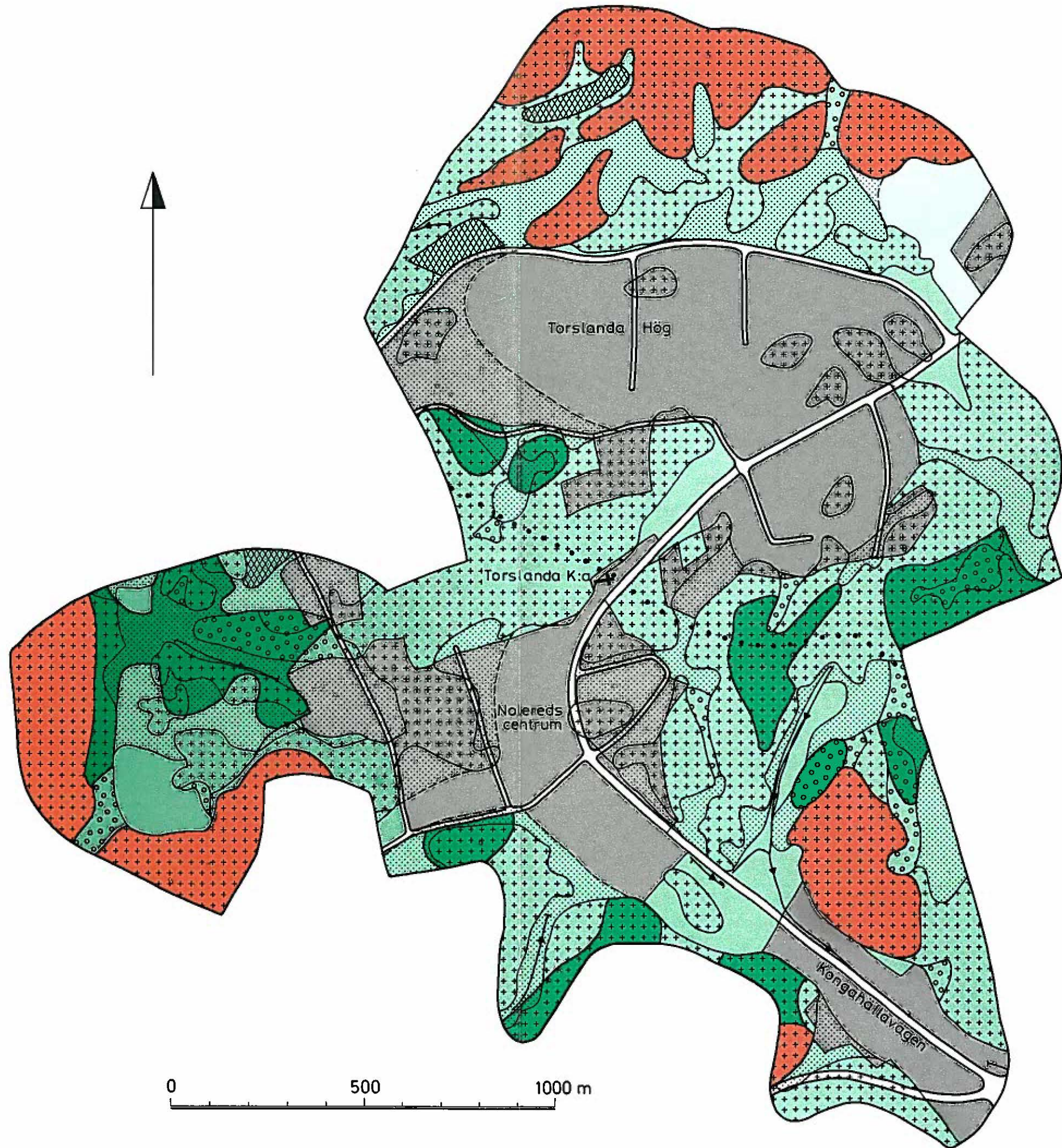
Sluten vegetation. Områden med sammanhängande skog.



Ytvattendelare.



Ytvattendrag och dike.



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.
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

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.

Figur 12. Kombinationer av geologi och markanvändning i Torslanda. Efter Ericsson (1977).

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

De geologiska förhållandena ger här förutsättning för utbildande av en begränsad sekundär akvifer i ytlagret. Möjligheterna för fortsatt infiltration från denna akvifer ner i underliggande lera är begränsade. Infiltrationskapaciteten i dessa områden kommer alltså i mycket hög grad att bli beroende av ytskiktets aktuella mätnadsgrad, dvs 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

Undersökning och redovisning av infiltrationsförhållanden på här beskrivet sätt kräver en förhållandevis ringa arbetsinsats. Resultaten blir givetvis något osäkra och kan endast användas för översiktlig bedömning och planering. Beräkningar och projektering kräver säkrare underlag. Den redovisade kartan är tämligen komplicerad och lämpar sig troligen i första hand för redovisning av basfakta och för klassificering av området. För planering eller annan vidare användning torde en direkt redovisning i kartform av klassificeringen lämpa sig bättre.

Systematisk insamling, klassificering och redovisning av geologiska data behandlas även inom Geohydrologiska forskningsgruppens projekt "Ingenjörsgelogisk kartering" (se Holmstrand och Wedel, 1977 samt Holmstrand, 1980).

3.6 Infiltrationsbestämning vid Ronneby flygplats

3.6.1 Orientering

Ronneby flygplats är belägen strax norr om Ronneby på ett isälvsdelta, Bredåkradeltat, vilket huvudsakligen är uppbyggt av sand med något varierande sammansättning.

Vid utbyggnaden av uppställningsplattan för flygplatsen, anlades ett klen dimensionerat dagvattensystem. Avsikten var att avleda det första, mest förorenade dagvattnet via ledningssystemet. När ledningens kapacitet överskrids, får överskottsvattnet infiltrera i grässlänterna utanför plattan.

Luftfartsverkets fältbyggnadskontor ansvarade för utbyggnaden av flygplatsen. Fältbyggnadskontoret kontaktade

Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH med en förfrågan om det inom forskningsgruppen fanns intresse för att följa upp dagvattenanläggningens funktion. Följande punkter var därvid av intresse:

- bestämning av markytans infiltrationskapacitet utanför plattformen
- kontroll av att anläggningen fungerar teoretiskt, samt en praktisk uppföljning
- klarlägga vilka föroreningar som förekommer och vilken inverkan dessa kan utöva.

Av dessa punkter visade det sig endast vara praktiskt möjligt att genomföra den första. Ett förslag till undersökningsprogram (Hård, 1978a) för att bestämma markytans infiltrationskapacitet och jämföra olika metoder utarbetades vid Geohydrologiska forskningsgruppen. Efter diskussioner med Luftfartsverket beslutades att undersökningen skulle genomföras enligt programmet. Arbetet bekostades dels av Luftfartsverket, dels av Byggforskningsrådet inom ramen för LOD-projektets övriga verksamhet. För undersökningarnas genomförande ansvarade Stig Hård.

3.6.2 Genomförande

Fältarbetet utfördes under tidsperioden 1978-10-26 till 1978-10-29 och omfattade:

- 19 ringinfiltrometerförsök
- 2 infiltrationsförsök i spadborrhål (auger hole)
- 3 infiltrationsförsök i provgrovar
- 18 provtagningar, störda prov
- 15 provtagningar, ostörda prov

Laboratoriearbetet genomfördes under hösten 1978 och våren 1979 och omfattade:

- 27 permeameterförsök på störda prov
- 15 permeameterförsök på ostörda prov
- 33 mekaniska analyser
- 21 humusbestämningar

Som ovan nämnts var syftet med undersökningen dels att jämföra olika metoder att bestämma infiltrationskapacitet, dels att bestämma infiltrationskapaciteten runt uppställningsplattan vid flygplatsen. Lokaliseringen av försök och provtagningspunkter framgår av figur 13.

Resultaten från de olika metoderna utvärderades först var för sig. Därefter gjordes en jämförelse mellan värden erhållna med olika metoder.

3.6.3 Resultat

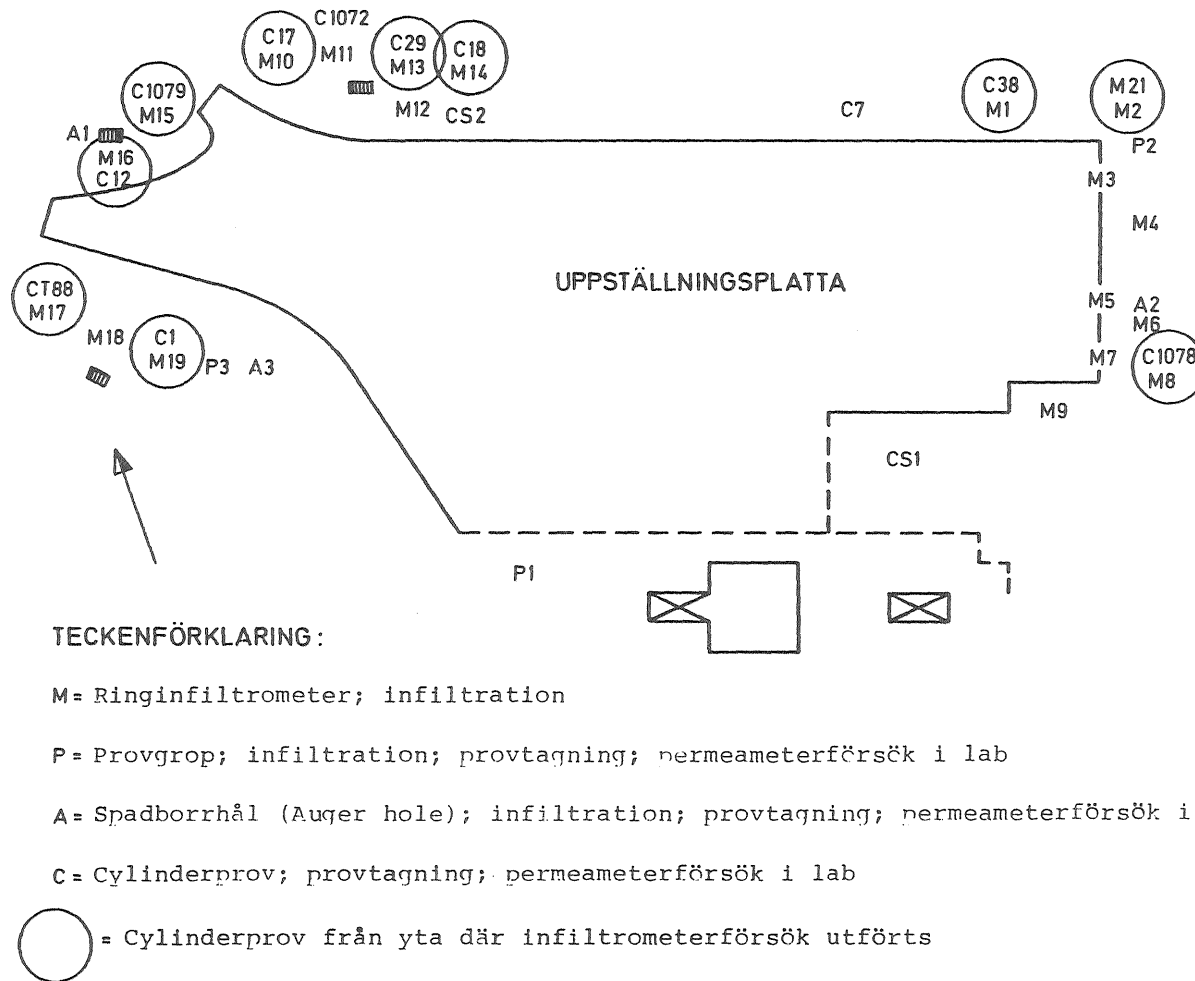
Projektets genomförande och resultat har redovisats utförligt i en rapport (Hård, 1979). Där beskrivs undersökningens bakgrund, de geologiska förutsättningarna

inom flygplatsområdet, utnyttjade mätmetoder och resultaten vid mätningarna samt jämförs resultaten erhållna med olika metoder.

Inom det studerade området utgörs jordarten av sand med mindre inslag av mo och grus. Jordarten innehåller mer finmaterial i det övre markskiktet. Humushalten varierar i ytan mellan 2 och 11%.

Mätvärdena för flera av metoderna har påverkats av att markmaterialet har större inslag av finmaterial i ytan. En jämförelse mellan de olika metoderna visar god överensstämmelse mellan infiltrometerförsök in-situ och permeameterförsök (både störda och ostörda prov). Infiltrationsförsök i spadborrhål och provgropar gav högre värden sannolikt dels beroende på att materialet i ytan var finkornigare, dels på att det ytliga materialet packats vid anläggningsarbetet. Permeabilitetsbestämningar med hjälp av aritmetiska formler (Hazen och Ernst) gav väsentligt högre värden (2 tiopotenser och mera) än infiltrometerförsöken.

Figur 13. Lokalisering av provtagningspunkter. Ur Hård (1979).



I rapporten drogs slutsatsen att infiltrationskapaciteten i markytan vid mättillfället i genomsnitt kunde uppskattas till 6-7 mm/tim. Infiltrationskapaciteten bör öka när vegetation har etablerats.

Allmänt dras slutsatsen att markens heterogenitet och använd metod ger spridning av infiltrationskapacitetsvärdena. För dimensionering av infiltrationsanläggningar behöver därför ett flertal mätningar göras. Antalet bestäms av anläggningens storlek, geologiska förhållanden och kraven på dimensioneringen.

När det gäller ytinfiltration bör i första hand infiltrationsmetermätning eller permeameterförsök på ostörda prov användas. I andra hand permeameterförsök på störda prov. För dimensionering av perkolationsmagasin bör i första hand infiltrationsförsök i provgropar eller magasin genomföras, i andra hand permeameterförsök.

