

# Alternativ hantering av dag- och dräneringsvatten

---

Carl Hellblom



## Referat

### Alternativ omhändertagning av dag- och dräneringsvatten

*Carl Hellblom*

Traditionellt har dagvatten avletts i slutna ledningar från urbana områden, vilket har medfört en del problem. Ledningssystemen belastas allt kraftigare av växande tätorter vilket leder till ökad risk för överbelastade ledningar. Vid områdeexploatering ansluts ofta dagvattnet till befintliga system och flödet ut från området måste då oftast begränsas. Då inga befintliga ledningssystem finns tillgängliga kan det många gånger löna sig att ta omhand vattnet lokalt så att nya ledningar slipps anläggas. Alternativ dag- och dränvattenhantering innebär en strävan att ta omhand vatten inom det område där det bildas, vilket onödiggör eller minimerar dess bortledande samtidigt som en mer naturlig vattenbalans uppnås i området.

Detta examensarbete har utförts under våren 2007. En kunskapsöversikt har gjorts om de alternativa metoder för omhändertagande av dagvatten som kan tillämpas för att även ta hand om dräneringsvatten från husgrunder. Arbetet har utförts genom en litteraturstudie, en intervjustudie där kommuner och företag i Sverige intervjuas samt en fältstudie i vilken områden där alternativ vattenhantering äger rum, eller ska äga rum, studeras närmre.

Det finns ingen generell, alternativ metod som fungerar bra i alla typer av områden. Innan något beslut tas om typ av vattenhantering i ett område är det viktigt att göra förundersökningar om bl.a. markegenskaper. För att nå önskade resultat krävs ofta en kombination av olika metoder och ett alternativt vattensystem kan många gånger fungera som ett komplement till det traditionella vattensystemet. De flesta alternativa metoderna fungerar bra om de utförs på rätt sätt och på rätt plats. På senare tid har nya, mer lätthanterliga metoder kommit vilket bl.a. har fått vissa svenska kommuner och företag att bli mer positiva till denna typ av vattenhantering.

Nyckelord: LOD, öppna dagvattensystem, dagvatten, dränvatten

## **Abstract**

### **Alternative management for storm- and drainage water**

*Carl Hellblom*

Traditionally, storm water has been drained off from urban areas in sealed pipes, which has caused some problems. Due to growing cities the water pipe systems carries heavier loads, which result in a higher risk of too hard loads on the pipes. In most cases, when exploiting areas, the storm water is connected to the existing system and the charge from the areas often has to be limited. In the case where no pipe system exists, a local handling of the water often will be more profitable. With this type of handling, no new pipe systems have to be constructed. Alternative management of storm- and drainage water seeks to handle the water in the same area where it's generated, which minimizes its diversion at the same time as a more natural water balance is achieved.

This exam paper has been performed during the spring 2007. A knowledge overview about the alternative methods to handle storm water, which also can be used for handling drainage water from house foundations, has been done. The work has been performed through a study of relevant literature, through interviews with Swedish municipalities and companies. Additionally, a field study of the areas in which alternative handling of water exists or shall exist are studied more closely.

There isn't any general, alternative method which works well in all kind of areas. Before taking any decisions about which kind of water management that shall be applied in an area, it's important to do preliminary investigations about, for example, soil properties. To reach coveted results, a combination of different methods is required and an alternative water system will in many cases work as a complement to the traditional water system. Most of the alternative methods work well if they have been performed in the right places in a correct manner. Since a couple of years new, easier methods to handle storm water has been presented which has made Swedish municipalities and companies more positive to this kind of water management.

Keyword: BMP, storm water system, storm water, drainage water

## **Förord**

Detta examensarbete har genomförts inom civilingenjörsprogrammet miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet. Det är det avslutande momentet i utbildningen och omfattar 20 högskolepoäng. Mattias Linder på Sweco Viak i Stockholm har varit handledare och Sven Halldin vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet, har varit ämnesgranskare.

Tack Härryda kommun och Stefan Ahlman m.fl. vid Chalmers tekniska högskola för att jag har fått reproducera figurer från er. Jag vill även tacka alla er som tagit er tid för att besvara frågor, via telefon och på möten, speciellt Olle Ohlsson på JM AB i Uppsala som jag kontaktat vid flertalet tillfällen. Tack Mattias Linder för att du hjälpte mig med att komma igång med arbetet, och tack Sven Halldin för dina synpunkter på rapporten.

Copyright © Carl Hellblom och Institutionen för geovetenskaper, Luft- och vattenlära, Uppsala universitet.

UPTec W 07 019, ISSN 1401-5765

Tryckt hos Institutionen för geovetenskaper, Geotryckeriet, Uppsala universitet, Uppsala, 2007.

## Populärvetenskaplig sammanfattning

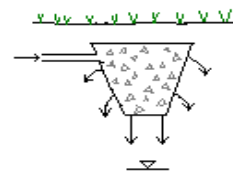
Dagvatten är tillfälligt förekommande vatten som rinner på markytan eller på en konstruktion av något slag. Det kan bestå av regn, smältvatten och tillfälligt framträdande grundvatten. I områden med naturliga mark- och vegetationsförhållanden infiltrerar den största delen av nederbörden och vattnet blir tillgängligt för områdets växter. Genom denna magasinering i marken utjämnas ytvattenföringen i vattendragen. När de naturliga mark- och vegetationsområdena bebyggs ändras den naturliga vattenomsättningen kraftigt. Hårdgjorda ytor, som tak, asfalt och betong, ersätter ytliga marklager och vegetation. Från dessa ytor sker en snabb dagvattenavrinning, fördröjningen blir liten samtidigt som avdunstningen minskar. Dessutom belastas recipienterna av de föroreningar som följer med dagvattnet. Det traditionella sättet att omhänderta dagvatten från hårdgjorda ytor har varit att anlägga slutna ledningssystem, vilket har medfört en del problem. Växande tätorter belastar ledningssystemet allt kraftigare vilket leder till en ökad risk för överbelastning av ledningarna, med exempelvis källaröversvämningar som följd.

Traditionell dagvattenhantering medför, förutom problem med överbelastade ledningar, problem med sänkta grundvattennivåer, förorenade recipienter och överbelastade reningsverk. För att undvika dessa problem kan bl.a. lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) och öppna dagvattensystem utnyttjas. Denna alternativa vattenhantering innebär en strävan att ta omhand dag- och dränvatten inom det område där det bildas, därmed onödiggörs eller minimeras dess bortledande samtidigt som en mer naturlig vattenbalans uppnås i området. De geohydrologiska förutsättningarna är avgörande för huruvida LOD-lösningar kan användas eller ej. Förhållanden som är viktiga att studera vid planering av LOD är jordartsförhållanden, grundvattenförhållanden samt nivå- och ytvavrinningsförhållanden. Generellt medför ett tätare markmaterial en högre liggande grundvattennivå och större nivåfluktuationer under året. Sådana områden har periodvis begränsad förmåga att tillgodogöra sig nederbörd, utan att risk för bebyggelse (eller planerad bebyggelse) i området uppstår. Olika typer av områdesdränering för torrläggning av mark kan användas för att möjliggöra och öka förutsättningarna för LOD-hantering. Områdesdräneringen utförs då på olika sätt beroende på vad för typ av markmaterial som området består av.

Exempel på LOD-system är:

- Infiltrationsanläggningar, vilket kan vara en gräsyta dit vattnet leds för att vidare infiltrera i marken.
- Perkolationsanläggningar, vilket är magasin under markytan dit vattnet leds för att vidare perkolera ut i omgivande mark (se figur).

Det finns även varianter av dessa anläggningar där exempelvis en bräddningsanordning ansluts till det traditionella ledningssystemet för att leda bort vatten då magasinet är helt vattenfyllt. Exempel på öppna dagvattensystem är dammar och våtmarker. Dessa system reducerar effektivt flödestoppar och fungerar ofta som s.k. ”end-of-pipe”-lösningar vilket betyder att de utförs långt nedströms i ett vattensystem.



De olika teknikerna för LOD- och öppen dagvattenhantering fungerar olika bra. De drifterfarenheter som finns från olika anläggningar visar att många anläggningar (framförallt perkulationsmagasin) utförda för 25-30 år sedan fungerar mindre bra. På senare tid, då mer kunskap om projektering, anläggning och skötsel blivit känd, uppkommer dock färre och färre problem med utförda anläggningar. Att försöka använda någon typ av infiltrations- eller perkulationsanläggning i områden med täta markmaterial, som t.ex. silt och lera, är i det närmaste idiotiskt. Anläggningen kommer inte att fungera samtidigt som tekniken får dåligt rykte.

Det råder ofta bristande kunskap hos svenska kommuner och företag då det gäller alternativ hantering av dag- och framförallt dränvatten. En indikation på denna okunskap är bl.a. att dräneringsvatten ofta omhändertas på samma sätt som dagvatten. Dessa flöden är av helt skilda karaktärer då dräneringsflödet är relativt konstant medan dagvattenflödet är episodiskt, vilket borde förespråka olika hanteringsmetoder. Det är i regel även stor skillnad på hur mycket förorenat de två typerna av vatten är. Dagvatten från exempelvis en parkeringsplats kan vara starkt förorenat medan dränvatten ofta är rent grundvatten utan nämnvärda föroreningar. Med hänsyn till detta kan infiltrations- och perkulationsanläggningar tänkas vara bäst anpassade till att omhänderta dränvatten eftersom risken för igensättning då är mindre.

Intresset för att använda alternativa metoder skiljer sig mycket beroende på kommun och företag. Många kommuner verkar ha kopierat andra kommuners policy om dag- och dränvattenhantering och skrivit in i sin egen utan att det sedan görs någon undersökning om policyn följs över huvud taget. Vad som verkar vara gemensamt för alla kommuner är dålig kännedom om olika anläggningars drifterfarenheter. För att öka denna kunskap är det viktigt att kommunerna sinsemellan delar med sig av sina erfarenheter, vilket verkar ske på en sparsam nivå idag.

