



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN

Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad  
under 1970- och 1980-talen



Hans Berggren  
Torleif Bramryd  
Lennart Henrikson  
William Hogland

Olov Holmstrand  
Bo Lind  
Torsten Rosenqvist  
Christer Stenmark



**CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**  
**GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

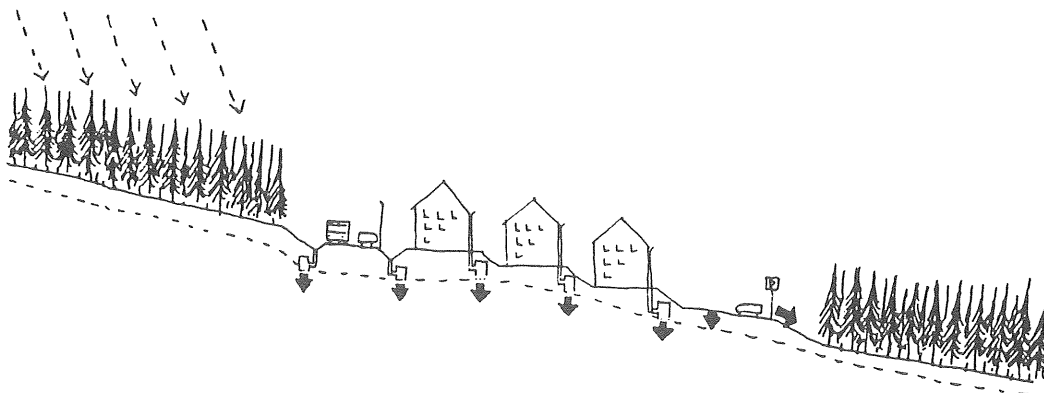
**Geologi**  
**Geoteknik med grundläggning**  
**Vattenbyggnad**  
**Vattenförsörjnings- och avloppsteknik**

ISSN 0347 - 8165

---

**LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN**

**Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad  
under 1970- och 1980-talen**



**Hans Berggren**  
**Torleif Bramryd**  
**Lennart Henrikson**  
**William Hogland**

**Olov Holmstrand**  
**Bo Lind**  
**Torsten Rosenqvist**  
**Christer Stenmark**

Adress : Geohydrologiska forskningsgruppen  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Tel. 031/72 21 67



## FÖRORD

Huvudsakligen under 1970-talet introducerades tekniken med lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) i Sverige. En hel del forskningsinsatser gjordes inom teknikutveckling och för att studera markens möjligheter och begränsningar för dagvatteninfiltration. Geohydrologiska forskningsgruppen vid Chalmers i Göteborg deltog med flera stora forskningsprojekt i detta utvecklingsarbete.

Erfarenheterna visar emellertid att LOD-metodiken har haft svårt att slå igenom i praktiken. Endast ett begränsat antal anläggningar har byggts i landet. Under de allra senaste åren har dock intresset för LOD ökat påtagligt. På initiativ från MOVIUM bildades därför år 1989 en forskargrupp inom huvudprogrammet "Tätorten som ekologiskt system - den yttre miljöns betydelse", med uppgift att sammanställa erfarenheterna från LOD-utnyttjande i Sverige samt att diskutera viktiga frågeställningar för LOD-tekniken i framtiden. Denna skrift är resultatet av gruppens arbete. Författarna till de olika avsnitten ansvarar helt för innehållet i respektive avsnitt.

Göteborg 1990-11-21

Bo Lind            Olov Holmstrand



**INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

	<u>Sida</u>
FÖRORD	i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	ii
<b>UPPDRAGET</b> <i>Olov Holmstrand</i>	1
<b>LOD-TEKNIK</b> <i>Hans Berggren</i>	7
<b>GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR LOD</b> <i>Bo Lind</i>	15
<b>LOD OCH DEN YTTRE MILJÖN</b> <i>Torsten Rosenqvist</i>	29
<b>MILJÖKONSEKVENSER AV DAGVATTENAVLEDNING I TÄTORT GENOM LOD</b> <i>William Hogland</i>	45
<b>BIOLOGISK/EKOLOGISKA ASPEKTER PÅ ETT LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN (LOD)</b> <i>Torleif Bramryd</i>	59
<b>DAGVATTEN - EKOLOGISKA EFFEKTER OCH MÖJLIG- HETER</b> <i>Lennart Henrikson</i>	65
<b>DRIFTERFARENHETER FRÅN PERKOLATIONSANLÄGG- NINGAR</b> <i>Christer Stenmark</i>	75



## UPPDRAGET

*Olov Holmstrand, Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet, 412 96 Göteborg.*

---

### Problemorientering

Dagvatten är ett begrepp som används huvudsakligen av tekniker för att beskriva vatten på markytan. En mera generell term är ytvatten, men teknikerna uppfattar nog normalt att ytvatten avser vatten på markytan i naturmark. Hos andra kategorier än tekniker väcker termen dagvatten ofta irritation. Exempelvis saknas den helt i "Nordic Glossary of Hydrology" (editor: I Johansson, Almqvist & Wiksell International, 1984), medan den finns upptagen i flera av TNC:s ordlistor. Trots oenigheten om dess berättigande har vi ändå valt att behålla beteckningen dagvatten, eftersom den är så väl förankrad i tekniska sammanhang.

Vattnet i naturen bedriver ett kretslopp med solenergin som drivkraft. Vattenomsättningen i naturområden karakteriseras av balans med begränsade variationer kring tämligen konstanta normalvärden vad avser grundvattennivåer, markvattenhalter etc. Vegetation och djurliv har under årmiljonerna anpassat sig till normalförhållandena och de normala variationerna. Det är också i hög grad de levande organismerna som skapat förhållandena genom att t ex påverka markens vattengenomsläpplighet och förmåga att hålla kvar vatten. Detta växelspel mellan organismer och naturprocesser har givit ett system som strävar efter att dämpa snabba variationer. Nederbörden faller ojämnt i tiden, men genom att nästan allt nederbördsvatten infiltrerar i marken för längre eller kortare tid, dämpas variationerna i t ex grundvattennivån eller vattenföringen i vattendragen.

I de flesta områden med någorlunda naturliga mark- och vegetationsförhållanden infiltrerar så gott som hela nederbörden åtminstone temporärt. Härigenom kan vattnet komma vegetationen tillgodo och överskottet bildar grundvatten. Vattenföringen i ytvattendragen utjämnas genom den tillfälliga magasineringen i marken. Vid passagen genom marken påverkas också vattnets kemiska tillstånd, dvs innehållet av lösta och uppslammade ämnen.

När naturområden utnyttjas för bebyggelse förändras den naturliga vattenomsättningen radikalt. Vegetationen och de betydelsefulla ytliga marklagren tas bort och ersätts av täckande, vattentäta konstruktioner som byggnader, vägar och parkeringsplatser. Vattenavrinningen från sådana ytor blir snabb och dämpas föga. Avdunstningen blir mindre. Dessutom förorenas vattnet genom nedfall av luftföroreningar, trafik, korrosion på konstruktioner etc.

Det traditionella sättet att avleda dagvatten från hårdgjorda ytor i modernt stadsbyggande har varit att anlägga slutna ledningssystem. Det primära syftet har därvid varit att ytorna skall vara så väl-dränerade att vattensamlingar aldrig uppstår. De negativa effekterna av denna moderna "tradition" vad gäller dagvattenhantering i bebyggelse kan sammanfattas i följande punkter:



- \* Minskad infiltration i marken ger lägre grundvattennivå. Detta kan orsaka sättningsskador i områden med lera och skada äldre vegetation som man vill bevara.
- \* Dagvattenledningarna måste dimensioneras för mycket kortvariga, stora flödestoppar och står normalt tomma. Anläggningskostnaderna är stora och utnyttjandegraden låg.
- \* Vid separerade ledningssystem kan dagvattnet skada recipienterna genom ojämn tillförsel och föroreningar.
- \* Vid kombinerade ledningssystem kan dagvatten störa processerna i reningsverken och i värsta fall ge bräddning av orenat avloppsvatten. Källaröversvämningar kan också uppträda.

Medvetenheten om dessa negativa effekter ledde till att Byggnadsforskningsrådet under 1970-talet bekostade ett omfattande forskningsprogram om vatten i bebyggelse. Detta ledde till insikten om att regnvattnet i största möjliga utsträckning borde hanteras på ett sätt som mera liknade naturförhållandena. Termen "lokalt omhändertagande av dagvatten" (LOD) kom att utnyttjas för att beteckna en rad olika åtgärder alltifrån ren flödesutjämning till infiltration i marken.

Ursprungligen, i gles bebyggelse på landsbygden, var dagvatten inget egentligt problem. Takvattnet fick infiltrera i marken där det föll och andra hårdgjorda ytor fanns knappast. När vattnet samlades i rännor och släpptes ut mera koncentrerat fick infiltrationsförutsättningarna ibland förbättras med "stenkistor".

När LOD i sin mera genomtänkta form introducerades i början av 1970-talet var det nästan uteslutande fråga om s k perkolationsmagasin, dvs en magasinsbildande fyllning nedschaktad i marken. Perkolationsmagasin är emellertid inte den bästa lösningen av LOD. Det finns åtskilliga invändningar, t ex risken för grundvattenförorening och igensättning i magasinerna. Dessa fordrar dessutom ganska kostsamma intagsanordningar, fördelningsledningar, bräddanordningar m m. Något elakt skulle kunna sägas att perkolationsmagasin var så långt de konservativa VA-teknikerna då kunde sträcka sig. Det var fortfarande fråga om att stoppa ned något i marken som var "konstruerat" precis som rörledningarna.

Insikten har nu mognat om att det i stället gäller att utnyttja de naturgivna förutsättningarna på bästa sätt. Grundtanken måste då vara att låta vattnet infiltrera i marken på så bred front som möjligt. Bäst låter detta sig göras om det går att utnyttja naturmark med naturvuxen vegetation och där de ytliga marklagren inte skadats av tunga maskiner. Denna s k grönyteinfiltration kan kombineras med utjämningsmagasinering i diken, öppna dammar etc där så är möjligt. Dagvattenhanteringen kan då också utnyttjas för att skapa en tilltalande närmiljö. Öppna dammar och våtmarker kan betyda mycket för att göra bebyggelseområden variationsrikare.

I praktiken har LOD-tänkandet haft svårt att slå igenom i större utsträckning. De flesta som praktiskt skall hantera dagvatten i bebyggelse är säkert medvetna om nackdelarna med traditionella

ledningssystem, men det har uppenbarligen varit ett för stort steg att övergå till ett i grunden annorlunda system. Uppenbarligen var forskningsinsatserna under 1970-talet inte tillräckliga för att klargöra problem och praktiska lösningar.

### Föroreningsfilosofi

Med "förorening" menas i allmänhet ett ämne som på något sätt är skadligt för levande organismer. Sådana ämnen finns naturligt i stor mängd och omsätts i de naturliga kretsloppen. Karakteristiskt är emellertid att halterna mestadels är sådana att organismerna inte skadas nämnvärt. Detta är en följd av det naturliga urvalet vid organismernas utveckling under årmiljoner. Givetvis förekommer tillfälligt mera skadliga koncentrationer av föroreningar. Normalt har detta lokal och försumbar betydelse för ekosystemet i stort. Det finns emellertid historiskt åtminstone en episod av mera globalt katastrofal betydelse: Utdöendet av ett stort antal organismer (exempelvis dinosaurierna) vid slutet av krittiden, troligen som följd av ett meteoritnedslag med omfattande förorenings-spridning i atmosfären. Inverkan av den nuvarande mänskliga civilisationen kan komma att bli jämförbar.

Människans aktiviteter omfattar bland annat en alltmera snabbt växande omsättning av råvaror. Dessa omvandlas till produkter som efter utnyttjandet avsiktligt eller oavsiktligt sprids i biosfären. Så länge människans verksamheter var begränsade och huvudsakligen omfattade naturliga material (sten, trä, naturfibrer etc) blev också miljökonsekvenserna begränsade. Nu koncentreras allt större mängder "naturliga" ämnen (t ex tungmetaller), men dessutom produceras en ständigt växande mängd och volym av ämnen som aldrig förekommit i naturen. För sådana finns ingen nedärvd tolerans hos organismerna och därför blir konsekvenserna av utsläppen i naturen allvarligare. Exempel på de senare är DDT, PCB, freoner och radioaktiva ämnen som plutonium.

Olika filosofier har tillämpats för att hantera föroreningar. Längre dominerade utspädningen: Man trodde att höga skorstenar och långa ledningar ut i havet skulle lösa problemen. Nu dominerar koncentrationen: Med hjälp av "rening-sanordningar" samlas föroreningarna. Problemet är bara att många ämnen är mycket svåra att destruera, andra omöjliga. Vi riskerar att på sikt få ta hand om alltmera växande mängder av naturfrämmande material som måste "slutförvaras".

Den ofullgångna analysen och de ofullgångna tekniska lösningarna av föroreningsproblemen leder till svåra konflikter med allmänheten när någon anläggning skall lokaliseras. Till problemet bidrar att ansvariga tekniker och politiker ofta varken kan eller vill vare sig förstå problemets verkliga innebörd eller opinionsbildningens bevekelsegrunder.

Man kan nu säga att vi befinner oss i ett skede med begynnande omprövning. Allt fler inser och erkänner huvuddragen av problemanalysen och slutsatsen att enda lösningen är minskad omsättning av naturfrämmande ämnen, så att ekosystemet avlastas. Eftersom människan är en del av ekosystemet är hennes överlevnad beroende av att detta ekosystem lever vidare utan alltför

stora förändringar. Var gränsen för acceptabla förändringar går vet ingen, möjligen har den redan passerats och människan är lika dödsdömd som en gång dinosaurierna. Ändå fortsätter de tongivande makthavarna att förespråka ekonomisk tillväxt, väl medvetna om att detta leder till ökad produktion av naturfrämmande ämnen. Samtidigt frodas emellertid myten om att samma ekonomiska tillväxt behövs för att i efterskott reparera miljöskadorna.

Vad beträffar avloppssystemen och därmed även dagvattenhanteringen leder en analys av föroreningssituationen i stort till att systemen i grunden måste omprövas. Det går visserligen att med LOD och andra förändringar av bortledningen styra föroreningarna till andra platser och därmed temporärt minska den direkta föroreningsbelastningen på ekosystemet. Slutligt löses emellertid problemet först när föroreningskällorna angräps.

### Avloppssystemets utveckling

I ett naturområde infiltrerar som nämnts nästan allt nederbördsvatten åtminstone temporärt i marken. Ofta är infiltrationskapaciteten så stor att den räcker även för att klara av extra tillförsel av vatten utöver den naturliga. I gles bebyggelse, utefter landsvägar etc har det här förhållandet traditionellt utnyttjats mer eller mindre medvetet långt innan LOD som begrepp var på tänkt.

De tekniska lösningar som utnyttjades för att undvika skador till följd av lokal ansamling av vatten, syftade till att avleda vattnet till och sprida det på mindre känsliga områden. Exempel är vägdiken eller rännदार under stuprörsutkastare på byggnader. I båda fallen avleds vattnet normalt på markytan till lämpliga infiltrationsområden.

Stenkistan är en teknisk lösning som sedan lång tid utnyttjats både för att magasinera vattnet utan att skapa vattensamlingar på markytan och underlätta infiltrationen till djupare marklager. Stenkistor har använts både för dag- och spillvatten och utförande och lokalisering har åtminstone i vissa fall styrts av erfarenhetsmässig eller intuitiv kunskap om geohydrologiska förhållanden. Stenkistan har nu inom ramen för genomtänkta LOD-system kommit till utnyttjande i stor skala i form av perkolationmagasin.

I mera tätbebyggda områden uppkom tidigt behov av att framför allt avleda det mest förorenade spillvattnet. Introduktionen av vattenklosetten förutsatte en vidare bortledning i första hand i sluten ledning. Så länge dagvattnet fortfarande avleddes för sig kan man tala om separatsystem. Det låg emellertid mycket nära att även utnyttja de redan utbyggda ledningarna för dagvatten. Byggandet av djupa källare med dräneringsledning under markytan krävde också fortsatt avledning i sluten ledning. Vare sig det var nödvändigt eller ej anslöts så takvattnet till samma ledningssystem.

På detta sätt uppstod successivt det kombinerade avloppssystemet som byggdes i stor omfattning in på 1960-talet och fortfarande dominerar i många äldre stadskärnor. Olägenheterna med kom-

binerade system är emellertid många, framför allt från miljösynpunkt, med källaröversvämningar, bräddningar av orenat vatten och störningar av driften i reningsverken.

Från 1960-talet har i huvudsak byggts separerade avloppssystem, där dag- och spillvatten hanteras åtskilda. Till en början planerades duplikatsystem bli normerat, men även dessa har stora nackdelar: Höga kostnader, risker för felkopplingar och inte minst att dagvattnet orenat släpps ut i vattendrag.

Man kan nu säga att vi befinner oss i ett skede av omprövning. Alla hittills prövade ledningssystem har påtagliga nackdelar. Den lösning som förordades som följd av LOD-forskningen under 1970-talet är inte heller invändningsfri: Spillvattenhanteringen alstrar ett slam som ingen vill ha och det "renade" vattnet är inte rent. Dagvattnet är starkt förorenat och ger i bästa fall lokal förorening av marken om fullständig, lokal infiltration genomförs. Vi är nu medvetna om att källorna till föroreningarna måste angripas, t ex vattentoaletter, hushållskemikalier och luftförorenare som bensindrivna bilar. Först därefter kan en ekologiskt anpassad avloppsvattenhantering bli framgångsrik.

### Uppdragets genomförande

Inom ett treårigt ramprogram 1988/89 - 1990/91 är arbetet vid MOVIUM uppdelat i fyra huvudblock. Block 1: Tätorten som ekologiskt system - den yttre miljöns betydelse, tar upp frågan om vad mark och vatten i en tätort betyder för tätortsmiljön. Genomförandet syftar till att ta fram problembeskrivningar och kunskapssammanställningar för användning i skilda sammanhang. Problemområdet har avgränsats att omfatta fem aspekter, varav dagvattenfrågor är en.

Vart och ett av de fem problemområdena behandlas av en "erfacirkel" omfattande 5-7 personer. I cirkelarna skall erfarna forskare och kunniga avnämare tillsammans analysera och beskriva problemen från olika utgångspunkter. Avsikten är att

- beskriva dagens problem i tätorter samt förväntade förändringar under 1990-talet
- sammanfatta kunskapsfronten inom området med utgångspunkt från gjorda problembeskrivningar.

I en senare etapp skall erfacirkelarnas rapporter utnyttjas för bl a sammanställning av en gemensam policyskrift.

Erfacirkeln "Dagvattenhantering i tätorter" har bestått av följande personer:

Hans Berggren	VIK AB, Göteborg
Torleif Bramryd	Ekologiska institutionen, Lunds universitet
Lennart Henrikson	Miljökontoret, Marks kommun
William Hogland	Teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola
Olov Holmstrand	Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
Bo Lind	Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
Torsten Rosenqvist	Parkkontoret, Halmstads kommun
Christer Stenmark	Avdelningen för VA-teknik, Högskolan i Luleå

Samordnare för arbetet och ansvariga för rapportens redigering har varit Olov Holmstrand och Bo Lind.

Deltagarna i cirkeln har träffats tre gånger för att diskutera uppläggning och genomförande. Dessemellan har förekommit mera informella kontakter. Vid ett första arbetsseminarium 1989-02-21 presenterades arbetsuppgiften. Utgångsläget beträffande dagvattenhantering i Sverige diskuterades och en preliminär probleminventering gjordes. Det vidare arbetet tidplanerades och deltagarnas kompetensområden identifierades. Slutligen uppställdes ett första förslag till rapportdisposition. Seminariet dokumenterades i form av ett relativt fylligt referat, vilket distribuerades till deltagarna.

Det andra arbetsseminariet 1989-04-20 ägnades åt en kompletterande probleminventering. Därefter gjordes en genomgång och revidering av rapportdispositionen. För varje delavsnitt utsågs en ansvarig författare.

Vid det tredje arbetsseminariet 1989-10-19 gjordes en genomgång av färdiga manus till delavsnitt. Förändringar och kompletteringar diskuterades.

## LOD-TEKNIK

*Hans Berggren, VBB VIAK, Mölndalsvägen 85, 412 85 Göteborg.*

---

### Definition

Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) kommer i den här skriften att ges följande definition:

**VARJE ÅTGÄRD SYFTANDE TILL ATT BEGRÄNSA OCH/ELLER FÖRDRÖJA DAGVATTNETS AVRINNING FRÅN ETT OMRÅDE.**

Med begränsning avses markens naturliga förmåga att tillgodogöra sig vattnet. Detta sker genom avdunstning, direkt eller genom växternas transpiration, och genom att vattnet infiltrerar och perkolerar till grundvatten. Denna förmåga att tillgodogöra sig vatten är beroende av:

- 1) Jordartsfaktorer
- 2) Den rådande nederbördssituationen
- 3) Möjligheten att magasinera vatten och härigenom fördröja avrinningen

Vissa områden har periodvis en begränsad förmåga att tillgodogöra sig nederbörd, utan att risk uppstår för den bebyggelse som avses med området eller annan olägenhet för boende i området. Detta kan bero på täta jordarter och/eller högt grundvattenstånd.

Denna omständighet utgör normalt inget hinder för att inom området utföra en LOD-anläggning. Man inriktar sig istället på att fördröja dagvattenavrinningen från området.

Att fördröja dagvattnets avrinning har flera syften, såsom:

- \* Möjliggöra för marken att tillgodogöra sig vattnet, se ovan.
- \* Minska behovet av ledningskapacitet, mindre dimensioner och färre meter dagvattenledning.
- \* Möjliggöra en naturlig avledning av vatten på marken eller via diken eller mindre vattendrag.

## Utformning

Som framgår av definitionen syftar en LOD-anläggning till ett naturligt omhändertagande av dagvattnet i marken. I andra hand till att fördröja avrinningen och härigenom möjliggöra enklare avledningssystem.

Vilken möjlighet marken har att tillgodogöra sig vatten varierar från område till område, även inom samma område förekommer stora skillnader. Faktorer som styr detta är t ex:

- \* Jordart med avseende på finkornighet och genomsläpplighet
- \* Grundvattenytans läge
- \* Den aktuella nederbördssituationen
- \* Årstid

I de fall marken helt eller delvis saknar möjlighet att tillgodogöra sig dagvatten måste vattnet ettdera avledas eller magasineras. Inom ett bostadsområde måste detta ske på ett sådant sätt att byggnader ej skadas eller annan olägenhet för de boende uppstår.

All LOD-teknik bygger således i huvudsak på magasinering av dagvatten. Dessa magasin kan sedan tömmas

- \* till omgivande mark            PERKOLATIONSMAGASIN
- \* via ledning                    FÖRDRÖJNINGSMAGASIN

Lika väl som ett perkolationsmagasin ofta bör utföras med bräddavlopp sker periodvis tömningen av ett fördröjningsmagasin genom perkolation till omgivande mark.

Oavsett hur tömningen sker bygger all LOD-teknik på magasinering av dagvatten och att härigenom skapa förutsättningar för marken att i så stor utsträckning som möjligt tillgodogöra sig vattnet. Detta sker bäst så nära markytan som möjligt där markens infiltrationsförmåga är störst. Självfallet bör också så stor del av området som möjligt utnyttjas. Man skall alltså eftersträva ett stort antal infiltrationspunkter jämnt fördelade över området.

## Målsättning

När ett område byggs inträffar ofta olägenheter till följd av en förändring i områdets naturliga vattenbalans. Detta beroende på att nederbörden alltför snabbt leds bort, och marken förhindras att tillgodogöra sig vattnet. En annan orsak är att naturliga vattenvägar skärs av, och att förutsättningarna för exempelvis vegetation som man har för avsikt att behålla radikalt förändras.

Marksättningar är en annan olägenhet som kan vara en följd av att vattenbalansen förändras.

Traditionell dagvattenhantering ger snabbt stora ledningar, detta gäller framförallt det kommunala nätet, många bäckar små osv.

Ny bebyggelse inom områden med redan utbyggt ledningsnät, innebär ofta att ledningsnätet blir otillräckligt. En ombyggnad av dagvattennätet betyder stora kostnader, och kommunen kräver därför inte sällan LOD-teknik.

Ett annat exempel är om lämplig dagvattenanslutning saknas, och en utbyggnad är förenad med en stor investering. Även här är kommunen ofta välvilligt inställd till en lösning med LOD-teknik.

I båda exemplen ser man på LOD-tekniken som ett rent kvittblivningsproblem där ekonomin spelar en avgörande roll. Finns däremot de ekonomiska förutsättningarna för en mera traditionell lösning, dvs kommunen kan via ett avtal få täckning för sina exploateringskostnader, är ofta välviljan till tekniken väsentligt mindre.

Förklaringen till skillnaden i betraktelsesätt ligger i kommunens skyldighet enligt VA-lagen att förse varje område med dagvattenanslutning. Man vågar vid dimensioneringen inte satsa på en teknisk lösning som kan innebära en risk.