3.7 Planering för LOD i Karlskoga

3.7.1 Orientering

Karlskoga kommun planerade år 1977 ett framtida bostadsområde, Dalen 5, bestående av ett 60-tal småhus. Ett första förslag till stadsplan utfördes på konventionellt sätt med avseende på naturanpassning och VA-system. I kommunen fanns emellertid intresse för att praktiskt tillämpa de forskningsresultat inom urban hydrologi som framkommit under 1970-talet. Kommunen vände sig därför till Statens Institut för Byggnadsforskning (SIB) i Lund och Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH. Arbetet med att utarbeta en alternativ och mera naturanpassad stadsplan utformades som ett separat forskningsprojekt, vilket fick särskilt anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

Projektarbetet bedrevs inom en arbetsgrupp med representanter för Karlskoga kommun, SIB och Geohydrologiska forskningsgruppen. Avsikten var att få till stånd ett bostadsområde med bättre anpassning till geohydrologi och naturförutsättningar än den konventionella planen skulle ha givit. På så sätt hoppades man få både bättre boendemiljö och ekonomi.

Från forskningsgruppens sida har projektet främst berört tre aspekter. Det har gett möjlighet till praktisk tillämpning av geohydrologiska forskningsresultat, möjlighet till samordning med vegetationsaspekter samt möjlighet att studera hur kunskapsunderlaget beträffande geohydrologi och vegetation utnyttjas i planeringsprocessen. Bo Lind har svarat för samordningen av projektet vid Geohydrologiska forskningsgruppen.

3.7.2 Genomförande

Arbetet inom projektet lades upp i tre etapper:

1. Inventeringar och planering
2. Detaljprojektering
3. Uppföljning under och efter byggandet

Det genomförda och här beskrivna forskningsprojektet avsåg etapp 1. Inledningsvis genomfördes inventeringar avseende jordarter, hydrogeologi och vegetation. I samband med den hydrogeologiska inventeringen gjordes också en översiktlig studie av jordmånsförhållandena.

Syftet med markundersökningarna var att klarlägga geologisk uppbyggnad, infiltration och grundvattenförhållanden. Vegetationsinventeringen syftade till att beskriva förekommande vegetationstyper och så långt möjligt skissera förväntade reaktioner vid byggande i dessa. Syftet var också att med utgångspunkt från bedömningar av slitagetålighet och framkomlighet förutsäga inverkan på kvarlämnad naturmark.

Markundersökningarna redovisades i form av ingenjörsgео-

logisk karta (Holmstrand och Wedel, 1977) med bladen: Undersökningar, Geohydrologi och Jordarter. Som exempel återges här den geohydrologiska kartan, figur 14. Vegetationsinventeringen redovisades som plankarta och tre profiler.

Vid totalt sju för projektgruppen gemensamma arbetsmöten presenterades och bearbetades det geovetenskapliga faktaunderlaget. Utifrån detta har sedan forskare, tekniker och planerare gemensamt diskuterat stadsplanens utformning med hänsynstagande till och utnyttjande av naturförhållandena i området. På så sätt har det slutliga förslaget till stadsplan vuxit fram.

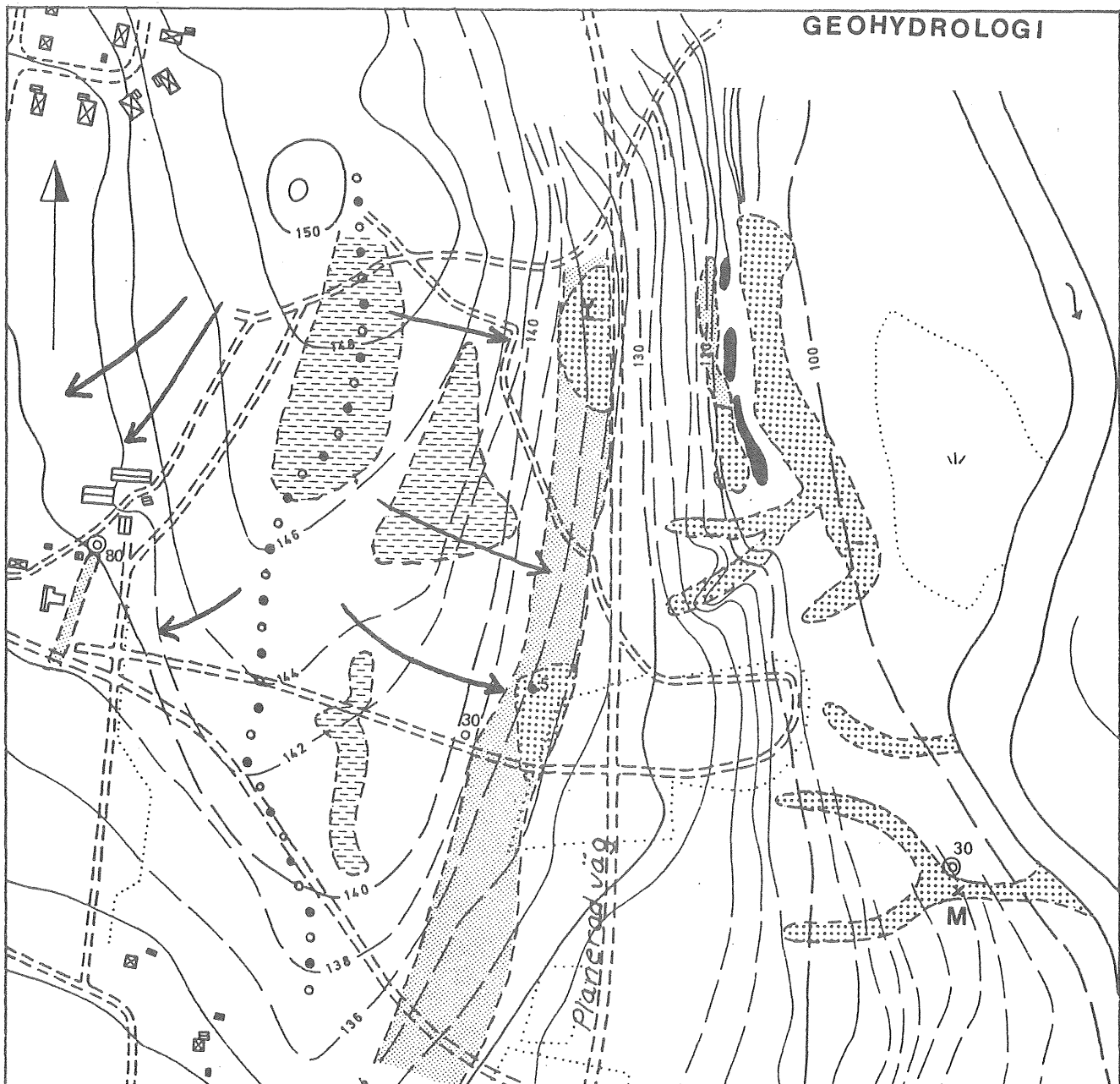
3.7.3 Resultat

Arbetet inom projektet har redovisats i två rapporter. Den första (Lind och Nordin, 1978) beskriver inventeringarna och den andra (Bucht och Lind, 1978) beskriver själva planeringsprocessen.












Den ursprungliga, konventionella stadsplanen, figur 15, har ganska radikalt omarbetats, figur 16. Bebyggelsen har omplacerats med hänsyn till möjlighet att infiltrera dagvatten samt med hänsyn till vegetationens bevarandevärde och förutsättningar att kunna bevaras sedan området bebyggt. Resultatet, projektets etapp 2, innebär bland annat att dagvattnet till största delen kommer att omhändertas lokalt i perkolationsmagasin.

Till de viktigaste resultaten inom projektet hör erfarenheterna från samarbetet i projektgruppen. Detta har klart visat att ett optimalt utnyttjande av basdata kräver direktkontakter mellan inventerare, tekniker och planerare.

Inventeringarna bör bedrivas integrerat. Detta kunde av tidsskäl inte göras inom det aktuella projektet. I efterhand visade det sig exempelvis att vegetationskarteringen ger värdefull geohydrologisk information.

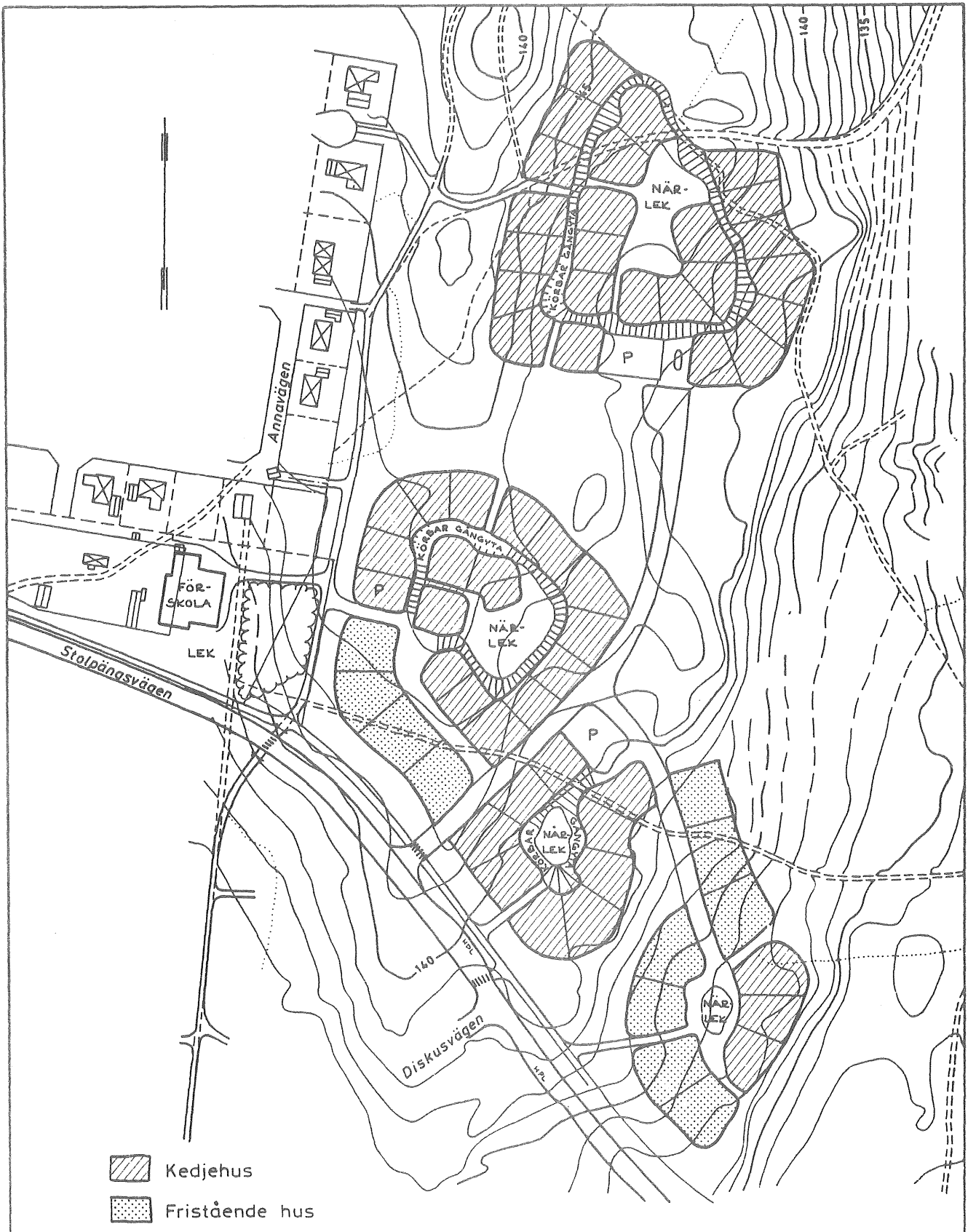


Teckenförklaring:

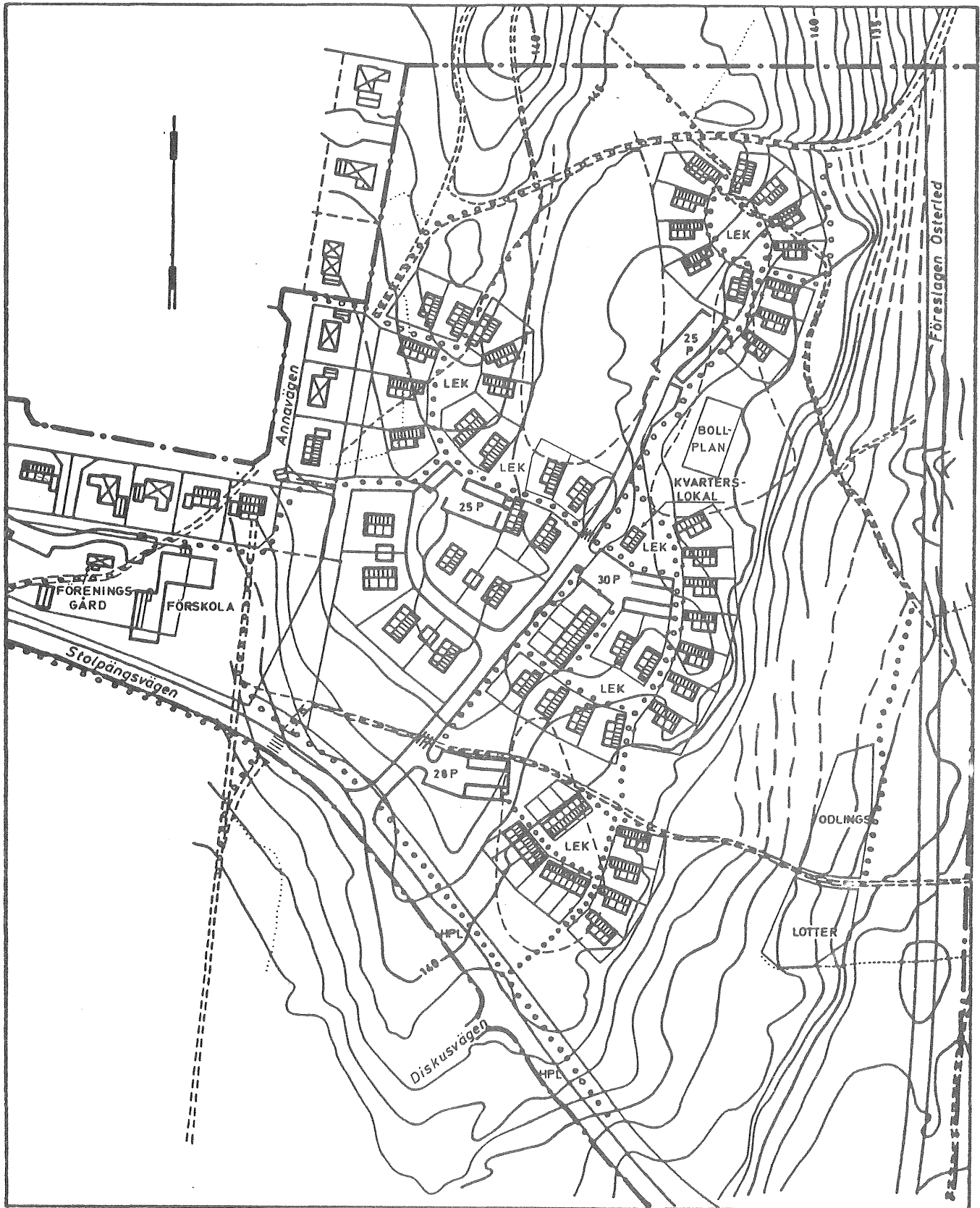
- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | förhöjd markfuktighet
p.g.a. lågpermeabla yt-
lager |  | källa |
|  | diffust |  | mät punkt för grv. läckage |
|  | markerat | | |
|  | sammanfallande yt-
och grv. delare | | Grv.obs. punkter med
ungefärligt grv.stånd
i cm under markytan i mitten
av okt. 1977 |
|  | berg som branter i
dagen |  | grop med grv.yta |
|  | grv.strömning |  | grv.obs. rör |
| | |  | brunn |

DALEN 5, KARLSKOGA
INGENJÖRSGEOLOGISK KARTA

Figur 14. Geohydrologisk karta över Dalen 5, Karlskoga. Ur
Lind och Nordin (1978).