Även om dagens kunskap kring alternativ dagvattenhantering hos svenska kommuner och företag ej är utbredd står den sig relativt bra i en internationell jämförelse. Sverige har en flexibel dagvattenhantering som tar hänsyn till de lokala förhållandena medan länder som Tyskland och USA har fasta regler för dagvattenhanteringen. Det finns dock behov av att samla information även från andra länder, exempelvis Östeuropa där utvecklingen har gått sina egna vägar och möjligen skapat intressanta dag- och dränvattenlösningar.





## Innehållsförteckning

1.	Inledning .....	1
1.1.	Bakgrund.....	1
1.2.	Problemställning .....	1
1.3.	Syfte .....	2
2.	Material och metoder.....	3
3.	Föreskrifter, miljömål och lagar .....	4
3.1.	EG:s ramdirektiv för vatten .....	4
3.2.	Miljöbalken, MB .....	5
3.3.	Miljömål .....	5
3.4.	Plan- och bygglagen, PBL.....	6
3.5.	Lag om allmänna vattentjänster.....	6
4.	Avledning av dag- och dränvatten .....	8
4.1.	Allmänt.....	8
4.2.	Transportsystem .....	8
4.3.	Husgrundsdränering.....	12
5.	LOD och öppna dagvattensystem.....	14
5.1.	Allmänt.....	14
5.2.	Förutsättningar för LOD.....	15
5.3.	Områdesdränering.....	15
5.4.	Varför alternativ hantering av dränvatten?.....	16
5.5.	Anläggningar .....	17
5.6.	Drifterfarenheter.....	22
5.7.	Val av anläggning.....	25
5.8.	Kostnader och avgifter .....	26
6.	Dimensionering av LOD-anläggningar.....	28
6.1.	Infiltrationsytor .....	28
6.2.	Perkolationsmagasin.....	29
6.3.	Diken .....	30
7.	Exempel på områden med alternativ dagvattenhantering .....	31
7.1.	Käglinge i Malmö kommun .....	31
7.2.	Cirkusplatsen i Sollentuna kommun .....	32
7.3.	Kockbacka i Upplands-Bro kommun.....	33
8.	Internationell dagvattenhantering.....	35
8.1.	Danmark .....	35
8.2.	Japan .....	35
8.3.	Kanada .....	36
8.4.	Nederländerna.....	36
8.5.	Norge.....	37
8.6.	Tyskland.....	37
8.7.	USA .....	37
9.	Intervjustudie .....	39
9.1.	Presentation av intervjuade kommuner och företag.....	39
9.2.	Intervjuresultat .....	41
10.	Diskussion och slutsatser .....	47
11.	Ordlista.....	50
12.	Referenser .....	52
12.1.	Muntliga referenser.....	55



# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

I områden med naturliga mark- och vegetationsförhållanden infiltrerar den största delen av nederbörden och vattnet blir tillgängligt för områdets växter. Genom denna magasinering i marken utjämnas ytvattenföringen i vattendragen. När de naturliga mark- och vegetationsområdena bebyggs ändras den naturliga vattenomsättningen kraftigt. Hårdgjorda ytor, som tak, asfalt och betong, ersätter ytliga marklager och vegetation. Från dessa ytor sker en snabb dagvattenavrinning, fördröjningen blir liten samtidigt som avdunstningen minskar. Dessutom belastas recipienterna<sup>1</sup> av de föroreningar som följer med dagvattnet. Det traditionella sättet att omhänderta dagvatten från hårdgjorda ytor har varit att anlägga slutna ledningssystem. Växande tätorter belastar ledningssystemet allt kraftigare vilket leder till en ökad risk för överbelastning av ledningarna, med exempelvis källaröversvämningar som följd.

## 1.2. Problemställning

Traditionell dagvattenhantering medför, förutom problem med överbelastade ledningar, problem med sänkta grundvattennivåer, förorenade recipienter och överbelastade reningsverk. För att undvika dessa problem kan bl.a. lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) utnyttjas. Detta innebär en strävan att ta omhand dagvatten inom det område där det bildas, och som därmed onödiggör eller minimerar dess bortledning. I områden som lämpar sig väl för LOD är det möjligt att lösa omhändertagandet av dagvatten med infiltrationsanläggningar och olika typer av öppna dagvattensystem, vilket medför att slutna ledningssystem inte behövs. I dessa fall måste ju även dräneringsvatten från husgrunder tas omhand utan hjälp av ledningssystemen. Detta omhändertagande kan tänkas skilja sig en del från omhändertagandet av dagvatten då dräneringsflödet, till skillnad från dagvattenflödet, inte är episodiskt.

Kommuner och företags kunskaper om alternativa metoder att omhänderta dagvatten är idag små (Stahre, 2004) och ännu mindre då det gäller alternativa hanteringar av dräneringsvatten (Linder, 2007). Mycket av dagens befintliga litteratur om LOD är skriven på 80- och 90-talet och beskriver olika tekniker som då fanns och på vilket sätt de tillämpas för att omhänderta dagvatten. Det finns inga, på senare tid, gjorda kunskapsöversikter där olika LOD-tekniker beskrivs samtidigt som det anges hur de fungerar och vad som krävs av ett område för att de skall fungera. I ett examensarbete av Andersson m.fl. (2004) görs en enkätundersökning om LOD- och öppna anläggningar i Sveriges kommuner. I arbetet har kommuner intervjuats för att få information om hur olika anläggningar anses fungera. Precis som övrig litteratur innefattar dock arbetet ingen internationell del eller några alternativa metoder för att omhänderta just dräneringsvatten. Det beskriver heller inte anläggningars dimensionering, vilka olika krav de ställer på markmaterial, topografi, exploateringsgrad etc. Även om kunskapen om alternativ dag- och dränvattenhantering är ganska liten i Sverige så anses den stå sig starkt i en internationell jämförelse (Niemczynowicz, 1999). Okunskapen kring exempelvis drifterfarenheter från LOD-system och andra alternativa dagvattensystem kan vara orsak till att kommuner och företag många gånger inte utnyttjar denna typ av

---

<sup>1</sup> Ordlista i slutet av arbetet förklarar förkortningar och centrala begrepp.

vattenhantering. Användandet av en oprövad teknik kan ju t.ex. medföra en risk att i framtiden behöva betala skadestånd.

### **1.3. Syfte**

Detta examensarbete syftar till att förbättra det svenska kunskapsläget. Först görs en kunskapsöversikt om de LOD-tekniker och dagvattensystem som kan tillämpas för att omhänderta dräneringsvatten från husgrunder. Målet är att sammanställa alternativa metoder som kan användas, eller inte användas, beroende på de förutsättningar som finns samt att utreda hur olika metoder fungerar och vad de kostar. Därefter görs ett antal stickprov på kunskapsnivån hos svenska kommuner och företag kring hur anläggningar projekteras, anläggs samt underhålls och hur denna kunskap står sig i en internationell jämförelse.

## 2. Material och metoder

Arbetet består huvudsakligen av en litteraturstudie av de olika teknikerna för att alternativt omhänderta dag- och dränvatten. En internationell studie har gjorts för att kunna presentera vanliga dagvattensystem och LOD-hanteringar i sju andra länder. En del av dessa länder har valts utifrån belägenhet för att kunna göra antagandet att det där råder liknande svenska förhållanden m.a.p. markmaterial, klimat etc. De andra utvalda länderna antogs vara länder vilka ligger i framkant inom området. Litteraturstudien har även innefattat berörda föreskrifter, miljömål och lagar.

För att få kännedom om var kunskapsnivån hos svenska kommuner och företag ligger gällande LOD-anläggningar har intervjuer genomförts. Valet av vilka kommuner som skulle intervjuas gjordes utifrån vilka som verkar ha hunnit längst då det gäller dagvattenhantering och hos vilka kommuner där tydliga exploateringsområden finns. En uppfattning om detta skapades genom att studera policyn för dagvatten hos olika kommuner. Valet av företag att intervjua gjordes utifrån företagets verksamhetsområde, dess storlek, om företaget hade någon eller några kunniga inom området som i så fall var villiga att svara på frågorna samt företagets lokation för att öka den geografiska spridningen.

Frågorna ställdes via ett frågeformulär som skickades till intervjuobjekten med e-post. Anledningen till detta var att många kommuner och företag hade begränsat med tid samt att det på många ställen behövdes flera personer för att kunna svara på samtliga frågor. Genom intervjumetoden kunde personerna ifråga svara på frågorna då tid dök upp samtidigt som frågorna kunde skickas runt inom kommunen eller företaget. För att ta reda på om tid och intresse att ställa upp på intervjun fanns ringdes intervjuobjekten först upp. I de fall där svaren ändå uteblev skickades en påminnelse efter ca två veckor och efter ytterligare en vecka ringdes personerna ifråga upp igen. I några enstaka fall ville personerna som skulle intervjuas hellre svara muntligt vilket då skedde per telefon eller genom ett möte. Kvalitén på svaren varierade kraftigt och därför valdes intervjuresultat från tre kommuner, tre större byggföretag samt fyra konsultföretag inom VA- och markteknik ut för presentation.

För att få en uppfattning om hur det kan gå till då en LOD-anläggning anordnas bedrevs en fältstudie där bl.a. en anläggning i Sollentuna kommun studerades m.a.p. dimensionering, kostnad, områdets förutsättningar m.m. Även ett område i Malmö samt ett i Upplands-Bro studerades.

### 3. Föreskrifter, miljömål och lagar

Anledningen till detta kapitel om föreskrifter, miljömål och lagar är att det ökade allmänna miljömedvetandet ofta har beskrivits med hjälp av lagar och även för att skapa en uppfattning om huruvida lagar kan tänkas förhindra eller främja användandet av alternativa dagvattensystem. De lagar och direktiv som berör dagvatten i Sverige är framförallt EG:s direktiv 2000/60/EG, Miljöbalken, Plan- och bygglagen och Lagen om allmänna vatten och avloppsanläggningar.