Skyldigheten enligt VA-lagen kvarstår, och man har i efterhand ingen täckning för eventuella merkostnader i sitt avtal med exploatören.

Det kommunala intresset för LOD-teknik är således i hög grad en fråga om befintligt ledningsnät klarar en ytterligare belastning eller ej. Framför allt om resultatet blir uteblivna intäkter beroende på hur VA-taxan är utformad.

Exploatörens intresse för LOD är ofta en fråga om de minskade kostnader som tekniken kan medföra.

Inte sällan saknas således från båda parter intresse för LOD-teknik.

## KOMMUNENS SKYLDIGHETER

Enligt VA-lagen har kommunen i princip skyldighet att förse bebyggelse med dagvattenavlopp. Detta innebär, att om naturliga förutsättningar finns kan kommunen kräva att dagvattenavlopp utföres som LOD.

Vid nya områden bör kommunen redan i planbeskrivningen ange om LOD kommer att krävas. Därest någon fastighetsägare inte accepterar en LOD-lösning, hänvisas ärendet normalt till VA-nämnden för prövning.

Vid äldre bebyggelse utgöres avloppsservisen ofta av en kombinerad dag- och spillvattenledning. En sådan är ofta överbelastad av för stor dagvattentillrinning. Om de lokala förhållandena är gynnsamma kan huvudmannen (kommunen) hävda att LOD på tomtmark är en bättre lösning, och att fastighetsägarens brukningsrätt till dagvattenservisen begränsas. Fastighetsägaren skall därvid inte rent ekonomiskt komma i ett sämre läge, utan skall i skälig omfattning hållas skadeslös för de kostnader och omak som omkopplingen medför.

I den mån som den kommunala avloppstaxan följer VAV:s rekommendation utgör kostnaden för dagvattenanslutning en summa baserad på m<sup>2</sup> tomtyta. Om fastighetsägaren avstår från dagvattenanslutning sparar han den summan.

Även om fastighetsägaren avstår dagvattenanslutning kan han vid ett senare tillfälle begära en sådan, om t ex en utförd LOD-anläggning skulle upphöra att fungera. Denna



risk innebär att kommunen vid sin dimensionering inte tar hänsyn till utförda LOD-anläggningar.

Vid större bostadsområden och således också större anslutna LOD-anläggningar, innebär detta tyvärr betydande fördyringar på den kommunala anläggningen helt i onödan, beroende på att den kommunala tjänstemannen inte vågar eller anser sig kunna bedöma utförda anläggningar.

## LOD-TEKNIKER

När det gäller utformning av en LOD-anläggning kan man grovt tala om två principer:

- \* Ett centraliserat omhändertagande.

Områdets dagvattensystem byggs upp enligt traditionella principer. Det sålunda uppbyggda ledningsnätet avslutas med en anläggning för omhändertagande av det uppsamlade dagvattnet.

Beroende på områdets storlek innebär metoden omhändertagande och kvittblivning av stora mängder vatten.

Detta ställer stora krav på magasinens utformning och tömning till omgivande mark. Risken för framtida driftsstörningar till följd av igensättning måste studeras noga. Allt dagvatten är förorenat och transporterar suspenderat material och partiklar av olika slag. En större vattenmängd innebär således också en större mängd föroreningar till magasinet. Metoden är mest tillämplig på kommunala anläggningar, där dagvattenservis utföres på vanligt sätt, och kommunen sedan utför ett LOD-system på allmän platsmark. Kommunen kan ju också på ett regelbundet sätt utföra drift och underhåll av anläggningen.

- \* Utbredd, decentraliserad LOD-teknik.

Metoden innebär att LOD-tekniken utgör en del av dagvattensystemet. Härigenom får man en utbredning av infiltrationen över hela området samtidigt som man får ett förenklat och billigare ledningsnät. Pengarna har hittills varit det största motivet för tillkomsten av LOD-anläggningar.

Den teknik som jag fortsättningsvis kommer att beskriva baserar sig på den senare metoden att så mycket som möjligt fördela infiltrationen över området.

Samma teknik och samma typer av magasin används vid större centrala anläggningar. Mängden vatten och risken för igensättning innebär dock att framförallt sättet att fördela vattnet i magasinen studeras noga.

## Allmänt

Den teknik som kommer att beskrivas avser omhändertagande av dagvatten från takytor, markytor samt dränering av markytor. Avvattning via husens dräneringssystem behandlas senare under särskild rubrik.

Generellt gäller att markens förmåga att tillgodogöra sig vatten är störst närmast under markytan. Detta beroende på att den biologiska aktiviteten har luckrat upp marken och på så sätt skapat ett naturligt magasin för nederbörden. Längre ner i markprofilen avtar normalt denna infiltrationsförmåga, beroende på minskad porositet och en högre vattenhalt.

Eftersom marken normalt saknar förmåga att helt tillgodogöra sig nederbörden, och att således bräddning i någon form måste ske, är det viktigt att magasinen placeras så nära markytan som möjligt. Detta är ett av skälen till att jag föredrar att behandla dränering av husens grundläggning under särskild rubrik.

## Avvattning till en infiltrationsyta

Den tveklöst bästa tekniken är att utnyttja markens naturliga infiltrationskapacitet. En vegetationsklädd yta kan normalt tillgodogöra sig betydligt mera vatten än den nederbörd som faller på ytan. Det är därför naturligt att utnyttja en vegetationsyta som magasin för intilliggande hårdgjorda ytor.

Tillförseln av vatten kan ske på följande sätt:

- \* Den hårdgjorda ytan avvattnas "på bred front" ut över vegetationsytan.
- \* Dagvattnet leds till ytan genom dike, dränering eller ledning, varifrån det får brädda ut över ytan.
- \* Takytor avvattnas via utkastare ut på ytan.

Det är viktigt att koncentrerat vatten påföres ytan så att erosion inte uppstår, vidare bör ytan ha sådan lutning att vattnet kan avrinna och fördela sig över ytan. Beroende på markens vattengenomsläpplighet kan ytan under perioder med riklig nederbörd bli vattenmättad och sakna infiltrationsförmåga. Det är då viktigt att avvattning kan ske till omgivande naturmark, dränering, dike eller dagvattenbrunn.

## Enhetsöverbyggnad

En speciell form av infiltrationsyta utgör ytor utförda som Enhetsöverbyggnad (EÖB). Detta innebär nämligen att asfalterade gator och parkeringsplatser kan utgöra infiltrationsyta med en mycket stor magasinvolym.

En mycket stor del av de asfaltytor som byggs beläggs med tät asfalt. Under senare år har utvecklats flera typer av öppen asfalt. Dessa asfaltsorter kan inte användas på en traditionell grusöverbyggnad beroende på att hållfastheten försämras vid vattentillförsel. Ett användningsområde var därför s k toppbeläggning på en tät beläggning för att motverka vattenplaning och buller.

Vid Riksbyggens projekteringskontor utvecklades en vägöverbyggnad av helmakadamtyp kallad Enhetsöverbyggnad. Ett av skälen var att med genomsläppliga asfaltytor lösa ett

avvattningsproblem och samtidigt låta väggkroppen utgöra magasin för regnvatten. Jag går här inte närmare in på den tekniska uppbyggnaden hos en EÖB. Överbyggnaden består av Makadam ca 8-80 mm med en porositet av ca 30 %. Beläggningen har en porositet av mellan 15-25 % beroende av typ, och är mycket vattengenomsläpplig.

Som alla vattengenomsläppliga ytor är EÖB känslig för nedsmutsning, såväl väggkroppen som beläggningen. Beroende på den jord som bearbetas kan nedsmutsningen under byggnadstiden vara stor. Att skydda en EÖB från nedsmutsning, eller att anlägga ytorna i ett senare skede, innebär kostnadsfördyringar som inneburit en viss återhållsamhet i att utnyttja EÖB.

Stora asfalterade ytor som parkeringsplatser är idealiska att utföra med EÖB. Man får en stor direkt påverkan av avrinningen samtidigt som man får ett stort ofta centralt beläget magasin till vilket man kan brädda dagvatten från intilliggande ytor. Smala gångytor utföres däremot ofta på traditionellt sätt. Avvattningen är ofta enkel, och utgör inget motiv för EÖB.

Man måste när man arbetar med EÖB ha klart för sig att man flyttar avrinningen från den belagda ytan till den ursprungliga terrassen. Genomsläppligheten är stor och vid lutande ytor kan avrinningen ske relativt snabbt. Det kan således vid lutade ytor vara svårt att helt utnyttja magasinet i en EÖB. Man måste också beakta behovet av dränerande åtgärder i lågpunkter.

### Magasinering

När infiltrationsytor inte finns tillgängliga eller av olika skäl inte kan utnyttjas, måste magasin utföras som begränsar och fördröjer avrinningen av dagvatten. Vanligen utföres dessa magasin i form av stenkistor i marken och betecknas då vanligen som perkolationmagasin, dvs tömningen avses i första hand ske ut till omgivande mark. Endast i undantagsfall är marken så genomsläpplig att allt vatten alltid kan tömmas genom perkolation. Vanligen måste magasinerna tömmas på annat sätt, genom dränering eller annan form av bräddavlopp, och övergår då till att fungera som fördröjningsmagasin. Hur magasinerna utformas är en fråga om rådande omständigheter. Skall stora vattenmängder magasineras måste speciellt utformade magasin byggas. Man måste då ta hänsyn till faktorer som:

- \* Mängden dagvatten
- \* Föroreningar som medföljer dagvattnet
- \* Behovet av filter som en följd av dessa föroreningar
- \* Speciellt utformade intagsenheter
- \* Hur tömning till omgivande mark eller recipient ska ske

### Magasin i ledningsgravar; Öppna dagvattenledningar

Inom ett bostadsområde där ansluten vattenmängd kan begränsas, kan kringfyllning av brunnar och ledningar utnyttjas som magasin. Härigenom utnyttjas material till flera saker med sannolikt en lägre kostnad som följd. I vilken utstäckning som kringfyllning av ledningar kan utnyttjas är beroende på om dessa utförs med traditionellt läggningsdjup, eller grunt utförande utnyttjas. Principen är ju att magasinerna bör placeras så nära markytan som möjligt. Ledningar som med fördel kan utnyttjas i en LOD-anläggning är olika slag av dräneringar.

Dränering erfordras i stor utsträckning inom ett bostadsområde, framförallt i områden där marken har en begränsad förmåga att släppa igenom vatten. Således finns som regel dränering på ömse sidor om en husrad. På framsidan dräneras gata och entreytor och på baksidan vegetationsytor. Utefter dessa dräneringar utföres också täta dagvattenledningar för avvattning av mark och takytor. Endast den ena av ledningarna, dräneringen, behövs.

Känns det hela fel, att på det här sättet utnyttja en dränering för att avleda dagvatten? Vänd då på diskussionen.

Ta bort gummiringarna på dagvattenledningen, och utför den som en öppen ledning och använd som kringfyllning singel eller makadam som får fungera som magasin i en LOD-anläggning. Ligger ledningen tillsammans med andra ledningar så låt hela ledningspaketet fungera som magasin. I det här läget behövs inte längre någon markdränering.

Observera!! Vi har här enbart pratat om markdränering. Husens dräneringssystem berörs fortfarande inte.

Jag har tidigare berört en del faktorer som man bör ta hänsyn till när man utformar en LOD-anläggning, framför allt då dagvattnets sammansättning och risken för igensättning.

Man har arbetat med filter för att avskilja dessa föroreningar. Självklart sandfång i brunnar för att avskilja större föroreningar, men också strumpor och dukar av geotextil för att avskilja mindre föroreningar. Dessa filter har i många fall inneburit driftstörningar till följd av igensättning. Att åtgärda dessa störningar har inneburit sådan irritation att filtren i de flesta fall avlägsnats. Med hänsyn till att man här arbetar med små vattenmängder och ett förhållandevis rent vatten har dessa föroreningar sannolikt utan problem försvunnit i magasinerna.

Jag har själv aldrig arbetat med filter. Istället har inkopplingspunkter, vanligen brunnar, utförts med kraftig perforering långt ner på brunnen, brunnen har sedan kringfyllts med ett mycket grovt material, vanligtvis sten. Ett magasin för de föroreningar som medföljer vattnet.

### Husgrundernas dräneringssystem

Jag har hela tiden behandlat tekniken utan hänsyn till husens dräneringssystem. Skälen är i huvudsak två.

- 1) Sker dagvattnets avbördning som helhet med perkolation är marken självdränerad och särskild dränering av husens grundläggning erfordras normalt inte.
- 2) Erfordras dränering skall denna anslutas till ledning på traditionellt sätt eller anslutas till magasinerna på sådant sätt att ingen risk för uppdämning finns. Helt säker är man om marken i anslutningspunkten är lägre än husets grundläggning.

Att anlägga en särskild dagvattenledning med tanke på husens dräneringssystem är flera:

- \* Säkrare avvattning av husens grundläggning
- \* Mindre beroende av husen vid LOD-systemets utformning
- \* Till ledningen kan anslutas magasinens bräddavlopp
- \* Liten kostnad

### Magasinering i volymmaganin

I vissa fall kan inte stenkistor utnyttjas, framför allt vid större vattenmängder. Exempelvis är marken olämplig, eller finns intilliggande husgrunder som begränsar användningen. I dessa fall kan så kallade volymmaganin utnyttjas. Avsikten är nästan alltid fördröjning. Volymmaganin kan utgöras av större ledningar där ledningens volym och inte kapacitet är dimensionerande, andra former kan vara stora brunnar, typ silos, eller dammar.

## GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR LOD

*Bo Lind, Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet, 412 96 Göteborg.*

---

De geologiska förutsättningarna för LOD är intimt förknippade med övriga aspekter rörande miljö, teknikval och ekonomi. I följande avsnitt görs ändå ett försök att avgränsat beskriva de geologiska förutsättningarna förknippade med markens infiltrationskapacitet, transportförmåga samt grundvattnets nivå och strömning.

De varierande LOD-teknikerna ställer helt skilda krav på de geologiska förhållandena, eller omvänt, skilda geologiska förhållanden kräver olika typer av LOD-teknik. I vissa områden kan endast uppehålls- och utjämningsmagasin anläggas medan andra områden med genomsläppliga marklager kan ge förutsättningar för infiltration och total kvittblivning av dagvattnet. Som miljöelement och ekologisk faktor kan också öppna vattenytor skapas i bebyggelsemiljön.

### Kunskapsuppbyggnad

Arbetet med att omsätta hydrogeologiska kunskaper om markens genomsläpplighet till praktiskt användbara kunskaper för utformning och dimensionering av LOD-system i Sverige utfördes framförallt under 1970-talet (se t ex Paus m fl 1974, Cederwall & Holmstrand 1976, Lind & Nordin 1978, Andersson m fl 1978, Ericsson & Holmstrand 1978, Ericsson 1978a, 1978b; Hård m fl 1979, Jonasson 1979, Lind 1979a, 1979b, Malmquist 1979, Ericsson & Hård 1979, Holmstrand & Lindvall 1979, Ericsson 1980, Florgård & Palm, 1980, Ericsson 1980, Holmstrand 1980). När det gäller hushållsspillvatten har arbetet fortskridit mera kontinuerligt vilket bl a resulterat i nya allmänna råd från Naturvårdsverket, rörande små avloppsanläggningar, 1987 (SNV 87:6).

Efter den samlade forskningsinsatsen på 1970-talet har teknikutvecklingen, som rör magasinutformning, rör- och brunnskomponenter mm, inom LOD-området och den hydrogeologiska forskningen rörande genomsläpplighet och strömning gått mer skilda vägar. Under det senaste decenniet har det kommit fram nya kunskaper om de hydrauliska egenskaperna hos både jord och berg som kan utnyttjas för planering och utformning av LOD-system.

### Infiltration och perkolation i jord

Med infiltration avses vattnets nedträngande genom markytan. Den vidare transporten ned genom markprofilen benämns perkolation. Dessa två begrepp beskriver två skilda processer med olika förutsättningar. Det är stor skillnad på de hydrauliska egenskaperna i markens övre zon med vittring och jordmånsprocesser, respektive de djupare mera opåverkade delarna.

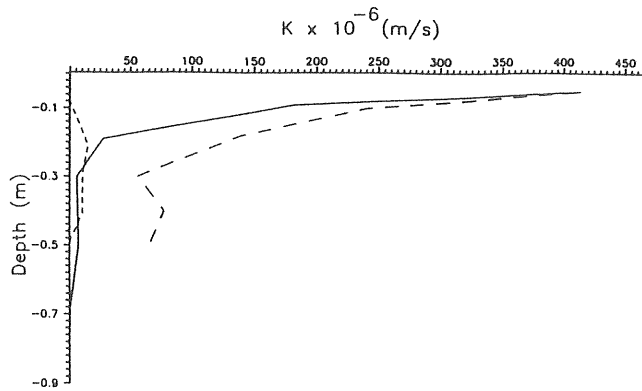
När vatten når en omättad markprofil kommer det tomma porutrymmet i de ytliga delarna att fyllas på. Bortsett från tillfälliga ansamlingar och uppdämningar på markytan infiltrerar i naturlig mark praktiskt taget all nederbörd vid normalt förekommande regn. När vattenhalten överstiger det ekvivalenta bindningstrycket kommer vattnet av tyngdkraften att strömma nedåt i markprofilen. Beroende på hur uttorkad jorden är kan mer eller mindre vatten magasineras i de ytliga delarna innan denna nedtransport, perkolation, börjar. I de översta 30 cm av naturliga jordar är porositeten ofta omkring 50-80 %. Nära hälften av detta porutrymme består dock av så små porer att de ej kan dräneras enbart av tyngdkraften. Däremot kan växternas rötter, genom osmos, suga upp vattnet från nästan hela porsystemet. Den effektiva porositeten, som kan dräneras av tyngdkraften (egentligen vid tyngdkraften pF 2,0 dvs 1 m vattenpelare) utgör i de översta 30 cm av naturlig moränjord ca 20-40 % av jordvolymen (Lundin 1982, Espeby 1988). På större djup än ca 1 m i markprofilen i morän är den effektiva porositeten lägre, ofta mellan 3 och 10 % (Nordberg & Modig 1973, Lind 1989). Av ovanstående framgår att markens magasinering förmåga är mycket högre i de ytliga delarna, där ett någorlunda torrt naturligt markområde kan magasinera upp emot 200 l/m<sup>2</sup> i de översta 30-40 cm innan perkolationen börjar. Huvuddelen av växternas vattenupptagning sker i den översta halvmetern i markprofilen. På vegetationsklädd mark är avdunstningen under vegetationsperioden, maj-oktober, ofta större än nederbörden (Florgård & Palm 1980). Det uppstår ett vattenunderskott för växterna som kan täckas med tillfört vatten, tex från hårdgjorda ytor intill.

Infiltrationskapaciteten och den hydrauliska konduktiviteten i de övre A - och B-horizonterna i jord är starkt beroende av de sekundära jordmånsprocesserna. Makroporsystemet har här avgörande betydelse. Genomsläppligheten är starkt avhängig porer större än 30  $\mu\text{m}$  (Schjönning 1986). I homogena och ostrukturerade jordar är volymen av porer över 30  $\mu\text{m}$  större i grovkorniga jordar än i finkorniga, därför är genomsläppligheten högre i sand än i lera. Emellertid innebär de sekundära strukturerna, aggregering och sprickor, att andelen grova porer ökar snabbare i lerig jord än i sandig-grusig jord. Skillnaden i infiltrationskapacitet mellan olika jordarter blir på så sätt mindre än vad som kunde ha förväntats med hänsyn till kornstorlek (Lindblad 1981, Schjönning 1986). Figur 1 visar infiltrationskapaciteter hos olika jordarter vid varierande markförhållanden.

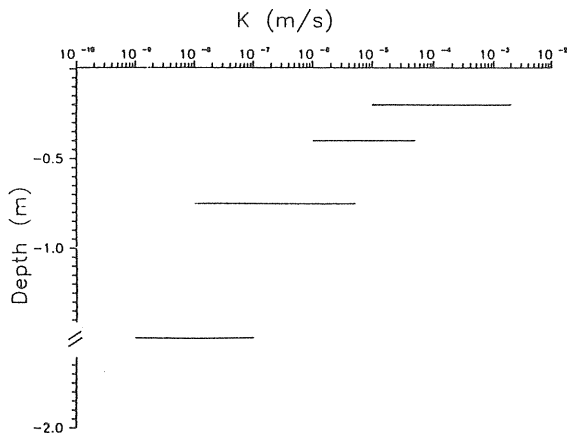
Makroporsystemet (rotkanaler, sprickor etc) har avgörande betydelse för infiltrationskapaciteten (Hendry 1983, Schjönning 1986, Johansson 1987, Espeby 1988). Såväl den totala porositeten som den hydrauliska konduktiviteten avtar med djupet ned till ca 1 m djup, se figur 2 och 3. Denna skillnad är mindre uttalad i grovkorniga jordar än i finkorniga. Från svenska moräner finns också resultat som anger att variationen i hydraulisk konduktivitet är större ca 0.5 m under markytan än närmare markytan (Espeby 1989). Detta kan tolkas så att jordmånen i morän är mera homogent genomsläpplig än de djupare delarna.







Figur 2. Variation hos hydrauliska konduktiviteten i tre jordmånstyper i sandig siltig morän. (Från Lind & Lundin 1990).



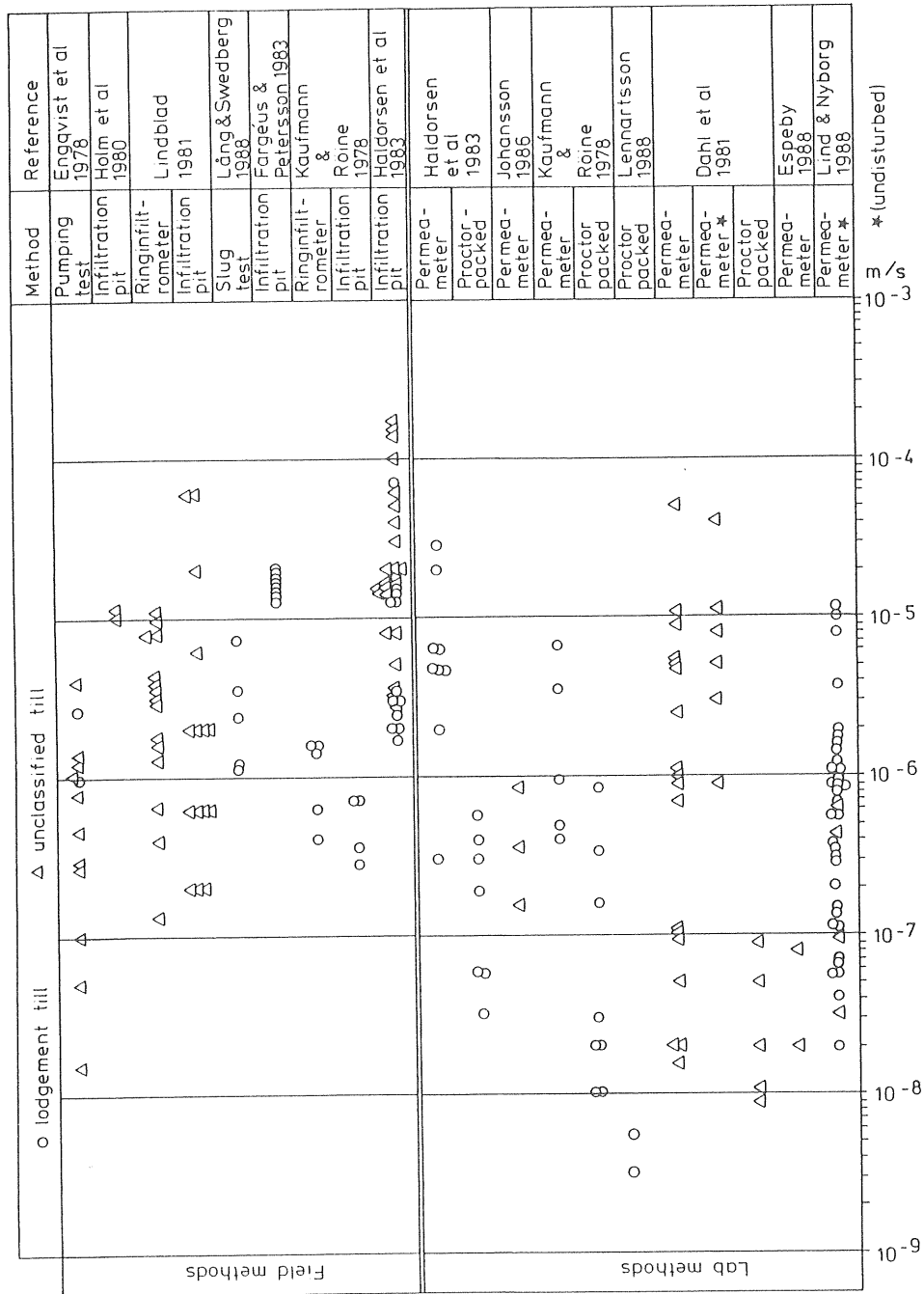
Figur 3. Hydrauliska konduktivitetsens variation med djupet i morän. (Från Lind & Lundin 1990).