Figur 15. Ursprungligt förslag till stadsplan för Dalen 5, Karlskoga. Ur Bucht och Lind (1978).



Figur 16. Omarbetad stadsplan för Dalen 5, Karlskoga.
Ur Bucht och Lind (1978).

Behovet av uppföljning av projektet enligt etapp 3 i projektuppläggningsen har påtalats från skilda håll. Sådan uppföljning pågår vid denna redovisnings utarbetande och har beviljats ett mindre anslag från BFR. Uppföljning och redovisning av byggnadsskedets inledande del har skett inom ramen för ett examensarbete vid CTH (Lindblad och Sandstedt, 1980).

Redan nu kan en ytterligare etapp 4 i projektet anses angelägen att genomföra. Denna skulle innebära långsiktig uppföljning under områdets utnyttjande och i första hand avse vegetation och hydrogeologiska faktorer. Uppföljningen kan göras med liten arbetsinsats under minst 5 år för att förändringar i exempelvis naturmiljön skall kunna registreras.

3.8 Planering för LOD i Södra Näset

3.8.1 Orientering

Ett av Geohydrologiska forskningsgruppens pågående projekt är benämnt "Alternativ gatuplanering". Detta projekt syftar i korthet till att genom differentierad standard och alternativa metoder för avvattning och renhållning sänka kostnaderna för anläggande och underhåll av gator i bebyggelse. Projektet bedrivs i samarbete med Göteborgs gatukontor och Göteborgs VA-verk

För att exemplifiera konsekvenserna av olika gatustandard har valts området Södra Näset i Göteborg. Detta område har ursprungligen bestått av fritidshusbebyggelse men håller nu på att övergå till permanent bosättning. Därvid måste bland annat gator och VA-system byggas ut till bättre standard, något som erfarenhetsmässigt ger höga kostnader.

Bland de lösningar som studeras är möjligheterna till lokalt omhändertagande av dagvattnet. Som grundval fordras då god kännedom om geologiska och hydrogeologiska

förutsättningar. Undersökningarna av dessa förhållanden genomfördes av Thomas Holm och Olof Stenlund, Geologiska institutionen, CTH. Fältarbetet och redovisningen i kartform har därvid ingått som delmoment både i LOD-projektet och Geohydrologiska forskningsgruppens projekt "Ingenjörsgelogisk kartering".

3.8.2 Genomförande

De geohydrologiska undersökningarna i området har omfattat inventering av tidigare geotekniska undersökningar, flygbildstolkning, brunnsinventering och viss fältkontroll av de geologiska förhållandena. Resultaten har redovisats i form av en ingenjörsgelogisk karta (Holmstrand och Wedel, 1977) med bladen:

- Undersökningar
- Jordarter
- Sektioner till jordartskartan
- Hydrogeologi
- Klassificering med hänsyn till LOD

Den sistnämnda kartan har tagits fram genom att informationen från övriga kartor kombinerats. Delområden med olika förutsättningar för LOD har på så sätt kunnat skiljas ut. Följande faktorer har beaktats vid klassificeringen av delområdena:

- Topografi
- Jordarter och lagerföljd
- Ytavrinning
- Grundvattenströmning och -nivå
- Permeabilitet
- Tillströmning till delområden
- Kommunikation mellan delområden

3.8.3 Resultat

Den ingenjörsgelogiska karteringen av området har redovisats i en rapport från projektet "Alternativ gatuplanering" (Malmquist et al. 1979).

Som ett alternativ till det av VA-verket planerade konventionella dagvattensystemet har utarbetats ett förslag med lokal infiltration och avledning i öppna diken. Lösningarna på varje plats har valts med hänsyn till klassificeringen på den utvärderande kartan.

Följande konsekvenser av dagvattenhantering med LOD har redovisats i projektet "Alternativ gatuplanering":

1) *Ekonomi*

Det alternativa systemet har beräknats bli cirka 2.4 Mkr billigare i investeringskostnad än det konventionella systemet. Av kostnadsskillnaden kan 0.7 Mkr hänföras till Näsetvägen, vilket ger en kostnadsbesparing på 7.000 kr per fastighet (243 st). Kostnadsbesparingarna beror främst på minskade schaktnings-, sprängnings- och ledningskostnader.

Driftskostnaderna kan beräknas bli cirka 2.000 kr högre per år för det alternativa systemet, främst beroende på skötselkostnader för diken.

Det alternativa dagvattensystemet medför också att kostnadsbesparingar kan göras för vatten- och spillvattensystemen, främst genom slopande av dessa ledningar i västra delen av Näsetvägen. Ytterligare kostnadsbesparingar kan göras genom grunt förlagda, isolerade vatten- och spillvattenledningar.

2) *Vattenbalans*

Den naturliga vattenbalansen i området upprätthålls genom lokalt omhändertagande av dagvattnet. Detta innebär att de risker för vegetationsskador på grund av vattenbrist och för marksättningar i lerområden som kan uppkomma genom att marken undanhålls en viss del av regnvattnet undanröjs.

Ingreppen i den naturliga vattenbalansen minskas också av minskad gatubredd och minskade horisontal- och vertikalaradier i alternativ 3.

3) *Vattenkvalitet*

Dagvatten som leds ut genom dagvattenledningar kan genom sitt föroreningsinnehåll skada känsliga recipienter. Vid lokalt omhändertagande av dagvattnet renas detta naturligt i marken, särskilt i markens översta del. I områden där infiltration inte kan förekomma innebär dikestransport av dagvattnet att föroreningshalterna minskas genom sedimentering och självrening.

4) *Konsekvenser på tomtmark*

Genom slopandet av dagvattenledningarna måste dagvattnet från tomter antingen infiltreras direkt på tomten, på markytan eller i särskilda perkolationsmagasin, eller ledas ut till diken vid sidan av gatorna. Detta får bedömas från fall till fall. Dräneringsvattnet från husgrunder kan för vissa tomter bli svårt att avleda till dagvattendikena om husgrunderna ligger lägre än dikesbottnarna. I sådana fall kan man

- a) leda dräneringsvattnet till spillvattenledningen*
- b) pumpa dräneringsvattnet till diket*
- c) införa restriktioner så att husen antingen endast får byggas källarlösa eller måste placeras högre upp på tomten.*

Observera att det endast är fråga om ett fåtal fastigheter och att dräneringsvattenmängden är liten.

Hänsyn till kostnadsfördelningen mellan kommun och fastighetsägare bör tas vid uttag av anslutningsavgift.

5) *Utrymmesbehov*

Diken ökar gatuområdets bredd vilket kompenseras av att gatorna utföres med mindre bredd. I större delen av planområdet är infiltrationsmöjligheterna goda och dikena kan utföras med liten bredd.

3.9 Planering för LOD i Östra Gårdsten

3.9.1 Orientering

Inom Östra Gårdstensbergen i stadsdelen Angered, ca 15 km nordost om Göteborgs centrum skall uppföras omkring 240 radhus uppdelat på tre etapper. Området ligger på en ganska kuperad bergsplatå med i allmänhet mycket tunna jordlager. Dagvattenavledning på konventionellt sätt i ledningar förväntades medföra höga kostnader och risk för skador på vegetationen i sluttningarna ned från bergsplatån. Exploatören, Göteborgs Stads Bostads AB, kontaktade därför Geohydrologiska forskningsgruppen för att få synpunkter på möjligheterna att lokalt omhänderta dagvattnet inom området.

Från forskningsgruppens sida bedömdes projektet vara av stort intresse för att praktiskt tillämpa förundersökningsmetodik och bedömning av förutsättningar för LOD i ett extremt bergsområde. De inledande kontakterna med Bostadsbolaget resulterade i att ett program skrevs för undersökningarna (Förutsättningar för LOD på Östra Gårdstensbergen, Göteborg, 1978-11-13). Undersökningarna bekostades av Bostadsbolaget och genomfördes av Bo Lind, Rodney Stevens och Mats Westerdahl, Geologiska institutionen, CTH.

Förutom att undersökningarna var av intresse för LOD-projektet bedömdes de också vara av stort värde som ett led i projektet "Ingenjörsgelogisk kartering".

3.9.2 Genomförande

De geohydrologiska undersökningarna i området har omfattat fältkartering av berggrund, jordarter och hydrologiska förhållanden. Information från genomförda geotekniska undersökningar har också utnyttjats.

Berggrundskarteringen gjordes med särskild hänsyn till områdets tektoniska förhållanden. Berggrundens spricksystem är helt avgörande för grundvattnets infiltration

och strömning. Vid karteringen koncentrerades därför intresset till förekommande sprickor och krosszoner. Alla sprickor med mera än 5 m uthållighet i markytan har noterats.

Jordartskarteringen fick i detta extrema bergsområde anpassas till de speciella förutsättningarna. För att framhäva de tektoniska dragen i berggrunden och möjliggöra bedömningar av infiltrationsförutsättningarna i sprickzonerna har jordtäcken tunnare än 30 cm karterats över sprickzonerna. Däremot har jordtäcken av motsvarande mäktighet inte beaktats där berggrunden bedömts sakna större sprickor, dvs på bergknallarna mellan de topografiskt framträdande sprickzonerna.

Yt- och grundvattenförhållanden har karterats genom flygbildstolkning och kontroll i terrängen på grundval av de tidigare genomförda berggrunds- och jordartskarterna. Speciell vikt har lagts vid att studera grundvattnets in- och utströmningsförhållanden. För bedömning av jordlagrens infiltrationskapacitet har på några platser gjorts ringinfiltrationsmätning.

På grundval av insamlade basdata gjordes en indelning av området i delområden inom vilka förutsättningarna för LOD bedömdes och redovisades på en karta.

Presentationen av resultaten har skett i form av en ingenjörsgelogisk karta (Holmstrand och Wedel, 1977) med bladen:

- Undersökningar
- Jordarter
- Berggrund
- Hydrogeologi
- Förutsättningar för LOD

För att åskådliggöra den geologiska uppbyggnaden har även konstruerats två sektioner över området.

3.9.3 Resultat

Arbetet inom projektet har redovisats i en rapport (Lind, 1979a). Rapporten behandlar i första hand genomförda undersökningar och resultaten av dessa. Dessutom görs ett försök att värdera erfarenheterna av projektet som framgår av följande avsnitt ur rapporten:

Av kartan framgår att det inom området i allmänhet finns vissa förutsättningar att vid planering av dagvattensystem utnyttja metoder som bygger på lokalt omhändertagande. Tillsammans med erfarenheter från andra områden visar detta att lokalt omhändertagande av dagvatten går att utnyttja i geologiskt mycket olika miljöer. Viktigt är emellertid att anläggningarna ges olika utformning och funktionssätt i skilda områden. Inom det undersökta området gäller generellt att man bör inrikta sig på att så mycket som möjligt dämpa flödena. Detta kan man göra genom att utforma uppehållsmagasin för dagvattnet. Upphållsmagasinen kan i vissa delar placeras så i terrängen att delar av vattnet infiltrerar ner i marken (berggrunden eller jordlagren). Den huvudsakliga funktionen hos magasinerna blir emellertid att under en längre tid utjämna flödena vid häftiga regn eller snösmältning. Denna långsammare avbördning kan ske antingen i bräddavloppsledning eller genom utsläpp direkt på markytan.

Den ingenjörsgelogiska kartan har inom detta projekt givits en inriktning mot lokalt omhändertagande av dagvatten. Kartan har framställts som ett led i strävandena att utveckla ett kartsystem som bygger på samlad och mot planering mera målinriktad redovisning av ett områdes naturförutsättningar. I kartsystemet kan förutom de här framtagna kartbladen även andra ingå, t ex över vegetation, jordmåner och geotekniska förhållanden.

3.10 Planering för LOD i Öjersjö

3.10.1 Orientering

Öjersjöområdet i Partille kommun ca 10 km öster om Göteborgs centrum består av ursprunglig fritidsbebyggelse som allt mera övergått till permanenta bostäder. Gemen-

samt VA-system har hittills saknats och av denna orsak har byggnadsförbud rått i området under lång tid. Partille kommun genomför nu VA-sanering och stadsplanläggning av delar av området.