#### 3.1. EG:s ramdirektiv för vatten

I december 2000 beslutade EG om ett direktiv, 2000/60/EG, för vattenpolitik inom unionen (SFS 2004:660). Detta s.k. vattendirektiv omfattar alla typer av vatten (sjöar, vattendrag, grund- och kustvatten) förutom havsvatten. I och med direktivet ställs det krav på medlemsstaterna att organisera nationella vattenadministrationer. Direktivets övergripande syfte är att, då det gäller ytvatten, se till att en ”god ekologisk vattenstatus” uppnås och bevaras inom unionen. Genom ett långsiktigt skydd av vattenresurserna ska vattenkonsumtionen stödjas att bli ekologisk hållbar.

Direktivet har ett krav på att ”God grundvattenstatus” ska uppnås senast 15 år efter att det trädde i kraft, dvs. senast december 2015. Grundvattenstatusen bedöms efter vattnets kvantitativa status eller dess kemiska status, beroende på vilken av dem som är sämst. Vattnet ska klara olika kvalitetskrav som t ex salthalt, och det skall dessutom inte påverka ytvatten eller våtmarker negativt. Grundvattenuttagen får exempelvis inte vara större än den vattenmängd som nybildas. Medlemsländerna skall identifiera den påverkan, bl.a. konstgjord infiltration, som varje grundvattenförekomst kan komma att utsättas för.

Med vattendirektivet kom en viktig förändring, vilken bestod av att medlemsländerna ska delas upp i avrinningsområden/avrinningsdistrikt. I mars 2004 beslutade riksdagen att Sverige ska delas in i fem vattendistrikt (se Fig. 3.1).



- 1) Bottenvikens vattendistrikt
- 2) Bottenhavets vattendistrikt
- 3) Norra Östersjöns vattendistrikt
- 4) Södra Östersjöns vattendistrikt
- 5) Västerhavets vattendistrikt

Fig. 3.1 Sveriges fem vattendistrikt (vattenportalen, 2007).

I varje distrikt finns en länsstyrelse som ska fungera som vattenmyndighet med ansvar för kvaliteten av vattenmiljön (vattenportalen, 2007). För att direktivets alla krav ska kunna genomföras kan miljöbalken, andra lagar och miljömål behöva ändras på en eller flera punkter eftersom Sveriges kommuner idag är dåliga på att följa direktivet.

### **3.2. Miljöbalken, MB**

Miljöbalken trädde i kraft januari 1999 och är en övergripande lagstiftning med syftet att stödja en hållbar utveckling. De viktigaste bestämmelserna när det gäller möjligheter till LOD finns angivna i miljöbalkens 9:e och 11:e kapitel. I 9 kap definieras hanteringen av avloppsvatten som miljöfarlig verksamhet, med avloppsvatten avses:

- spillvatten eller annan flytande orenlighet,
- vatten som använts för kylning,
- vatten som avleds för sådan avvattning av mark inom detaljplan som inte görs för en viss eller vissa fastigheters räkning, eller
- vatten som avleds för avvattning av en begravningsplats.

Enligt 9 kap 1 § skall hanteringen av dagvatten klassas som miljöfarlig verksamhet. Avloppsvatten skall avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt så att olägenhet för människors hälsa eller miljön inte uppkommer. För detta ändamål skall lämpliga avloppsanordningar eller andra inrättningar utföras (MB, 9 kap 7 §).

Vattenverksamhet definieras i 11 kap § 2 som bl.a. bortledande av grundvatten och utförande av anläggningar för detta. Enligt 11 kap 6 § får en vattenverksamhet endast bedrivas om dess fördelar från allmän och enskild synpunkt överväger kostnaderna, skadorna samt olägenheterna av den.

### **3.3. Miljömål**

För att kunna lämna över ett samhälle till nästa generation där de stora miljöproblemen är lösta antog riksdagen i april 1999 15 miljö kvalitetsmål. I november 2005 antogs även ett 16:e mål om den biologiska mångfalden. Dessa miljö kvalitetsmål ska vara vägledande för att åstadkomma en miljömässigt hållbar samhällsutveckling. Åtminstone fem av dessa är av betydelse då det gäller dagvattenhantering (Stockholm stad, 2001):

- Grundvatten av god kvalitet
- Levande sjöar och vattendrag
- Giftfri miljö
- Hav i balans samt levande kust och skärgård
- Ingen övergödning

Nedan följer en kort presentation av dessa fem miljömål.

#### **3.3.1. Grundvatten av god kvalitet**

”Grundvattnet skall ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag.” Ett av målen är: ”Förbrukning eller annan mänsklig påverkan sänker inte grundvattennivån så att tillgång och kvalitet äventyras.” I samband med detta mål kan olika kommunala miljömål om LOD presenteras.

#### **3.3.2. Levande sjöar och vattendrag**

”Sjöar och vattendrag skall vara ekologiskt hållbara, och deras variationsrika livsmiljöer skall bevaras. Naturlig reproduktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljö värden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion skall bevaras samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas.”

### **3.3.3. Giftfri miljö**

”Miljön skall vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden.”

### **3.3.4. Hav i balans samt levande kust och skärgård**

”Västerhavet och Östersjön skall ha en långsiktig och hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden skall bevaras. Kust och skärgård skall ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur och kulturvärden. Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård bedrivs så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden skall skyddas mot ingrepp och andra störningar.”

### **3.3.5. Ingen övergödning**

”Halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.”

## **3.4. Plan- och bygglagen, PBL**

Plan- och bygglagen innehåller bestämmelser om planläggning av mark, vatten och om byggande. Historiskt sett har inte vatten varit av lika stor betydelse som användningen av mark vid planering av lagen, varpå vattnet till störst del har hanterats m.a.p. exploatering i denna lag. Bestämmelserna syftar till att med beaktande av den enskilda människans frihet gynna en samhällsutveckling med jämlika och goda sociala levnadsförhållanden och en god och på lång sikt hållbar livsmiljö för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer (SFS 1987:10).

### **3.4.1. Översiktsplan**

I PBL anges att varje kommun skall ha en aktuell översiktsplan som omfattar hela kommunen. Den skall ligga till grund för kommunen och andras myndigheters beslut. I planen redovisas allmänna intressen samt miljö- och riskfaktorer som det bör tas hänsyn till vid beslut om förändring av mark- och vattenområden (Didón m.fl., 1997).

### **3.4.2. Detaljplan**

En detaljplan används för att reglera markanvändningen inom kommunen. Vid byggnation eller annan typ av förändring skall en detaljplan skapas. Denna skall innehålla tid att genomföra ändamålet och visa det aktuella områdets gränser och huvudändamål som t.ex. parker, gator, vattenområden osv. Detaljplanen är juridiskt bindande under tiden som ändamålet utförs vilken skall vara minst fem och högst femton år (Didón m.fl., 1997).

## **3.5. Lag om allmänna vattentjänster**

Lag om allmänna vattentjänster reglerar förhållandet mellan brukare och huvudman av en allmän VA-anläggning. Till allmän VA- anläggning räknas ledningar och anordningar fram till förbindelsepunkten som tillhör huvudmannen. Rännsten, rännstensbrunn och ledning som förbinder sådan brunn med allmän avloppsledning samt vägdike räknas ej till allmän VA- anläggning.



En stor del av lagen handlar om hur olika skadeståndsfrågor och tvister skall lösas, då huvudmannen i de flesta fall har monopol på vatten- och avloppsfrågor. Begreppet dagvatten saknas i lagstiftningen. Istället beskrivs ofta både spill- och dagvatten som avloppsvatten. Med tanke på detta behandlar lagen i mångt och mycket avledning av dagvatten.

Denna lag är ny och trädde i kraft den 1 januari 2007. Den bygger i stort på den tidigare lagen (1970:244) om allmänna vatten- och avloppsanläggningar (VA-lagen). Nyheter med lagen är bl.a. att kommunernas ansvar att ordna en allmän va-anläggning utvidgas från att enbart gälla när en sådan anläggning behövs av hälsoskäl till att också gälla när en allmän va-anläggning behövs med hänsyn till skyddet för miljön, dvs. större krav ställs på kommunerna att erbjuda anslutningar till va-nät. En annan nyhet är att avvattning av allmänna platser och gator inte längre skall vara bundet till en detaljplan (SFS 2006:412).

## 4. Avledning av dag- och dränvatten

Under 1700- och 1800-talet användes rännstenar och diken för att avleda dagvatten. Av främst hygieniska skäl, då även latrin och sopor tömdes i dessa, började man under 1700-talet leda bort dagvattnet i slutna ledningssystem. Sedan dess har principen för dag- och dränvattenhantering varit att på snabbast möjliga sätt leda bort vattnet till närmaste öppna vattendrag, detta bl.a. med förändring av den naturliga vattenbalansen och sänkta grundvattennivåer som följd (Bengtsson m.fl., 2004).

### 4.1. Allmänt

Målet att sträva efter vid hantering av dagvatten är att avvattna bebyggelse utan att påverka den naturliga vattenbalansen mer än nödvändigt. Beroende på de lokala förhållandena bör dagvatten avledas i ränndalar, öppna diken eller i egen ledning. Vid planering av exploateringsområden måste stor hänsyn till vattenavledning tas. En central roll i planerandet spelar dräneringen av bebyggelsen. För dränvattensystem gäller följande funktionskrav (Svenskt Vatten, 2004):

- Markens naturliga grundvattennivåer skall, i samband med dränering, så mycket som möjligt bibehållas.
- I de fall då husgrundsdränering ansluts till dagvattenledning bör anslutningen utföras på så sätt att allvarliga konsekvenser undviks då det allmänna systemet överbelastas.
- Drän- och spillvatten bör avledas skilt från varandra.

### 4.2. Transportsystem

I dag används i regel fyra olika typer av ledningssystem för att ta hand om avloppsvatten: kombinerade system, olika typer av duplikatsystem, separatsystem och svartvattensystem. I vissa fall kan även en typ av ledningssystem där dränvatten avleds separat användas. Nygamla hanteringsmetoder för avloppsvatten har under de senaste decennierna förbättrats i form av LOD-teknik och ekologisk dagvattenhantering (ED).