På större djup, mer än ca 1 m under markytan, har de sekundära markprocesserna mindre betydelse för den hydrauliska konduktiviteten. Här är kornstorlekssammansättningen tillsammans med de primära sedimentstrukturerna avgörande. Figur 4 visar ungefärliga värden på hydraulisk konduktivitet hos olika jordar.

Jordart	Permeabilitet, m/s	Sediment	
<u>Moräner</u>		<u>Sediment</u>	
Grusig morän	$10^{-5}$ - $10^{-7}$	Fingrus	$10^{-1}$ - $10^{-3}$
Sandig morän	$10^{-6}$ - $10^{-8}$	Grovsand	$10^{-2}$ - $10^{-4}$
Moig morän	$10^{-7}$ - $10^{-9}$	Mellansand	$10^{-3}$ - $10^{-5}$
Lerig morän	$10^{-8}$ - $10^{-10}$	Grovmo	$10^{-4}$ - $10^{-6}$
Moränlera	$10^{-9}$ - $10^{-11}$	Finmo	$10^{-5}$ - $10^{-7}$
		Mjäla	$10^{-7}$ - $10^{-9}$
		Lera	$< 10^{-9}$

Figur 4. Hydraulisk konduktivitet hos olika jordarter. (Från Knutsson & Morfeldt 1973)

Beträffande den i vårt land vanligaste jordarten morän, varierar den hydrauliska konduktiviteten inom vida gränser, från ca  $10^{-10}$  m/s till  $10^{-4}$  m/s, se figur 5, fördelningen är i stort sett log-normal med ett medelvärde på  $3 \times 10^{-6}$  m/s.

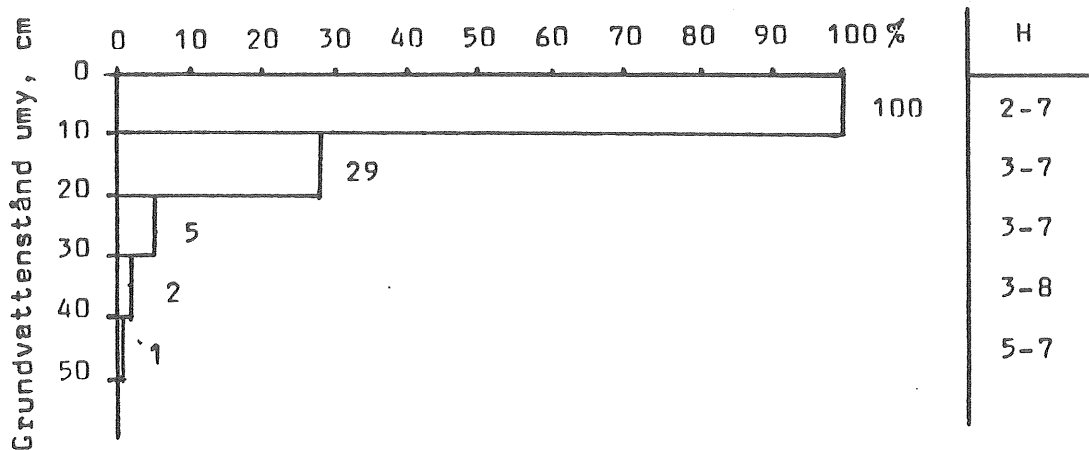


Figur 5. Hydraulisk konduktivitet hos Norska och Svenska moräner uppmätta med olika metoder. (Från Lind & Lundin 1990).

I morän är kopplingen mellan kornstorlek och hydraulisk konduktivitet mindre uttalad än för sorterade jordar (Lind & Nyborg 1988, Haldorsen et al. 1983). Däremot tycks sorteringsgraden ha mer signifikant inverkan (Lind & Nyborg 1988). I C-horizonten hos sandig-moig morän har den primära sedimentstrukturen avgörande betydelse för den hydrauliska konduktiviteten. Sambandet till total och effektiv porositet

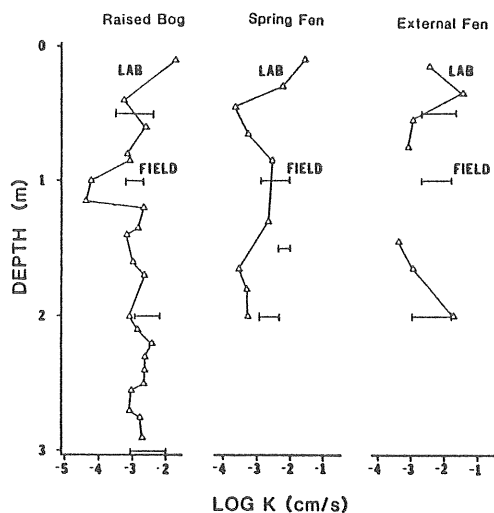
är tämligen svagt (Lind 1989). Däremot tycks vissa porstorleksklasser, knutna till strukturer, ha större inverkan på den hydrauliska konduktiviteten.

Torv intar en speciell ställning av jordarterna. Genomsläppligheten är beroende av humifieringsgrad och porositet. Humifieringsgraden ökar ofta mot djupet i torvjordar vilket leder till avtagande hydraulisk konduktivitet, figur 6.

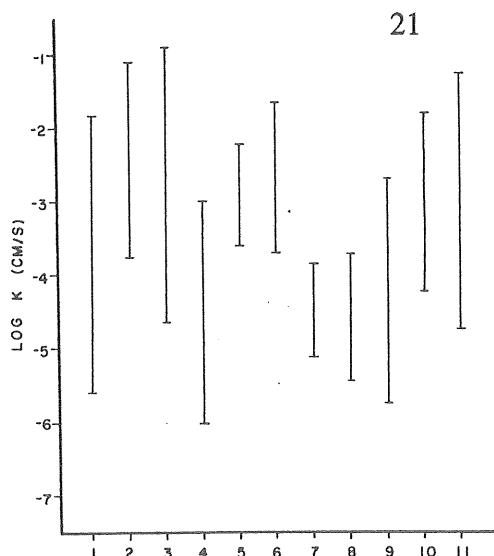


Figur 6. Hydrauliska konduktivitetens förändring i torvmark, relativa värden. H= humifieringsgraden. (Från Jansson m fl 1985)

Framförallt i torv med lägre humifieringsgrad (1-6) kan dock den hydrauliska konduktiviteten vara mer homogen genom profilen, figur 7. Figur 8 visar spridningen hos uppmätta värden på hydraulisk konduktivitet i torv, hydrauliska konduktiviteten är vanligen mellan  $10^{-5}$  och  $10^{-7}$  m/s. Värden på hydraulisk konduktivitet på omkring  $10^{-6}$  m/s har också rapporterats från andra håll (Biernack m fl 1988).



Figur 7. Hydrauliska konduktiviteten på olika djup i en högmosse. (Från Chason & Siegel 1986).



Figur 8. Spridningen av värden på hydraulisk konduktivitet från torvjordar. (Från Chason & Siegel 1986).

Grundvattnet i myrmark är ofta väl avgränsat från omgivningen genom myrarnas täta bottenskikt. Myrar bildar stagnanta grundvattenmagasin. Vattnets rörelse i torv av homogent slag är praktiskt taget helt begränsad till ett grovporigt ytlager.

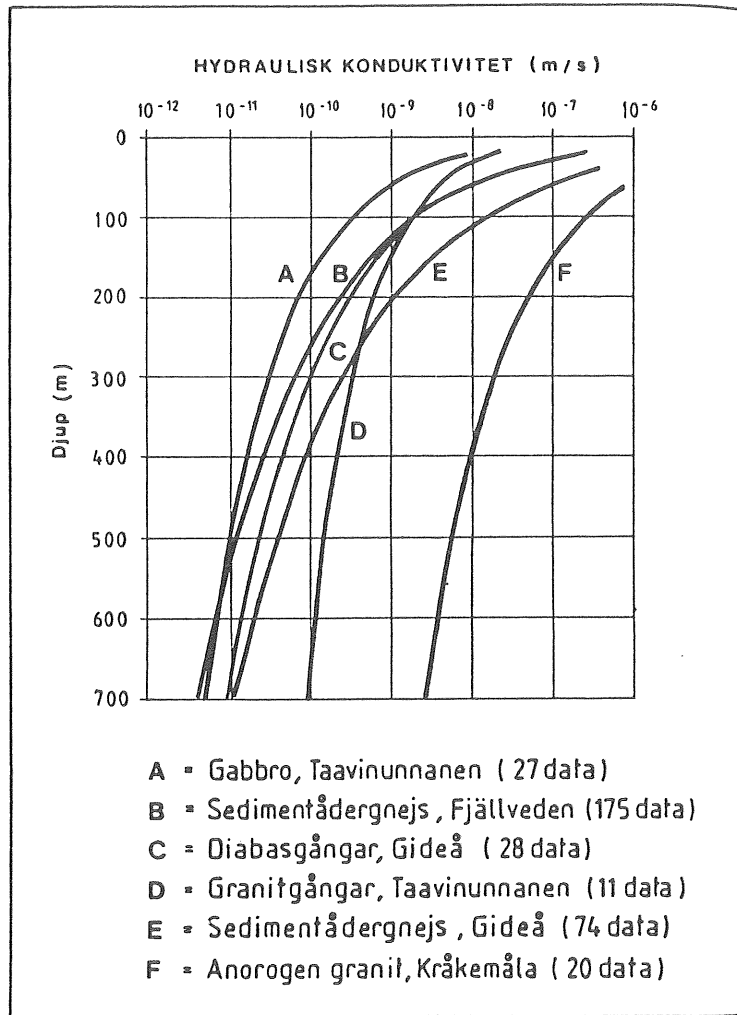
#### Infiltration i berg

Infiltrationen i kristallint berg är helt beroende av sprickor. Infiltrationen i berg är större än vad man i allmänhet har tänkt sig. Von Brömssen (1968) har för ett ler-häll-moränområde beräknat infiltrationskoefficienten till  $f=0,37$ , dvs 37 % av nederbörden infiltrerar inom området. I figur 9, från Bergman (1972) redovisas infiltrationskoefficienter från flera bergarter.

Lokal	Infiltrationskoefficient	Bergart	Sprickindex $\cdot 10^3$
Yxlan	0,3 - 0,4	gnejs	0,83
Lövön	0,2 - 0,3	gnejs	0,52
Kymlinge	0,3 - 0,4	granit	0,76
Ärvinge	0,2 - 0,3	gnejs	0,55

Figur 9. Infiltrationskoefficienter för olika bergarter. (Från Bergman 1972).

På samma sätt som för jord är genomsläppligheten i berg störst i ytan. I figur 10 redovisas avtagande hydraulisk konduktivitet mot djupet. Av den kristallina berggrunden i Sverige har graniterna ofta de gynnsammaste egenskaperna för grundvattenströmning, se figur 11. Vidare jämförelser kan göras med figur 12.



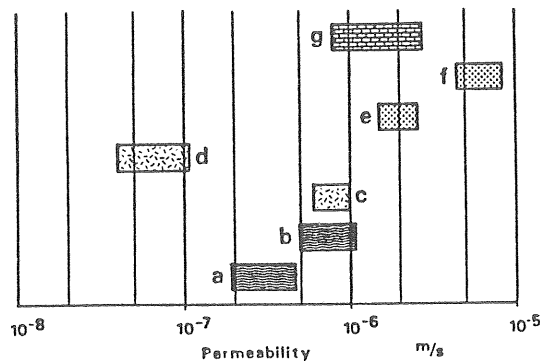
Figur 10. Hydrauliska konduktiviteten på olika djup i skilda bergarter. (Från Ahlbom & Carlsson 1988).

### Grundvattenytans läge och grundvattenströmning

Infiltration av vatten i mark förutsätter en omättad zon. I annat fall tränger vattnet upp i markytan och skapar våtmarker eller öppna vattensamlingar, vilket ibland kan eftersträvas. Denna omättade zon har två funktioner, dels att fungera som poröst medium för magasinering och transport av markvatten (infiltrerat vatten) och dels att möjliggöra lufttillförsel och rening av infiltrationsvattnet. Markens förmåga att binda metaller, organiska föreningar och syntetiska ämnen är störst i en luftad omättad zon. Finjordspartiklar bidrar, genom sin elektriska laddning, till bindning av många ämnen. Hög finjordshalt (silt-lera) innebär därför bättre rening, men i gengäld kan det ge lägre genomsläpplighet. I den övre rotzonshorisonten är dock genomsläppligheten ofta god även i lerig jord.

Län	Antal brunnar	Me- dian djup	Regionalt K-värde ( $\times 10^{-8}$ m s)			
			Grön- sten	Gnejs- granit	Sedi- ment- gnejs	Yngre granit
Stockholm	198 727 719	58 58 60	3,9	4,1		5,7
Uppsala	23 146 103	45 72 52	14		4,1	16
Södermanland	19 1184 990 197	80 65 67 60	2,2	4,8	3,8	9,7
Västmanland	26 303 111	61 55 54	4,4		7,5	15
Kalmar	44 105	77 54	2,6		10	
Kronoberg	40 46 21	60 61 55	15	10		15*
Halland	104	65	4,0			

Figur 11. Regional hydraulisk konduktivitet hos olika bergarter. (Från Ahlbom & Carlsson 1988).



Figur 12. Hydrauliska konduktiviteten hos Svenska bergarter angivet som 40-60% intervall av normalfördelningen. a= gnejser i Halland, b= gnejser i Billingenområdet, c= graniter väster om Vättern, d= graniter i Uppsalaområdet, e= Algonkisk sandsten väster om Vättern, f= Kambrisk sandsten i Billingenområdet, g= Ordovisisk sandsten i Billingenområdet. (Från Carlsson & Carlstedt 1977).

Föroreningar som når grundvattnet kan transporteras långa sträckor. På senare år har torv kommit att utnyttjas som filtermedia dels vid infiltration av t ex lakvatten från avfallsupplag och dels i anläggningar för lokal spillvattenbehandling (Viraraghavan & Ayyaswami 1987). Torv har stor förmåga att reducera framförallt fosfor men också kväve från infiltrationsvattnet. Torv är också ett material med mycket god förmåga att adsorbera metalljoner (Huledal m fl 1988).

I många geologiska miljöer i Sverige är grundvattennivån säsongsvis hög, ofta mindre än 1 m under markytan. Vid ut-

formningen av LOD-system måste man ta hänsyn till markens förmåga att vid hög grundvattennivå transportera bort vattnet. På motsvarande sätt måste man ta hänsyn till den bristande reningsförmåga (och urlakning) som kan förekomma.

### LOD i skilda geologiska miljöer.

Lokalt omhändertagande av dagvatten har tillämpats inom de flesta geologiska miljöer, från lerområden (se t ex Holmstrand m fl 1980) till rena bergsområden (se t ex Lind 1979a). I de flesta fall saknas uppföljning av anläggningarnas hydrauliska funktion med hänsyn till de geologiska förhållandena. De allmänna erfarenheterna tycks dock peka på att varierande geologiska förutsättningar kan utnyttjas för olika typer av LOD-system.

Som framgår av ovanstående är möjligheterna till infiltration och kvittblivning av vatten vanligen störst nära markytan. I många miljöer, inklusive lera och berg, kan påfallande stora vattenmängder infiltrera och fördelas ytligt i marken. Infiltrationskapaciteten inom ett område är vanligen avsevärt större än den djupare hydrauliska konduktiviteten. I många fall varierar också genomsläppligheten i vertikal och horisontal led. Ofta gäller att den hydrauliska konduktiviteten nära markytan är störst i vertikal led medan den horisontella hydrauliska konduktiviteten är störst på större djup.

Infiltrationskapaciteten hos jordar med finare kornstruktur än grovt grus är starkt beroende av kompakteringsgraden. Infiltrationskapaciteten kan minska till hälften redan vid mycket måttlig kompaktering, t ex en gångstig. Kompaktering av tunga maskiner kan göra en genomsläpplig markyta nästan tät. När belastningen upphör ökar efterhand infiltrationskapaciteten igen. Ökningen av genomsläppligheten i marken sker snabbast i ytan där de kemiska och biologiska jordmänsprocesserna verkar. På djupare nivåer än ca 30-40 cm kan kompakteringen bli kvar under mycket lång tid.

### Frågeställningar för vidare forskning.

Infiltrationskapaciteten för spillvatten är 10-1000 gånger lägre än för rent vatten, beroende på uppkomsten av biohud (Jenssen 1986). Vad betyder detta för dagvattnet?

Hur översätter man mätningar av infiltrationskapacitet och hydraulisk konduktivitet till långsiktigt relevanta data för dimensionering av LOD-anläggningar?

Utnyttjande av LOD anknyter till angelägna frågeställningar om vattnets flödesvägar. Det är inte enbart kvittblivningen av vattnet som är intressant utan också - var tar dagvattnet vägen? I osorterade, men också i sorterade, jordar och i berg rör sig infiltrerat vatten inte med en jämn vätningsfront utan sprider sig mycket heterogent. Att beskriva jordarternas heterogenitet och variabilitet samt koppla detta till modeller för vattenspridning är idag en mycket angelägen uppgift (se t ex Rodhe 1989). Detsamma

gäller beskrivning av spricksystem och flöden i berg (se text Neuman 1988).

Det finns anledning att utforma LOD-anläggningarna så att ytlig infiltration utnyttjas så mycket som möjligt. Inte minst här bör ett samarbete komma till stånd mellan markhydrologer, som arbetar med simuleringsmodeller för avrinning, markforskare som arbetar med vegetation och jordmånsbildande processer och tekniker som arbetar med dimensionering och utformning av LOD-system.

### Referenser

- Ahlbom, K., Carlsson, L. 1988: Sammanställning av olika bergarters vattenförande egenskaper baserade på undersökningar för lagring av kärnavfall. I, Grundvattenförsörjning, Geohydrologi i praktiken. Dokumentation av Symposiet 4:e Maj 1988, VIAK AB, Svenska Hydrologiska Rådet.
- Andersson, R., Carlstedt, B., Paus, K. 1978: Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Tjälens inverkan på magasin i mark av porös fyllning. Byggeforskningsrådet, rapport R73: 1978.
- Bergman, G. 1972: Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytter och perkolationsbanor i jordlager. Stockholms Univ. Kvartärgeologiska inst. Rapport 69-519/U369.
- Biernacka, E., Jankowski, K., Liwski, S., Maciak, F. 1988: Effect of irrigation with waters on physical and chemical properties of muck-peat soils. Proc. VIII, Int Peat Congress, Leningrad 1988, Vol 3, pp 184-189.
- von Brömsen, U. 1968: Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. Metod Teknik Analys, Orrje & Co, Stockholm.
- Carlsson, L., Carlstedt, A. 1977: Estimation of Transmissivity and Permeability in Swedish Bedrock. Nordic Hydrology, 8, pp 103-116.
- Cedervall, K., Holmstrand, O. 1976: Local infiltration of Storm Water. Nordic Hydrological Conference 1976. Reykjavik.
- Chason, D. B., Siegel, D. I. 1986: Hydraulic conductivity and related physical properties of peat, Lost River Peatland, Northern Minnesota. Soil Science, Vol 142, No 2, pp 91-99.
- Ericsson, L. O. 1978a: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 30.
- Ericsson, L. O. 1978b: Permeabilitetsbestämningar i fält vid perkolationsmagasin. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 31.
- 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. Bygghörsningsrådet, rapport R4:1978.
- Ericsson, L. O., Hård, S. 1979: Termisk registrering. En metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 49.
- Espeby, B. 1988: Studies of water movement during snowmelt and stormflow in a sloping forested till. Proc. of the Int. Symp. on Interaction between groundwater and surface water, 30 May-3 June, 1988, Ystad.
- Espeby, B. 1989: Water flow in a forested till slope, field studies and physically based modelling. KTH, Report Trita-Kut No 1052.
- Florgård, C., Palm, R. 1980: Vegetationen i dagvattenhanteringen, SNV 1980.
- Eendry, M. J. 1983: Groundwater recharge through a heavy-textured soil. Jour. of Hydrology 63, pp 201-209.
- Haldorsen, S., Jenssen, P.D., Köhler, J. Chr., Myhr, E. 1983: Some hydraulic properties of sandy Norwegian tills. Acta Geologica Hispanica, Vol 18, 3/4, pp 191-198.
- Holmstrand, O. 1980: Lokalt omhändertagande av dagvatten, sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 53.
- Holmstrand, O., Lindvall, P. 1979: Infiltrera dagvatten. Planering och metoder. Naturvårdsverket, Bygghörsningen.
- 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.
- Hård, S., Jonasson, S., Holm, T. 1979: Dagvatteninfiltration på grönytor - litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 45.
- Jansson, B., Holmstrand, O., Troedsson, B. 1985: Lakvattenbehandling genom översilning av myrmark. Förstudie. SNV, rapport 3045.
- Jenssen, P. D. 1986: Infiltration of wastewater in Norwegian soils. Some design criteria for wastewater infiltration systems. Dept. of Geology, Agricultural Univ. of Norway. Rapport nr 25.
- Johansson, P-O. 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates - with examples from sandy till aquifers in southeastern Sweden. KTH, Report Trita-Kut 1045.

- Jonasson, S. 1979: Dimensionering av perkolationsmagasin. En jämförande studie av olika metoder för bestämning av hydraulisk konduktivitet i friktionsjord. Geologiska inst CTH/GU, publ B 138.
- Knutsson, G., Morfeldt, C-O. 1973: Vatten i jord och berg. Ingenjörsförlaget.
- 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, meddelande nr 43.
- Lind, B. B. 1989: The influence of pore distribution on the hydraulic conductivity of some Swedish tills. Jour. of Hydrology, 112, pp.41-53.
- Lind, B., Lundin, L. 1990: Saturated hydraulic conductivity of Scandinavian tills. Nordic Hydrology, 21, pp.107-118.
- Lind, B., Nordin, G. 1978: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 34.
- Lind, B., Nyborg, M. 1988: Sediment structures and the Hydraulic conductivity in till. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 83.
- Lindblad, A. 1981: Infiltrationsmätningar utförda vid geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-1980. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 60.
- Lundin, L. 1982: Mark- och grundvatten i moränmark och marktypens betydelse för avrinningen. Uppsala univ, UNGI Rapport 56.
- Malmquist, P-A (red), 1979: Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 42.
- Neuman, S. P. 1988: A proposed conceptual framework and methodology for investigating flow and transport in Swedish crystalline rocks. SKB, Arbetsrapport 88-37.
- Nordberg, L., Modig, S. 1974: Investigations of effective porosity of till by means of a combined soil-moisture/density gauge. IAEA, Isotope Techniques in groundwater Hydrology, 1974, Vol II, Vienna.
- Paus, K., Andersson, R., Carlstedt, B. 1974: Regnvattenavledning genom magasinering och perkolation. Byggeforskningsrådet, rapport R23:1974.
- Rodhe, A. 1989: On the Generation of stream runoff in till soils. Nordic Hydrology, 20, pp 1-8.

- Schjönning, P. 1986: Soil permeability by air and water as influenced by soil type and incorporation of straw. Statens Planteavlfsforsog, Planteavl 90, pp 227-240. Danmark.
- Viraraghavan, T., Ayyaswami, A. 1987: Use of peat in water pollution controle: a review. Canadian Journal of Civil Engineering vol 14, nr 2, pp 230-233.

## LOD OCH DEN YTTRE MILJÖN

*Torsten Rosenqvist, Parkkontoret, Halmstads kommun, Stationsgatan 48, 302 45 Halmstad.*

---

Utgångspunkten för diskussion kring LOD och den yttre miljön bör vara hur man ska nyttiggöra dagvattnet i olika parker och friytor. Diskussionen sönderfaller i två huvudaspekter.

- Hur kan brukarens möjlighet till naturupplevelse berikas resp möjlighet att bedriva olika aktiviteter säkerställas?
- Hur kan dagvattnet nyttiggöras för vegetationen?

I det följande redovisas några tankegångar kring LOD och rekreativmiljön samt LOD och vegetationen.

Rent allmänt kan sägas att möjligheten att till låga kostnader nyttiggöra dagvatten i den yttre miljön ökas med minskad exploateringsgrad. Riktigt goda möjligheter finns i tätortsranden, övergångszonen mellan tätort och landsbygd. Problematiken kring LOD i den yttre miljön är därför i första hand att betrakta som en planeringsfråga och i andra hand som en teknikfråga. God planering ger förutsättningar till att med enkel teknik till låga kostnader hantera stora mängder dagvatten.