Dagvattnet i området har hittills avletts i öppna diken där det inte infiltrerat i marken. En konventionell utbyggnad med dagvattenledningar skulle dels bli kostsam, dels sannolikt inverka negativt på vattenkvaliteten i Kåsjön som är den enda tänkbara recipienten. Kåsjön är nu i stort sett opåverkad av föroreningar och utnyttjas som vattentäkt av Partille kommun. Sjön är dessutom en populär badplats.

Öjersjöområdet karakteriseras geologiskt främst av läget ovanför högsta kustlinjen samt förekomsten av relativt mäktiga, drumlinartade moränbildningar. Dessutom förekommer en hel del berg i dagen. Läget ovanför högsta kustlinjen medför att lera eller andra havsavsatta finsediment saknas.

För att undvika de negativa effekterna av konventionell dagvattenhantering beslöt Partille kommun att utreda förutsättningarna för LOD. Detta uppdrag erhöles av Scandiaconsult AB. Scandiaconsult vände sig till Geohydrologiska forskningsgruppen för att få de geohydrologiska förutsättningarna för LOD utredda. Från forskningsgruppen bedömdes projektet vara av stort intresse som komplement till tidigare genomförda praktiska tillämpningar. Geologiskt skiljer sig Öjersjöområdet från såväl Södra Näset (se avsnitt 3.8) som Östra Gårdsten (se avsnitt 3.9). De inledande kontakterna ledde till att ett program skrevs för undersökningarna (Förutsättningar för lokalt omhändertagande av dagvatten i Öjersjöområdet, Partille kommun, 1979-04-03). Undersökningarna genomfördes av Thomas Holm, Geologiska institutionen, CTH.

På samma sätt som för övriga praktiska tillämpningar inom LOD-projektet har undersökningarna och redovis-

ningen av dessa stort värde som led i projektet "Ingenjörsgelogisk kartering".

3.10.2 Genomförande

Undersökningarna i området syftade till att få fram ett underlag för bedömning av förutsättningarna för LOD. Undersökningarna kan uppdelas på följande punkter:

- Inventering och bearbetning av äldre material, kartor m m.
- Jordartskartering, vilken samordnades med brunnsinventeringen.
- Hydrologisk kartering omfattande ytvattenförhållanden samt grundvattnets in- och utströmningsförhållanden.
- Inventering av samtliga brunnar i området, drygt 500 st.

Resultaten bearbetades och sammanställdes för redovisning på tre kartor:

Jordarter
Hydrogeologi
Förutsättningar för LOD

På jordartskartan redovisades jordartsfördelning i markytan. På hydrogeologikartan redovisades ytvattendränering, grundvattenströmning i vissa delar av området samt avståndet markyta-grundvattenyta i vissa delar av området. Kartan med förutsättningar för LOD redovisade en indelning i delområden med olika egenskaper. För varje delområde gavs en kort textbeskrivning i en ruta på kartbilden.

Separat genomförde Bergab-Berggeologiska undersökningar AB en översiktlig bedömning av berggrunden i området genom att sammanställa äldre undersökningar i samband med tunnelprojektering i området. Redovisningen omfattade en karta samt en kortfattad beskrivande text med bedömning av berggrund, tektonik och hydrogeologiska förhållanden.

3.10.3 Resultat

Undersökningsresultaten har redovisats i en rapport från Scandiaconsult till Partille kommun (Scandiaconsult, 1980). I denna rapport ingår en relativt omfattande beskrivning till den ingenjörsgelogiska karteringen. Varje delkarta kommenteras med avseende på framställning och redovisning.

En sammanvägning av informationen görs på kartbladet "Förutsättningar för LOD". Området har där indelats i delområden med skilda geohydrologiska förutsättningar. De faktorer som ligger till grund för denna indelning är:

Topografi

Yt- och grundvattenströmning

Jordarter

Avstånd mellan mark- och grundvattenyta

Följande allmänna kommentar görs till indelningen i delområden:

Ett områdes karaktär, i detta fall om det är ett in- eller utströmningsområde, har styrt de rekommendationer som ges i karttexten. Perkolationsmagasin har föreslagits till inströmningsområden med stort avstånd till grundvattenytan, medan utströmningsområden med grundvattenytan strax under markytan, i allmänhet ges möjlighet att fungera som uppehållsmagasin. Mellan dessa två typer finns ett antal olika övergångsformer.

Det bör påpekas att gränserna mellan de olika områdena ej får uppfattas som exakta, utan endast som ett försök att ungefärligt särskilja markområden med skilda geohydrologiska egenskaper. Detta måste speciellt beaktas vid den vidare planeringen av området.

För att ge bättre underlag för bedömning av grundvattenförhållandena i området föreslås slutligen regelbundna grundvattennivåmätningar. Sådana mätningar föreslås genomföras i 8 utvalda brunnar. Urvalet har skett på grundval av de under brunnsinventeringen insamlade upplysningarna.

3.11 Infiltrationsundersökningar i Linköping

3.11.1 Orientering

Inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet har dagvattenförhållandena studerats i stadsdelen Ryd, Linköping. Undersökningarna har gällt både kvantitativa och kvalitativa förhållanden. Sålunda har mätningar gjorts avseende nederbörd, avrinning och stoftnedfall. Dessutom har vattenprovtagning och analyser genomförts. Mätdata avseende dessa parametrar har bearbetats för perioden 1 juni - 30 november åren 1976 och 1977. Resultaten har redovisats i en rapport (Arnell, Strandner och Svensson, 1980).

Undersökningarna i Linköping har bedrivits som en separat del av Geohydrologiska forskningsgruppens dagvattenforskning. Projektet har bedrivits som ett samarbetsprojekt med Tekniska Verken i Linköping AB, vilket tillsammans med Statens råd för byggnadsforskning (BFR) bekostat arbetet.

Nederbördsinfiltrationen är en svårbedömbart delprocess i en dagvattenmodell. Det ansågs därför motiverat att genomföra en relativt omfattande specialstudie av infiltrationsförhållandena i området Ryd. Undersökningen ingick som ett moment i delprojektet "Markvattenförhållanden i urbana områden" inom LOD-projektet och genomfördes av Lars Ericsson och Stig Hård.

3.11.2 Genomförande

Markvattenundersökningarna i Linköping hade flera huvudsyften. Primärt gällde det att ge underlag för beräkningarna av dagvattenomsättningen i området. Något allmänt erkänt tillvägagångssätt för att bestämma infiltrationskapaciteten på grönytor finns inte. Projektet fick därför i hög grad inriktas på att testa den valda metoden. Tre delmoment kan här utskiljas:

- 1) Utvärdera de geologiska förutsättningarna.
- 2) Utnyttja och utvärdera mätning med enkelringsinfiltrationsmeter.

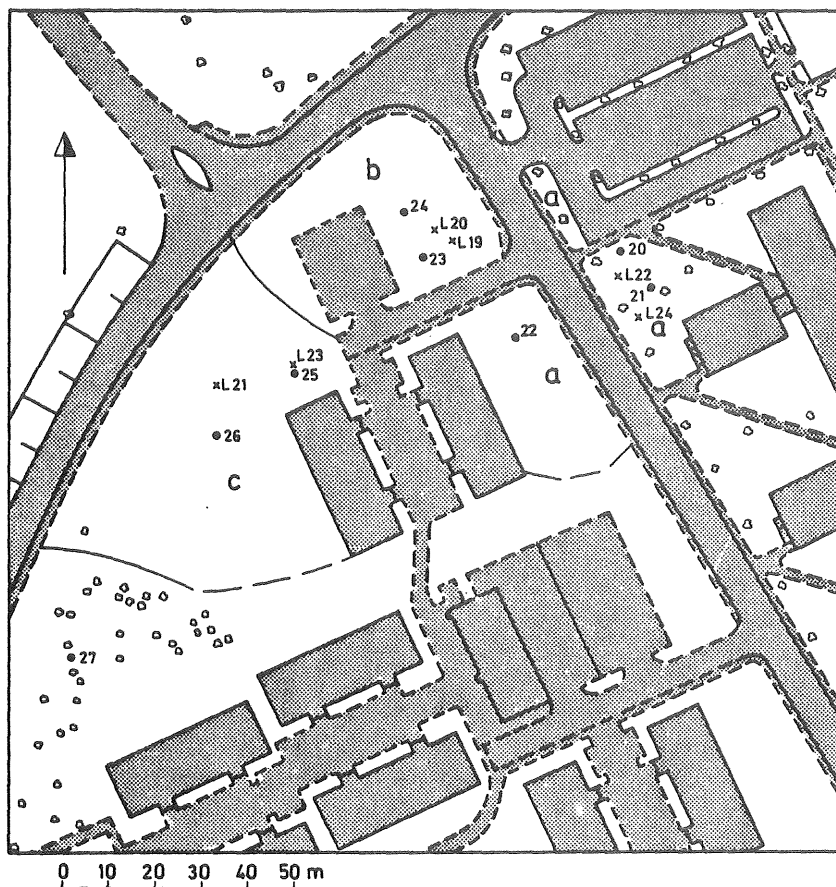
3) Utvärdera de säsongsmässiga variationerna i infiltrationskapacitet.

Genomförandet uppdelades i följande punkter:

- De geologiska förutsättningarna analyserades med hjälp av tidigare genomförda karteringar och undersökningar samt viss fältkontroll. Jordlagrens övre delar har påverkats i samband med bebyggandet av området. Fyllnadsmassorna har i allmänhet en mäktighet av 0,2-0,6 m och är av lokalt ursprung. Fyllningens fysikaliska egenskaper kan emellertid väntas variera inom vida gränser.
- Infiltrationskapaciteten inom två delområden mättes med hjälp av enkelringsinfiltrimeter med diametern 19,5 cm. Efter infiltrationsförsöken togs ostörda prover på infiltrationsytan. För att bestämma aktuell vattenhalt togs även slumpvisa cylinderprov utanför infiltrimeterringarna. Infiltrimetermätning gjordes i 48 punkter. Mätningen genomfördes vid två tillfällen, dels under torra förhållanden (760929 - 761001) dels under våta förhållanden (770503 - 770505).
- Mätvärdena bearbetades i enlighet med det förfarande som beskrivs av Ericsson (1978a). Med hänsyn till infiltrimeterringens lilla diameter har värdena korri-gerats för sidospridning. Vidare har anpassning av tidsförloppet skett till en Horton-kurva, eftersom denna används i den dagvattenmodell som utvecklats vid CTH (Arnell, 1980).
- Med hjälp av infiltrimeterkurvor och markkartering ytgeneraliserades infiltrationsvärdena. Bedömningen kunde ej bygga på statistisk bearbetning eftersom antalet mätpunkter var litet i förhållande till områdets storlek.

3.11.3 Resultat

Resultaten har redovisats i en särskild rapport (Ericsson och Hård, 1978a). Lägesrapportering gjordes dess-



a	$f = 10 + 50 \cdot e^{-3,90 \cdot t}$ torr period $f = 5 + 20 \cdot e^{-3,90 \cdot t}$ våt period
---	--

b	$f = 10 + 35 \cdot e^{-2,50 \cdot t}$ torr period $f = 0,5 + 10 \cdot e^{-0,10 \cdot t}$ våt period
---	--

c	$f = 5 + 15 \cdot e^{-2,50 \cdot t}$ torr period $f = 3 + 2 \cdot e^{-0,30 \cdot t}$ våt period
---	--

	Hårdgjorda ytor
--	-----------------

x Mätning under tidsperioden 760929-761001

o Mätning under tidsperioden 770503-770505

Figur 17. Infiltrationsförlopp för delytor i Ryd, Linköping.
f i mm/tim och *t* i tim. Ur Ericsson och Hård (1978a).

utom i LOD-projektets båda delrapporter (Ericsson, 1977 och Holmstrand, 1978a).

I rapporten redovisas samtliga mätvärden och bearbetningar från infiltrometermätningarna i form av bilagor. I texten beskrivs utförligt valet av metoder samt arbetsgången vid fältmätningar och utvärderingar. Den geologiska analysen av området redovisas i form av en ingenjörsgelogisk karta (Holmstrand och Wedel, 1977), jordarter med tillhörande sektioner samt beskrivande text.

Resultatet av infiltrationsmätningarna sammanfattas på två kartor över de två studerade delområdena inom stadsdelen Ryd. De permeabla ytorna har på kartorna indelats i delområden. För varje delområde anges en Horton-kurva för torr period och en för våt period. I figur 17 återges den ena kartan som exempel.

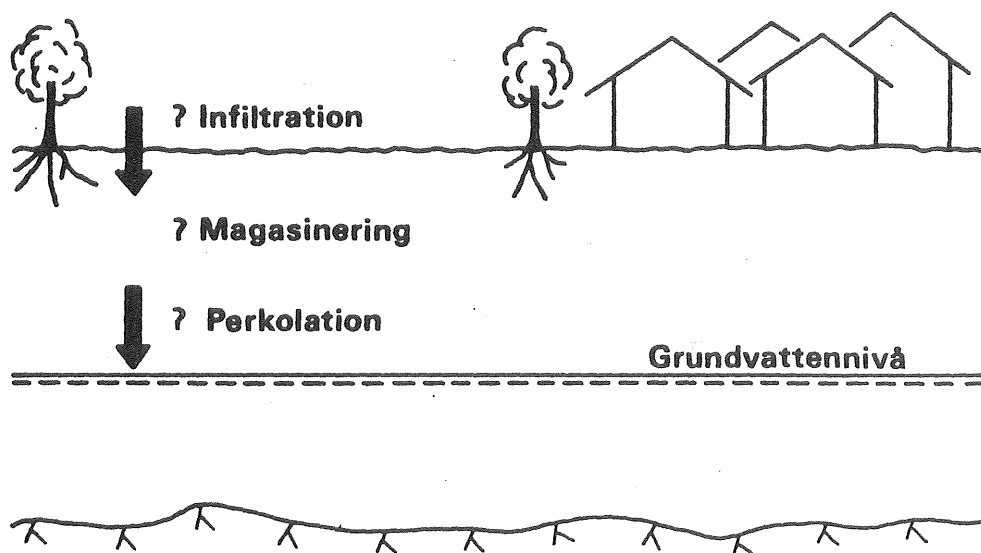
Sammanfattningsvis kan sägas att undersökningen i Linköping var ett viktigt led i utarbetandet av en metod som skall kunna ge mera tillförlitliga värden på infiltrationskapaciteten för permeabla ytor i bebyggda områden.