#### 4.2.1. Kombinerade system

Det kombinerade ledningssystemen byggdes till stor del på 60-talet och är fortfarande dominerande i äldre stadskärnor. Systemen är här ofta utformade utgående från de funktionskrav som då gällde. I systemet leds dränvatten, dagvatten och spillvatten i gemensam ledning till ett reningsverk vilket gör att bräddning ofta blir nödvändig p.g.a. stora volymer vatten (se Fig. 4.1)

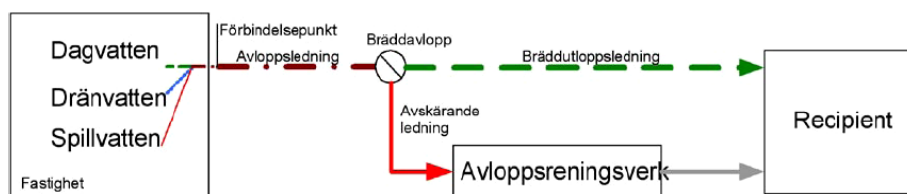


Fig. 4.1 Skiss på hur principen för ett kombinerat system ser ut (Ablman m.fl., 2004).

En blandning av dränvatten, dagvatten och spillvatten släpps då direkt ut i recipienten.

Ett annat problem är att dagvattnets kemiska sammansättning, då det t.ex. innehåller olja eller lösningsmedel, kan störa reningsverkens reningsprocesser (Berggren m.fl., 1991). År 2001 avleddes uppskattningsvis 25 % av Sveriges dagvatten i kombinerade system (Lönngren, G. 2001). Användandet av dessa system bör vara så litet som möjligt eftersom de leder till en försämrad rening och ökade utsläpp från reningsverken (Nilsson & Malmquist, 1997).

#### 4.2.2. Duplikatsystem

I duplikatsystemen avleds dränvatten i huvudsak tillsammans med dagvatten men i enskilda fall kan dränvatten istället avledas tillsammans med spillvatten (se Fig. 4.2). Sedan mitten av 50-talet är detta det system som i huvudsak används i Sverige. Systemet innehåller minst två ledningar vilket kan medföra höga kostnader och risk för läckage mellan otäta ledningar (Nordström, 1983 & Nilsdal, 1986).

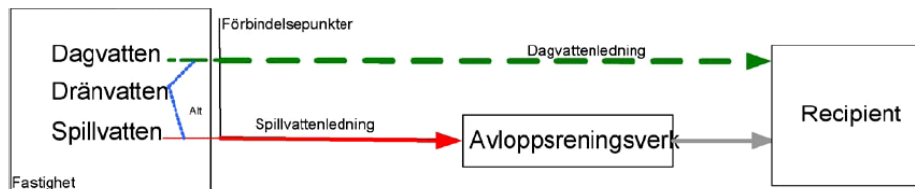


Fig. 4.2 Skiss på hur principen för ett duplikatsystem ser ut (Ahlman m.fl., 2004).

Där kombinerade system har separerats i efterhand finns ofta problem med att avleda dränvattnet utan att behöva använda pump. Detta har medfört att många dräneringar har kopplats in på spillvattenledningen med dispens (Ahlman m.fl., 2004).

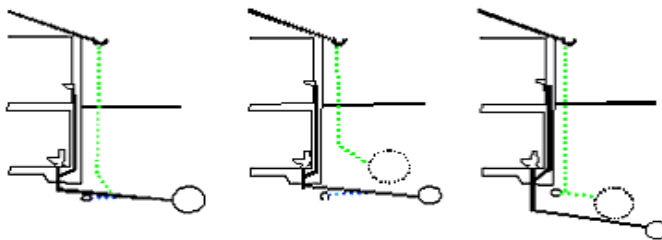


Fig. 4.3 Kombinerat system som byggts om till duplikatsystem. Det är viktigt att den nya dagvattenledningen (ses i figuren som en streckad oval) kan läggas tillräckligt djupt så att inte dränvattnet måste avledas till spillvattenledningen, vilket är fallet i mittenfiguren (Ahlman m.fl., 2004).

Duplikatsystem med sorterat dagvatten (se Fig. 4.4) skiljer sig från traditionellt duplikatsystem. Här delas dagvattenfraktionerna upp och behandlas olika beroende på lokala förutsättningar och föroreningsgrad. Systemet är en utveckling av LOD-tekniken och då dagvattnet tas omhand genom infiltration på privat mark bör överskottsvatten, vid överskriden infiltrationskapacitet, bräddas till ett kommunalt dagvattensystem.

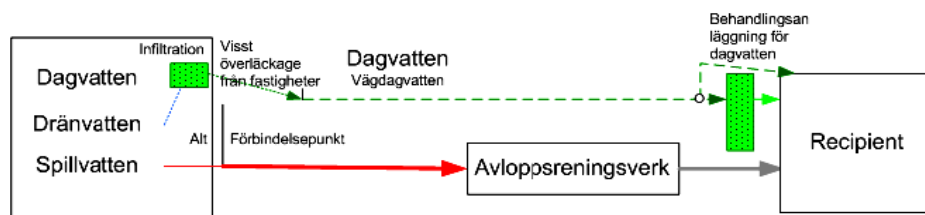


Fig. 4.4 Skiss på hur principen för ett duplikatsystem med sorterat dagvatten ser ut. Dagvatten från t.ex. gator kan renas innan det når recipienten medan dränvatten och renare dagvatten infiltreras eller avleds direkt till recipienten (Ablman m.fl., 2004).

### 4.2.3. Separatsystem

Det billigaste och äldsta systemet är separatsystem. I dessa kan dränvatten och spillvatten avledas gemensamt eller så avleds dränvatten tillsammans med dagvatten i egen ledning, dike eller LOD-system. Problemet med separatsystem är att de kräver mycket utrymme vilket resulterat i att duplikatsystem är de mest använda. Intresset för att avleda dag- och dränvatten på ett mer naturligt tillvägagångssätt, t.ex. genom diken och LOD-system, har sedan slutet av 80-talet ökat kraftigt (Berggren m.fl., 1991). Då dränvatten avleds till egen LOD-anläggning måste anläggningen klara av att ta emot största förekommande dränvattenflöde. För denna typ av lösning är det viktigt att ha kännedom om just dränvattenflöde, markens genomsläpplighet samt grundvattennivå (Svenskt Vatten, 1995).

Med ett halvseparat system menas ett system där en del av dagvattnet avleds i spillvattenledningen. Detta kan antingen vara medvetet eller p.g.a. felkopplingar (Institutionen för Vatten Miljö Transport, 2004).

### 4.2.4. Separering av dränvatten

I områden med kombinerat system som byggts om till duplikatsystem kan det ibland vara problematiskt att kräva dränvattenavledning till dagvattenledning. Det kan då vara lämpligt att anlägga en separat allmän ledning enbart för dränvatten (se Fig. 4.5).

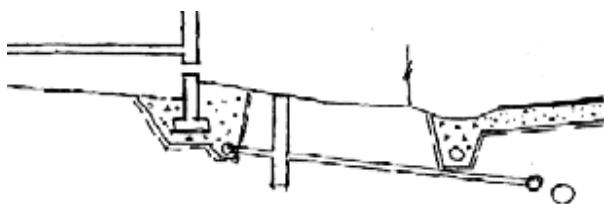


Fig. 4.5 Husgrundsdränering som är ansluten till en separat ledning enbart avsedd för dräneringsvatten från husgrund (Härryda kommun, 2001).

Där höjdförhållandena är de rätta, kan denna ledning med självfall kopplas till dagvattenledningen. Den separata dränvattenledningen, dit fastighetsdräneringar kopplas, kan antingen bestå av en tät ledning eller av en dränledning som samtidigt dränerar omgivande mark. Det är viktigt att den separata dränvattenledningen är dimensionerad så att den inte under några förhållanden riskerar att orsaka uppdämning i den anslutande fastighetsdräneringen. Dränvatten kan även avledas till en separat pumpgröp för att pumpas till den allmänna dagvattenledningen (se Fig. 4.6).

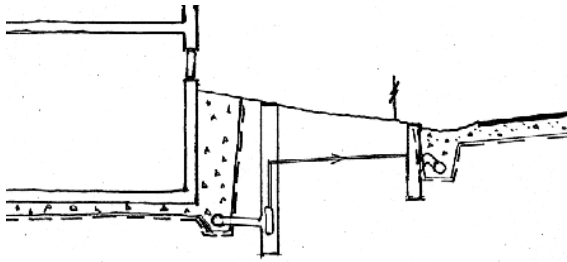


Fig. 4.6 Dräneringsvattnet pumpas vidare till en högre belägen dagvattenledning (Härryda kommun, 2001).

För att undvika återströmning ska ledningen från pumpgropen passera en högre liggande punkt än uppdamningsnivån innan dränvattnet får mynna i den allmänna ledningen. På detta sätt kan ej dagvatten vid uppdamning strömma till pumpgropen. Pumpgropen bör förses med bräddavlopp till spillvattenledning och ett larm skall helst utlösas vid driftstopp på pumpen (Svenskt Vatten, 1995).

#### 4.2.5. Svartvattensystem

Med svartvattensystem menas ett system där spillvatten delas upp i BDT-vatten (Badrum-, Dusch- och Toalettwater) och svartvatten (fekalier och urin). Speciella svartvattenledningar används för att avleda svartvattnet till en särskild behandlingsanläggning eller så lagras svartvattnet upp i fastigheter för att hämtas med fordon för transport vidare till behandlingsanläggningen. Behandlingsanläggningen kan vara central för ett stort antal svartvattenområden eller lokal för endast ett område. Svartvattensystemet kan komplettera befintliga kombinerade system. Flödena sorteras då alltid före förbindelsepunkten med det allmänna nätet (Ahlman m.fl., 2004).