### LOD och rekreativmiljön

Människan har i alla tider strävat efter vattenkontakt i sin närmiljö. Stenåldersboplatsen var av praktiska skäl ofta lokaliserad till kustområden eller vid vattendrag. Barockens och renässansens furstar skapade imponerande dammanläggningar i sina slottsparkar. Guldfisk- och näckrosdammar utgör ofta kronan på verket i påkostade villatradgårdar. Vårt moderna fritidsboende är kopplat till kustområden, större sjöar och vattendrag. Listan kan göras lång över exempel på hur vi strävar efter vattenkontakt i vårt boende och på vår fritid. Den kanske allra viktigaste rekreativmiljön, naturen och parken där vi bor, uppvisar dock ofta en stor avsaknad av vattenytor. Därtill finns sannolikt många orsaker.

En orsak kan vara vår rädsla för vatten, projicerad på den potentiella olycksrisk som barn och vatten utgör. I vår strävan att skapa säkerhet har vattnet rationaliserats bort från vår närmiljö. Vatten kan även utgöra ett hot mot byggnader och anläggningar. Detta hot har vi avvärjt genom att snabbt och effektivt bortföra vattnet i slutna ledningssystem. Stillastående vatten kan även medföra olägenheter ur hälsosynpunkt.

I ett system för dagvattenhantering där vi även ställer upp andra mål, än rent teknisk borttransport av dagvatten, får upplevelseaspekten och människans strävan efter vattenkontakt i sin närmiljö en stor betydelse. I parker och

naturområden kan dagvatten omhändertas, renas och inordnas på ett positivt sätt i en helhetsmiljö.

I tidigare avsnitt har olika föroreningar av dagvattnet diskuterats. Det kan därför tyckas paradoxalt att dagvattnet kan utgöra ett positivt inslag i en rekreativmiljö. Föroreningarna har oftast inte den karaktären eller volymen att de utgör något påtagligt negativt inslag i miljön. Även fisk- och fågelliv kan utvecklas i dagvattenmiljön.

För att kunna bedöma möjligheterna till LOD i den yttre miljön måste man förstå att parker och friytor i våra tätorter utgör en struktur med många olika typer av parker med sinsemellan olika karaktär och funktion i tätorten.

Möjligheten och sättet att omhänderta dagvatten varierar därför från friyta till friyta. I stadsparken kan vattenytan utgöras av en fågeldamm vilken även kan fungera som utjämningsmagasin. I bostadsområdets parker kan dagvattnet ledas i flacka och öppna diken vilka här och var utvidgas till grunda spegeldammar. Gräsytor kan fungera som infiltrationsytor om marksubstrakt är lämpligt. Extensiva gräsytor utmed trafikleder kan fungera som översilningsängar. I den tätortsnära naturen kan våtmarker inordnas och fungera som attraktiva fågellokaler.

Nedan redovisas några konkreta exempel på hur dagvatten kan berika olika park- och friytor.

#### Fågeldamm i stadsparken



Fågeldammen i Slottsparken i Malmö får belysa hur en vatten-

yta präglar hela stadsparkmiljön. Dammen grävdes ur kring sekelskiftet för att dränera omgivande träskmarker på vilka parken anlades. Dammen ingår inte i det större dagvatten-systemet men får ändå belysa hur ett utjämningsmagasin i en stadspark kan gestalta sig. Liksom i ett utjämningsmagasin fluktuerar vattennivån något beroende på vattenståndet nedströms dammen.

#### Utvämningsmagasin - Vallåssjön



Bostadsområdet Vallås, Halmstad, med ca 6 000 inv byggdes ut på 1970-talet. Hela området avvattnas mot en tydlig lågpunkt. För att reducera kostnaden för avledning till recipienten, Nissan, på ca 1,5 km avstånd, anlades ett ca 20 000 m<sup>2</sup> stort utjämningsmagasin i lågpunkten. Medeldjupet är ca 1,5 m och vattennivån fluktuerar ca 0,5 m. Sjön har ganska branta stränder, ca 1:2, varför den är helt inhägnad. Trots detta fungerar sjön som en attraktiv målpunkt i området. Till detta bidrar det rika fågellivet i sjön. I början uppstod igenväxningsproblem i dammen vilka löstes genom inplantering av gräskarp. Dammen upplevs bl a genom den rikliga vegetationen av många som en helt naturlig vattenyta.

Från sjön leds vattnet i ett öppet dike till Nissan. Sedan sommaren 1989 pågår mätning för att studera kvävereduktionen i sjön. Det rika fiskbeståndet i dammen antas positivt påverka kvävereduktionen genom att bottensedimenten kontinuerligt rörs om, varigenom den aktiva kontaktytan mellan vatten och sediment ökas.



Nedströms Vallåssjön, utmed utloppsdiket, kommer en våtmark att anläggas för att ytterligare förbättra dagvattnets kvalité innan det når Nissan. Våtmarken blir en naturlig del i närströvområdet.

#### Öppet dike - Fyllinge



Genom bostadsområdet Fyllinge, Halmstad, löper i ett parkstråk ett öppet dagvattendike. Parkstråket är ca 30-40 m brett varför avståndet till omgivande bebyggelse är litet. Diket är ca 1,5 m djupt. Själva vattenytan är dock inte mer än ca 1-2 dm djup. Större djup uppstår vid riklig nederbörd. Genom dess utformning och belägenhet i parkstråket utgör diket ett positivt inslag i parkmiljön. Det fungerar även som lekmiljö för större barn. Några olyckstillbud har ej noterats. Diket är ej inhägnat. Alternativet till ett öppet dike hade varit att kulvertera diket vilket skulle medfört högre kostnader och minskad naturlig rening av dagvattnet.

För att erhålla en bättre rening av dagvattnet och en allmänt trevligare miljö är det viktigt att medvetet tillskapa vegetation kring vattendrag av denna typ. Kunskaperna om hur bottenvegetation, randväxter mm ska hanteras behöver utvecklas.

### Våtmark-Bulltoftaparken



Våtmarken är intressant ur dagvattenhanteringsynpunkt då stora mängder vatten kan magasineras där samtidigt som en effektiv naturlig rening sker. Olägenheter kan antas uppstå i form av t ex fuktigt mikroklimat och ökad myggförekomst, varför närheten till bebyggelse kan vara en begränsande faktor.

Den redovisade våtmarksytan i Bulltoftaparken är belägen ca 100 m från ett daghem och 150 m från villabebyggelse. Några olägenheter har ej rapporterats. Våtmarken ger en god bild av hur en våtmarksyta i ett LOD-system kan gestalta sig. Ett rikt fågelliv har utvecklats i våtmarken.

### Översilningsyta - Knebildstorp





Mellan bostadsområdet Knebildstorp, Halmstad, ca 300 inv, och recipienten, en mindre bäck, finns en sluttande extensivt skött gräsyta. Den slagklippes 2 gånger per år. Planer finns att låta dagvattnet översila ut i gräsytan. Eventuellt överskottsvatten vid riklig nederbörd rinner naturligt ut i recipienten. Den avsättning av näring som sker kommer gräsväxten att ta upp. Det kan därför bli nödvändigt att kombinera slagklippning med upptagning och bortförsl av det klippta gräset. Genom rationell teknik kan detta ske till låga kostnader.

#### Infiltrationsyta - Falkens Park



I en mindre parkyta, Falkens Park, Halmstad, infiltreras dagvattnet från sexton småhus. Infiltrationsbädden är ca 200 m<sup>2</sup> stor och är sedan början av 1970-talet belägen i gräsytan. Gräsytan fungerar utmärkt för bollspel och andra aktiviteter. Endast den okänsligt utformade brunnsöverdelen skvallrar om att här finns en infiltrationsanläggning. Vid anläggandet av infiltrationsanläggningen utfördes tillloppsledningen alltför nära ett av träden som idag uppvisar tydliga skador som resultat av ingreppet i dess rot. Skador på träd visar sig vanligen först några år efter ingreppet.

I infiltrationsbädden uppstår en fuktig miljö som attraherar trädrötter. Trädrötterna utgör en risk för infiltrationsanläggningen. Efter ett antal år kan bädden bli fylld med rötter varigenom infiltrationsförmågan reduceras. Särskilt aggressiva rotsystem har pil och poppel. Dessa trädslag bör användas med stor försiktighet vid såväl ledningar som infiltrationsbädd. Det är viktigt att tillräckligt stora fria ytor avsättes för infiltrationsbädden.

## Säkerhet

All mänsklig verksamhet innebär risktagande. Vi väger i alla delar av samhällslivet risktagandet mot nyttan av en viss företeelse. Vi accepterar t ex ett trafiksystem som medför stora offer i olyckor och miljöeffekter därför att det anses nyttigt. Vatten i närmiljön accepteras ofta inte därför att det anses onyttigt. Information och upplysning av nyttan med LOD är därför en förstahandsuppgift för att få en acceptans för ökad andel öppna vattenytor i dagvattensystemet. Samtidigt måste stor uppmärksamhet riktas kring säkerheten vid planering av öppna vattenytor.

Lokaliseringen av vattenytorna i förhållandet till bostadsbebyggelsen är det första steget i säkerhetsplaneringen vilket åter belyser vikten av att LOD kommer in tidigt i planprocessen. Utformningen av främst slänter och släntlutningar samt bottenytan är viktiga ur säkerhetssynpunkt. I kritiska punkter kan hägnader vara nödvändiga.

## Sammanfattning

Dagvattnet kan bli en värdefull tillgång i tätortens parker och friytor under förutsättning av att en noggrann planering och projektering av vattenytor sker så att de integreras i helhetsmiljön. Det är viktigt att planeringen sker så att även andra friytefunktioner t ex bollspel, lek, vegetation ges möjligheter att utvecklas vilket i sin tur fordrar tillräckliga ytor. Dagvattenfrågorna måste därför behandlas tidigt i planeringsprocessen i såväl översiktsplaner som detaljplaner.

De problem ur brukarsynpunkt som är förknippade kring en aktivare användning av LOD i parker och friytor är främst en mental blockering och rädsla för vatten som företeelse. Denna rädsla kan endast avhjälpas genom en god planering ur säkerhetssynpunkt samt en aktiv opinionsbildning genom konkret information kring positiva förebilder.

## LOD och vegetationen

Vatten är en nödvändig livsbetingelse för vegetationen liksom koldioxid, näringsämnen och solljus. I Sverige är vattentillgång normalt ingen begränsning för vegetationens utveckling och fortbestånd annat än under torrperioder sommartid samt i vissa speciella typer av planteringar t ex blomsterrabatter, nyplanterade buskage och träd.

Vegetationen i offentliga friytor planeras med utgångspunkt att vattning ej skall behövas. Därest tillskottsvatten kan tillföras sommartid är det dock positivt ur tillväxtpunkt.

Den naturliga vegetationen har utvecklats med de hydrologiska förutsättningar som finns på varje växtplats. Vid tillförsel av dagvatten kommer därför naturbestånden att förändras beroende på mängd tillfört vatten, markförhållande, vegetationstyp m m. Behov att tillförsel av dagvatten föreligger när den hydrologiska balansen störs vid exploatering. Dagvatten kan bidra till att kompensera för t ex grundvattensänkning.

### LOD för bevattning

Tillförsel av dagvatten i gräs- och planteringsytor vore normalt positivt under de perioder sommartid när vattentillgången begränsar tillväxten. Vid de tillfällena då dagvatten uppstår tillgodoses vegetationens vattenbehov emellertid på naturligt sätt. Således uppstår ett lagringsproblem som sannolikt är svårlöst i hårdexploaterad tätortsmiljö.

Överskott på vatten kan vara ett lika stort hot mot växtligheten som brist på vatten. Risken är stor att syrebrist uppstår i rotzonen om för mycket vatten tillförs en planteringsyta vilket leder till förruttnelse i rotzonen. System för dagvattenhantering som syftar till omhändertagande av vattnet i gräs- och planteringsytor måste därför innehålla säkerhetsventiler i form av t ex dräneringsledningar för att leda bort vatten som vegetationen ej förmår ta upp.

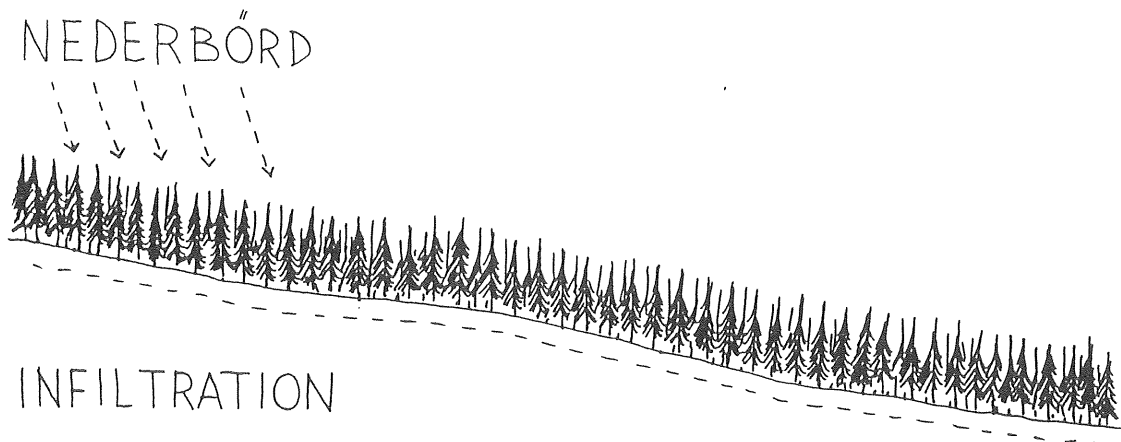
Då mängden dagvatten som kan tas omhand i vegetationsytor är begränsad är det viktigt att, förutom säkerhetsventiler, det även finns en rimlig balans mellan hårdgjorda ytor och mjuka ytor. Stora arealer med hårdgjort ytskikt medför stora mängder dagvatten. Möjligheten att åstadkomma naturlig rening minskar med ökad andel hårdgjord yta. En ökad användning av s k "självdrenerande" hårdgjorda ytor kan motverka denna obalans. På en yta av 100 m<sup>2</sup> faller närmare 1 kg kväveoxider vilket medför utsläpp i recipienten på i storleksordningen 100 ton i en stad med 50 000 invånare.

Långsiktigt hållbar och enkelt användbar teknik för bevattning av vegetationsytor saknas idag. De problem som kan förväntas uppstå är igenväxning av infiltrationsledningar alternativt igenslamning av infiltrationsbäddar. Problemet synes svårlöst då målet är att förhindra rotinväxning i en för växter extremt gynnsam miljö med god tillgång på både syre och vatten.

### LOD och befintlig vegetation

Många exploateringsområden är belägna i skogsbevuxen terräng. Trädbeståndet är i dessa områden anpassade till rådande hydrologiska förhållanden och därmed känsliga för de förändringar som en exploatering medför. Känsligheten är beroende av trädslag, ålder, terräng m m. Trädbeståndet är en värdefull tillgång om man eftersträvar att tillskapa en grön och uppvuxen miljö i den nya bostads- och industri-miljön. Genom att använda dagvattnet som en del i den nya hydrologiska balansen kan skador på vegetationen reduceras.

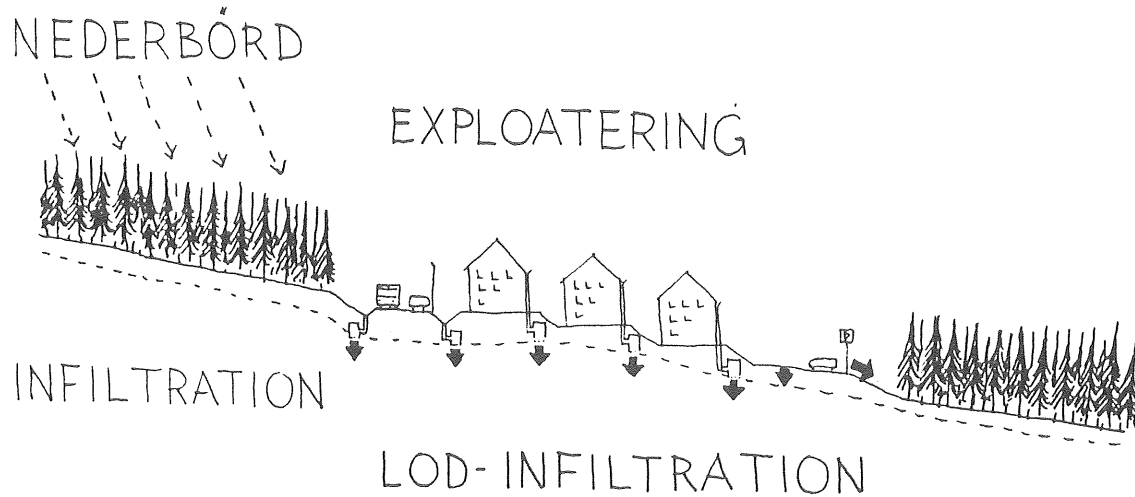
Rent principiellt kan effekterna av exploateringsingrepp beskrivas enligt nedanstående förlopp.



- I ett naturligt kretslopp infiltreras nederbörden i hela skogsbeståndet. Det vatten som inte avdunstar eller tas upp av vegetationen infiltreras i marken till grundvattnet och kommer lägre belägna trädbestånd tillgodo.



- Vid ett ingrepp i sluttningszonen bryts grundvatten-transporten. Beståndet nedanför exploateringsområdet kommer inte längre att få tillgång till de vattenmängder som det är beroende av. Följden blir skador på vegetationen eller i värsta fall att beståndet dör. Ett nytt trädbestånd kan etableras på ytan. Det tar emellertid lång tid att åstadkomma ett bestånd likvärdigt med det gamla.



- Genom att samla upp dagvattnet i exploateringsområdet och infiltrera detta i sluttningszonen mot nedanförliggande trädbestånd kan ingreppet i den hydrologiska balansen reduceras.

#### Dagvattenhantering på naturmark, IBM-Kista

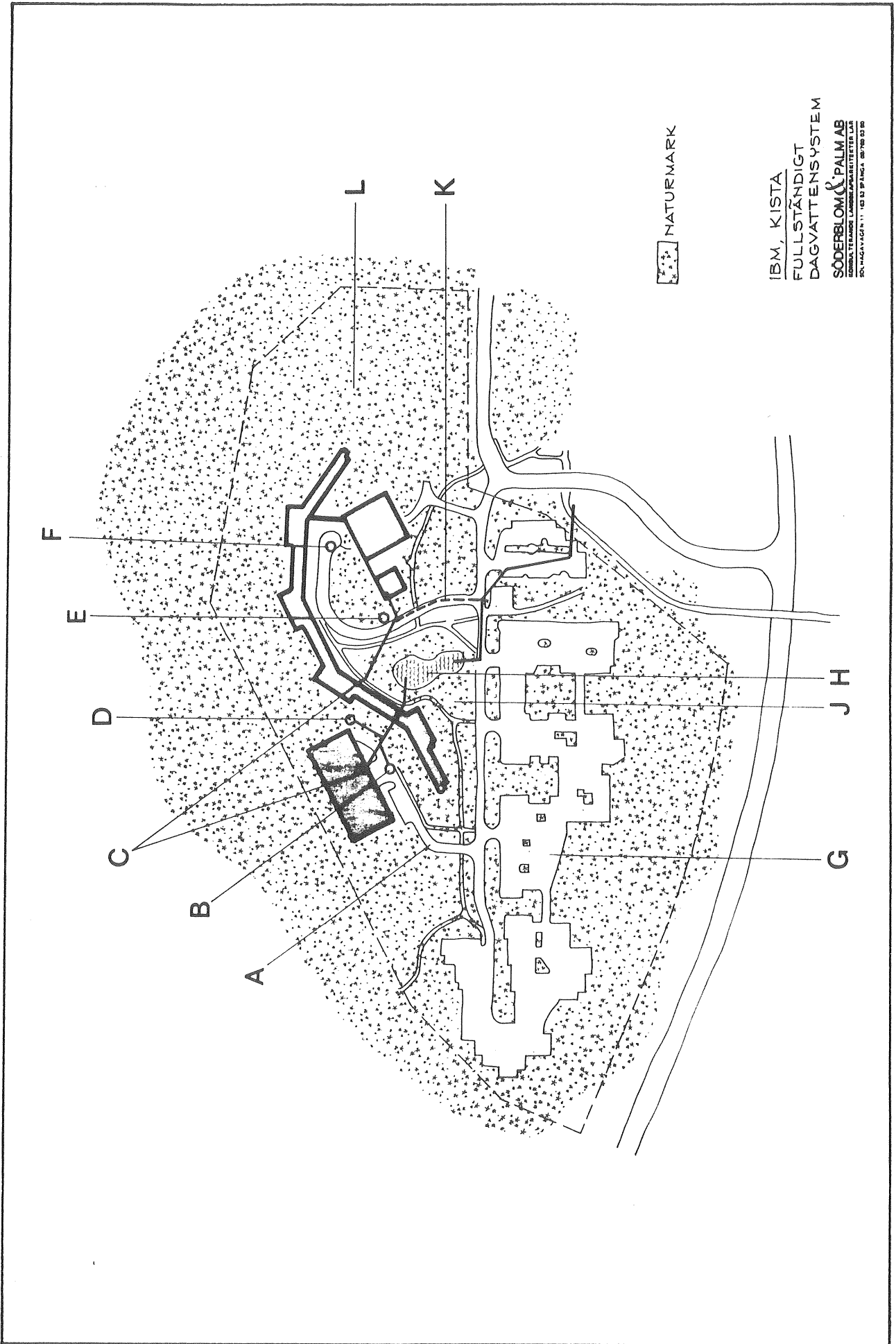
Ett lyckat exempel på exploatering och dagvattenhantering i naturmark är IBM:s kontorsbyggnad i Kista.

Exploateringen har föregåtts av en noggrann planering och projektering. Ingreppen har koncentrerats till få ytor och utformats på ett så skonsamt sätt som möjligt. Tillräckligt stora naturytor har sparats för att i första hand skapa en god miljö men även ge möjlighet för att infiltrera dagvattnet. Problematiken kring hantering av dagvatten på naturmark redovisas ingående i rapporten "Vegetationen i dagvattenhanteringen" SNV 1980, Clas Florgård, Roland Palm, ur vilken nedanstående beskrivning är hämtad.

EXEMPEL

Ett exempel på utnyttjande av naturen för omhändertagande av dagvatten: IBM, Kista:

- A Alla körvägar och gångvägar avvattnas direkt ut i naturmark. Föroreningsmängderna i vatten från gångytor och entrégator är så små att de inte innebär några risker. Vid mycket starkt trafikerade ytor måste de dock beaktas.
- B o F Undantag från regeln om avvattning direkt i naturmark. Brunnen F är belägen på ett perkolationsmagasin som saknar bräddavlopp. Brunnen B är belägen i en lågpunkt och avvattnas med dagvattenledning.
- C Takvattnet leds till dagvattenledning
- D o E Lågpunkter i naturmark har brunnar som placerats 10 cm över markytan. Först sker infiltration, därefter bräddning till dagvattenledning
- G Parkeringsytor avvattnas direkt ut i naturmark. De har utförts i grus, vilket ger en viss infiltration direkt genom ytan. Gruset är inte heller så känsligt för markrörelser som asfalt, vilket minskat kraven på dränering. Varken dränerings- eller dagvattenledningar finns vid parkeringsytorna. Vid entrévägen finns ett öppet dike
- H Dagvattenledningarna leds till en damm, som fungerar som utjämningsmagasin. Bräddning kan ske till kommunalt dagvattensystem. Det tillförda vattnet är framförallt takvatten. Takvatten är tämligen rent och bör inte kunna förorena dammen. Tvärtom är den ökade genomströmningen sannolikt en fördel. Tillförseln är dessutom en förutsättning för en hög vattennivå i dammen sommartid
- J Marken kring dammen är bevuxen med växtlighet med hög vattenförbrukning (alkärr). Höjd vattennivå i dammen ger infiltration till markerna omkring. Den ökade vattenhalten leder till ökad transpiration hos växterna. De kommer att dränera bort en del av överskottsvattnet
- K Ett reservsystem finns anslutet till det kommunala nätet
- L Alla naturmarksytor skyddades under byggtiden, bl a för att inte körning med bilar och maskiner skulle ske. Det skulle ha lett till markpackning, vilket skulle ha minskat infiltrationen.





### LOD - sammanfattning inför 2 000-talet

I en strategi för att minska den ekologiska belastningen från tätorterna på omgivningen intar LOD en framskjuten position. I dag är teknisk avledning av dagvatten från tätorten huvudmålet med dagvattenhanteringen. Det tekniska målet måste kompletteras med mål för:

- Vattenkvalitén - endast vatten som är oskadlig för recipienten får släppas.
- Miljöupplevelse - dagvattnet ska hanteras så att det berikar naturupplevelsen i närmiljön.
- Ekonomi - den mot bakgrund av målen mest kostnadseffektiva metoden skall användas.