3.12 Infiltrations- och markvattenstudier

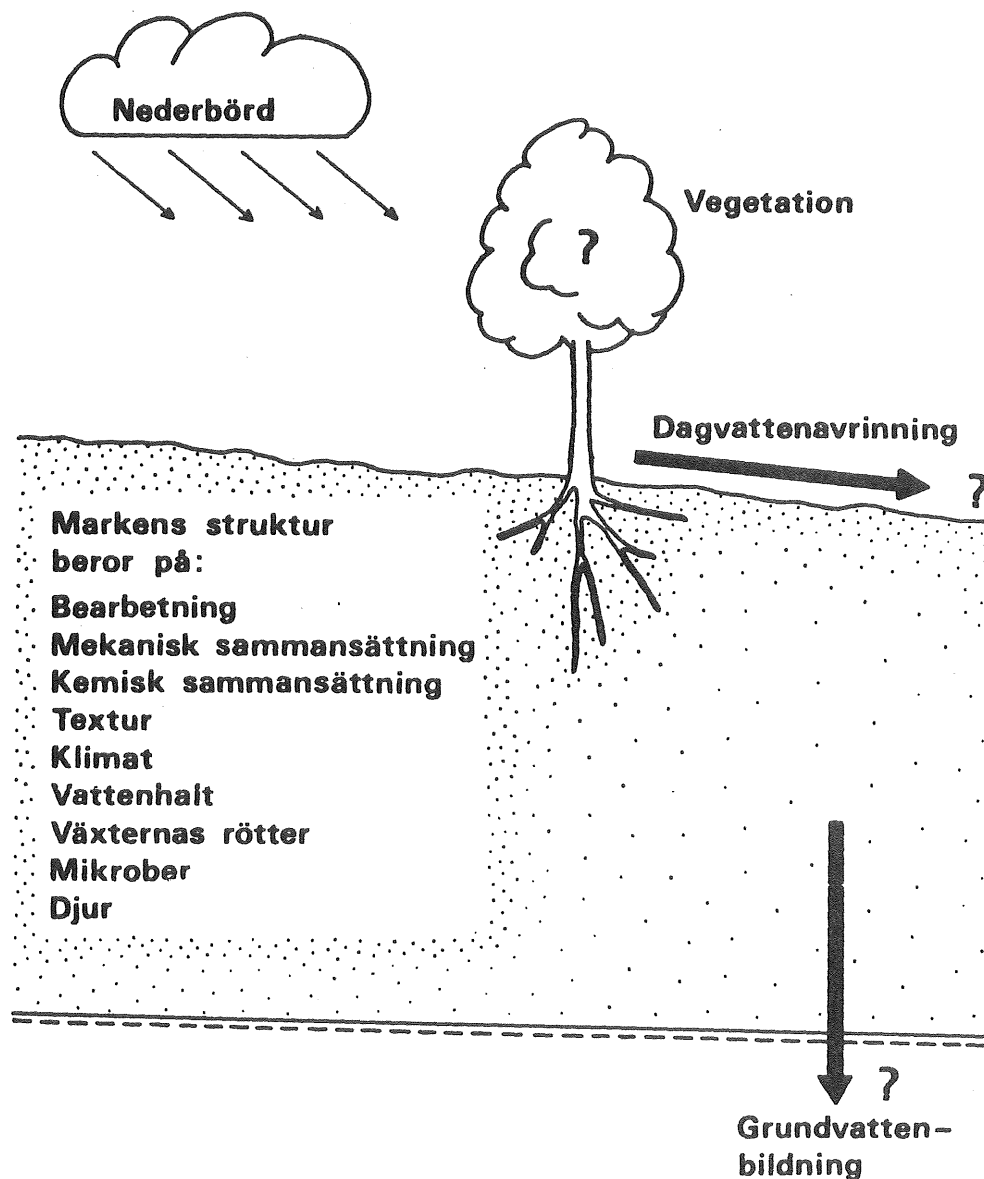
3.12.1 Orientering

Markvattenstudier har bedrivits inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet sedan år 1974. De första årens undersökningar i stadsdelen Bergsjön, Göteborg, redovisades i en rapport från Geohydrologiska forskningsgruppen (Holmstrand och Wedel, 1976). Det föll sig därefter naturligt att inordna de fortsatta markvattenstudierna i LOD-projektet.

Markvattenmagasinet har stor betydelse för vattenbalansen i såväl naturliga som urbana områden. Det nederbörds- vatten som faller inom ett område fördelas i stort på



Figur 18. Huvudsakliga frågeställningar inom markvattenprojektet.



Figur 19. Vid förändring av markens ytstruktur påverkas såväl vegetation, dagvattenavrinning som grundvattenbildning.

ytavrinning, grundvattenbildning och avdunstning. Förhållandena i den omättade zonen påverkar därvid tidsförloppen och fördelningen av vattenmängderna. Erfarenhetsmässigt vet man att den omättade zonens magasin i jungfruliga områden huvudsakligen fluktuerar från markytan ned till 1 m djup i finkorniga jordarter och till större djup i grövre jordarter. Markvattenmagasinets förändring över ett hydrologiskt år är i stort lika med noll. Hydrologiskt sett är den viktigaste funktionen i markvattenmagasinet att det har en starkt utjämnande effekt på den totala avrinningen. Urbaniseringen påverkar de utjämnande egenskaperna på olika vis. För att erhålla ett begrepp om de storleksordningar på markvattenmagasinet som kan komma ifråga kan nämnas att upp till en halv årsnederbörd uppmätts i detta magasin. Fluktuationen över året kan uppgå till 25% av årsnederbörden.

Delprojektet "Markvattenförhållanden i urbana områden" inom LOD genomfördes huvudsakligen under åren 1976-78 med Lars Ericsson som huvudansvarig. Vissa delprojekt och specialundersökningar har emellertid drivits vidare fram till slutredovisningen år 1980.

3.12.2 Genomförande

Markvattenprojektet omfattade en hel rad delstudier av olika karaktär. Stor vikt lades vid litteraturstudier för att inhämta den internationella kunskapsnivån samt praktiska prov med olika typer av apparatur. Med utgångspunkt från dessa kunskaper och erfarenheter utformades sedan hypoteser för hur markvattenfrågorna skall behandlas i urbana områden i samband med genomförande av LOD.

Genomförande och redovisning av delundersökningar framgår enklast av följande förteckning över projektets publikationer. Några av publikationerna avser inte enbart markvattenprojektet utan omfattar även andra delar av LOD-projektet.

- Ericsson L O (red), 1977. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-10--1977-01-31. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Meddelande nr 25.
- Westin L, 1977. Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering. Litteraturgenomgång. Byggeforskningen, Rapport R94:1977.
- Ericsson L O, Holmstrand O, 1978. Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder. Litteraturgenomgång. Byggeforskningen, Rapport R4:1978.
- Holmstrand O (red), 1978. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-10--1977-11-30. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Meddelande nr 28.
- Ericsson L O, 1978a. Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Meddelande nr 30.
- Ericsson L O, 1978b. Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Meddelande nr 31.
- Ericsson L O, 1978c. Infiltrationskapaciteten som funktion av markens humushalt och kornstorlek. Publ B110, Geologiska institutionen, CTH.
- Ericsson L O, 1978d. Markvatten och vegetation i bebyggda områden. Årsboken Ymer 1978. Svenska sällskapet för antropologi och geografi.
- Ericsson L O, Hård S, 1978a. Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Meddelande nr 32.

Ericsson L O, Hård S, 1978b. Registrering av vattenhalten i markytan med hjälp av termovisionskamera. Publ B111, Geologiska institutionen, CTH.

Ericsson L O, 1978e. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i sandiga jordarter med hjälp av kornstorleksfördelningen eller specifika ytan. Publ D39, Geologiska institutionen, CTH.

Rogbeck J, 1977. Sammanställning av analysförfarandet angående 1976 års "Linköpingsprover". Intern PM, Geologiska institutionen, CTH.

Kaufmann H, Röine D, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. Examensarbete, Publ B122, Geologiska institutionen, CTH.

Olsson J-A, Sääf L-J, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. Examensarbete, Publ B116, Geologiska institutionen, CTH.

Jonasson S A, 1979. Dimensionering av perkolationsmagasin. En jämförande studie av olika metoder för bestämning av hydraulisk konduktivitet i friktionsjordar. Examensarbete, Publ B138, Geologiska institutionen, CTH.

Ericsson L O, 1980. Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Meddelande nr 51.

3.12.3 Resultat

Arbetet inom projektet har som ovan nämnts delredovisats i en rad rapporter. En sammanfattning och utvärdering görs i slutrapporten (Ericsson, 1980). Följande avsnitt har hämtats ur denna rapport.

URBANISERINGENS INVERKAN PÅ MARKVATTENFÖRHÅLLANDEN OCH INFILTRATIONSKAPACITET

Urbaniseringen medför vanligtvis förändringar på den ursprungliga vattenomättade zonen. Masshanteringen ger helt nya markförhållanden med bl a hydrauliska egenskaper som skiljer sig mot de ursprungliga. Det är vidare känt att en hårdgörning genom t ex asfaltering, stora takytor ger totalt sett snabbare avrinningsförlopp från avrinningsområdena.

Inom projektet har konstaterats att urbanisering i form av djupa grundläggningsschakter, tunnlar, kulvertgravar verkar dränerande på både grund- och markvattenförhållandena. Återfyllningar utgörs ofta av material med större hålrumsvolymer än den ursprungliga jordarten. Detta resulterar i minskad utjämning i marken av nederbörden. Den minskade mark- och grundvattenbildningen får konsekvenser för vegetation, geoteknik samt för vattenbalansen i stort.

INFILTRATIONEN GENOM GRÖNYTOR I BEBYGGDA OMRÅDEN

Vid dagvattenhanteringen är man huvudsakligen intresserad av att bestämma ett avrinningsområdes regnöverskott eller direkta avrinning. När det gäller det lokala omhändertagandet av dagvatten från t ex tak och gator liksom vid tillämpning av dagvattenmodeller är således infiltrationen en betydelsefull hydrologisk delprocess.

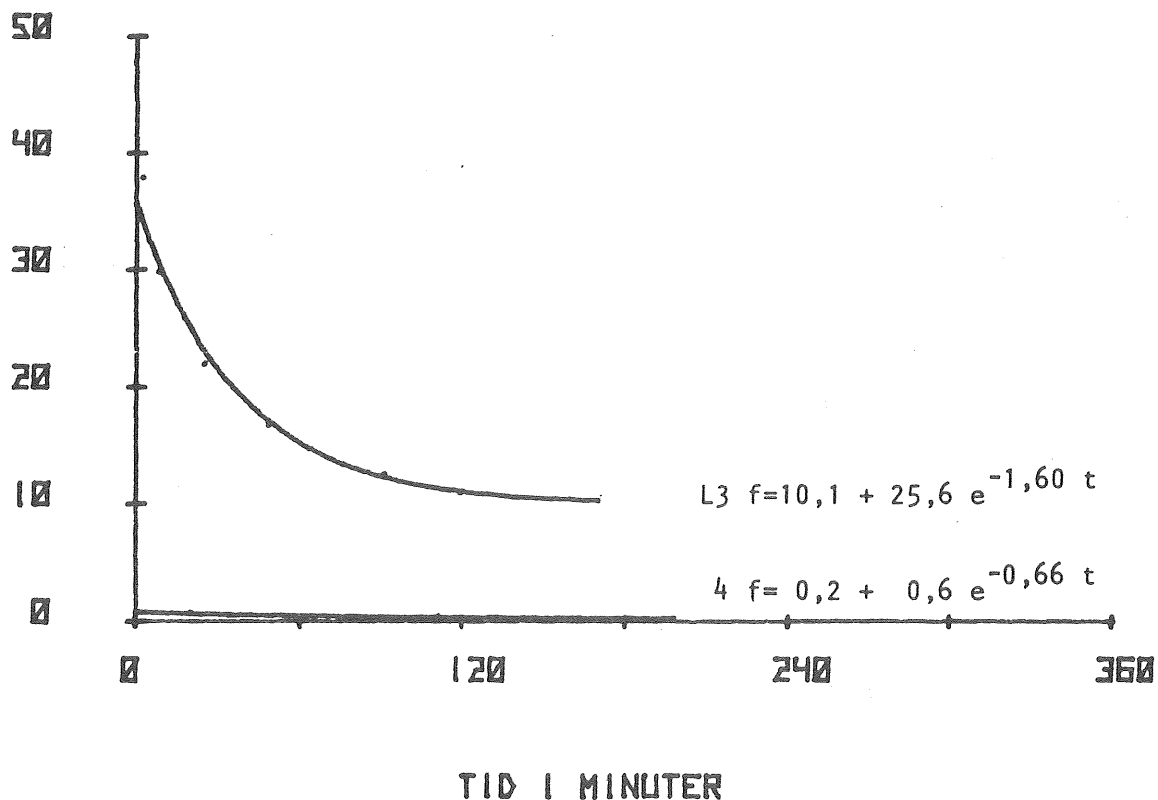
Sammanfattningsvis kan följande sägas om infiltrationsprocessen på urbana grönytor:

Infiltrationskapaciteten på genomsläppliga "mjuka" ytor i bebyggda områden kan bestämmas med enkelringsinfiltrationsmeter. Bestämningen förutsätter emellertid att en kalibrering av mätvärden görs på grund av sidospridning av den infiltrerade vattenmängden. Kalibreringen har belagts genom laboratorie- och fältförsök.

INF. KAP
MM/TIM

INFILTROMETER FÖRSÖK

BENÄMNING L3,4 område I delyta a
.....