#### 4.2.6. Ekologisk dagvattenhantering, ED

Begreppet ekologisk dagvattenhantering har växt fram med anledning av globala och nationella miljömål. Målen med denna hantering är inte bara teknisk avledning av dag- och dränvatten från byggnader och anläggningar. De är även att rena vattnet från föroreningar, ge lägre investerings- och driftkostnader samt att skapa rikare närmiljöer. Denna typ av hantering utförs praktiskt genom att skapa öppna vattenytor, dammar, våtmarker, bäckflöden, infiltrationsytor etc. Ekologisk dagvattenhantering kan beskrivas som en hantering där både LOD och öppna dagvattensystem utnyttjas. Genom att bromsa upp vattnets transport i öppna vattendrag gynnas bl.a. processer som infiltration och perkolation av vatten i marken.

Ett problem med ED är att den kräver mycket utrymme. Det naturliga blir därför att använda icke hårdgjorda ytor som parker och grönytor till ED i städer och tätorter. I både bostadsområden och parker kan dagvatten samlas i traditionella dammar vilka fungerar som fördröjningsmagasin med potential att utjämna kraftiga flödestoppar. Grässlåtar i närheten av dammar och våtmarker kan användas till infiltrationsytor och i områden med dåligt utrymme, men med tillräckligt genomsläpplig mark kan perkolationsmagasin grävas ned under marken. Vattnet kan ledas till dessa anläggningar genom öppna vattenflöden som t.ex. grunda diken och bäckar (Svensson m.fl., 2002; Lönngrén, 2001).

### 4.3. Husgrundsdränering

Med husgrundsdränering avses det vatten i mark, invid och under byggnader, som avleds genom materialskikt eller dränledning. Detta är ett måste för att ge ett fullständigt skydd mot fuktskador som orsakas av dag- eller grundvatten. Ett dräneringssystem består ofta av två huvuddelar:

- en *uppsamlande* del, vilken består av dränerande skikt vid väggar och under golv
- en *avledande* del, vilken i regel består av dränledning, dränbrunn m.m.

Det är inte alltid som en dränledning behöver användas. I dessa fall är det viktigt att de dränerande skikten avvattnas på annat sätt, t.ex. genom underliggande, mer genomsläppliga marklager. Marklagrets vattenförande kapacitet skall då motsvara dränledningens. Då användande av dränledning är nödvändigt skall dessa läggas med en jämn lutning av minst 1:200 och anslutas lokalt till omgivande marklager enligt LOD eller till kommunens allmänna avloppssystem (Krakenberger, 1996). Vid dimensionering och genomförande av dräneringssystem uppmärksammas byggnadskonstruktionen och dess läge i jorden, grundvattenytans läge och fluktuation, tillrinning från omgivning, genomsläppligheten i marklagren samt grundvattnets kemiska sammansättning. Kännedom om den kemiska sammansättningen är viktig eftersom järn- eller kalkföreningar kan fällas ut vid kontakt med luft i dränledningar, vilka då riskerar att sätta igen.

För de flesta byggnader är det varken praktiskt eller ekonomiskt motiverat att i detalj studera tillrinningen och utefter denna sedan dimensionera dräneringssystemet. I stället bör en standarddränering som är dimensionerad så att den med säkerhet klarar av största möjliga tillrinning användas. Standardlösningar för dräneringar kan i de flesta fall tillämpas generellt utan omfattande studie och dimensionering (Krakenberger, 1996). Det är viktigt, för dräneringens funktion, att dagvatten från mark- och takytor i närheten avleds från byggnaden. Detta gäller även vattentillrinning från kraftigt vattenförande jordlager och/eller äldre ledningssystem.

#### 4.3.1. Beräkning av dränvattenflöde

Vid byggnation är det viktigt att den dränerande förmågan hos marken kan kartläggas. Att ha rätt underlag vid beräkning av maximala dränvattenmängder och på vilket sätt dessa kan avledas är också en viktig del av processen. Typ av markslag och rådande grundvattensituation är, som nämnts ovan, exempel på underlag som krävs. Kännedom om detta fås genom geotekniska och geohydrologiska undersökningar samt observationer av grundvattennivåer.

I Tabell 4.1 visas schablonvärden som kan användas vid beräkning av dränvattenflöden från husgrundsdränering. För att beräkningen av dränvattentillskottet skall bli korrekt måste det tas hänsyn till andra faktorer som t.ex. dränering av mark, tillrinning från omgivande markområden m.m. (Svenskt Vatten, 1995).

Typ av mark	Utan källare		Med källare	
	Max	Medel	Max	Medel
Lera, silt	0,03	0,01	0,09	0,03
Morän, finsand	0,3	0,1	0,9	0,3
Friktionsmaterial	1	0	3	0

Tabell 4.1 Schablonvärden som, för olika typer av markmaterial, kan användas vid beräkning av dränvattenflöde. Alla värden har enheten [ $l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ ] och gäller för busgrundsdräneringar och normalt täta avloppsledningar.

I grusig sand kan dräneringsflödet ofta överskrida  $1\,000\ l \cdot h^{-1}$  från ett enbostadshus med grund av normal storlek (ca  $100\ m^2$  med schaktgropsyta på ca  $200\ m^2$ ) som når  $0,5\ m$  under grundvattennivån. I moränmark kan ett betydligt lägre dräneringsflöde antas. Då grundvattenytan i dessa områden befinner sig ca  $1\ m$  ovanför dräneringsledningarna kan det för ett normalstort enbostadshus räknas med ett flöde av storleksordningen  $100\ l \cdot h^{-1}$  (Svenskt Vatten, 2004).

## 5. LOD och öppna dagvattensystem

I mitten av 1960-talet började en betydande utbyggnad av avloppsreningsverk i Sverige. Från dessa har drifterfarenheter bl.a. visat på vikten av en riktig hantering av dag- och dränvatten i samband med planering och projektering av avloppssystem. Snabba avrinningsförlopp och ökad mängd dränvatten ställer till problem i ledningsnät och avloppsreningsverk (Alm m.fl., 1982). I Sverige startade intresset för LOD huvudsakligen under 1970-talet och sedan slutet av 80-talet har det stigit kraftigt. Anledningen till detta har varit ökad kännedom om följande problem med traditionell dagvattenhantering:

- Minskad infiltration i exploateringsområden, vilket ger lägre grundvattennivå. Detta kan bl.a. orsaka sättningsskador i områden med lera.
- Dagvattnet i kombinerade ledningssystem kan försämra processerna i reningsverken och i värsta fall orsaka bräddning av orenat avloppsvatten till recipienterna.
- Dagvattenledningar måste dimensioneras för kortvariga, stora flöden och står ofta tomma. Utnyttjandegraden är låg och anläggningskostnaderna höga.

Nackdelar som dessa resulterade i att Byggforskningsrådet under 70-talet bekostade ett omfattande forskningsprojekt om vatten i bebyggelse. I och med detta projekt myntades termen ”Lokalt Omhändertagande av Dagvatten”, LOD (Berggren m.fl., 1991). Med öppna dagvattensystem menas system där vatten tas omhand eller avleds synligt, dvs. i dagen. Om ett öppet dagvattensystem, exempelvis en damm, ligger på privat mark kan dammen sägas vara en typ av LOD-anläggning. Om den däremot ligger på allmän mark räknas den ej till en LOD-anläggning, vilket oftast är fallet. Dock används ofta öppna dagvattensystem kombinerat med LOD-teknik, vilket är anledningen till att här beskriva teknikerna tillsammans. I detta kapitel följer en beskrivning av LOD, förutsättningar för att kunna använda LOD samt beskrivningar av olika tekniker för LOD och öppna dagvattensystem.

### 5.1. Allmänt

Benämningen LOD används på olika handlingar för att minska eller fördröja dagvattenavrinningen från privat mark innan vattnet når det allmänna dagvattensystemet (Stahre, 2004). LOD kan kännetecknas som ett separat dagvattensystem, där infiltration och perkolation utgör byggstenarna. Systemet bidrar till fördröjning och rening av dagvattnet innan det når recipienten (Bergström m.fl., 1983). Infiltration och perkolation kompletteras ofta med fördröjningsmagasin, dräneringsledningar och/eller klen dimensionerade dagvattenledningar för att fungera ett önskvärt sätt. LOD-hantering består i att utnyttja de naturliga processer som äger rum i marken, dessa är (Larm, 1994):

- Infiltration och perkolation av vatten i marken
- Avdunstning
- Växternas upptag av vatten och föroreningar
- Flödesutjämning
- Fastläggning och nedbrytning av föroreningar i övre marklagren

Det råder en viss osäkerhet kring LOD vilket enligt Jansson m.fl. (1992) beror på frågor om planering, miljö och ekonomi. Författarna menar vidare att de huvudsakliga begränsningarna för tillämpandet är ekonomin, kompetensen samt inställningen inom kommunerna.



## 5.2. Förutsättningar för LOD

För att nå framgångsrika resultat måste de invanda handlingsmönstren som ofta råder i den kommunala planprocessen lyckas brytas. Det finns i regel en tveksamhet till att låta VA-förhållanden bli styrande för bebyggelseplanering. I stället brukar VA-försörjning lösas i efterhand (Stahre, 2004). De geohydrologiska förutsättningarna är avgörande för huruvida LOD-lösningar kan användas eller ej. Förhållanden som är viktiga att studera vid planering av LOD är jordartsförhållandet, grundvattenförhållandet samt nivå- och ytavrinningsförhållandet (Bergström m.fl., 1983). Generellt medför ett tätare markmaterial en högre liggande grundvattennivå och större nivåfluktuationer under året (Svenskt Vatten, 2004). Sådana områden har periodvis begränsad förmåga att tillgodogöra sig nederbörd, utan att risk för bebyggelse (eller planerad bebyggelse) i området uppstår. Detta behöver inte alltid vara ett hinder för att utföra en LOD-anläggning. Inriktningen blir då istället att fördröja dagvattenavrinningen från området. Detta för att (Berggren m.fl., 1991):

- Öka markens möjligheter att tillgodogöra sig vattnet
- Minska ledningsbehovet, mindre dimensioner och färre antal meter ledning
- Öka möjligheter till naturlig avledning på marken eller via diken eller mindre vattendrag

Under vissa betingelser är det dock ej lämpligt, eller möjligt att låta vatten infiltrera i marken. Detta gäller då (Stockholm stad, 2002):

- Marken innehåller föroreningar vilka riskerar följa med det infiltrerande vattnet
- Befintlig bebyggelse skadas av det infiltrerande vattnet
- Skyddsvärt grundvatten eller känslig recipient förorenas av det infiltrerande vattnet

## 5.3. Områdesdränering

Olika typer av områdesdränering för torrläggning av mark kan användas för att möjliggöra och öka förutsättningarna för LOD-hantering (se Fig. 5.1). Även vid relativt tät exploatering kan förutsättningar för LOD skapas. I vissa fall kan dränvatten från husgrunder anslutas till områdesdräneringen (se Fig. 5.2). Denna typ av anslutning kräver dock stor försiktighet. Det är viktigt att dämmningsnivån i dräneringsstråket är helt klarlagd och att husgrundsdräneringen ligger åtminstone 10 - 15 cm högre än dräneringsstråkets marknivå (Härryda kommun, 2001).