Vi vet idag att en uppbromsning av förorenade dagvattenflöden hjälper de naturliga reningsprocesserna att verka. Vi vet också att öppna flöden och vattenytor är viktiga för de naturliga reningsprocesserna. Vi har kunskap och teknik att utnyttja dagvattnet för att skapa intressanta parker och friytor. I många situationer är det sannolikt att kostnaderna för LOD blir lägre än konventionella system. Det finns därför all anledning att verka för en konkret tillämpning av LOD redan nu i samband med nybyggnation och stadsförnyelse för att vinna ytterligare erfarenheter och successivt förfina arbetsmetoderna. Mottot blir "dagvattnet i dagen".

Parallellt med denna utveckling måste ett målinriktat FoU-arbete bedrivas som utifrån befintliga och kommande LOD-projekt bygger upp en systematisk kunskap i ämnet. Bland frågeställningar som bör belysas märks:

- Analys av reningseffekten av olika LOD metoder
- Metodutveckling
- Kostnadsanalys
- LOD som bevattningsteknik
- LOD och befintlig vegetation
- LOD i fysisk planering

Det är av stor vikt att dagvattenfrågorna kommer in tidigt i den fysiska planeringen. PBL bör kompletteras så att krav

ställs på redovisning av dagvattenfrågorna i såväl översiktsplaner som detaljplaner. FoU-verksamheten bör inriktas på att ge de argument som erfordras för att LOD ska få ordentlig tyngd i PBL.

Parker och friytor kommer därmed att kunna ingå i en ekologisk infrastruktur som utgör en modererande ekologisk faktor i tätorten. Parker kallas idag stadens lungor. I framtiden får de även funktionen av stadens njurar.



## MILJÖKONSEKVENSER AV DAGVATTENAVLEDNING I TÄTORT GENOM LOD

*William Hogland, Teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola, Box 118, 221 00 Lund.*

---

### TRADITIONELL DAGVATTENAVLEDNING

Dagvattnets effekter på tätortsmiljö har studerats mer eller mindre intensivt sedan början av 1970-talet vid framförallt landets tekniska högskolor. Under senare år har begreppet LOD (lokalt omhändertagande av dagvatten) alltmer kommit att framstå som ett sätt att begränsa föroreningstransporten från urbana områden. LOD består av olika tekniker för att reducera dagvattenvolymen innan denna hunnit komma ner i ledningssystemet. Definitionsmässigt utgör dagvatten den del av nederbörden som faller på ytor som ej är genomsläppliga för nederbörd. Dyliga ytor är t ex takytor, täta gång- och cykelbanor samt gator och vägar med täta beläggningar. Mycket höga regnintensiteter eller kraftig snöavsmältning kan innebära att även vanligtvis permeabla ytor, t ex gräsytor, kan bidra till tätortens dagvattenavrinning.

Den uppkomna dagvattenmängden avleds traditionellt sett via tätortens ledningsnät till vattendragen (recipienten). När tätorten har kombinerat ledningsnät, dvs dagvattnet och tätortens spillvatten avleds i en gemensam ledning till reningsverket, blandas dagvattnet med spillvattnet. Dagvattnets och spillvattnets kvalitet samt den sedimentutspolning från ledningens botten som sker är avgörande för kvaliteten på det vatten som når reningsverket. Reningsverkets effektivitet avgör sedan vilket värde på koncentrationen som vattnet får när detta släpps ut till recipienten.

Dagvattnet kan i många fall verka störande på processerna i reningsverket. I samband med snösmältning kan stora mängder kallt dagvatten tillföras reningsverket vilket stör både den biologiska och kemiska reningen. Dagvattnets kemiska sammansättning kan även inverka menligt på reningsprocesserna t ex om dagvattnet innehåller stora mängder olja eller lösningsmedel. Den ökande mängden dagvatten, till följd av en ökad asfaltering, minskar följaktligen reningens effektivitet. I samband med häftiga regn eller vid snabb snösmältning, är i regel varken reningsverkets eller ledningarnas kapacitet tillräckliga. Vid dessa tillfällen inträffar bräddning, vilket betyder att en blandning av dagvatten och spillvatten släpps direkt ut till recipienten utan någon föregående rening. På grund av problemen med en ökad dagvattenmängd har man under senare år kommit att diskutera alternativa metoder för dagvattnets omhändertagande. Dessa metoder går i huvudsak ut på att minska dagvattenvolymererna innan dessa kommit ut i själva ledningsnätet.

Sedimentutspolningen av material upplagrat i ledningen är i många fall avgörande för bräddvattnets kvalitet medan dagvattenavrinningen är den huvudsakliga orsaken till att utspolningen förekommer.

Sedan i början på 1950-talet har det blivit allt vanligare att avleda dagvattnet direkt till recipienten i en separat ledning. I detta fall är det endast de föroreningar som transporteras i dagvattnet samt till ledningen inläckande grund- och dräneringsvatten som bestämmer föroreningssituationen i utsläppet. Statens Naturvårdsverk har under många år rekommenderat kommunerna att vid nybyggnad konstruera separerade ledningssystem och vid

ombyggnad av kombinerade ledningssystem bygga om till separerat system. Efter hand som dagvattnet blivit allt mer förorenat har riktigheten i att leda dagvattnet helt orenat till recipienten börjat ifrågasättas. Det har också visat sig att ledningsnäten har en kraftigt dränerande effekt så att grundvattnet inom tätorten kan drastiskt avsänkas. Sättningar på hus och skador på vegetationen är en vanlig följd av denna grundvattensänkning. Inläckage till ledningarna är ofta av storleksordningen 40-50 % av den totalt uttransporterade vattenmängden. Detta inläckande vatten har en utspädande effekt på flödet i ledningsnätet. Under perioder med större dag- och spillvattenflöden i ledningarna är inläckagets betydelse mycket begränsad och har endast marginell effekt på kvaliteten. Genom olika alternativa metoder för dagvattenhantering, t ex konstgjord infiltration av dagvatten innan detta hunnit ut i ledningssystemet, kan vatten återföras ner till mark- och grundvattensystemet. I gengäld kan emellertid en högre grundvattenyta erhållas och därmed också oönskade effekter av en förhöjd grundvattenyta (ökat inläckage till ledningsnätet).

Effekter som direkt kan relateras till avrunnen dagvattenvolym och flöde är bl a erosionsproblem i sjöar och vattendrag. Dagvattenflöden som är 25-30 gånger större än flödet i vattendraget (recipienten) kan observeras under kortare perioder. För bräddvatten kan motsvarande förhållande mellan flödena uppgå till 10.

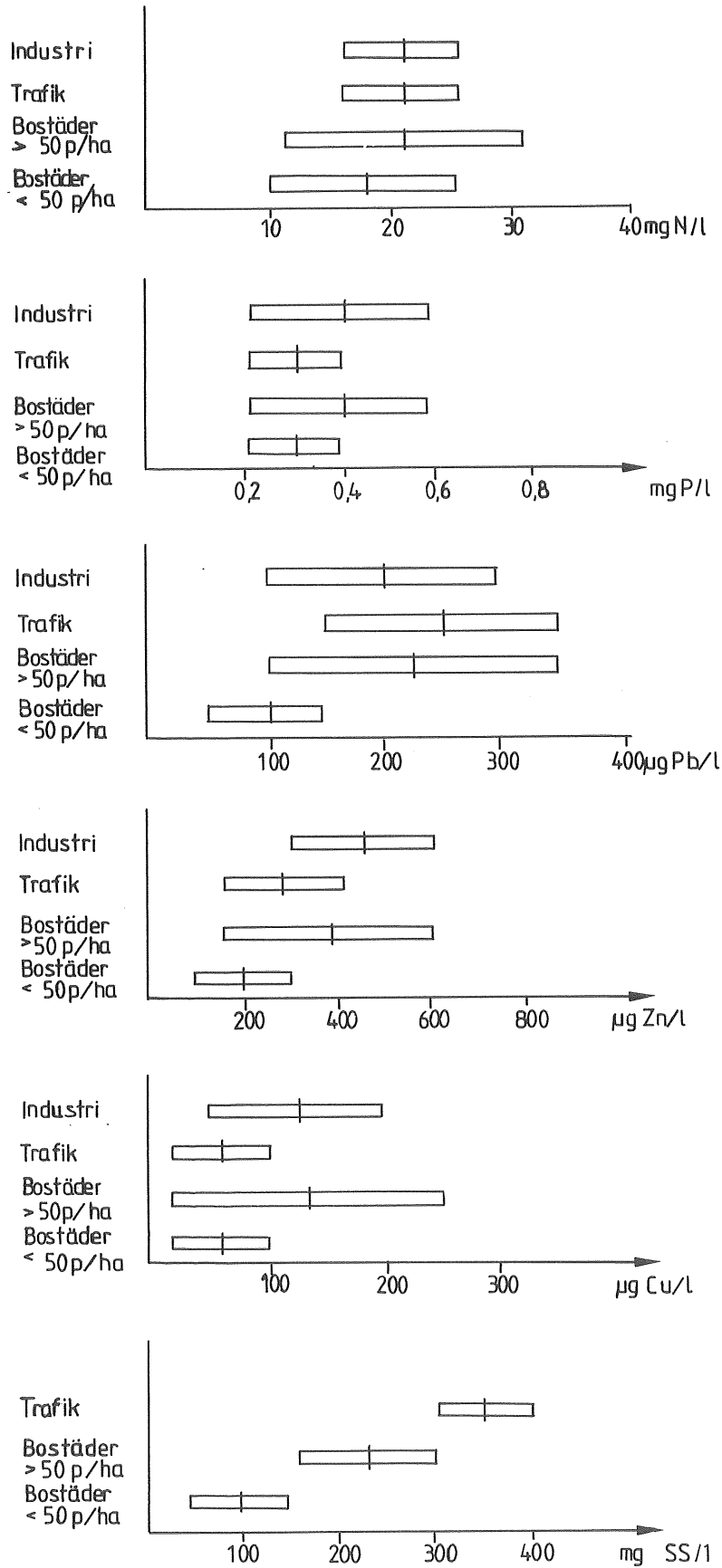
#### Dagvattnets kvalitet

Dagvattnets kvalitet kan variera mycket kraftigt under enskilda nederbördstillfällen men även från ett regntillfälle till ett annat. Vissa årstidsbundna variationer kan dock skönjas. För vattenkvalitetsparametrar såsom kemisk syreförbrukning (COD) och bly kan en fördubbling av koncentrationen förväntas under vinterhalvåret jämfört med under sommaren. Under vinterhalvåret ackumuleras föroreningar i snö och is vilka sedan spolats ut vid snösmältning. Vanligtvis ger regn med hög intensitet högre föroreningshalter än regn av låg intensitet.

De högsta koncentrationerna för flertalet föroreningsvariabler under enskilda avrinningstillfällen inträffar i regel något före flödestoppen. Dagvattenvolymer är i allmänhet störst under höst- och vinterhalvåret vilket innebär att den totala uttransporten av föroreningar är störst under denna period. Under sommarhalvåret förekommer nederbördstillfällen med hög intensitet som kan medföra höga föroreningshalter hos dagvattnet. Tillfälliga aktiviteter i avrinningsområdet som t ex anläggningsarbeten ökar föroreningskoncentrationen liksom vinterväghållning när sand och salt tillförs gator och vägar.

Den tid som förflutit sedan föregående regn tillsammans med den typ av yta som dagvattnet avrinner ifrån bestämmer huvudsakligen dagvattnets sammansättning. Dagvattnet från hårt trafikerade ytor innehåller i allmänhet de högsta föroreningskoncentrationerna. Representativa koncentrationer i dagvatten från olika typytor finns beskrivet i SNV (1983).

Föroreningsinnehållet i dagvattnet har studerats i flera olika rapporter (Malmquist, 1983; Hogland, 1986; Svensson, 1987). Bland den engelskspråkiga litteraturen kan vidare rekommenderas Lazaro (1979), Wanielista (1979), Hall (1984) och Kibler (1982). Figur 1 visar exempel på föroreningshalter i dagvatten från svenska undersökningar (SNV, 1983). Dessa kan användas för att skapa sig en översiktlig bild över hur mycket föroreningar som ett urbant område genererar.



Figur 1 Schablonvärden för dagvattenföroreningar beroende av markanvändning (SNV, 1983).

### Beräkningsmetoder

De största dagvattenflödena inträffar i regel i samband med intensiva konvektiva regn under sommarhalvåret. Den volymsmässigt största dagvattenavrinningen sker däremot under frontala regn eller vid snösmältning. Dagvattenvolymer kan bestämmas antingen genom direkta mätningar i fält eller genom teoretiska beräkningar. Direkta mätningar görs i olika punkter i ledningssystemet och/eller vid utflödespunkterna. De teoretiska beräkningsmetoderna är många och varierar kraftigt i komplexitet. Resultatet är även beroende på i vilken omfattning uppmätta data är tillgängliga och noggrannheten i dessa. Beräkningsmetoder för dagvattenavrinning finns beskrivna i t ex Stahre (1981), SNV (1983), BFR (1980) och VAV (1976).

En översiktlig beräkningsmetod är rationella metoden som appliceras på enstaka regn-avrinningstillfällen:

$$Q_{vol} = a \cdot A \cdot (P-b) \cdot 10^{-3}$$

där

$Q_{vol}$  = avrunnen dagvattenvolym för regntillfället ( $m^3$ )

a = andelen hårdgjorda ytor

A = totalarean för området ( $m^2$ )

P = total nederbörd (mm)

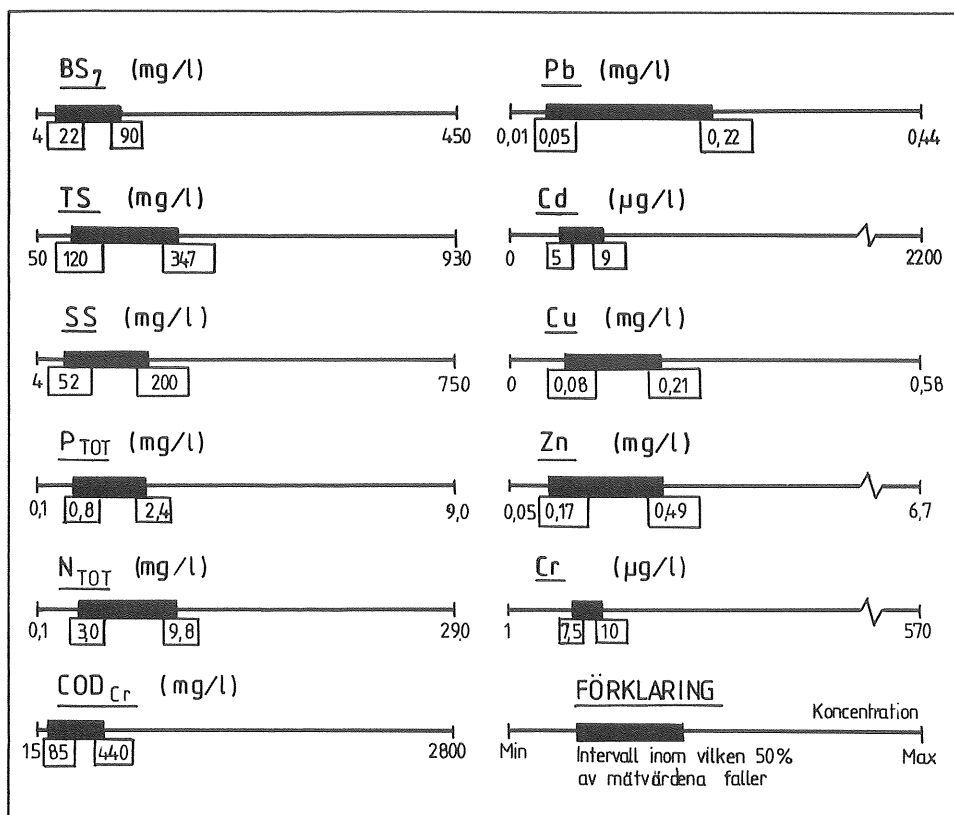
b = ytmagasineringsdjup på de hårdgjorda ytorna (ca 1 mm)

Faktorn a varierar beroende på områdestyp (enfamiljshus 0.1-0.2; flerfamiljshus 0.2-0.3; centrumbebyggelse 0.3-0.4).

### Bräddvatten

Dagvattnets och spillvattnets kvantitet och kvalitet tillsammans med ledningssystemets geometri avgör bräddvattenförhållandena. Bräddning i kombinerade ledningssystem inträffar när mängden dagvatten i ledningssystemet överskrider ledningarnas kapacitet.

Dagvattnet späder i regel ut spillvattnet så att koncentrationen i bräddvattnet blir lägre än i spillvattnet. Detta gäller dock inte för de typiska dagvattenföroreningarna som t ex bly och zink. Typiska föreningshalter i bräddvatten finns angivna i Hogland et al. (1986; se Figur 2).



Figur 2 Schablonvärden för föroreningshalter i bräddvatten (Hogland et al., 1986).

#### DAGVATTENAVLEDNING GENOM LOD

För att komma till rätta med grundvattenavsänkningen i tätorterna började man på 1970-talet undersöka alternativ dagvattenhantering som också kunde reducera föroreningsutsläppen till sjöar och vattendrag. Huvudtanken i tekniken var att dagvattenvolymer skulle reduceras så nära källan som möjligt. Därmed skulle även uttransport av föroreningar orsakade av dagvattenflödet minska avsevärt. Den teknik som undersöktes var infiltration eller vad man senare kallade lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD).

Såväl naturmark som anlagda gräs- och planteringsytor kan användas för dagvatteninfiltration. Med en väl anpassad dagvatteninfiltration kan befintlig växtlighet bevaras och plantornas tillväxt ökas. Dessutom kan naturmiljön göras trevligare i samband med exploatering av ett område. Vilka effekter som erhålles på växtligheten beror i stor utsträckning på jordarten i området. I vissa fall kan järnföreningar övergå i löst form i markvattnet och därmed ha en rent toxisk effekt. I de fall vattnet får en låg omsättning kan även syrebrist uppstå för växternas rötter. I det nedanstående ges en översikt över de metoder som finns att tillgå för att minska föroreningstransporten genom LOD.



### Infiltration i vegetationsbeksädda ytor

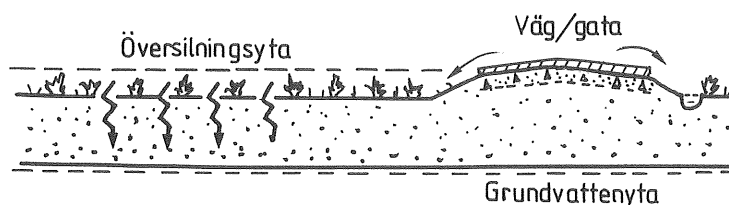
Genom att infiltrera dagvatten genom vegetationsbeksädda ytor erhålls en reduktion av föroreningsmängden i de övre skikten av jordlagren. De vegetationsbeksädda ytorna kan utgöras av gräsmattor, öppna diken eller öppna dammar. Infiltrationen underlättas av vegetationens rotbildning och det biologiska systemet omkring växternas rötter.

Mindre dagvattenvolymer kan direkt ledas ut på öppna gräsytor som tillåts att översvämmas temporärt (se Figur 3). Om jordens naturliga infiltrationskapacitet inte är tillräcklig (t ex vid inslag av tunga leror) kan sand och morän blandas in i de övre jordskikten. Äldre permanenta gräsmattor kan ha en infiltrationskapacitet motsvarande ca 1 mm/min.

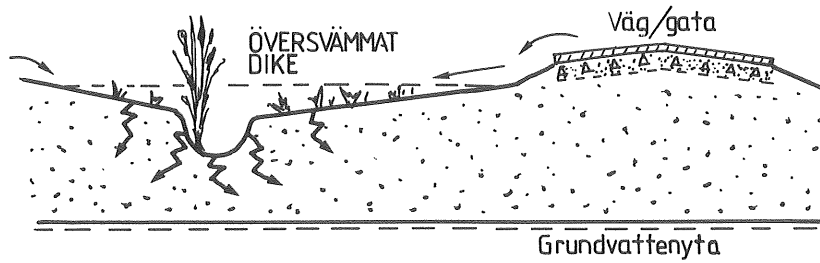
När dagvatten leds ut över t ex gräsbeksädda ytor kan emellertid t ex tungmetaller och andra föroreningar temporärt ansamlas på ytan. Av denna anledning bör ytorna inte direkt användas efter avledning. Under intensiva regn finns även risker för att större föroreningar och bakterier kan föras ut på infiltrationsytorna. Detta kan medföra oönskade hälsoeffekter och estetiska olägenheter.

Vid större dagvattenvolymer kan dagvattnet avledas till öppna diken. Dessa är ofta också vegetationsbeksädda och fungerar i princip på samma sätt som öppna gräsytor. Dagvattnet i diken infiltreras till grundvattnet beroende av permeabiliteten i dikets bottenmaterial. Denna kan ökas genom att anlägga grovkorniga jordarter i dikesbotten. Vid hög grundvattenyta förhindrar denna emellertid vidare infiltration.

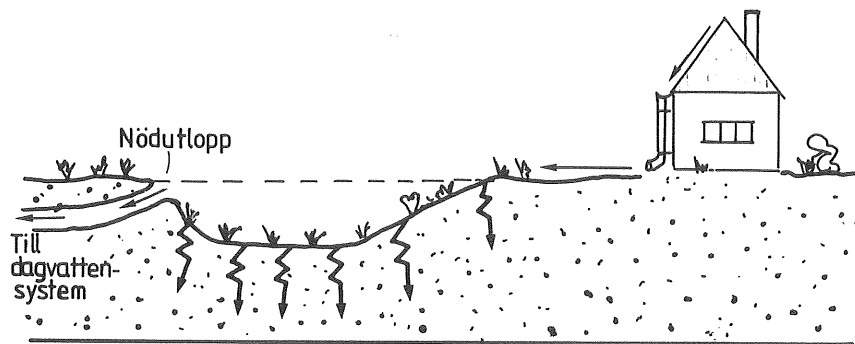
Efter hand som dagvattenvolymer ökar kan även de vegetationsbeksädda magasinens volym ökas. Infiltrationsbeksädda dammar med permeabelt bottenmaterial anläggs för flödesreglering. För att förhindra skador på byggnader och andra konstruktioner kan dammarna konstrueras med nödutlopp (se Figur 3 a-d). Sedimentavlagringar på botten av dammarna måste kontinuerligt bortforslas för att bibehålla en hög infiltrationskapacitet.



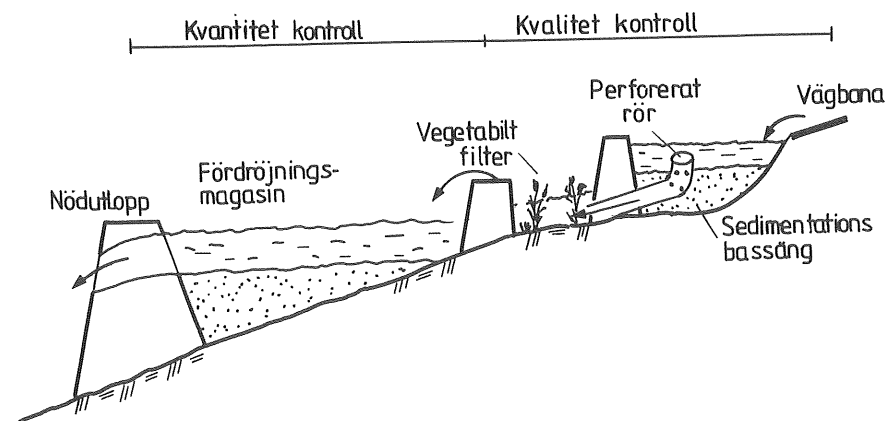
Figur 3 a Infiltration på översvänningsyta



Figur 3 b Infiltration i öppet dike



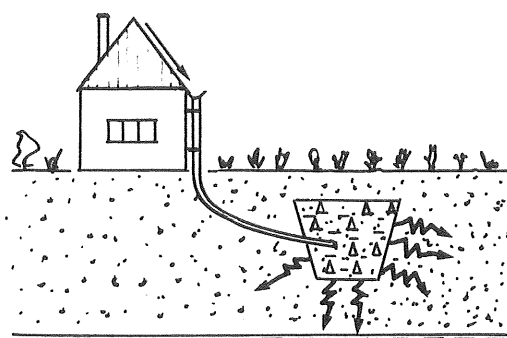
Figur 3 c Infiltration i vattengenomsläpplig damm



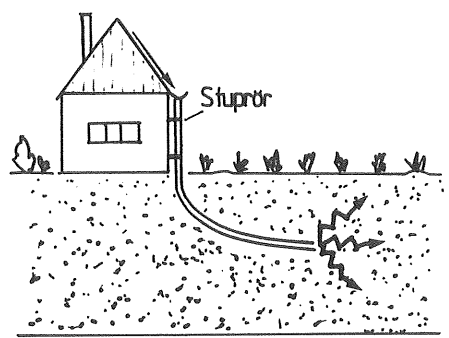
Figur 3 d Fördröjningsmagasin med föroreningsreducerande funktion

### Infiltration i magasin

För att erhålla en snabbare infiltration till grundvattenytan kan speciella magasin anläggas. I gengäld erhålls emellertid en större risk för grundvattenkontaminering. Magasinet anläggs i den omättade zonen och fylls med grovt material (makadam, krossad sten etc; se Figur 4 a). Om jordens naturliga permeabilitet är hög kan dagvatten från t ex takytor ledas direkt ned i marken (Figur 4 b).