Figur 20. Säsongsmissig variation av infiltrationsförloppet inom samma område. Försök L3 representerar infiltrationsförloppet under torra förhållanden (efter en nederbördsfattig sommar). Försök 4 åskådliggör infiltrationsförloppet efter snösmältningen. Mätningarna är utförda med enkelringsinfiltrometer och för regressionen har Hortons ekvation använts.

Utifrån de intensitetskurvor för infiltrationen som uppmätts i ett antal punkter kan en ytgeneralisering av infiltrationen göras. Utplaceringen av infiltrometrarna sker med hänsyn till markfyllningens eller jordartens sammansättning och mäktighet, vegetation, packningsgrad och marklutning. Ytorna som väljs kan sägas vara geologiskt representativa områden.

En betydande säsongsmässig variation av infiltrationskapaciteten kan uppstå i kohesionära jordarter till följd av svällning.

Med infiltrometermätningar kan ingångsvärden till Hortons ekvation (hydrologisk modell) bestämmas. Ett speciellt regressionsprogram har därför framtagits som anpassar ekvationen till korrigerade mätvärden.

Under antagande att packningsförfarandet inom ett och samma exploaterade bostadsområde har utförts på likartat sätt har följande samband konstaterats:

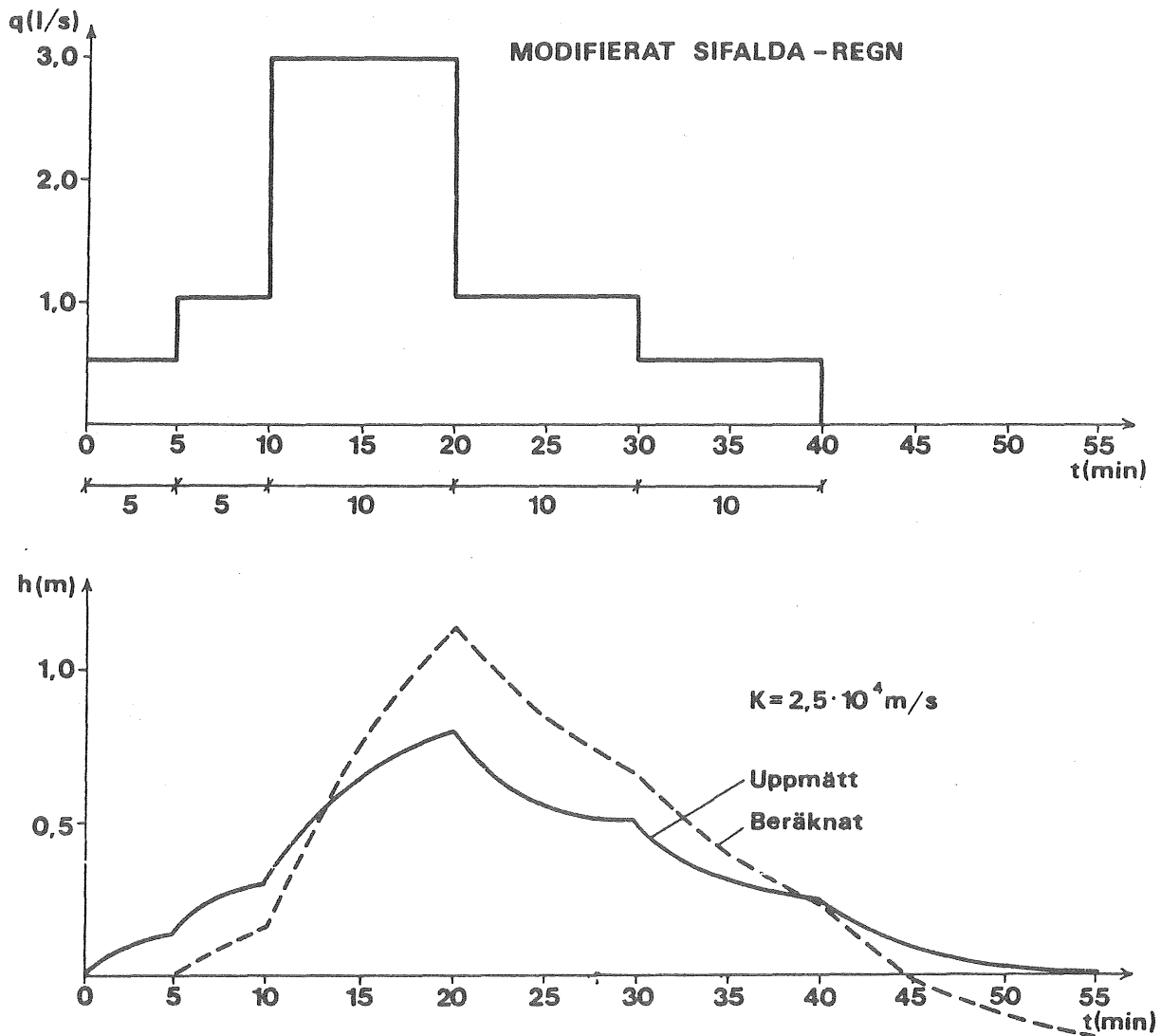
$$I_{\text{slut}} = C \cdot d_{25}^2 \cdot 10^{a \cdot H}$$

där a och C är konstanter; d_{25} är den kornfraktion som indelar jordarten i 25% finare och 75% grövre material. H är humushalten i viktsprocent. I är infiltrationskapacitetens slutvärde.

PERKOLATIONSMAGASIN OCH SPRICKVATTENMAGASIN - GEOHYDROLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Beroende på den geologiska miljön kan dagvatteninfiltrationen genomföras på två sätt. I områden med friktionsmaterial kan dagvattnet perkolera fritt från perkolationsmagasin. I lerområden kan torrskorpans spricksystem utnyttjas åtminstone för tillfällig magasinering och utjämning från sprickvattenmagasin.

Sammanfattningsvis kan följande sägas om sprickvatten- och perkolationsmagasin:



Figur 21. Försök med vattenpåfyllning i ett perkolationsmagasin. Vatten har tillförts enligt ett s.k. modifierat Sifalda-regn. Den heldragna kurvan redovisar därvid uppmätta nivåvariationer i magasinet. Med hjälp av ett tidigare bestämt värde på markens hydrauliska konduktivitet runt magasinet har vattennivåvariationerna också beräknats teoretiskt (streckade kurvan). Vid beräkningen utnyttjades en inom projektet framtagen teoretisk modell. Överensstämmelsen mellan de båda kurvorna är god.

Vid en bedömning av de geohydrologiska förutsättningarna är två faktorer hos jordarten av centralt intresse, magasineringens förmågan och genomsläppligheten. För en kohe-sionär jordart används torksprickorna för magasinering och vattenflödet sker i dessa sprickor. I en friktions-jordart magasineras vattnet i den effektiva porositeten och i dessa hålrum sker även vattnets rörelse. Om ett sprickvatten- eller perkolationsmagasin skall dimensio-neras krävs att dessa faktorer är kända. Emellertid är mätmetoderna i den omättade zonen förhållandevis svåra att använda för att på ett enkelt praktiskt tillvägagångs-sätt kunna ytgeneralisera perkolationen och därmed göra en bra dimensionering. Inom projektet har därför tonvik-ten lagts vid att studera och jämföra några enkla mät-metoder.

En modell för hur ett perkolationsmagasin töms och fluk-tuerar i samband med tillförsel av dagvatten har tagits fram. Modellen bör modifieras med hänsyn till släntlut-ningar. Vidare bör tömningsfunktionen studeras ytter-ligare för att erhålla en bättre korrigering till verk-lig avtappning. Dimensioneringsmetoden bygger på ett lo-kalt representativt värde för den hydrauliska konduktiv-i-teten. In-situ värden bör ge bästa resultat med hänsyn till den stora spridning som erhålls med olika metoder för bestämning av hydraulisk konduktivitet. Spridningen kan uppgå till mer än $1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

Ett transmissivitetsvärde har bestämts för torrskorpe-leran som omger ett sprickvattenmagasin i Bratthammar. Detta har skett med hjälp av mätvärden från filterspetsar i anslutning till magasinet. Avbördningen till omkring-liggande torrskorpelera liksom den dränerande effekten av magasinet kunde därvid bestämmas.

3.13 Termisk registrering

3.13.1 Orientering

Fjärranalys har i många fall visat sig vara en snabb och förhållandevis billig metod att skaffa information om olika fenomen på markytan. Det var därför naturligt att Geohydrologiska forskningsgruppens forskning rörande markvatten kommit att innefatta även fjärranalys. De första försöken gjordes med infraröd fotografering (se Holmstrand och Wedel, 1976 samt Hård, 1977), men denna metod visade sig knappast kunna ge användbara resultat.

Inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet vid CTH genomfördes hösten 1977 ett pilotprojekt med termovisionskamera. Avsikten var att med hjälp av temperaturmätningar urskilja en bevattnad delyta. Arbetet ingick som en mindre delstudie inom forskningsprojektet "Markvattenförhållanden i urbana områden". Denna inledande studie resulterade i att ett mer omfattande försöksprogram skisserades.

Ursprungligen var avsikten att genomföra både klimatkammarförsök under kontrollerade förhållanden och kolonnförsök i fält samt registreringar på naturliga ytor i fält. Projektet förutsattes löpa under en tvåårsperiod. Målsättningen var:

- Att genom termiska registreringar (termovisionssystem med spektralområdet 2-5,6 μm) skilja ut och avgränsa områden med olika vattenhalt.
- Att ge underlag för en undersökningsmetod för att lokalisera infiltrationsytor samt in- och utströmningsområden för grundvatten.

Efter diskussion med BFR och Geohydrologiska forskningsgruppens referensgrupp erhöles ett mindre anslag under det första budgetåret. Därvid beslöts att enbart genomföra klimatkammarförsöken och därefter avgöra projektets vidare inriktning.

3.13.2 Genomförande

Försöken genomfördes i klimatkammare. Försöken uppdelades i två huvudtyper, dels försök med simulerad dygnsamplitud, dels försök där konstant temperatur hölls i klimatkammaren.

Vid försöken användes två typer av provbehållare, dels 42 liters plastbehållare, dels 265 ml plastbägare. Behållare med olika jordarter, varierande vattenhalt eller olika högt stående grundvattenyta, med eller utan vattengenomströmning, placerades i klimatkammaren. Under försöken registrerades lufttemperaturen och jordarternas temperatur på olika nivåer med termometrar och termoelement. De olika jordarterna registrerades under samtliga försöksperioder med en termovisionskamera (AGA 750). Registreringarna gjordes både i svart-vitt och färg, då en separat färgkodningsenhet användes.

Vid utvärdering av termovisionsbilderna används en referens med känd temperatur. Vid beräkning av jordarternas temperatur tas hänsyn till omgivningstemperatur och variationer i emission.

3.13.3 Resultat

Det inledningsvis genomförda pilotprojektet redovisades i en rapport (Ericsson och Hård, 1978b). Inom ramen för det här närmare presenterade arbetet har dels redovisats en begränsad litteraturstudie avseende den fysikaliska bakgrunden för termisk registrering (Oljelund, 1980), dels en sammanfattande rapport (Ericsson och Hård, 1979).

De genomförda klimatkammarförsöken har visat att små temperaturskillnader i markytan kan mätas med termovisionsutrustningen. En mycket god korrelation har erhållits vid jämförelse mellan temperaturmätningar med termometrar/termoelement och beräknade isotermnivåer med utgångspunkt från termovisionsmätningar.

Vid simulerade utströmningsförsök har temperaturskillnader, beroende på variationer i bräddnivå, dokumenterats både med konventionella temperaturmätningar och med termovisionskameran. Även med relativt liten temperaturskillnad (ca 3-5°C) mellan omgivningstemperatur och "genomströmmande" vatten har mätbara skillnader i yttemperatur kunnat påvisas. Jordarternas yttemperatur har minskat med ytligare bräddnivå.

De genomförda försöken visar att förutsättningar finns för att lokalisera naturligt utströmmande grundvatten, s k utströmningsområden. En grundförutsättning är att grundvattentemperaturen eller marktemperaturen inom utströmningsområdet avviker från omgivningen, dvs markområden som ej påverkas av grundvattnet. Optimala förhållanden för lokalisering av dessa områden torde föreligga dels under vintern, dels under sommaren när marktemperaturen är hög. En annan förutsättning är att markytan ej helt avskärmas av täckande vegetation.

Termovisionsregistreringar och konventionella temperaturmätningar har också utförts på jordarter med olika högt stående grundvattennivåer och olika vattenhalter, från torr till vattenmättad jordart. Registreringar som utförts på jordarter med olika grundvattennivåer visar att såväl temperaturamplituden som maximala temperaturen i ytan minskar med ökande grundvattennivå eller vattenhalt. Sambandet mellan temperatur och grundvattennivå har påvisats både med konventionella temperaturmätningar och beräkningar med utgångspunkt från uppmätta isoternivåer med termovisionskameran.

De genomförda klimatkammarförsöken har sammanfattningsvis visat att:

- små temperaturskillnader kan mätas på jordarter med termovisionskameran
- Korrelationen mellan konventionella temperaturmätningar och beräkningar från isoternivåer uppmätta med termovisionskameran är god

- simulerade utströmningsområden har kunnat urskiljas även fast temperaturskillnaden mellan "grundvattnet" och omgivningen varit relativt liten (3-5°C)
- termovisionskameran har detekterat temperaturskillnader som orsakas av vattenomsättning från ca 10 cm djup
- behållare med olika vattenhalt har kunnat skiljas från varandra genom variationer i yttemperatur. Korrelation till vattenhalt eller bindningstryck kan göras genom att använda dygnsamplitud eller maximumtemperatur. Hänsyn kan behöva tas till jordarternas temperaturledningsförmåga.
- temperaturmätningar på marken är svåra att göra. En systematisk temperaturdifferens föreligger mellan termometrar och termoelement vid de genomförda klimatkammarförsöken. Termoelementens placering, dvs nivå under markytan och kornkontakt har stor betydelse vid temperaturmätningen. Eftersom referenstemperaturen uppmättes med termoelement eller termometer föreligger en viss osäkerhet vid utvärderingen av termovisionsbilderna.
- Temperaturfördelningen i klimatkammaren var inte jämn. Temperaturen varierade något både vertikalt och horisontellt, vilket kan ha betydelse vid jämförelse mellan de olika behållarna.