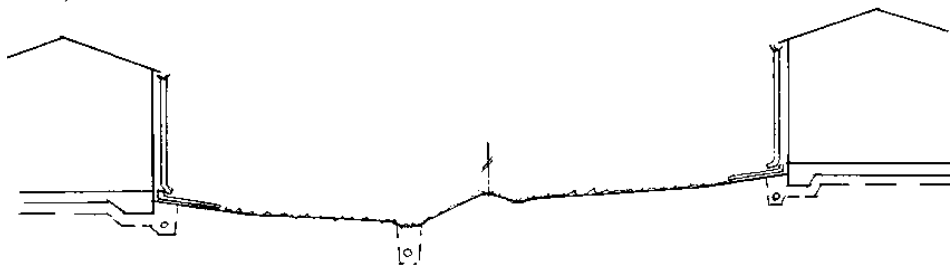


Fig. 5.1 Ett exempel på områdesdränering som anlagts mellan tomter. Ett avrinningsvecke, till höger om dräneringen i figur, har även anlagts för att hindra ytvatten från att rinna in på granntomten. Om så krävs kan avrinningsvecket förses med en dränering (Härryda kommun, 2001).

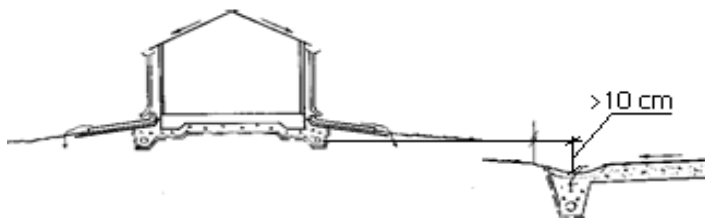


Fig. 5.2 Husgrundsdränering ansluts till områdesdränering (Härryda kommun, 2001).

Typen av markmaterial i ett område är avgörande för hur områdesdräneringen skall utföras.

### 5.3.1. Grus- och sandområden

I dessa områden är det oftast bara i utströmningsområdena det finns behov av dränering. De vattenmängder som ett grusmaterial kan transportera är vanligen så pass stora att det sällan är genomförbart att sänka grundvattennivån med någon typ av områdesdränering. Detta behövs därför inte heller vid tillämpning av LOD. Dock måste vattnet, även i dessa typer av områden, tillåtas spridas över stora ytor för att LOD ska fungera (Svenskt Vatten, 2004).

### 5.3.2. Morän- och finsandområden

Ett område som ligger i sluttande terräng med morän eller finsand bör skärmars av i uppströms kant med ett dike/täckdike tvärs över sluttningen. Inom området är det bra att lägga täckdikena med 30-40 m mellanrum. Täckdikenas lägen måste anpassas till vägar och andra hårdgjorda ytor för att en lagom tröghet i avrinningen skall uppnås. Om t.ex. LOD tillämpas på så sätt att avrinnande vatten från en väg förs ut över en intilliggande gräsyta, bör täckdikensstråket läggas så långt möjligt från väggkanten (Svenskt Vatten, 2004).

### 5.3.3. Silt- och lerområden

De typer av mark som är i störst behov av dränering vid tillämpning av LOD är silt- och lerområden. Såväl silten som leran har kohesionsära egenskaper vilket gör att de ändrar volym beroende på vattenhalt. Detta medför en tydlig risk för sättningar då det okontrollerat dräneras bort vatten. På grund av detta bör områdesdräneringar i kohesionsjordarter genomföras med försiktighet. T.ex. bör avskärande dräneringar uppströms eller nedströms ett område genomföras i mycket god tid före övrig byggnation för att undvika sättningsskador. Täckdikningsstråk bör ges vattenmagasinerande egenskaper, genom exempelvis makadamfyllnad. Det är även viktigt med tydliga marklutningar från LOD-anläggning till stråken (Svenskt Vatten, 2004).

## 5.4. Varför alternativ hantering av dränvatten?

I samband med nyexploateringar finns det goda möjligheter att nå en mer teknisk-ekonomisk fördelaktig lösning än det traditionella dagvattensystemet. Genom att utnyttja ett områdes naturliga förmåga att ta omhand dag- och dränvatten lokalt kan fördelaktiga lösningar hittas (Bergström m.fl., 1983). Eftersom dränvatten från husgrunder i regel består av rent grundvatten är inte de reningseffekter som utvinns med LOD-teknik anledning till att omhänderta dränvatten lokalt. Dränvattenflödet är dessutom jämnt och innehåller inga märkvärdiga flödestoppar vilket onödiggör flödesutjämning (Fagerberg, personligen, 2007). Betydelsefullt är istället att dränvattenflödet, som pågår under hela dygnet, rejält ökar mängden vatten att hantera, sett över längre tidsperioder. Detta gäller även jämfört med

dagvatten. Speciellt tydligt blir detta i attraktiva exploateringsområden där det ibland kan exploateras i områden där grundvattnet står väldigt högt eller t.o.m. strömmar ut (Linder, personligen, 2007). I dessa fall krävs kraftig dränering med stora volymer vatten att omhänderta som följd. Vid all volymdimensionering av ledningar är det därför viktigt att beakta dränvattentillskottet (Svenskt Vatten, 2004). Att ta omhand dränvatten med LOD-teknik eller öppna vattensystem minskar risken för överbelastade ledningar, vilket kan vara ett stort problem i exploaterade och urbaniserade områden (Stahre, 2004).

I vissa exploateringsområden finns inga, eller kraftigt underdimensionerade, tillgängliga dagvattenledningar och i vissa fall ligger ledningarna för högt för att kunna nyttjas utan pumpning. För att undvika både dyra och komplicerade utbyggnader av dagvattennät blir det i sådana områden därför nödvändigt att ta omhand dränvattnet med alternativa metoder då dränvatten ej bör anslutas till spillvattennät. Om dränvattnet leds i slutet dagvattenledning direkt till recipient finns risk för en tydlig sänkning av grundvattennivån, vilket i sin tur kan leda till att marken sätter sig. Detta kan undvikas genom att dränvatten tas omhand på sätt som mer liknar de naturliga.

## 5.5. Anläggningar

BMP, Best Management Practice, är ett begrepp som används i bl.a. USA. Det innebär att utnyttja mest ändamålsenliga teknik som komplement till traditionella dagvattenledningar. Den tekniska lösning eller den kombination av tekniska lösningar som är mest ändamålsenlig i olika situationer skall då väljas (Bengtsson m.fl., 2004). För att hitta dessa lösningar används bl.a. olika LOD-tekniker och öppna dagvattensystem. När det gäller utformning av en LOD-anläggning kan det grovt talas om två principer (Berggren m.fl., 1991):

- *Centraliserat* omhändertagande (ofta vid stora mängder dagvatten).  
Här byggs traditionella dagvattensystem upp som sedan avslutas med anläggning för omhändertagande av dagvattnet.
- Utbredd, *decentraliserad* LOD-teknik.  
Här utgör LOD-tekniken en del av dagvattensystemet. Infiltration över hela aktuella området och ledningsnät som är förenklade och samtidigt billigare.

Alla typer av LOD-anläggningar består av en eller flera av följande anläggningar: infiltrationsyta, perkolationsanläggning, dränledning, klen dimensionerad dagvattenledning samt fördröjningsmagasin. En dränledning kan fungera som komplement till den naturliga perkolationen och en klen dimensionerad dagvattenledning kan användas för att avleda överskottsvatten som inte infiltrerar eller perkolerar på ett naturligt sätt (Bergström m.fl., 1983). Här följer beskrivningar av olika anläggningar för att ta hand om dag- och/eller dränvatten. Ofta behövs kombinationer av olika anläggningar för att uppnå önskvärda resultat (Larm, 1994).

### 5.5.1. Infiltrationsytor

Med infiltrationsytor, även kallade grönytor och översilningsytor, avses ytor där dagvatten leds ut för att vidare infiltrera i mark (Larm m.fl., 1999). Det är relativt billiga anläggningar som inte kräver så mycket underhåll.

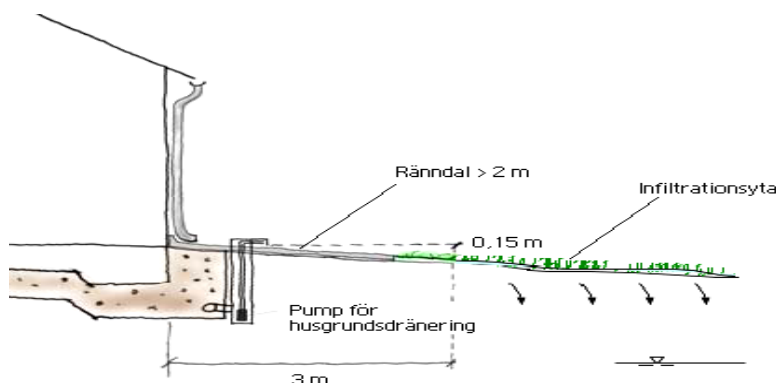


Fig. 5.3 Ett exempel på hur dränvatten från en husgrund kan pumpas upp och sedan spridas på en infiltrationsyta för att tillsist perkolera till grundvattnet.