Figur 4 a Perkolationsmagasin för takvatten



Figur 4 b Perkolations direkt till marken

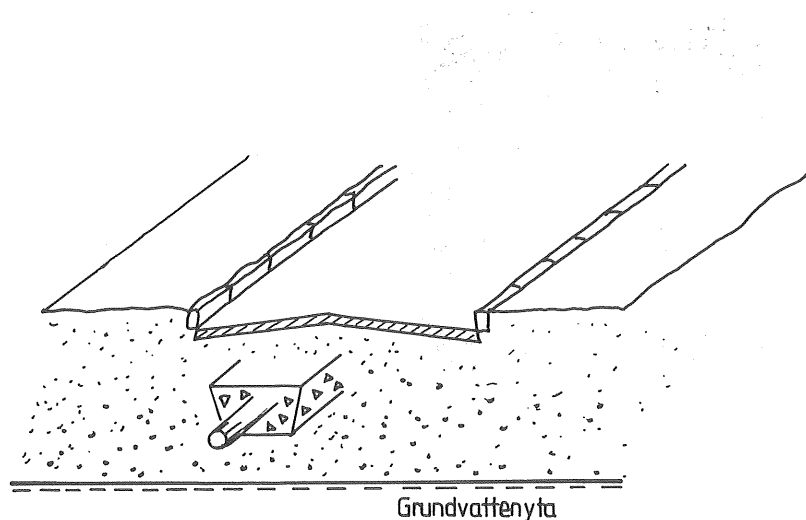
Risken för grundvattenförorening är betydligt mindre vid ytinfiltration, där det översta marklagret och matjordsskiktet absorberar föroreningar, jämfört med infiltration i perkolationsmagasin förlagda i mineraljordar. Infiltrationsytor bör ej användas för odling av grönsaker och liknande. Infiltration eller anläggande av perkolationsmagasin bör ej ske nära vattentäkt. Reningseffekten i mark uppnås genom adsorption och jonbyte men kan också ske genom mikrobiologisk nedbrytning. Tungmetaller och organiska ämnen i dagvattnet är ofta bundna till det suspenderade materialet. Polyaromatiska kolväten är till största delen partikulärt bundet i dagvattnet. Lösta metaller och t ex fosfatfosfor och nitratkväve kan följa med det perkolerande vattnet och förorena grundvattnet.

### Infiltration genom öppna beläggningar

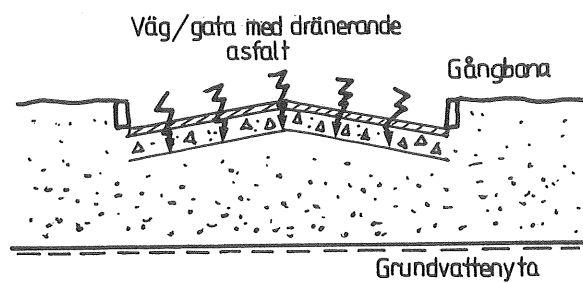
Dagvatten uppstår ofta på vägar, gator och cykel- och gångbanor. Det är därför naturligt att försöka infiltrera dagvattnet direkt genom asfaltytan. Figur 5 a-c visar hur infiltrationen kan ske direkt genom eller till en väggkropp. Eftersom trafikområden även genererar stora föroreningsmängder bör denna typ av anläggning inte användas nära dricksvattentäkter. Undersökningar har visat att föroreningar i avsmältande snö reduceras kraftigt vid infiltrationen genom beläggnings (susp, TS och tungmetaller). Däremot observerades en höjning av totalkväve och olika kvävefraktioner.

På grund av öppna beläggnings stora infiltrationsförmåga (500-700 mm/min) kan även andra ytor anslutas till anläggningen (t ex takytor) och därigenom effektivt infiltreras.

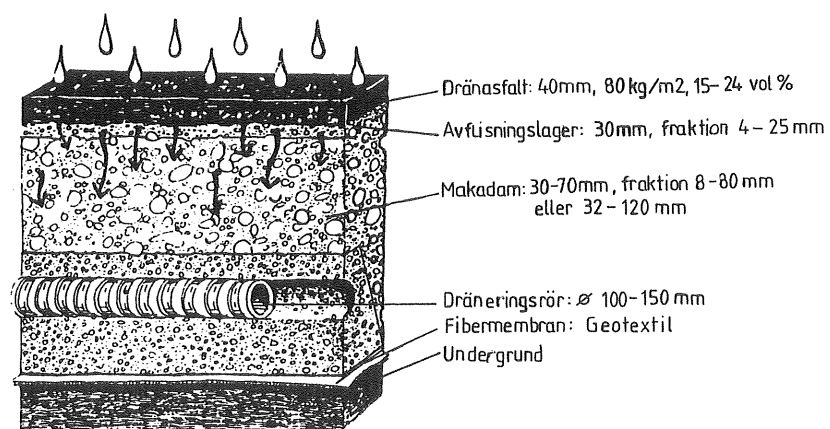
Den stora infiltrationsförmågan hos t ex öppna vägbeläggningar kan emellertid även innebära risker vid miljöfarliga transporter. Detta måste således beaktas vid planering av de permeabla ytorna. Transporten av tungmetaller genom öppna vägbeläggningar kan emellertid kraftigt reduceras trots den höga infiltrationsförmågan (Hogland och Wahlman, 1989).



Figur 5 a Perkolationsmagasin förlagt till väggkroppen



Figur 5 b Infiltration genom öppen vägbeläggning



Figur 5 c Infiltration genom en enhetsöverbyggnad

## KVALITETSEFFEKTER AV LOD

Dagvattnet innehåller vanligtvis höga halter av tungmetaller, t ex bly, koppar och zink, vilka kan ha toxiska effekter på växt- och djurliv. Marken binder i regel tungmetaller, speciellt lerhaltiga och mullrika jordar. Kadmium är en giftig metall förekommande i dagvattnet som inte binds lika lätt som de övriga. Mikroorganismer och andra i marken förekommande djur kan påverkas negativt av metaller. Jordar består av en heterogen blandning av olika organiska och oorganiska mineralsubstanser, lermineraler, oxider av järn, aluminium, magnesium och andra fasta komponenter av varierande löslighet. Bindningsmekanismerna av föroreningarna till jordpartiklarna är mångfaldiga och varierar med sammansättningen av jorden. Kompositionen av jorden varierar även med djupet. De processer vilka bestämmer koncentrationen av tungmetaller som kan gå i lösning är ej fullt kända för närvarande. Förändringar i markvattenhalt, avvikelser från jämviktstillstånd och förändringar av löslighet, förändring av aktiviteter hos mikroorganismer vilka påverkar redoxförhållandena. Den relativa rörligheten hos metaller kan uttryckas grovt med förhållandet löst till bunden mängd av varje metall i relation till pH. Rörligheten hos metaller i t ex sura jordar minskar enligt följande ordning  $Cd > Ni > Zn > Mn > Cu > Pb > Hg$  (Hogland och Wahlman, 1989; SNV, 1980; 1982). Påverkan av pH på koncentrationen av tungmetaller i lösning varierar i förhållande till innehållet av organiskt material.

Under vinterväghållningen tillförs dagvattnet sand och salt. Natrium- och kloridjoner i hög koncentration är giftigt för växter. Kloridjonerna tas upp direkt av växternas rötter medan natriumjonerna hämmar växtens upptagningsförmåga av andra nödvändiga joner. Natrium kan även anrikas i växternas rötter och stamdelar. Natriumförgiftning visar sig som minskad bladyta och mörkare gröna blad. Klorid ansamlas i bladen och kan visa sig som bladförtjockning. I båda fallen dör bladen efter hand.

Effekten av höga halter av suspenderat material på växt- och djurliv är oklar. Oljor förekommer i stor utsträckning i dagvatten. Dessa kan flyta ovanpå grundvattnet och därmed strömma i grundvattenriktningen. En mindre andel olja övergår även i löst form. I mark kan oljan emellertid brytas ned av mikrober, en process som dock går relativt långsamt.

Vatten från takytor och gångbanor är i regel betydligt renare och lämpligare för infiltration än vatten från hårt trafikerade gator och vägar. Viss försiktighet bör iakttagas när vattnet transporterats över kopparbeklädda och förzinkade ytor, t ex koppartak och äldre typer av hängrännor och stuprör.

I allmänhet kan det översta markskiktet i vegetationsklädd mark betraktas som ett filter för föroreningar. Organiska och oorganiska näringsämnen kan tas upp av växtlighet och brytas ned eller omvandlas till ofarliga föreningar. I dagvattnet föreligger en stor del av metallerna i partikulär form och fastnar därmed i det översta markskiktet. Metaller i jonform kan adsorberas av lermineral eller bindas av organiskt material.

## LITTERATUR

- BFR, (1980).  
Regn i tätort, kunskapsläge och forskningsplan, BFR G15:1980, Stockholm.
- Florgård, C. och Palm, R., (1980).  
Vegetationen i dagvattenhanteringen, SNV, Solna.
- Hall, M. J., (1984).  
Urban hydrology, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Essex, England.
- Hogland, W., (1986).  
Rural and urban water budgets - a description and characterization of different parts of the water budgets with special emphasis on combined sewer overflows. Department of Water Resources Engineering, Lund University, Report No. 1006, Lund, Sweden.
- Hogland, W. Wahlman, T., (1989).  
Enhetsöverbyggnad, hydrologiska och vägtekhniska egenskaper, Inst. för Teknisk Vattenresurslära, LNTN/Lunds Univ., Lund.
- Hogland, W. Berndtsson, R. och Larson M., (1986).  
Bräddavlopp - funktionsanalys, sanering och dimensionering av bräddavlopp, Byggeforskningsrådet T13:1986, Stockholm.
- Holmstrand, O. och Lindvall, P., (1979).  
Infiltrera dagvatten - planering och metoder, Naturvårdsverket och Byggeforskningen, Stockholm.
- Kibler, D. F., (1982).  
Urban stormwater hydrology, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Lazaro, T. R., (1979).  
Urban hydrology - a multidisciplinary perspective, Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Mich.
- Malmquist, P-A., (1983).  
Urban storm water pollutant sources, an analysis of inflow and outflows of nitrogen, phosphorus, lead, zinc and copper in urban areas. Department of Sanitary Engineering, Chalmers University of Engineering, Göteborg, Sweden.
- Svensson, G., (1987).  
Modelling of solids and metal transport from small urban watersheds, Department of Sanitary Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- SNV, (1980).  
Metallförorening och markprocesser, SNV, Solna.
- SNV och BFR, (1983).  
Sanering av avloppssystem - planering och exempel, Naturvårdsverket och Byggeforskningsrådet, Solna.

- SNV, (1982).  
Lakvatten, karaktär, åtgärder, kontroll, SNV, Solna.
- SNV, (1983).  
Dagvattenhantering - planering och miljöeffekter, Naturvårdsverket,  
Meddelande 1/1983, Solna.
- Stahre, P., (1981).  
Flödesutjämning i avloppsnät, BFR T13:1981.
- Wanielista, M. P., (1979).  
Stormwater management - quantity and quality. Ann Arbor Science  
Publishers Inc., Ann Arbor, Mich.
- VAV, (1976)  
Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar, Svenska Vatten-  
och Avloppsverksföreningen, VAV P 28, Stockholm.
- Villumsen, A. (red.), (1987).  
Geodata i planlægningen, Temahefter i Miljölaere, Nordiskt Ministerråd.





## **BIOLOGISK/EKOLOGISKA ASPEKTER PÅ ETT LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV DAGVATTEN (LOD)**

*Torleif Bramryd, Ekologiska institutionen, Lunds universitet, Ekologihuset, Helgonavägen 5, 223 62 Lund.*

---

### **DAGVATTNETS SAMMANSÄTTNING**

Dagvatten från hårt trafikerade vägar kan innehålla höga halter av vissa tungmetaller som t ex bly från avgaser, krom från däckslitage, koppar och nickel, etc. Dessutom blir dagvattnet kontaminerat av polycykliska föreningar, sot, asbest etc.

Förutom föroreningar som härrör från biltrafiken samt asfaltmaterial deponeras även en stor del av tätortens övriga luftföroreningar på gator och andra hårdgjorda ytor. Vintertid i samband med t ex halkbekämpning tillföres stora mängder oorganiska salter som t ex klorider och sulfater, vilka sedan avledes genom dagvattnet.

### **Effekter av bräddning**

I och med införandet av duplikatsystem inom allt större områden har dagvattenmängderna ökat. Det primära syftet med duplikatsystem är att i möjligaste mån undvika den kraftiga belastningen på avloppssystemen som äger rum i samband med häftiga regn. Vid sådana tillfällen blir ibland avloppssystemets kapacitet otillräckligt med översvämningar och stigande avloppsvatten i golvbrunnar som följd. Bräddning av orenat avloppsvatten antingen i kanaler och andra vattensystem inne i tätorterna eller i anslutning till avloppsreningsverken medför utsläpp av sanitärt avloppsvatten, vilket är olyckligt ur såväl estetisk som hälsoskyddssynvinkel. Dessutom sker en kraftig utspädning av det sanitära avloppsvattnet vid reningsverken, vilket kan leda till minskad reningseffektivitet. Ett ökat flöde av dagvatten genom de vanliga reningsverken innebär vidare ökande kostnader.

## DAGVATTNETS EKOLOGISKA EFFEKTER PÅ RECIPIENTEN

När separat insamlat dagvatten från ett större område i en kommun ledes till ett punktutsläpp i en recipient kan detta innebära en lokalt stor belastning av tungmetaller, organiska miljögifter, etc. Man har därför alltmera börjat ställa krav på kemisk fällning eller annan rening av dagvattnet innan utsläppet.

Tungmetaller i likhet med vissa organiska gifter ackumuleras lätt i organiskt material och halterna i t ex sediment kan med tiden bli höga. Detta kan i sin tur innebära en spridning till fiskfaunan via detritusätande organismer (organismer som äter slam och organiskt sediment). Även vattenlösliga miljögifter tas upp av olika former av levande organismer. Eftersom många av miljögifterna inte bryts ner kommer koncentrationerna successivt att öka med stigande ekologisk näringsnivå.

De biologiska effekterna torde bli betydligt mindre om dagvattnet kunde tas omhand lokalt, antingen i anlagda fuktmarksbiotoper, eller genom infiltration i t ex grusbäddar. Härvid sker inte den koncentration av föroreningar till en bestämd utsläppspunkt som är fallet när ett centraliserat dagvattensystem ledes ut i recipienten.

## POSITIVA OCH NEGATIVA EFFEKTER AV LOKALT OMHÄNDERTAGANDE AV LAKVATTEN

### Infiltration på platsen

Permeabel asfalt har alltmera börjat användas såväl på parkeringsytor som på vägar med stor trafikbelastning och där man särskilt vill nedbringa riskerna för vattenplaning. Infiltrationen på platsen innebär en rad fördelar ur såväl hydrologisk som miljövardssynvinkel. Genom LOD tillföres grundvattenmagasinen kontinuerligt vatten även i tätorter och under andra hårdgjorda ytor och risken för sjunkande grundvattennivåer minskar.

Infiltration av dagvatten genom permeabel asfalt ställer emellertid ökade krav på såväl vägbanans bärlager som på marken under vägbanan. Det är härvid önskvärt att underliggande mark kan fungera som en biobädd med en aktiv mikroflora som kan sönderdela och immobilisera olika typer av föroreningar.

Infiltration av ett tungmetallhaltigt dagvatten genom en asfalt på grusgrund kan ifrågasättas eftersom gruset har en relativt svag effekt att fånga upp nedträngande metaller. Om marken däremot

är lerhaltig finns goda förutsättningar för att miljögifter av olika slag fastlägges i det översta marklagret under vägen. Dessa problemställningar är av speciell vikt att betona i ekologiskt känsliga områden eller i närheten av vattentäkter ed. Det är vidare viktigt att överväga de konsekvenser som t ex en tankbilsolycka eller annat stort spill av miljöfarliga ämnen kan få på mark och grundvatten.

Det har i vissa delar av landet diskuterats möjligheterna att använda slagg eller andra liknande avfallsprodukter som bärlager under vägar. Som argument har man därvid framfört att utlakningen av t ex tungmetaller hindras av det täta asfaltlagret. Detta utnyttjande av slagg på vägbankar är i dag inte tillåtet i Sverige på grund av att slaggens utlaknings- och vittringsegenskaper är dåligt kända. Inledande försök har indikerat stora utlakningsrisker för främst tungmetaller. Om LOD skall tillåtas måste man därför ställa höga krav på bärlagrets kemiska sammansättning. Om dessa krav uppfylles kan dock LOD ha många positiva effekter på t ex hydrologi och förbättrad markfuktighet.

### **Infiltration på speciella ytor**

#### **Infiltration över gräsyta**

Som alternativ till infiltration genom t ex asfalt kan dagvattnet ledas till speciella infiltrationsytor. Om ett starkt föroreningsbelastat lakvatten skall behandlas på detta sätt ställs krav på att marken skall ha relativt mäktiga lerlager för att kunna binda upp tungmetaller. En lerhaltig mark har dock betydligt sämre vattengenomsläppliga egenskaper än en sandigare jordart. Detta får den naturliga följderna att denna typ av infiltration blir mindre lämplig för förorenade dagvatten.

Dagvatten från hårdgjorda ytor med låg föroreningsbelastning skulle dock kunna infiltreras på sandhaltiga marker. Samma kan i vissa fall gälla regnvatten uppsamlat från t ex tak, under förutsättning att takbeklädnaden inte avger höga halter av miljöstörande ämnen.

Om däremot infiltrationsytan är bevuxen med en vattenkrävande vegetation med hög evapotranspiration ökar man vattenavdunstningen. Speciellt för lakvatten från avfallsupplag kan ett utspridande på gräs- eller energiskogsytorna vara att föredra, även om själva infiltrationen i marken hålles låg. Lakvattnets höga näringsinnehåll medför även en gödsling av den odlade vegetationen.

Speciellt på grund av en stor produktion och förnyelse av finrötter har en gräsyta stor humusbildande förmåga. Den höga halten av organiskt material i rotzonen bidrar till att fastlägga tungmetaller och näringsämnen från det nedträngande vattnet. Organiskt material har i likhet med

lerpartiklar en god komplexbindningsförmåga för de flesta tungmetaller. Detta gäller speciellt inom pH intervallet 5-7. Vid lägre pH värden släpper komplexbindningarna alltmera och detta är en av orsakerna till den ökade metallutlakningen från försurande marker.

Olika gräsarter har olika förmåga att tillgodogöra sig vatten och näringsämnen. Vid försök med lakvattenrening i biofilter bl a vid avfallsupplagen i Eslöv och Helsingborg har hundäxing (*Dactylis glomerata*) och ängssvingel (*Festuca pratensis*) visat sig vara speciellt lämpliga på grund av en god kapacitet att öka biomasseproduktionen vid optimerade vatten- och näringsförhållanden (Bramryd 1988).

Dagvatten från vägar innehåller relativt stora mängder kväve. Detta gäller speciellt nitratkväve. Genom mikrobiell immobilisering fastlägges dock en del av detta kväve i organisk form för att så småningom frigöras som bl a ammoniumkväve. Vid en konstant tillförsel av dagvatten under en längre period finns risk för anaerobi i det översta markskiktet. Detta kan innebära att en viss del av nitratkvävet i dagvattnet denitrifieras och bortgår som kvävgas.

Dagvatten innehåller, i likhet med lakvatten från avfallsupplag, normalt låga halter av fosfor, och ett villkor för att dagvattenbevattningen skall ge gott resultat, räknat i såväl mängd avdunstat vatten som i gräsproduktion, är att marken från början har relativt god tillgång på fosfor.

Öppen dagvatteninfiltration av förorenat dagvatten kan dock ifrågasättas inom grönområden som användes som lekplats av barn eller för vallning av hundar. Risk torde föreligga för att tungmetaller, asbestinnehållande stoft, organiska ämnen, etc kan fastläggas på vegetationens ovanjordiska delar. Om t ex ett barn stoppar gräs eller andra växter i munnen kan det få i sig dessa miljögifter.

Infiltration av ett starkt tungmetallhaltigt dagvatten kan även medföra störningar i den ekologiska balansen i marken. Många tungmetaller stör t ex de mikrobiella processerna med minskad nedbrytning av förnamaterial som följd. Aktiviteten av enzymet ureas, vilket är verksamt i kväveminereringsprocesserna, minskar med ökande tungmetallkoncentration. Koncentrationer av koppar överstigande 50-300 ppm, eller 2-10 gånger högre halter än bakgrundskoncentrationerna, eller zinkhalter överstigande ca 1200 ppm (ca 6 gånger högre koncentrationer än bakgrundshalterna), minskar avsevärt kvävemineringsprocesserna (Tyler 1974, Wilson 1977).

Ett nära samband finns även mellan tungmetallkoncentrationer och halterna av extraherbart fosfat i marken. Aktiviteten hos fosfatashydrolytiska enzymer i marken, vilken har stor betydelse för

fosforfrigörningen i marken, är direkt korrelerad med tungmetallkoncentrationen. Denna korrelation är t ex signifikant redan i intervallet 30-200 ppm koppar (Tyler 1974). Ökande koncentrationer av vanadin minskar enzymaktiviteten redan i låga koncentrationer (Tyler 1976).

Med dagvattnet transporteras förutom tungmetaller och andra miljögifter även klorider, främst från halkbekämpning. Dessa ämnen sammantaget innebär stor stress för t ex träd i anslutning till vägar eller infiltrationsytor. Speciellt är lind och kastanj känsliga för t ex vägsalt. Vissa lövträd mår heller inte bra av att rotsystemen under längre tid står i vattenmättad jord. Detta beror bl a på risker för rötsvampangrepp samt risker för ev svavelvätebildning. För vissa arter som t ex sälgarter, björk och asp kan tvärtom en hög vattenhalt vara av stor positiv betydelse.

Normalt kommer dagvatten från förorts- och villabebyggelse aldrig upp i föroreningskoncentrationer då ekologiska störningar kan förväntas. Det är vidare i dessa områden som anlagda våtmarksbiotoper är mest realistiska och kan utgöra värdefulla grönområden.

#### Infiltration i grusbäddar

Dagvatten kan även infiltreras i grusområden eller i stora håligheter i marken. Detta kan t ex ske i makadamförstärkta gropar. I detta fall transporteras t ex tungmetaller direkt ner i marken och kommer inte i så stor kontakt med växter. För starkt förorenade dagvatten är det dock viktigt att vattnet får tillfälle att infiltrera genom tillräckligt tjocka och lerhaltiga lerlager innan det når grundvattnet.

En infiltration av dagvatten i anslutning till vikar eller vattendrag med låg vattenföring kan vara av stor positiv betydelse eftersom detta t ex kan motverka eutrofiering och igenväxning. Denna metod har t ex diskuterats inom vissa ekologiskt känsliga områden inom Lidingö kommun. Som villkor har härvid ställts att dagvattnet inte får komma från gator och vägar med hög trafikintensitet samt att infiltrationen reducerar näringsämneshalten i dagvattnet..

Vid tillförsel av dagvatten rika på klorider eller andra anjoner kan jonbytesreaktioner på markkolloiderna medföra att väsentliga näringsämnen tvättas ut. Vidare kan tillförsel av kloridhaltiga dagvatten ändra markens kolloidstruktur och orsaka större rörlighet hos markpartiklarna. Detta i sin tur kan innebära ökade risker för t ex sättningar.

## SLUTSATSER

- \* Infiltration av dagvatten kan ha många positiva effekter. Förutom kostnadsbesparingar kan vatteninfiltration minska riskerna för sjunkande grundvattenmagasin.
- \* Infiltration av dagvatten i anslutning till vikar eller vattendrag kan öka vattengenomströmningen, vilket kan motverka risken för eutrofiering.
- \* Infiltration av dagvatten ställer stora krav på markens beskaffenhet. Vid infiltration av förorenade lakvatten är det viktigt att vattnet får passera lerhaltiga jordlager innan det når grundvattnet. Hög humushalt är även positivt för att komplexbinda tungmetaller.
- \* Inom sandmarker eller i ekologiskt känsliga områden får infiltration endast ske av dagvatten med låg föroreningshalt.
- \* Infiltration i biofilter bestående av gräs, träd eller buskar med hög vattenkonsumtion är positivt då vattenmängderna härigenom kan reduceras. Vidare finns förutsättningar att skapa anlagda våtmarksbiotoper i tätorterna. Dessa kan utgöra värdefulla grönområden.