De genomförda klimatkammarförsöken har inte resulterat i en direkt användbar metod för kartering av markvattenhalt. De resultat som hittills framkommit visar att det praktiskt borde vara möjligt att

- lokalisera utströmningsområden på naturmark
- lokalisera utströmningsområden i vatten
- urskilja vattenhaltsvariationer på homogena ytor
- det torde också vara möjligt att lokalisera läckor på ledningssystem om temperaturskillnaden mellan utläckande vätska och omgivningen är tillräckligt stor. En förutsättning är dock att ej för stora termiska störningar finns nära läckagepunkten.

3.14 Dimensionering av perkolationsmagasin

Dimensioneringen av perkolationsmagasin har studerats inom ramen för LOD:s delprojekt "Hydrologiska förutsättningar". De praktiska undersökningarna har varit koncentrerade till de studerade perkolationsanläggningarna i Bratthammar och Halmstad (se avsnitt 3.3 och 3.4).

Dimensioneringen av ett perkolationsmagasin beror väsentligen av följande faktorer:

Nederbörd

Avvattnad areal

Magasinsfyllningens effektiva porositet

Markmaterialalets permeabilitet

Av dessa faktorer är den sistnämnda svårast att bestämma, vilket medför att alla dimensioneringar bör göras med god säkerhetsmarginal med hänsyn till utströmningen ur magasinet. Behovet av en sådan säkerhetsmarginal gör att det i nuvarande situation inte är motiverat att använda alltför sofistikerade beräkningsmetoder vid dimensionering.

Den vanligast utnyttjade dimensioneringsmetoden innebär att man utgår från maximal dygnsnederbörd med viss återkomsttid. Metoden presenterades i en forskningsrapport av Paus, Andersson och Carlstedt (1974) och är enkel att tillämpa. En annan och mera detaljerad metod, benämnd "Regnvelopemetoden", har publicerats av Cederwall och Eriksson (1977). Båda dessa metoder beskrivs översiktligt i "Infiltrera dagvatten" (Holmstrand och Lindvall, 1979).

Inom ramen för projektet "Markvattenförhållanden i urbana områden" (se avsnitt 3.12) har permeabilitetsbestämning och magasin dimensionering studerats (Ericsson, 1978b). Här ges ett förslag till dimensionering enligt "Regnvelopemetoden" men med hänsynstagande till ett mera verkligt infiltrationsförlopp.

Vid tidpunkten för sammanställningen av föreliggande rapport pågår inom ramen för projektet "Hydrologiska förutsättningar" arbetet med test av bräddningsfrekvensen för magasin dimensionerade enligt ovannämnda dimensioneringsmetoder. Resultatet avses publiceras separat.

Forskning avseende metodiken för att fastställa infiltrationskapacitet eller permeabilitet i marken pågår för närvarande inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens projekt "Dagvatteninfiltration på grönytor". Flera delundersökningar har gjorts för att jämföra olika metoder, exempelvis Kaufmann och Röine (1978), Olsson och Sääf (1978), Torrång (1979) samt Jonasson (1979). Sammanfattningsvis kan sägas att resultaten tyder på att enkla fältmetoder (provgropar eller infiltrometrar) ger de tillförlitligaste värdena. Endast i mycket enhetliga områden med välsorterade jordarter kan laboratoriebestämningar på upptagna jordprover förväntas ge någorlunda riktiga värden.

3.15 Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering

3.15.1 Orientering

Redan på ett tidigt stadium av planeringen av forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" stod det klart att föroreningsaspekterna borde belysas. Detta ingick emellertid inte som ett huvudmoment i det av BFR stödda LOD-projektet. För att belysa i första hand dagvatteninfiltrationens inverkan på mark- och grundvatten genomfördes emellertid år 1976 en inledande litteraturstudie (Westin, 1977).

Med utgångspunkt från litteraturstudien kunde sedan genomföras en probleminventering, analys av forskningsområdet samt programskrivning. Detta arbete erhöll anslag från Statens Naturvårdsverk (SNV) och redovisades i en separat rapport (Hård och Wedel, 1977). I rapporten konstaterades bland annat att de processer i marken som

samverkar vid transport eller fastläggning av föroreningar är så komplexa och dåligt kända att de borde studeras under kontrollerade förhållanden genom laborieförsök.

Geohydrologiska forskningsgruppens fortsatta arbete inom ämnesområdet inordnades under SNV:s projekt "Infiltration - reningsprocesser i mark och grundvattenskydd" med Ulf von Brömssen, SNV som huvudprojektledare.

Det nu avslutade projektet, rubricerat "Hur påverkas grundvattnet kvalitativt vid dagvatteninfiltration", omfattade en fördjupad litteraturstudie och fältundersökningar vid perkolationsanläggningar i drift. Målsättningen med fältundersökningarna var att klarlägga om dagvatteninfiltration kvalitativt påverkar grundvattnet i permeabla jordarter (mo-grus).

3.15.2 Genomförande

Försöksområdena för fältundersökningarna valdes med hjälp av den inom LOD-projektet genomförda enkäten (Eriksson och Lindvall, 1978). Önskemålet var att finna områden där dagvatten med olika grad av förorening infiltreras. Följande områden valdes:

- Lidköping. Södra Margretelund utgörs av ett småhusområde med ca 150 fastigheter. Dagvattnet leds från takytor till perkolationsmagasin. Magasinen har varit i drift ca två år. Jordlagren inom området utgörs av ca 2-3 meter mo som underlagras av lera.
- Vara. Volvofabriken ligger ca 4 km SO Vara. Dagvattnet leds från en takyta på 13.400 m² till perkolationsmagasin. Magasinen har varit i drift i ca tre år. Jordlagren inom området utgörs av ca 3-6 m mellansand som underlagras av lera.
- Floda. Skallsjödeltat ligger ca 25 km NV om Göteborg. Dagvatten från motorvägen (E3) infiltrerar naturligt i dikesrenar längs motorvägen som byggdes i mitten på 1960-talet. Skallsjödeltat betraktas som en israndsbildning och har en komplicerad uppbyggnad av bl a isälvsgrus.

Inom undersökningsområdena har speciella brunnar för provtagning av grundvattnet installerats. Vidare registrerades nederbörden kontinuerligt med s k Hellmanmätare och dagvatten uppsamlades från de hårdgjorda ytorna för analys.

Provtagningen påbörjades under hösten 1978 och pågick under hela år 1979. Provtagningsintensiteten varierade mellan ca 1 gång per månad och 4 gånger under försöksperioden. Vid varje tillfälle togs prov i samtliga provtagningsbrunnar, på dagvattnet och ibland även i magasin och övriga befintliga brunnar. Proven analyserades med avseende på fysikalisk-kemisk och bakteriologisk sammansättning.

3.15.3 Resultat

Det inledande arbetet har som nämnts redovisats i en litteraturstudie (Westin, 1977) och en programskrivning (Hård och Wedel, 1977). Det nu avslutade arbetet har redovisats i två delrapporter avseende litteraturstudie (Hård, 1978) och fältförsök (Malmquist och Hård, 1979). Resultaten har sammanfattats i en slutrapport (Malmquist och Hård, under arbete).

Utvärderingen av provtagningarna visar på följande effekter på grundvattnet genom infiltrationen av dagvatten:

- tungmetaller och fosfor fastläggs i anslutning till perkolationsmagasinet
- kväve, främst nitrat, minskar genom utspädning och omvandling
- pH ökar genom kontakten med betongytor i anläggningen
- salthalten ökar, möjligen beroende på utlösning från betong och bäddmaterial samt beroende på vintersaltning.
- bakterier fastläggs i magasinbädden.

Ytterligare forskning krävs för att säkrare bedöma de kvalitativa effekterna på mark och grundvatten genom dagvatteninfiltration.

3.16 Information om LOD-projektet

Intresset för lokalt omhändertagande av dagvatten ökade kraftigt under den tid LOD-projektet genomfördes. Detta medförde en efterfrågan på information och delresultat vilken medverkade till det stora antalet rapporter av skilda slag.

En kortfattad presentation av projektet, dess organisation och planerade genomförande, gavs redan vid Nordisk hydrologisk konferens i Reykjavik år 1976 (Cederwall och Holmstrand, 1976). En motsvarande ganska kortfattad och populär beskrivning av projektet och dess problemområde publicerades i årsboken Ymer 1978 (Ericsson, 1978d och Holmstrand, 1978b).

Översiktliga redovisningar av projektets fortskridande publicerades på uppdrag av projektets referensgrupp i två lägesrapporter (Ericsson, 1977 och Holmstrand, 1978a). I lägesrapporterna redovisades dels helt genomförda delprojekt, dels framskridandet av de större undersökningarna, typ Bratthammar.

Innan projektet ännu var slutfört ansåg referensgruppen att en "brukarrapport" borde sammanställas. Detta arbete som blev ganska tidsödande resulterade i boken "Infiltrera dagvatten - planering och metoder" (Holmstrand och Lindvall, 1979), vilken utgavs av Naturvårdsverket och Bygghälsöversynen. I anslutning till publicerandet av denna sammanfattning av uppnådda resultat anordnades ett seminarium om dagvatteninfiltration. Vid seminariet presenterades både resultat framkomna inom LOD-projektet och vid andra instanser. Seminariet har dokumenterats i en rapport (Malmquist, 1979).

Förutom i ovan nämnda rapporter som avsett hela LOD-projektet har som tidigare nämnts ett stort antal rapporter för delprojekt publicerats. De flesta av dessa refereras i avsnitten 3.2-3.15 i denna rapport.

Resultat från LOD-projektet har i stor utsträckning utnyttjats för föredrag och undervisning i skilda sammanhang. Exempel är ordinarie undervisning vid CTH, externa kurser vid CTH, kurser anordnade av STF samt information på olika konsultföretag. Till flera av dessa kurser har gjorts speciella skriftliga sammanställningar, exempelvis Holmstrand (1978c), Scandiaconsult (1979).

Resultat från LOD-projektet har även utnyttjats vid sammanställningen Naturvårdsverkets "Dagvattenhantering, riktlinjer med praktiska exempel på alternativ teknik" (Statens Naturvårdsverk, 1979). Detta material föreligger vid sammanställningen av denna rapport ännu endast som koncept.

4. RESULTAT

4.1 Inledning

Det är svårt att sammanfatta de viktigaste resultaten av ett så omfattande och mångfacetterat forskningsprojekt som LOD-projektet. Följande ganska korta avsnitt måste med nödvändighet utgöra ett subjektivt urval. Avsikten är snarast att ge en översikt över de viktigaste momenten vid genomförande av dagvatteninfiltration.

Vid genomförande av LOD liksom all annan verksamhet som berör den fysiska miljön, naturen, måste grunden vara kunskap och respekt för det mycket komplicerade samspelet mellan olika faktorer, organiska och oorganiska. Det går inte att tvinga på naturen något som skadar den långsiktiga balansen, utan att man drabbas av bakslag både i form av försämrad miljö och direkta ekonomiska kostnader.

Om denna grundläggande respekt för naturen upprätthålls är utförandet av konstruktioner egentligen bara en fråga om val av rätta metoder och material samt noggrannhet vid genomförande och drift, dvs vad som normalt är önskvärt vid all teknisk verksamhet.

4.2 Förutsättningar för dagvatteninfiltration

Bakgrunden till att dagvatteninfiltration aktualiserats är de många negativa effekter som uppträtt i urbana områden till följd av "traditionell" hantering av dagvattnet. De flesta är nu överens om att byggandet måste ske med större hänsyn till naturgivna förutsättningar. Detta innebär bland annat att dagvattnet bör behandlas på ett sätt som ligger så nära regnvattnets naturliga uppträddande som möjligt. För att en sådan målsättning skall kunna uppfyllas krävs kunskaper om de naturgivna förutsättningarna främst vad gäller vattenmängder, vegetation, markens geologiska uppbyggnad och tekniska egenskaper samt vattnets uppträddande i marken.

Lokalt omhändertagande av dagvatten innebär långt ifrån alltid att hela regnvattenmängden på en viss yta alltid måste infiltreras på eller under denna yta. Ett sådant villkor skulle innebära att man fordrar betydligt större infiltrationsmöjlighet än som finns naturligt i många områden. Begränsningen kan antingen ges av svårgenomsläppliga jord- och bergarter eller topografiska och hydrologiska förhållanden. Genomförande av LOD innebär att dessa förutsättningar klarläggs och att anläggningarna utformas med hänsyn till dessa. De praktiska lösningarna blir då ofta en kombination av flödesutjämning och egentlig infiltration.

4.3 Planering av LOD

Planeringen av LOD måste ske i intimt sammanhang med övrig planering i ett bebyggelseområde. Det är härvid väsentligt att förutsättningarna för LOD utreds i ett så tidigt skede att man verkligen kan ta hänsyn till dagvattenhanteringen, givetvis sammanvägt med alla andra önskemål. Hittills har det i många fall tillgått så att LOD kommit in sent i planeringen och att nästan alla om-
ligheter till anpassning har försvunnit.

Man kan grovt sett urskilja två olika fall av förutsättningar med avseende på bebyggelsen, ombyggnad och nybyggnad. Vid ombyggnad är markanvändningen i stort sett redan låst och dagvattenhanteringen måste i stort sett anpassas efter bebyggelsens villkor. Vid nybyggnad finns helt andra möjligheter att uppnå tekniskt-ekonomiskt och miljömässigt optimala lösningar.

Noggranna förundersökningar av natur- och markförhållanden har alltmera accepterats som självklara delar av planering och byggande. En god redovisning av detta finns i rapporten "Planekonomiska utredningar" (Bostadsstyrelsen och Statens planverk, 1978). Förutom i denna rapport rekommenderade utredningar krävs för planering av LOD kompletterande undersökningar av vad som direkt berör

infiltrationsförutsättningar. En genomgång av erforderliga förundersökningar görs i "Infiltrera dagvatten" (Holmstrand och Lindvall, 1979).