Källa: egen bearbetning av Höganäs kommun (2006, s. 10).

Tillförseln av vatten till infiltrationsytor bör ske på bred front. Då dräneringsrör från husgrund dras till denna typ av yta bör ett förgreningsrör kopplas till slutet av röret med uppgift att sprida ut dränvattnet. Vid stora vattenvolymer bör överskottsvatten lätt kunna rinna av till lågpunkter som avvattnas med diken, perkolationsmagasin eller klen dimensionerade dagvattenledningar. Ett annat alternativ är att lägga dräneringsledningar, med uppgift att leda bort överskottsvattnet, under infiltrationsytan.

Vid kraftig nederbörd kan marken uppvisa en otillräcklig infiltrationskapacitet. Detta gäller speciellt för nyanlagda infiltrationsytor med finkorniga jordar inom nyexploaterade områden. Orsaken är i regel att vegetationen i markens övre skikt inte har hunnit etablerats (Bergström m.fl., 1983). Grundvattnet bör ligga minst 0,5 m under markytan vid tillämpning av infiltrationsytor. Dag- och dränvatten kan infiltrera även i berggrunden, åtminstone  $1 - 5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$  kan tränga ner i en till synes homogen berghäll (Bokalders & Block, 1997).

### 5.5.2. Perkolationsmagasin

Perkolationsmagasin bör användas där direkt avledning till infiltrationsytor inte är möjlig och då i första hand vid grundvattnets inströmningsområde. De placeras under marken, helst ej närmare husgrund än 4 m, och fylls vanligen med singel, grus eller makadam.

Magasinsfyllnaden bör helst vara tvättad. Då belastningen på marken vill hållas låg, t.ex. vid hög sättningsrisk, kan kulor av lättklinker användas som magasinsfyllnad (Holmstrand & Lindvall, 1979). Dag- och/eller dränvatten uppehåller sig temporärt i magasinen och sprider sig sedan ut i omgivande mark.

Effektivare än de traditionella stenkistorna är prefabricerade anläggningar av plast, så kallade regn- eller dagvattenkassetter (Fig. 5.4). Hålrumsvolymen hos dessa är i regel ca 95 %, vilket kan jämföras med stenkistornas hålrumsvolym på ca 30-40 %. Vid användning av dagvattenkassetter behövs därför ett betydligt mindre utrymme och då samtidigt mindre schaktning.

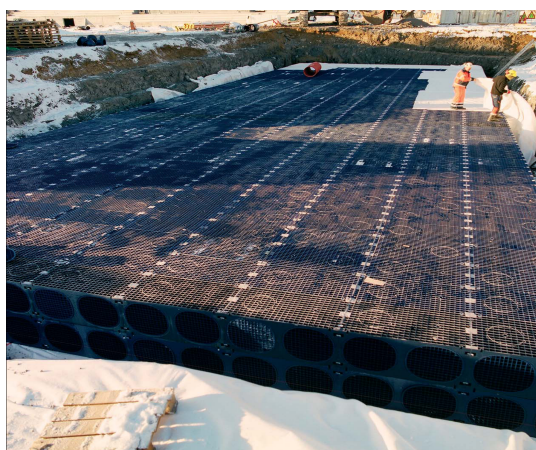
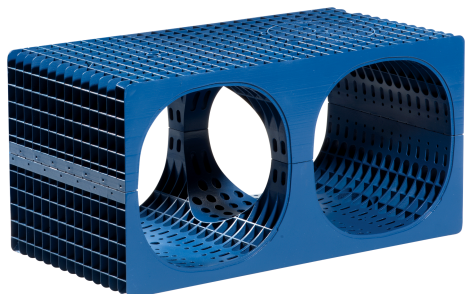


Fig. 5.4 Bilden t.v. visar en dagvattenkassett. Flera sådana kan monteras ihop (se bilden till höger) för att uppnå önskad dimension. Genom inspektionsöppningar finns möjligheter för tv-inspektion, spolning och rensning (Wavin, 2007).

Perkolationsmagasinens igensättningsrisk bör uppmärksammas. Denna risk kan minskas genom att använda ett intagsfilter som sällar bort större partiklar. Filtret, som helst anordnas vertikalt, kan bestå av en syntetsfiberduk med liten maskvidd och god vattengenomtränglighet (Alm m.fl., 1982). Eftersom igensättning av magasinets botten är mest sannolik bör magasinet utformas på så sätt att bottenarean blir så liten som möjligt i förhållande till väggarean, ett långsmalt magasin är att föredra.

För att öka livslängden på ett perkolationsmagasin kan det förses med en sedimentationsdel. Sedimentationen skall då äga rum innan filtreringen (Bergström m.fl., 1983). Erfarenheter från Skellefteå tyder på att magasinerna behåller sin infiltrationskapacitet även då de är helt fyllda av tjäle. Undersökningar av vattengenomsläpplighet i tjälad mark, som gjorts i Luleå, visar i samma riktning (Holmstrand & Lindvall, 1979). Det finns olika sätt att tillämpa perkolationsmagasin, några av dem illustreras nedan i Fig. 5.5–5.7, efter egen bearbetning av Larm (1994) och Bergström m.fl. (1983).

- **Perkolation**

Dag- och/eller dränvatten avleds till perkolationsmagasin för vidare perkolation i omgivande mark.

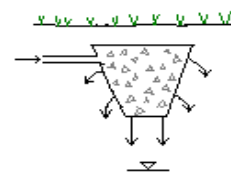


Fig. 5.5

- **Perkolation och dränering**

Dag- och/eller dränvatten avleds till perkolationsmagasin som kompletterats med en strypt dränledning. Denna leder bort överskottsvatten då magasinet är vattenmättat.

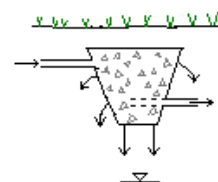


Fig. 5.6

- **Perkolationsmagasin och dagvattenavledning**

Dag- och/eller dränvatten avleds till perkolationsmagasin. När magasinet är fullt och perkolationskapaciteten inte räcker till sker bräddning till en klen dimensionerad dagvattenledning.

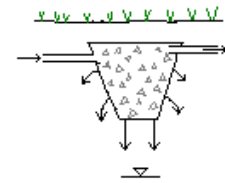


Fig. 5.7

### 5.5.3. Ledningsgravar

Ledningsgravar kan beskrivas som specialfall av perkolationsmagasin. De består av ett dike som är fyllt med grus och jord. När diket är vattenmättat avleds överskottsvattnet av en dräneringsledning. Enligt Larm m.fl. (1999) hjälper anläggningar av denna typ till att bibehålla grundvattennivån och de kräver inga större utrymmen. En bräddbrunn, kopplad till det allmänna dagvattennätet, kan vara nödvändig eftersom infiltrationsytan till graven är begränsad och allt för stor mängd vatten kan därför inte infiltrera. Ledningsgravar bör rensas med lämpliga intervall. Längden på dessa intervall rättas efter den specifika anläggningen. För skydd mot grövre material kan kombination med exempelvis en sedimentationsfälla vara att föredra. En tätande duk runt graven är ett bra komplement för att motverka inläckage av grundvatten, detta gäller även för diken.

### 5.5.4. Diken

I områden med mycket bebyggelse kan diken vara ett bra sätt att ta hand om dag- och dränvatten. De har en låg anläggningskostnad och vid stor vattentillförsel och begränsad infiltrationskapacitet medger diken viss magasinering och fördröjning. Ett dike kan även fungera som ett perkolationsmagasin, detta genom att lägga ett 0,5 – 1 m djupt makadamskikt i botten på diket. Makadamskiktet kan i sin tur täckas med grovt grus, sand och matjord. För att få snabb fördelning av vattnet i perkolationsmagasinet kan ett dräneringsrör läggas i botten av makadamskiktet (Bokalders & Block, 1997). Diken klarar inte av att omhänderta dagvatten från stora avrinningsområden efter kraftiga regn eller vid snösmältning (Larm, 1994).

#### Svackdiken

Svackdiken (Fig. 5.8) är grunda dikessystem vilka normalt är klädda med gräs. De fungerar som kombinerad infiltrationsyta och öppet avledningssystem och bör ha en svag lutning (ca 2 %) i vattnets riktning. Ofta placeras en kupolbrunn i svackdikets nedströmsända, från vilken överskottsvatten kan ledas till dagvattennätet. Ett svackdike har i allmänhet bra magasineringsförmåga men för att öka denna kan en överlagd eller öppen stenfyllning vid diket botten anläggas. Det är då viktigt att fyllningen inte läggs under grundvattensytan. Om ett svackdike tillförs vatten från t.ex. en dränvattenledning, bör en förstärkning i form av stembeklädnad eller liknade utföras för att motverka erosion vid inloppet. För att minska erosionen vid stora flöden kan i speciella fall hela diken förses med hårdgjord botten (Stahre, 2004).

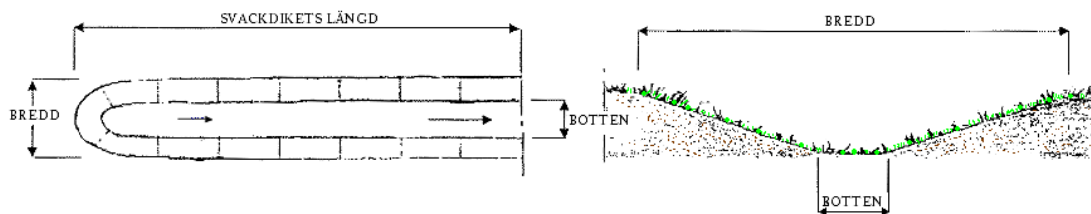


Fig. 5.8 Svackdike sett från ovan och i genomskärning.