## REFERENSER

- Bramryd T 1988. Leachate from landfills - a valuable fertilizer for revegetation of landfills with grass or energy forests. In Andersen and Møller (eds) ISWA 88. Proceedings of the 5th Int Solid Waste Conference. Vol 2:61-68. Academic Press, London.
- Tyler G 1974. Effekter av tungmetallförorening på nedbrytningsprocesser i skogsmark. Statens Naturvårdsverk PM 443, 1-23.
- Tyler G 1976. Heavy metal pollution, phosphatase activity and mineralization of organic phosphorus in forest soils. Soil Biol. Biochem. 8, 327-332.
- Tyler G 1977. Effekter av tungmetallförorening på nedbrytningsprocesser i skogsmark III. Statens Naturvårdsverk PM 861, 1-105.
- Wilson D. O. 1977. Nitrification in three soils amended with zinc sulfate. Soil Biol. Biochem. 9, 277-280.

## DAGVATTEN - EKOLOGISKA EFFEKTER OCH MÖJLIGHETER

*Lennart Henrikson, Miljökontoret, Marks kommun, 511 80 Kinna:*

---

### DAGS ATT OMRÖVA DAGVATTENHANTERINGEN

Dagvatten är den del av nederbörden som faller på ytor som inte är genomsläppliga för nederbörd. Målet med dagens hantering av dagvatten tycks vara, att så snabbt som möjligt "bli av" med vattnet från det aktuella området. Detta sker antingen genom inkoppling på spillvattennätet eller separat avledning direkt till en recipient, dvs ett vattendrag, en sjö eller havet. Denna hantering av dagvattnet kan leda till negativa ekologiska effekter om dagvattnet är förorenat eller de naturliga hydrologiska förutsättningarna ändras. Utifrån ekologiska aspekter kan man alltså ifrågasätta dagens dagvattenhantering.

Det borde vara dags att acceptera, att dagvattnet kan orsaka oönskade ekologiska effekter och därför utnyttja nya kunskaper och de erfarenheter som finns för lokalt omhändertagande av dagvatten. En metod att rena vattnet är att utnyttja våtmarker eller dammar, vilka även kan fungera som utjämningsmagasin och "nya" naturtyper i tätorten till glädje för faunan och floran och inte minst människan.

Detta utvecklas närmare i denna uppsats där framställningen koncentreras till den vattenlevande faunan. (Vegetationen i dagvattenhanteringen har bl a behandlats av Florgård & Palm (1980).)

### EKOLOGISKA EFFEKTER AV FÖRÄNDRAT VATTENFLÖDE

Ändringar av vattenflödet till följd av dagvattenhanteringen drabbar framför allt mindre stillastående eller rinnande vatten. Avledning av dagvatten innebär ofta att naturliga vattenvägar skärs av och att utsläppen koncentreras till enstaka punkter i avrinningsområdet. Detta kan t ex medföra mindre vattenmängd i en liten bäck och mer i annan jämfört med naturliga förhållanden.

En minskad vattenmängd i ett bäckavsnitt leder till en förhöjd temperatur och därför lägre syrehalter. Lågvatten innebär också, att t ex öringungar inte vandrar ut till havet (Bohlin, muntl.



medd.). Minskar vattenmängden blir dessutom bottenytan mindre i bäcken, bottensubstratet förändras med färre tillgängliga habitat och den biologiska produktionen minskar och vissa arter slås ut (t ex Cowx m fl 1984). Risken för uttorkning ökar, vilket påverkar faunan i ännu högre grad (t ex Moth Iversen m fl 1978). Ökar vattenmängden gentemot naturliga förhållanden, ökar t ex risken för erosion liksom den s k driften (t ex Brooker & Hemsworth 1978).

En annan hydrologisk effekt är, att naturens egna utjämningsmagasin elimineras, dels genom att byggnadssättet är sådant att man strävar efter snabb avrinning i ledningssystemet och dels genom att andelen hårdgjorda ytor är så stor. Vattenflödet kommer då att variera kraftigt och påverka fauna och flora, vilket kan ses som en parallell till korttidsreglering av vattnet vid kraftverk. Snabba korttidsvariationer är mycket påfrestande på floran och faunan (t ex Henricson & Sjöberg 1984).

Det stötvisa vattenflödet medför också stora variationer i vattenkvaliteten - se nedan.

#### **EKOLOGISKA EFFEKTER AV FÖRORENAT DAGVATTEN**

Dagvattnet kan innehålla föroreningar av olika slag beroende på varifrån dagvattnet härstammar (SNV 1983a). Av de föroreningar, som kan finnas i dagvatten, ger speciellt näringsämnen/organisk substans och giftiga ämnen negativa ekologiska effekter. Effekterna kan vara mycket svåra att förutse, eftersom faktorer som pH, syrehalt och temperatur påverkar giftigheten. Vidare kan flera ämnen, som var för sig förekommer i ofarliga koncentrationer, tillsammans ge giftverkan (synergism).

Man kan skilja på subletal och letala effekter. Exempel på subletal effekt är, att det förorenade vattnet kan fungera som ett "kemiskt vandringshinder". Fisk har ett välutvecklat luktsinne, som till stor del styr deras beteende (t ex Olsén 1986). Ett utsläpp av förorenat vatten vid en viss punkt i ett rinnande vatten kan alltså innebära att vandringsfisk, som lax och öring, inte vandrar uppströms till biotoper som kanske är lämpliga för fortplantningen.

Allmänt gäller att utsläppen av dagvatten sker till recipienternas grundområden, vilka är mycket betydelsefulla för den

biologiska produktionen. En påverkan på dessa områden är alltså speciellt allvarlig.

Förutom direkta utsläpp av förorenat dagvatten ökar blandningen av dag- och spillvatten risken för att bräddning måste göras från avloppssystemet. Dessutom kan föroreningar i dagvattnet och den ökade vattenmängden i sig själv störa processerna i avloppsreningverken med utsläpp av dåligt renat vatten till recipienten som följd.

### **Näringsämnen och organisk substans**

I sötvatten är i allmänhet fosfor ett bristämne för växtligheten. En tillförsel av fosfor leder därför till eutrofiering (t ex SNV 1983b) med en ökad växtproduktion som första stadium. Alger, som lever fritt i vattenmassan i stillastående vatten och fastsittande i rinnande vatten, ökar liksom högre vegetation, t ex vass och kavel dun. Ökningen av växtproduktionen leder också till en ökad produktion av djur, men däremot färre arter.

Den ökade näringstillgången leder vidare till radikalt förändrade konkurrensförhållanden för olika arter, vilket medför att vissa "nya" arter gynnas medan de ursprungliga missgynnas och kanske helt slås ut. Resultatet av en övergödning blir alltså ett helt annat ekosystem än vad som var det ursprungliga. En allvarlig följd kan bli, att när den ökade produktionen (liksom de direkta utsläppen) av organiskt material ska brytas ner av mikroorganismer förbrukas syre. Syrehalterna i vattnet minskar så att känsliga arter slås ut. I extremfall kan syrgasbristen i bottenvattnet också leda till frigörning av ytterligare näringsämnen från bottensedimenten. Förutom fosfor utgör kväve ett viktigt växtnäringsämne, som får speciellt stor betydelse i grunda havsvikar.

Från ekologisk utgångspunkt är det alltså oacceptabelt att stora mängder näringsämnen eller organisk substans tillförs små och stora recipienter. Dagvattnet kan innehålla stora mängder, vilket måste uppmärksammas vid såväl direkta utsläpp till recipienten som vid inkoppling på avloppsnätet. Av den totala fosfortillförseln till Växjösjön svarade dagvatten för hela 37 procent (Berndtsson m fl 1989a).

## Giftiga ämnen

Exempel på giftiga ämnen som ingår i dagvatten är tungmetaller, t ex bly (t ex Berndtsson m fl 1989a), och organiska föreningar, t ex oljeföreningar. Vissa av dessa ämnen kan förekomma naturligt, men då i mycket låga koncentrationer. Därför saknar ofta organismer de fysiologiska mekanismer, som kan oskadliggöra dem.

Experiment har exempelvis visat att födosöksbeteende förändras hos fiskar redan vid låg exponering av bly (Nyman 1981). Höga koncentrationer av koppar har visats påverka nattsländor av släktet Hydropsyche. Larverna kan inte spinna ett fungerande nät, som de behöver för att samla in den föda som driver med det rinnande vattnet (Petersen & Petersen 1983).

En annan känd egenskap hos tungmetaller är, att de kan ackumuleras i levande organismer (t ex Prosi 1979) och föras vidare i näringskedjorna både i vattnet och upp på land.

Letala effekter av tungmetaller har konstaterats på flera sötvattensorganismer. Fisk är mer känslig än insekter (Warnick & Bell 1969).

Oljeföreningar, som också påträffas i dagvatten, är komplexa blandningar av organiska och oorganiska substanser. Olja är dels direkt giftig och kan dessutom fästa sig på kroppsytan eller botensubstratet. Kunskapen om oljeföreningarnas effekter på sötvattensorganismer är ofullständig, men kronisk exponering kan minska såväl diversiteten som tätheten bland insekter (Barton & Wallace 1979). Å andra sidan kan vissa arter (indirekt) gynnas av olja (Rosenberg m fl 1977).

Det finns alltså ingen "ekologisk tolerans" för tungmetaller och giftiga främmande ämnen (i motsats till näringsämnen). Därför måste målet vara, att dessa ämnen ska förhindras att nå naturliga ekosystem.

## Bräddning

Inkoppling av dag- och dräneringsvatten på avloppsnätet leder också till en ökad mängd vatten i ledningsystemet, vilket, tillsammans med inläckage, ofrånkomligt leder till bräddning av helt orenat avloppsvatten på flera punkter i ledningsnätet.

Bräddvatten kan ha mycket höga halter av näringsämnen, syreförbrukande ämnen och metaller (t ex Berndtsson m fl 1989b). I

Marks kommun har uppskattningar visat, att lika mycket fosfor tillförs vissa recipienter via bräddningar (till stor del orsakade av dagvatten) som via det renade vattnet (opubl).

Påpekas bör kanske, att halterna av olika ämnen i recipienten ofta är relativa låga, beroende på utspädning pga stort vattenflöde. Därför är sannolikt risken för förgiftning inte så stor, men den totala mängden tillförda föroreningar är stor.

### **Föroreningsstötter**

Koncentration av föroreningar mm och avsaknaden av utjämningsmagasin, ger en stötvis belastning på recipienten. En vattenkemisk undersökning kan kanske visa på en biologiskt acceptabel medelkoncentration, trots höga toppar. Från biologisk synpunkt är det extremvärdena som är mest intressanta. En kortvarig föroreningsstöt kan slå ut en hel årsklass av en känslig art, vilket innebär att det tar minst ett år innan faunan återhämtat sig. Föroreningsstöternas betydelse i samband med dagvattenhantering har inte dokumenterats, men i försurningssammanhang är surstötar och dess effekter numera väldokumenterade (t ex Hasselrot m fl 1987).

### **VÅTMARKER SOM "RENINGSVERK" OCH BIOTOPER**

För att minska de negativa ekologiska effekterna på recipienterna måste dagvattnet renas och den urprungliga hydrologin behållas intakt. Detta kan ske med hjälp av anlagda och naturliga våtmarker utnyttjas. Dagvattnet kan då utnyttjas för att skapa "nya" och sällsynta biotoper i tätorter, vilket gynnar flora och fauna och bidrar till en ökning av den biologiska mångfalden.

### **Våtmarker - sällsynta biotoper i tätorter och kulturlandskapet**

Våtmarker och andra vattenmiljöer har stor ekologisk betydelse, men de upplevs ofta som ett hinder för människans verksamheter. Därför har människan sedan århundranden tillbaka försökt avleda vattnet från såväl tätorter som åker- och skogsmark. Många ekosystem, där vattnet utgör en grundförutsättning, har alltså

kraftigt förändrats eller till och med helt eliminerats. Märgelgravar och andra småvatten, småbäckar och öppna diken, kärr och andra våtmarker har nu blivit så sällsynta att storskaliga ekologiska effekter uppstått (t ex Fleischer m fl 1989, Pehrsson 1989).

En minskning av antalet och arealen av vattenmiljöer i landskapet ger avsevärt försämrade levnadsbetingelser för många arter. Långa avstånd mellan vatten eller vandringshinder innebär bl a att det genetiska utbytet mellan olika populationer minskar eller helt omöjliggörs. En minskning av den genetiska mångfalden hos olika populationer innebär en mindre förmåga till anpassning till förändringar i miljön. I kombination med små populationer innebär detta att risken för utrotning (i alla fall lokalt) blir stor.

Förstörelsen av småvatten och våtmarker är idag väldokumenterad och till stort men för naturvården, vars övergripande mål är att bevara en biologisk mångfald. Kring den pågående översynen av naturvårdslagen diskuteras just frågan om behovet av generella skydd för vissa naturtyper. Då har bl a märgelgravar och våtmarker nämnts som exempel.

Från naturvårdssynpunkt är det alltså synnerligen angeläget, att bevara eller återskapa vattenmiljöer i tätorter och andra kulturpåverkade miljöer. Det är inte enbart av s k vetenskapliga naturvårdskäl som våtmarker bör bevaras. De har stor betydelse även för den sociala naturvården. Tillgång på vatten i närmiljön ger många människor möjligheter till fina naturupplevelser och naturstudier.

### **Vattenmiljöer - speciella ekosystem**

Småvatten (dammar och liknande) har en mycket speciell biologisk funktion. Där kan många arter, som inte klarar sig i större vatten, finna en uppehållsplats, bl a beroende på att dessa småvatten ofta saknar fisk. Fisken kan nämligen i sin egenskap av topprovdjur i stor utsträckning styra faunasammansättningen och i viss mån även florán (t ex Stenson m fl 1978). Småkryp, t ex många insekter, och grod- och salamanderdjur (larver) blir normalt uppätta av fisken, men kan alltså i fisktomma miljöer överleva och bilda individrika populationer. Detta gynnar i sin tur andra arter, som lever av smådjur, t ex andfåglar som gräsand och

knipa. Gräsanden äter dessutom av de fröer som produceras av växter i dessa småvatten.

Även de små rinnande vattnen, som också försvunnit i tätorter genom t ex kulvertering, hyser naturligt en mångformig fauna. Men de har också en annan speciell ekologisk funktion, eftersom de tjänar som vandringsled för fisk och andra djur mellan olika stillastående vatten.

### **Våtmarker som "reningsverk" och utjämningsmagasin**

Våtmarker är ofta mycket produktiva ekosystem både vad gäller växter och djur och har också andra höga naturvärden. Under senare tid har desutom våtmarkernas funktion som naturliga "reningsverk" eller "vattenreningskärr", t ex för kväve, uppmärksammats och föreslagits som ett sätt att minska tillförsel av näringsämnen till västerhavet (Fleischer m fl 1989, Pehrsson 1989).

Genom såväl icke-biologiska processer, t ex sedimentation, och biologiska, t ex denitrifikation, minskas mängden näringsämnen, men också andra ämnen. En utveckling av "naturliga" våtmarker är, att anlägga ett s k våtmarksfilter, vilket borde vara speciellt lämpligt i dagvattenhanteringen.

Ett våtmarksfilter utgör en kombination av en anlagd våtmark, planterad med rotade våtmarksväxter och ett infiltrationssystem. Resultat av försök (Sundblad & Löwgren 1989) visar, att de traditionella kraven på rening av avloppsvatten på fosfor och syreförbrukande material väl uppfylls och att kväve reduceras avsevärt. Samtidigt kommer naturligtvis andra föreningar, t ex metaller, att i varierande omfattning hållas kvar i våtmarksfilteret. (Starkt förorenat dagvatten, t ex från större vägar och parkeringsplatser, bör nog avledas till reningsverk för "omhändertagande", medan dagvatten från bostadsområden, skolgårdar o likn bör kunna hanteras i våtmarker.)

Våtmarker kan också fungera som ett utjämningsmagasin så att den existerande flödessituationen nedströms det område som skall bebyggas inte ändras. På detta sätt kan alltså de negativa ekologiska effekterna minskas. Detta är enligt Niemczyniowicz (1988) en viktig princip i den kanadensiska planeringen av dagvattensystem.

**BEHOV AV FORSKNING**

Dagens kunskaper om dagvattnets negativa ekologiska effekter är tillräckliga för att åtgärder ska vidtas, men dessa kan bli ännu bättre med ytterligare kunskaper. Forskning behövs bl a för att belysa

- storskaliga ekologiska effekter av dagvattenhanteringen, t ex spridningsbiologi
- subletala effekter av olika föroreningar,
- stötvis föroreningsbelastning,
- möjligheter till minskning av föroreningar vid källan.

**SLUTORD**

Av olika skäl skall vi hushålla med våra naturresurser. I ett långt perspektiv finns överlevnadsskäl för kommande generationer. På både kort och lång sikt är också de etiska motiven angelägna, dvs vi ska hantera de arter som tillsammans med människan lever på jorden på ett anständigt sätt.

Hanteringen av dagvatten måste också anpassas till ett modernare tankesätt. Det finns idag möjligheter att mildra de negativa ekologiska effekterna genom att inte förändra vattenflödet i nämnvärd grad och att rena förorenat dagvatten. Våtmarker kan då vara ett alternativ, eftersom de både kan fungera som ett fördröjningsmagasin och ett "reningsverk". Dessutom skapas "nya" attraktiva miljöer för växter, djur och människor i tätorten.

Man bör dock observera, att mycket starkt förorenat dagvatten (t ex av metaller) till en våtmark utgör en risk för organismerna. Därför måste första steget i "reningen" vara att inte "producera" föroreningar, genom t ex användning av mindre farliga kemikalier vid produktionen, i hemmen osv.

Dagvattnet måste alltså integreras på ett bättre sätt i den moderna kommunala mark- och vattenplaneringen där ekologiska aspekter fått ett större utrymme.

## REFERENSER

- BARTON D.R. & WALLACE, R.R. 1979. Effects of eroding oil sand and periodic flooding on benthic macroinvertebrate communities in a brown-water stream in Northeastern Alberta, Canada. - CAN. J. ZOOL. 57:533-541.
- BROOKER, M.P. & HEMSWORTH, R.J. 1978. The effect of release of an artificial discharge of water on invertebrate drift in the River Wye, Wales. - HYDROBIOLOGIA 59:155-163.
- BERNDTSSON, R., HOGLAND, W. & LARSSON, M. 1989. Bräddning - ett föroreningsproblem? - VATTEN 44:230-236.
- BERNDTSSON, R., HOGLAND, W., LARSSON, M., ENELL, M., WENNBERG, L. & FORSBERG, J. 1989. Dagvattnets effekter på Växjösjön. - VATTEN 45:167-173.
- COWX, I.G., YOUNG, W.O. & HELAWELL, J.M. 1984. The influence of drought on the fish and invertebrate populations of an upland stream in Wales. - FRESHW. BIOL. 14:165-177.
- FISHER, S.G. & LaVOY, A. 1972. Differences in littoral fauna due to fluctuation water levels below a hydroelectric dam. - J. FISH. RES. BOARD CAN. 29:1472-1476.
- FLEISCHER, S., ANDREASSON, I.-M., HOLMGREN, G., JOELSSON, A., KINDT, T. RYDBERG, L. & STIBE, L. 1989. Markanvändning-vattenkvalitet - En studie i Laholmsbuktens tillrinningsområde. - LÄNNSTYRELSEN I HALLANDS LÄN, MEDD. 1989:10.
- FLORGÅRD, C. & PALM, R. 1980. Vegetationen i dagvattenhanteringen. NATURVÅRDSVERKET.
- HASSELROT, B., ALENÄS, I., ANDERSSON, I. & HULTBERG, H. 1987. Response of limed lakes to episodic acid events in southwestern Sweden. - Water, Air, and Soil Pollution 32:341-362.
- HENRICSON, J. & SJÖBERG, G. 1984. Stream zoobenthos below two short-term regulated hydro-power dams in Sweden. - Ur: Lillehammer, A. & Saltveit, S.J. (eds.), Regulated Rivers. Oslo University Press. Sid 211-221.
- MOTH IVERSEN, T., WIBERG-LARSEN, P., BIRKHOLM HANSEN, S. & HANSEN, F.S. 1978. The effect of partial and total drought on the macroinvertebrate communities of three small danish streams. - HYDROBIOLOGIA 60:235-242.
- NIEMCZYNOWICZ, J. 1989. Dagvattenhantering i Kanada - Intryck från en studieresa. - VATTEN 44:237-241.
- NYMAN, H.G. 1981. Sublethal effects of lead (Pb) on size selective predation by fish - application on the ecosystem level. - VERH. INTERNAT. VEREIN. LIMNOL. 21:1126-1130.
- OLSÉN, K.H. 1986. Emission rate of amino acids and ammonia and their role in olfactory preference behaviour of juvenile Arctic char, *Salvelinus alpinus* (L.). - J. FISH BIOL. 28:255-265.



- PEHRSSON, O. 1990. Ett nytt ekosystem - vårt behov av våtmarker.  
- GÖTEBORGS-POSTEN, 3 aug 1989, sid 4.
- PETERSEN, L.B-M. & PETERSEN, R.C. 1983. Anomalies in hydropsychid  
capture nets from polluted streams. - FRESHW. BIOL. 13:185-191.
- PROSI, F. 1979. Heavy metals in aquatic organisms. I: FÖRSTNER &  
WITTMAN. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-  
Verlag, Berlin, sid 271-323.
- ROSENBERG, D.M., WIENS, A.P. & SAETHER, O.A. 1977. Response to  
crude oil contamination by Cricotopus bicinctus and C mackenziensis (Diptera: Chironomidae) in the Fort Simpson area. - j.  
FISH. RES. BOARD CAN. 34:254-261.
- STENSON, J.A.E., BOHLIN, T., HENRIKSON, L., NILSSON, B-I., NYMAN,  
H.G. & OSCARSON, H.G. 1981. Effects of fish removal from a  
small lake. - VERH. INTERNAT. VEREIN. LIMNOL. 20:794-801.
- SUNDBLAD, K. & LÖWGREN M. 1989. Låt närsalterna cirkulera på  
stället - Avloppsbehandling med våtmarksfilter. - MÄTBLADET,  
NATURVÅRDSVERKET, nr 7.
- SNV (Statens naturvårdsverk) 1983a. Dagvattenhantering - plane-  
ring och miljöeffekter. - NATURVÅRDSVERKET, MEDD. 1/1983.
- SNV (Statens naturvårdsverk) 1983b. Monitor 1983 - Näring i  
överflöd - eutrofiering i svenska vatten. NATURVÅRDSVERKET.
- WARNICK, S.L. & BELL, H.L. 1969. The acute toxicity of some heavy  
metals to different species of aquatic insects. - JOURNAL OF  
THE WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION 41:280-284.

## DRIFTERFARENHETER FRÅN PERKOLATIONSANLÄGGNINGAR

*Christer Stenmark, Avdelningen för VA-teknik, Högskolan i Luleå, 951 87 Luleå.*

---

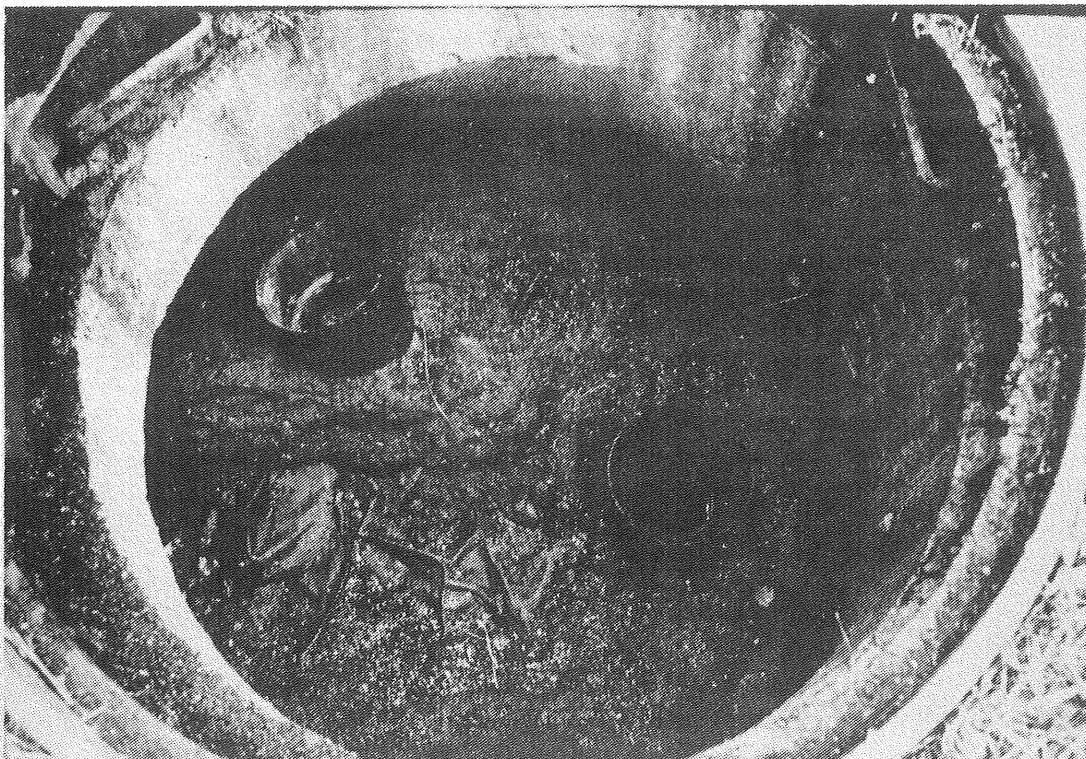
### INLEDNING

Under våren och sommaren 1989 besöktes fyra platser i Sverige där LOD-tekniken används, främst i form av perkolationsmagasin. Syftet var att inhämta erfarenheter från driftpersonalen, okulärt besiktiga anläggningarna och om möjligt bedöma hur omgivande mark påverkas. Valet av platser gjordes dels med klimatskillnader i åtanke, två i Västerbotten och två i Skåne, dels skulle magasinerna varit i drift ett antal år. Dessutom ingick två av platserna i en tidigare studie, "Driftaspekter på dagvatteninfiltration", gjord av Lindvall och Hogland 1981. Detta gäller anläggningarna i Anderstorp (Skellefteå) och Kristianstad.