Det är viktigt att utnyttja befintlig information om ett område och på så sätt undvika onödigt omfattande schablonundersökningar. Stor vikt måste också läggas vid redovisandet av undersökningsresultaten, så att de verkligen lämpar sig som planeringsunderlag. Dessa problem har behandlats inom forskningsprojektet "Ingenjörsgelogisk kartering" vid Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH (se exempelvis Holmstrand och Wedel, 1977 och Holmstrand, 1980). Bästa resultatet erhålls om de personer som ansvarar för undersökningarna har direkt kontakt med planförfattarna och på så sätt kan föra vidare synpunkter som inte klart framgår av kartor eller beskrivningar.

4.4 Dimensionering av infiltrationsanläggningar

Dimensionering beskrivs översiktligt i avsnitt 3.14. Sammanfattningsvis kan sägas att det största problemet är att med någorlunda säkerhet bedöma markens infiltrationskapacitet eller permeabilitet. För att undvika onödiga misstag bör man arbeta med goda säkerhetsmarginaler i detta avseende.

Dimensionering och utformning bör alltid ske under hänsynstagande till vad som kan hända vid överbelastning. Utom vid mycket gynnsamma förutsättningar bör därför perkolationsmagasin förses med nödutlopp för att undvika skadeverkningar. Tillfälliga översvämningar kan därvid exempelvis tolereras på grönytor men knappast på kör- och gångbanor.

Förhållandena under vinterhalvåret med tjälad mark är ännu ofullständigt kända. Forskning avseende dessa frågor pågår vid högskolan i Luleå. Undersökningar på perkolationsmagasin i Skellefteå (Andersson, Carlstedt och

Paus, 1978) tyder emellertid på att funktionen hos dessa inte blir nämnvärt nedsatt av tjälning.

4.5 Utförande och drift av infiltrationsanläggningar

Dagens byggande innebär oftast rationell produktion av större enheter både vad gäller flerfamiljshus och småhus. Inte minst av ekonomiska skäl krävs en detaljerad planering av arbetsplatsen med avseende på t ex transportvägar och materialupplag. Om LOD-anläggningar skall utföras måste dessa ofta tillkomma i ett tidigt skede vid markplaneringen. Senare under byggandet måste hänsyn tas till anläggningarna så att de inte skadas. Hittills gjorda erfarenheter talar för att misstag gjorts i detta avseende därför att man inte fått tillräcklig information om LOD-anläggningarna (se exempelvis Lindblad och Sandstedt, 1980 samt Lindvall och Hogland, under arbete).

De krav som ställs för att bevara LOD-anläggningarna under byggnadsskedet sammanfaller ganska väl med allmänna strävanden efter att undvika alltför stora skador på den naturliga marken och vegetationen exempelvis genom packning av marken vid överfart med tunga maskiner.

Driftserfarenheterna av LOD-anläggningar är i allmänhet ännu ganska kortvariga. Det finns emellertid ett stort antal anläggningar i drift (se exempelvis Eriksson och Lindvall, 1978 samt Lindvall och Hogland, under arbete). Det verkar som om driftstörningar är sällsynta och i så fall orsakats av ganska grova misstag under utförande och drift. Många magasin har fungerat bra under lång tid trots att tillsyn och underhåll helt saknats.

Sammanfattningsvis beträffande utförande och drift av perkolationsanläggningar kan konstateras att detta i stor utsträckning är ett informationsproblem. Om berörd personal känner till anläggningens syfte och konstruktion blir utförandet i allmänhet gott och tillsynen fungerar.

5. FORTSATT FORSKNING

Forskningen om LOD har varit omfattande under 1970-talet och bedrivits både av Geohydrologiska forskningagruppen, CTH och andra instanser (se t ex Andersson, Carlstedt och Paus, 1979). Under denna tid har de väsentligaste kunskaperna beträffande förundersökningar, dimensionering, utförande och funktion framkommit. Ett antal frågor kvarstår emellertid ofullständigt belysta. Detta gäller främst vissa aspekter av planeringen, bestämning av markens permeabilitet eller infiltrationskapacitet, utformning av grönytor för s k ytinfiltration, drift och underhåll av LOD-anläggningar samt miljöeffekter av dagvatteninfiltration. Flera av dessa problemområden behandlas av pågående eller planerade projekt vid Geohydrologiska forskningsgruppen (se Geohydrologiska forskningsgruppen, 1980).

Redovisning och utnyttjande av geologisk information behandlas inom projektet "Ingenjörsgelogisk kartering". Ett mera djupgående studium av geohydrologins roll i planeringen avses bedrivas inom det nya projektet "Geohydrologi i bebyggelseplaneringen".

Ytinfiltration behandlas i det pågående projektet "Dagvatteninfiltration på grönytor". Inom ramen för detta projekt behandlas bland annat det mycket väsentliga problemet att fastställa markens permeabilitet eller infiltrationskapacitet.

Drift och underhåll av LOD-anläggningar har studerats inom ramen för två inventeringar av befintliga anläggningar. En viss uppföljning avses genomföras på LOD-anläggningen i området Dalen 5 i Karlskoga.

Miljöeffekter av dagvatteninfiltration har studerats inom projektet "Miljömässiga aspekter på dagvatteninfiltration", vilket har slutredovisats hösten 1980. Ämnesområdet är emellertid långt från färdigutrett.

Av de återstående problemen kring dagvatteninfiltration behandlas långsiktig uppföljning av drift och underhåll samt miljöeffekter ofullständigast i pågående eller planerade forskningsprojekt. Här kan därför det återstående forskningsbehovet inom ämnesområdet anses vara störst.

6. REFERENSER

- Andersson R, Carlstedt B, Paus K, 1978. Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Tjälens inverkan på magasin i mark av porös fyllning. Byggforskningen rapport R73:1978.
- Andersson R, Carlstedt B, Paus K, 1979. Dagvattenavledning genom infiltration, magasinering och perkolation. Rapport 1979-07. BPA, Orrje & Co - Scandiaconsult.
- Arnell V, 1980. Description and Validation of the CTH-Urban Runoff Model. Institutionen för vattenbyggnad, CTH, rapport A:5.
- Arnell V, Strandner H, Svensson G, 1980. Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping 1976-1977. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 48.
- Bostadsstyrelsen, Statens planverk, 1978. Planekonomiska utredningar - planutformning och ekonomi. Statens planverk, rapport nr 45.
- Bucht E, Carlsson L, Falk J, Hällgren J, Malmquist P-A, 1977. Dagvatten - resurs och belastning. Statens Naturvårdsverk. SNV PM 873.
- Bucht E, Lind B, 1978. Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 35.
- Cederwall K, Eriksson A, 1977. Dimensionering av infiltrationsmagasin enligt regnenvelopemetoden. Väg- och vattenbyggaren nr 4-1977.
- Cederwall K, Holmstrand O, 1976. Local Infiltration of Storm Water. Nordic Hydrological Conference 1976. Reykjavik.

- Ericsson L O (red), 1977. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01--1977-01-31. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 25.
- Ericsson L O, 1978a. Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 30.
- Ericsson L O, 1978b. Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 31.
- Ericsson L O, 1978c. Infiltrationskapaciteten som funktion av markens humushalt och kornstorlek. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B110.
- Ericsson L O, 1978d. Markvatten och vegetation i bebyggda områden. Årsboken Ymer, Svenska sällskapet för antropologi och geografi.
- Ericsson L O, 1978e. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i sandiga jordarter med hjälp av kornstorleksfördelningen eller specifika ytan. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ D39.
- Ericsson L O, 1980. Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 51.
- Ericsson L O, Holmstrand O, 1978. Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder. Litteraturgenomgång. Byggeforskningen, rapport R4:1978.
- Ericsson L O, Hård S, 1978a. Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 32.
- Ericsson L O, Hård S, 1978b. Registrering av vattenhalten i markytan med hjälp av termovisionskamera. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B111.

- Ericsson L O, Hård S, 1979. Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt. Termovisionsförsök i klimatkammare. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 49.
- Ericsson M, Cedergårdh P, Svensson K, 1978. Perkolationsanläggning i Halmstad. Institutionen för vattenbyggnad, CTH, examensarbete 1976:2.
- Eriksson A, Lindvall P, 1978. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 27.
- Geohydrologiska forskningsgruppen, 1980. Verksamhetsberättelse för 1979/80, verksamhetsplan för 1980/81. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH.
- Holmstrand O (red), 1978a. Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01--1977-11-30. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 28.
- Holmstrand O, 1978b. Regnvatteninfiltration i stadsområden. Årsboken Ymer, Svenska sällskapet för antropologi och geografi.
- Holmstrand O, 1978c. Infiltration. Datorberäkningar av dagvattensystem. Kurs vid CTH 1978. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH.
- Holmstrand O (red), 1980. Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 52.
- Holmstrand O, Lind B, Lindvall P, Sörman L-O, 1980. Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 54.

- Holmstrand O, Lindvall P, 1979. Infiltrera dagvatten. Planering och metoder. Naturvårdsverket, Byggnadsforskningen.
- Holmstrand O, Wedel P, 1976. Markvattenundersökningar i ett urbant område. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 17.
- Holmstrand O, Wedel P, 1977. Ingenjörsgelogisk kartering. Redovisning av i första hand jordlager och grundvatten. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ A17.
- Hård S, 1977. Infraröd fotografering. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ D37.
- Hård S, 1978a. Kommentarer och förslag till undersökningsprogram för infiltrationsanläggningen vid Ronneby flygplats. Brev till Luftfartsverket.
- Hård S, 1978b. Hur påverkas grundvattnet kvalitativt vid dagvatteninfiltration - litteraturstudie. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, koncept - delrapport 1978-12-01.
- Hård S, 1979. Bestämning av markytans infiltrationskapacitet vid Ronneby flygplats. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B135.
- Hård S, Wedel P, 1977. Miljömässiga aspekter på dagvatten - analys av forskningsområde och programskrivning. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH.
- Jonasson S A, 1979. Dimensionering av perkolationsmagasin. En jämförande studie av olika metoder för bestämning av hydraulisk konduktivitet i friktionsjord. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B138.

- Kaufmann H, Röine D, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. En jämförelse mellan några enkla metoder i norra delen av Härskogens fritidsområde beläget i Lerums kommun, Älvsborgs län. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B122, examensarbete.
- Lind B, 1977. Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B85, C-kursarbete.
- Lind B, 1979a. Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 39.
- Lind B, 1979b. Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 43.
- Lind B, Nordin G, 1978. Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 34.
- Lindblad A, Sandstedt A, 1980. Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Uppföljning under byggnadsskedets inledning. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B154.
- Lindvall P, Hogland W, under arbete. Driftaspekter på dagvatteninfiltration. Byggforskningen.
- Malmquist P-A (red), 1979. Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 42.
- Malmquist P-A, Hård S, 1979. Hur påverkas grundvattnet kvalitativt vid dagvatteninfiltration - fältstudie. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, lägesrapport 1979-09-25.

- Malmquist P-A, Hård S, under arbete. Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering. Slutrapport. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH.
- Malmquist P-A, Lannér G, Högberg E, Lindvall P, 1979. Södra Näset - ett exempel på förenklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upp-rustningsområde. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 47.
- Oljelund M, 1980. Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - sedd ur fysikalisk synvinkel. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ D47, projektarbete 5p i geofysik.
- Olsson J-A, Sääf L-J, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. En jämförelse av några enkla metoder i Nolered, Torslanda. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B116, examensarbete.
- Paus K, Andersson R, Carlstedt B, 1974. Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Bygghforskningen, rapport R23:1974.
- Rogbeck J, 1977. Sammanställning av analysförfarandet angående 1976 års "Linköpingsprover". Geologiska institutionen, CTH/GU, intern PM.
- Rogbeck J, 1978. Laboratorieundersökning av fiberduksfilter för infiltrationsbrunnar. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B119.
- Scandiaconsult, 1979. Seminarium om aktuella miljövårdsproblem den 30 augusti 1979.
- Scandiaconsult, 1980. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Öjersjö. Rapport till Partille kommun 1980-02-04.

- von Schantz Å, Vimby A, under arbete. Examensarbete i Bratthammar. Institutionen för vattenbyggnad, CTH.
- Statens Naturvårdsverk, 1979. Dagvattenhantering - riktlinjer med praktiska exempel på alternativ teknik. Koncept november 1979.
- Suneson B, Thorén B, 1977. Perkolationsmagasin i Bratthammar, Göteborgs kommun. Förutsättningar och drifterfarenheter. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B95, examensarbete.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, 1976. Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar. VAV publikation P28.
- Todd D K, 1959. Ground Water Hydrology. John Wiley, New York 1959.
- Torrång O, 1979. Mätning av infiltrationskapacitet och permeabilitet - metodbeskrivning och jämförelse av mätresultat. Geologiska institutionen, CTH/GU, publ B126, C-kursarbete.
- Westin L, 1977. Miljömässiga aspekter på dagvattenhantering. Litteraturgenomgång. Byggforskningen, rapport R94:1977.

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

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. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- 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. (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången).
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången).
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975. 50 sidor.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor.
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. 15:-. Följande uppsatser ingår:
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering. (Utgången).
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 sidor. 15:-. Följande uppsatser ingår:
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången).
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- 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.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelt jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- 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
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.

- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrology 1977-78. 99 sidor.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik 1978. 30 sidor.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor.
- nr 40 Per-Arne Malmquist (red.): Geohydrologiska forskningsgruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 1979. 96 sidor. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 1979. 71 sidor.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundy i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor.
- nr 45 Stig Hård, Thomas Holm, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor.
- nr 46 Per-Arne Malmquist, Per Lindvall: Dräneringsrörs igensättning - en jämförande laboratoriestudie. 1979. 44 sidor.
- nr 47 Per-Arne Malmquist, Gunnar Lannér, Erland Högberg, Per Lindvall: SÖDRA NÄSET - ett exempel på för- enklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O. Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.
- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer,
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport.
- nr 52 Olov Holmstrand (red): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sid, 25:- kr.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sid. 25:- kr.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg.