### FOA 4 Umeå

Till magasinerna avleddes endast takvatten. Beläggningen består av tjärpapp som relativt lätt släpper ifrån sig små beståndsdelar, främst stenflisor, under påverkan av sol, regn och snö. Dessa transporteras med dagvattnet till magasinerna och försämrar deras funktion. Detta syns tydligt i brunnar ovan magasinerna, till vilka vattnet leds, för att sedan via infiltrationsledningar och botten på brunnen (geotextil ovan magasinensfyllning) hamna i magasinet för vidare perkolation till grundvattnet (fig 1)

Fig 1. Inspektionsbrunn vid FOA i Umeå.



En ovetenskaplig kontroll av två magasin kunde göras genom att mäta vattennivåsänkningen per tidsenhet i infiltrationsledningen. Med förutsättningen att nivån i ledningen överrenstämmer med vattennivån i magasinet beräknades permeabiliteten i omgivande jord till  $1.3 \cdot 10^{-5}$  resp  $0.3 \cdot 10^{-5}$  m/s. För ett av magasinerna betyder det att endast 16 % av den inkommande volymen från ett statistiskt fyra timmars regn, med återkomsttiden två år, kan omhändertas. Troligtvis beroende på igensättning i ledningen och i själva magasinet. Uppgifter på hur magasinerna dimensionerats kunde inte tas fram.

Driftpersonalen har inga instruktioner om hur och i vilken omfattning underhållet av dagvattensystemet ska bedrivas. Skötseln har också varit obefintlig, bla visste de inte var alla magasin var placerade, delvis beroende på avsaknaden av ritningar över anläggningarna.

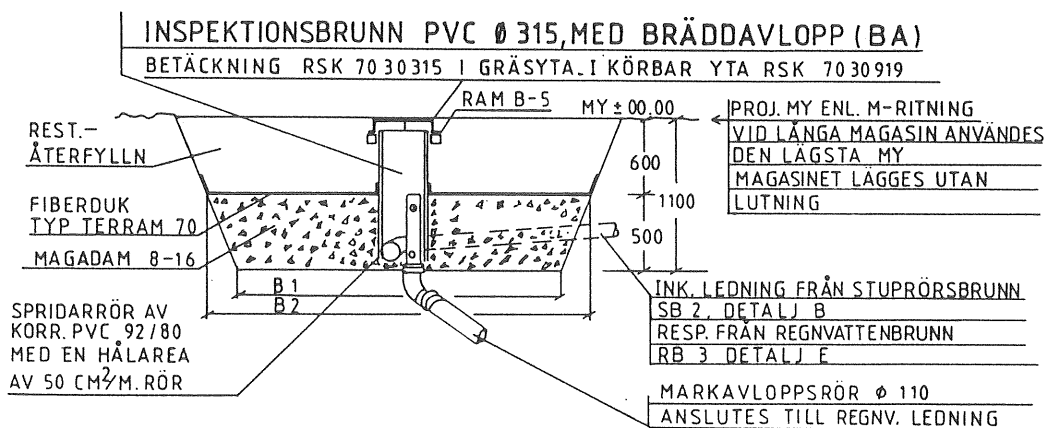
Några större problem pga perkolationsmagasinen har inte registrerats, endast inläckage från invändiga stuprör, vilket kan bero på dämning från magasinet. Bräddmöjligheter finns i några magasin, dessutom är risken liten för besvärande översvämningar eftersom byggnaderna är placerade på en sluttning.

Förbättringar av perkolationsmagasinens funktion kan åstadkommas genom att spola infiltrationsledningarna och förhindra partiklar från att transporteras till brunnarna och vidare ut i ledningarna. Det senare t ex genom att placera ut någon typ av filter på lämpliga ställen.

### Anderstorp, Skellefteå

I Anderstorp är syftet med LOD anläggningarna att upprätthålla grundvattenytan för att undvika sättningar i den leriga jorden. Perkolationsmagasinen omhändertar dagvatten från tak, grönytor och gångvägar. Bräddning sker från brunnar i magasinerna till kommunens dagvattennät (fig 2).

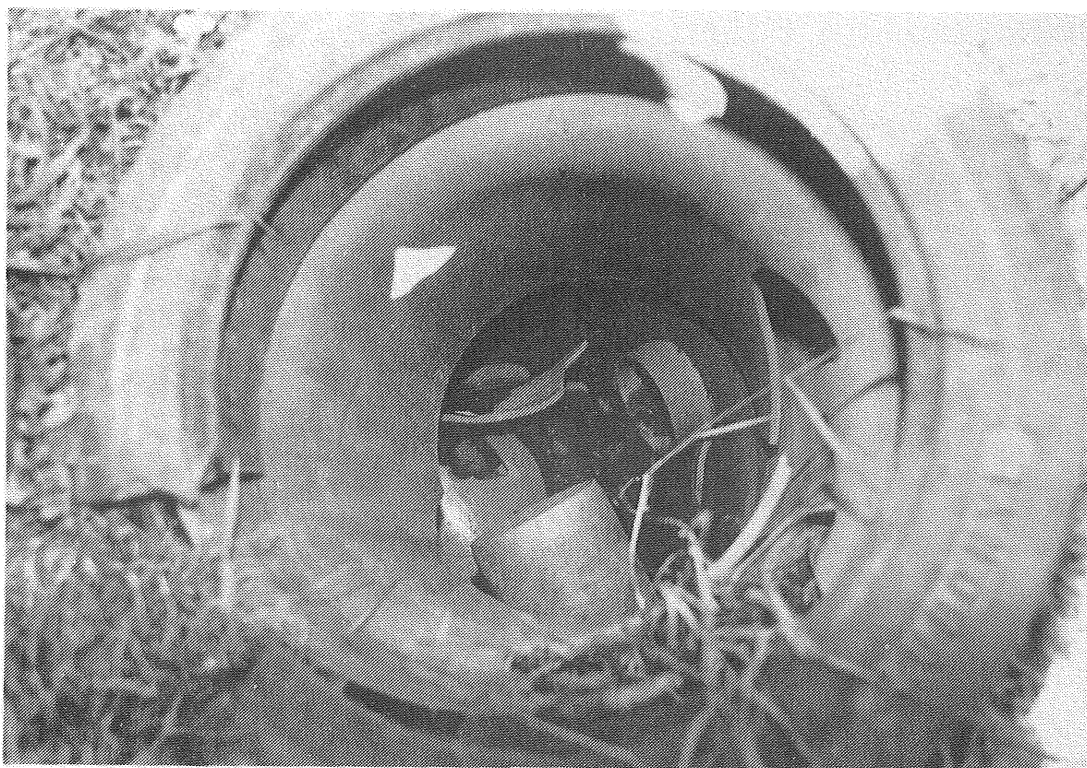
Fig 2. Inspektionsbrunn i Anderstorp, Tvärsektion.



Inget rutinmässigt underhåll existerar, dock görs punktinsatser vid driftstörningar och de har varit flera under åren. Man har

haft stora problem med vattensamlingar, speciellt på grönytor där marknivån kan ligga lägre än bräddavloppet i magasinet placerat längre bort. Detta kan tyda på igensatta infiltrationsledningar och/eller magasin. Det finns inget skydd för partiklar i inloppen av ledningarna, ofta ligger också utloppet från brunnen på samma nivå som botten på densamma. Olägenheterna har varit störst i samband med snösmältningen, med hämmad grästillsväxt som följd. Brunnar har skadats av tjällyft (fig 3) vilket ytterligare försämrat anläggningarnas funktion.

Fig 3. Tjälskadad brunn i Anderstorp.



Vid besöket stod vatten i alla brunnar som beskådades, rester av de 20 mm som fallit veckan innan. Flera inspektionsbrunnar hade betäckningar vilka skruvas fast, detta försvårar tillsyn och skötsel betydligt eftersom de har en benägenhet att rosta fast.

Driftpersonalen är genomgående negativ till anläggningarna, till stor del beroende på alla driftproblem. Bättre information och instruktioner kan eventuellt råda bot på detta. Även här bör insatser göras för att förhindra transport av material in i infiltrationsledningar och magasin.

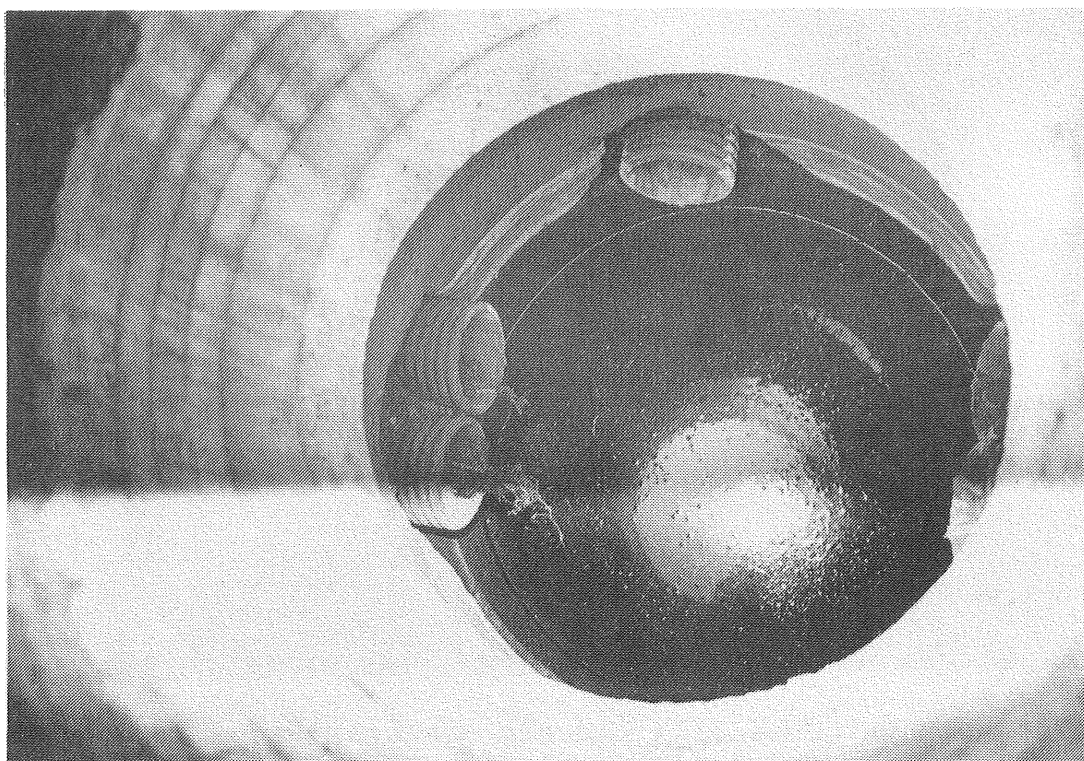
### Kristianstad

I Kristianstad har man sedan 60-talet använt sig av infiltrationsanläggningar i sitt dagvattensystem. Utvecklingen av dessa har skett successivt, från nedstigningsbrunnar med flera korta utgående infiltrationsledningar ut i kringfyllnad av makadam, till ett system med brunnar sammanbundna med dubbla

infiltrationsledningar där befintligt material (sand) utnyttjas som magasinsfyllnad. De tidigare konstruktionerna fick problem med sättningar, pga att befintligt material trängde in i makadamfyllningen som inte var skyddad av tex geotextil. Det är främst dagvatten från gatorna som tas om hand i anläggningarna, intilliggande fastigheter tar på några platser själva hand om sitt dagvatten i magasin på tomten.

Underhåll sker rutinmässigt med rengöring av gator och spolning av ledningar. De vanligaste problemen har varit vattensamlingar i lågpunkter, oftast beroende på igensättning av barr eller rotinträngning i infiltrationsledningar (fig 4).

Fig 4. Rotinträngning i infiltrationsledningar.



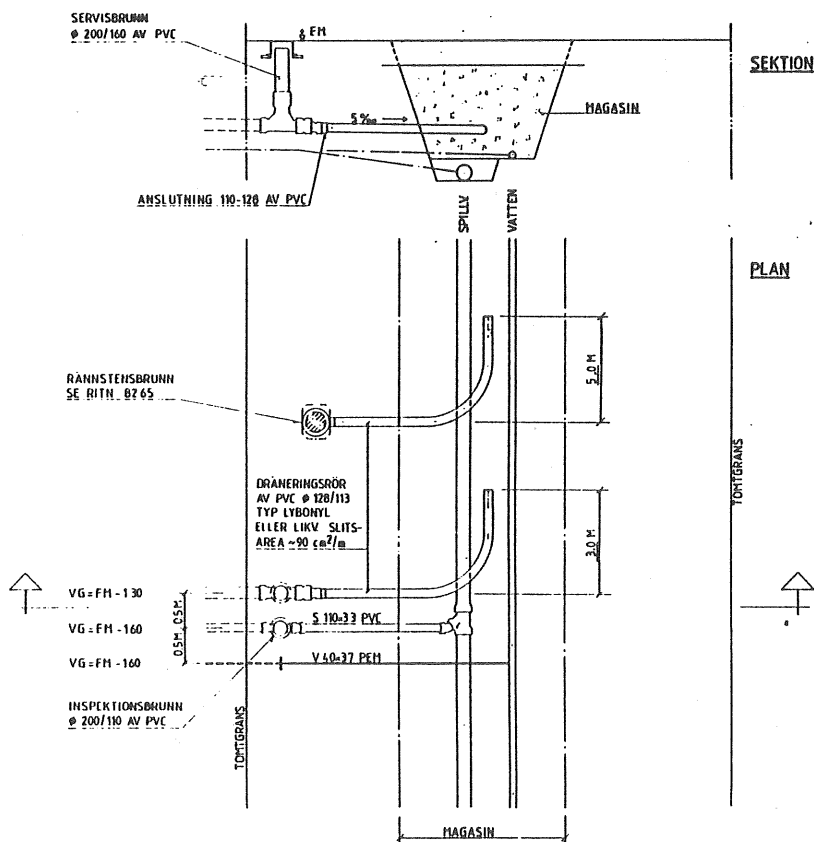
Växter med långsträckta rötter bör därför inte planteras i närheten av infiltrationsledningar.

I Kristianstad planerar man för en eventuell nedsättning av anläggningarnas kapacitet genom att bereda plats för en utbyggnad av konstruktionerna i anslutning till de planerade eller befintliga. I vissa fall ordnas bräddmöjligheter till närliggande yta med hög infiltrationskapacitet, oftast skogsmark. Synen på LOD-tekniken är här väldigt positiv, i första hand beroende på ekonomiska faktorer men också pga den långa erfarenheten.

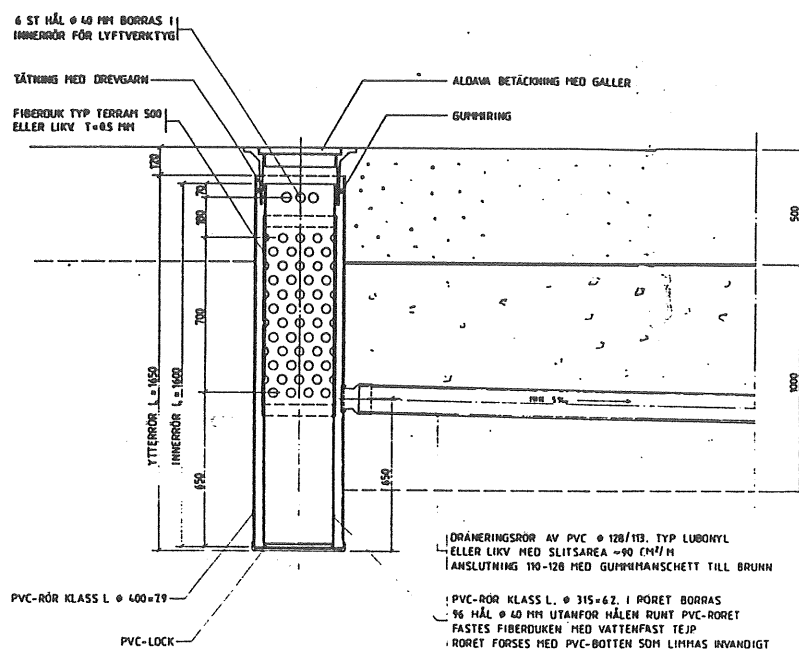
Käglinge, Malmö

I Käglinge, utanför Malmö, byggdes 1983 ett villaområde där ledningsgraven utnyttjas som perkolationsmagasin, dvs i magasinen ligger även övriga ledningar (fig 5). Ett konventionellt dagvattensystem skulle bli ekonomiskt ofördelaktigt pga nödvändigheten att pumpa dagvattnet till närmaste befintlig ledning. Med jämna mellanrum anlades tätningvallar av lera i syfte att förhindra vattentransport i ledningsgravens fallriktning. Även här finns bräddmöjligheter till låglänta partier samt till en dräneringsledning på jordbruksmark. Denna konstruktion är försedd med en avskiljningsanordning för dagvattenpartiklar i varje rännstensbrunn (fig 6). De år anläggningen varit i drift har inga problem uppstått förutom frysning i rännstensbrunnar, vilket inte är kopplat till typen av dagvattensystem.

Fig 5. Detalj över servisanslutningar, plan och sektion



Figur 6. Rännstensbrunn, typritning



Underhållet är dock bristfälligt varför farhågor om framtida störningar kan vara berättigade.

Den enda synliga påverkan magasinen gett upphov till är en uttorkning av gräset ovan magasinen på grönytor. Detta beror troligen på ett för tunnt lager matjord.

#### SAMMANFATTNING

Flertalet av anläggningarna i undersökningen fungerar tillfredsställande, om man med tillfredsställande menar att inga större olägenheter uppstår som t ex översvämningar. I de fall driftstörningar inträffat finns ingen eller dåligt fungerande avskiljningsanordning för dagvattenpartiklar. Större ansträngningar måste därför läggas på utformningen av anläggningen i detta hänseende, även vad gäller åtkomligheten för underhåll och kontroll.

Det bör finnas möjlighet att kontrollera perkolationsmagasinets funktion, risken är annars stor att magasinet med tiden sätter igen och avleder allt vatten genom eventuellt bräddavlopp. Därmed förloras en av de viktigaste aspekterna med LOD-tekniken, nämligen att behålla nederbörden inom området.

#### REFERENSER

Lindvall P. Hogland W. (1981) Driftsaspekter på dagvatteninfiltration. Bygghörsningsrådet, Rapport R14:1981

Lokalt omhändertagande av dagvatten-LOD, VAV P46, Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen.

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 lagars hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätartyper. 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. 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. 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. Följande uppsatser ingår:  
Andréasson L, Cederwall K. Rubbnings- och 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, samspelet 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 Lundby 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 NÅSET - ett exempel på förenklad 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. Göteborg 1980. 115 sidor.
- nr 52 Olov Holmstrand (red.): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sidor.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sidor.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor.
- nr 55 Erland Högberg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högberg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981.
- nr 58 Jan A Berntsson: Porttryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981.
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-80. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor.
- nr 61 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt. Slutrapport. 1981. 18 sidor.
- nr 62 Jan Pettersson, Elisabeth Sjöberg: SÖDRA NÄSET - En intervjuundersökning rörande två alternativa upprustningsförslag av gator och dagvattentransport. 1981. 36 sidor.
- nr 63 Olov Holmstrand: Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. 1981. 114 sidor.
- nr 64 Anders Sjöberg, Nils Mårtensson: REGNENVELOPEMETODEN. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkolationsmagasin. 1982. 29 sidor.
- nr 65 Gösta Lindvall: ENERGIFÖRLUSTER I LEDNINGSBRUNNAR - Litteraturstudie. 1982. 35 sidor.
- nr 66 Per-Arne Malmquist: Lathund för beräkning av Dagvattnets föroreningar. 1982. 32 sidor.
- nr 67 Sven Nyström: Kommuns skadeståndsansvar mot VA-abonnent för översvämningsskador. 1982. 71 sidor.
- nr 68 Sven Lyngfelt, Gilbert Svensson: Dagvattenavrinning från stora urbana områden. Simuleringsmetodik exemplifierat på Göteborgsregionen. 1983. 118 sidor.
- nr 69 Hans Bäckman, Gilbert Svensson: Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar. Mätnoggrannhet under kontrollerade förhållanden i en 225 mm:s betongledning. 1983. 51 sidor.
- nr 70 Olov Holmstrand (red): Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Erfarenheter av planeringsprocess och teknik under och efter byggandet. 1983. 114 sidor.
- nr 71 Olov Holmstrand (red): Reservvattentäkter. Redovisning av diskussionsdag 1983-05-18. 1983. 115 sidor.
- nr 72 Gilbert Svensson, Håkan Strandner (övers. och bearb.): NIVANETT manual. Ett datorprogram för simulering av flöden i avloppsnät. 1983. 101 sidor.
- nr 73 Gilbert Svensson (red): Byggnad, drift och förnyelse av kommunala va-ledningar. -Är driftstörningarna omfattande? -Projekterar vi på bästa sätt? - Var ligger kostnaderna? 1984. 98 sidor.
- nr 74 Hans Bäckman: Avloppsledningar i svenska tätorter i ett historiskt perspektiv. -Ett sammandrag av tekniska förutsättningar, idéer och diskussioner under 1900-talets ledningsbyggnad. 1984. 123 sidor.
- nr 75 Ann-Carin Andersson, Olov Holmstrand, Erik Almling, Rolf Rosen, Kjell Söderström: Infiltration och alternativa åtgärder vid grundvattensänkning. Jämförande beskrivningar och val av metoder. 1984. 115 sidor.
- nr 76 Viktor Arnell, Henriette Melin: Rainfall data for the design of sewer detention basins. 1984. 79 sidor.
- nr 77 Hans Bäckman: Överläckning från dag- till spillvattenledningar. Metoder för att påvisa och kvantifiera överläckning samt redovisning av mätresultat från kommunala avloppsnät. 1985. 102 sidor.

- nr 78 Chester Svensson, Göran Sällfors: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 1. Göteborgsregionen. 1985. 43 sidor.
- nr 79 Jan-Arne Nilsdal: Källaröversvämning i samband med regn. Reflexioner kring ett skadedrabbat bostadsområde i Göteborg. Några förslag på hur förbättrad säkerhet hos kommunala avloppsledningar kan erhållas. 1985. 68 sidor.
- nr 80 Bo Lind, Mats Nyborg: Moränstruktur och hydraulisk konduktivitet. 1986. 55 sidor.
- nr 81 Gösta Lindvall: Energiförluster i ledningsbrunnar. Laboratoriemätningar. 1986. 49 sidor.
- nr 82 Per Warnolf: Jorderosion i rörgravar för VA-ledningar. Laboratorieförsök och litteraturstudie. 1988. 105 sidor.
- nr 83 Bo Lind, Mats Nyborg: Sediment structures and the hydraulic conductivity in till. 1988. 73 sidor.
- nr 84 Chester Svensson: Analys av påverkade grundvattennivåer. 1988. 44 sidor.
- nr 85 Lars Rosén: Sårbarhetsklassificering av grundvatten. Rapport från en studieresa i USA. 1988. 112 sidor.
- nr 86 Chester Svensson, Göran Sällfors: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 2. Stockholmsregionen. 1988. 61 sidor.
- nr 87 Chester Svensson, Göran Sällfors: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 3. Övriga södra Sverige. 1988. 78 sidor.
- nr 88 Teresia Reuterswärd Wengström: Kartläggning av skador på segjärnsledningar i Göteborg 1977-1987. 1989. 39 sidor.
- nr 89 Göran Sällfors: Punktskattningsmetoden - En statistisk metod användbar på geotekniska problem. 1990. 48 sidor.
- nr 90 Torsten Hedberg, Olle Ljunggren, Lars-Ove Sörman: Sammanställning av rapporter om vattenkvalitetsproblem i ändledningar av järn. Probleminventering, fältförsök och laboratorietester. 1990. 56 sidor.