Källa: Egen bearbetning av Falkenbergs kommun (2004, s. 14-15)

### 5.5.5. Dammar

En damm räknas i regel inte till en LOD-anläggning utan benämns ofta istället som ett öppet fördröjningssystem. De hör till s.k. ”end-of-pipe”-lösningar vilket betyder att de ofta utförs långt nedströms i ett vattensystem. Dräneringsvatten från husgrunder kan pumpas till olika typer av dammar, vilka bl.a. har en magasinering och fördröjande effekt. Det finns två olika typer av dammar, nämligen våta och torra dammar. Dessa skiljer sig en del åt beroende på funktion och syfte (Larm, 1994).

#### Våta dammar

Våta dammar (Fig. 5.9) konstrueras så att de har en permanent vattenyta. Diken och/eller dagvattenledningar utgör in- och utlopp. De bör ha ett nödutlopp som är kopplat till exempelvis ett dagvattennät nedströms dammen. För att hindra igenväxning bör dammen utformas långsmal (> 3:1) eftersom detta tillfredsställer genomströmningen. Det är viktigt att utloppet är strypt och att reglering av detta ska kunna genomföras vid eventuellt förändrade avrinningsförhållanden. Den normala avtappningen från dammen beror på hur stora flöden som tillåts längre ned i systemet.

Våta dammar kan räknas till de anläggningar som är mest tillförlitliga med goda drifterfarenheter och bred tillämpning. För en lång livslängd krävs dock korrekt dimensionering, regelbunden skötsel (inspektion, skräprensning och sedimentmuddring) och att suspenderat material frångår innan det når anläggningen. Våta dammar fungerar även tillfredsställande i kallt klimat, dock med sämre reningseffekt (Larm, 1994).

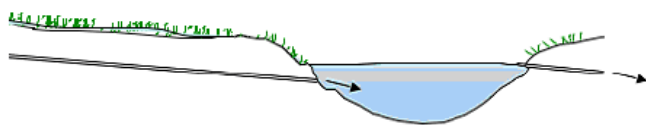


Fig. 5.9 Våt damm.

Källa: egen bearbetning av Westlin (2004, s. 32)

#### Torra dammar

Torra dammar (Fig. 5.10) har inte någon permanent vattenyta och är således torrlagd mellan regntillfällena. De har bred tillämpning och kan användas i kombination med våta dammar och våtmarker. Om avrinningsområdet är litet och grundvattennivån ligger nära markytan är det inte praktiskt med torra dammar. De bör heller inte lokaliseras för nära in på ett bostadsområde p.g.a. eventuella luktproblem och estetiska skäl. Att marken är permeabel är en förutsättning (Larm, 1994).

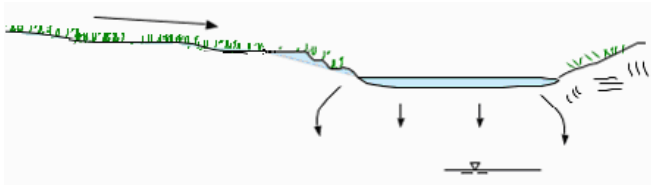


Fig. 5.10 Torr damm.

Källa: egen bearbetning av Westlin (2004, s. 33)

### 5.5.6. Våtmarker

Våtmarker benämns, precis som dammar, som öppna dagvattensystem och är i regel inte en typ av LOD. Tillämpning av dem kan ske i de flesta urbana miljöer där ett tillräckligt stort basflöde, för att bibehålla vattennivån finns. Det finns dock svårigheter med att få dessa att fungera på ett önskvärt sätt på platser med sandiga jordar, hög infiltrationskapacitet eller där avdunstningen är hög under sommaren. Vid inloppet till en våtmark utförs med fördel en sedimentationsdamm för att fånga upp suspenderat material i dagvattnet. En anlagd våtmark bör ha relativt små vattendjup vilket leder till att de är utrymmeskrävande och därför svåra att tillämpa i stadsdelar. Att kombinera våtmarker med dammar och andra typer av dagvattenanläggningar är ett bra tillvägagångssätt (Larm, 1994). Dränvatten från husgrunder kan ledas till både naturliga och anlagda våtmarker. Då det gäller dagvatten i allmänhet bör hanteringen främst riktas mot anlagda våtmarker eftersom förorenat dagvatten kan ha en negativ inverkan på naturliga våtmarkers ekosystem.

## 5.6. Drifterfarenheter

Det råder brist på väl sammanställda uppföljningar och kartläggningar av drifterfarenheter (Fjellmar & Ludvigsson, 1997). Allmänt för LOD-anläggningar och öppna dagvattensystem är att de kräver skötsel och underhåll, särskilt gäller detta rensning av tilloppsanordningar. Åtkomligheten för kontroll och underhåll behöver förbättras, risken är annars att anläggningar sätter igen med tiden och avleder allt vatten via eventuellt bräddavlopp (Larm, 1994). Här beskrivs erfarenheter från de anläggningar som är mest lämpade för omhändertagande av dränvatten. Delar av en enkätundersökning från 2004, om olika anläggningars funktion, presenteras sist i detta avsnitt.

### 5.6.1. Infiltrationsytor

#### Fördelar:

- Låg anläggningskostnad.
- Naturpartier fungerar bra redan från start.
- Små problem vid överbelastning.
- Driftstörningar är lätta att upptäcka.
- Kräver begränsad skötsel och små utrymmen.
- Inga extra driftkostnader.

#### Nackdelar:

- Nyetablerad vegetationsyta kan ha låg infiltrationskapacitet de första åren.
- Risk för erosionsskador vid kraftig tillförsel av vatten.
- Ytuppmjukning vid hård belastning.
- Isbildning i ytskiktet leder till försämrad infiltrationskapacitet.

(Lindvall & Hogland, 1981; Larm, 1994)



### 5.6.2. Perkolationsanläggningar

#### Fördelar:

- Bra funktion redan i anläggningsskedet.
- Anordningar som möjliggör skötsel och kontroll. Därför är det möjligt med tidig upptäckt av igensättning
- Kräver normalt liten skötsel. Högttrycksspolning av igensatt anläggning visar på goda resultat.
- Små problem vid överbelastning av riktigt utformade anläggningar.
- Intagsbrunnar där avtappning genom väggar kan ske har bra funktion.
- Inga speciella driftproblem vintertid.

(Lindvall & Hogland, 1981; Larm, 1994)

#### Nackdelar:

- Hög risk för igensättning då anläggningar ej är riktigt utformade.
- Lätt att magasin i exploateringsområden blir skadade under byggnadstiden. Detta genom kompaktering av fyllnadsmaterial då tunga fordon belastar magasinerna samt att finmaterial kan tränga in i magasinerna och täppa till dem.
- Risk för driftproblem då spol- och inspektionsbrunnar saknas.
- Då regelbunden skötsel krävs blir driftkostnaderna höga.
- Risk för rotinträngning i ytligt anlagda magasin (skadar dock inte alltid funktionen).

### 5.6.3. Ledningsgravar

#### Fördelar:

- Kan anläggas ytligare än traditionella ledningssystem.
- Tar liten plats.
- Trög avrinning.

(Andersson m.fl., 2004)

#### Nackdelar:

- Kan orsaka sättningar i lerområden.
- Risk för igensättning efter en viss tid.
- Troligen försämrade funktion vid frusen mark.

### 5.6.4. Diken

#### Fördelar:

- Låg anläggningskostnad.
- Bra funktion redan i anläggningsskedet.
- Två funktioner, infiltration och avledning, ger ett säkert system med liten risk för skador vid överbelastning
- Driftstörningar är lätta att upptäcka
- Fungerar som magasin för snö på vintern och har god kapacitet vid snösmältning.
- Bidrar till återbildning av grundvatten.
- Låga driftkostnader.

(Lindvall & Hogland, 1981)

#### Nackdelar:

- Risk för erosion innan vegetation etablerats.
- Risk för vattenansamling vid dämning.
- Begränsad förmåga att ta hand om större mängder vatten.

### 5.6.5. Dammar

#### Våta dammar

##### Fördelar:

- Estetiskt tilltalande
- Skapar goda förutsättningar för habitat åt olika typer av växter och djur.
- Översvämnings- och erosionskontroll.
- Sedimentavlagringar hindras att hamna i vattendrag nedströms.

##### Nackdelar:

- Under snösmältningen sjunker pH vilket kan leda till fiskdöd och frigörelse av metaller.
- I vissa fall kan habitat för existerande växter och djur förstöras.
- Begränsad grundvattenåterbildning.
- Kräver utrymme och underhåll.

#### Torra dammar

##### Fördelar:

- Lätt att ta bort sediment när dammen är torr. Mycket bra sedimentation.
- Inga erosionsproblem då dammen är rätt dimensionerad. Bidrar även till minskad erosionsrisk i vattendrag nedströms och minskad översvämningsrisk.

##### Nackdelar:

- Luktproblem vid dåligt skötta dammar.
- Skapar inga permanenta habitat.
- Risk för grundvattenförorening.

(Larm, 1994)

### 5.6.6. Våtmarker

##### Fördelar:

- Våtmarker kan förbruka näringsämnen och därmed motverka försurning.
- Bidrar till att basflöden utjämnas eftersom ytavrinning kan ske under torrperioder.
- Höjer basflöden.

##### Nackdelar:

- Anlagda våtmarker kan påverka skogsområden och naturliga våtmarker negativt.
- Om anlagda våtmarker placeras i källvattenområden kan känsliga akvatiska samhällen skadas.
- Om vattnet innehåller mycket näring, kan det under sommaren bli tillfälligt syrefattigt. Recipienter kan skadas vid tillförsel av sådant vatten.

(Larm, 1994)

### 5.6.7. Enkätundersökning från 2004

I ett tidigare examensarbete av Andersson m.fl. (2004) görs en enkätundersökning om LOD- och öppna anläggningar i Sveriges kommuner. En enkät med frågor om bl.a. drifterfarenheter skickades då ut till samtliga av Sveriges 287 VA-verk, varav 149 svarade. Den fråga som ställdes angående drifterfarenheter löd: Har anläggningen fungerat enligt förväntan? Svaren sammanställdes i ett diagram, ur vilket några i sammanhanget lämpliga anläggningar valts ut och visas nedan i Fig. 5.11.

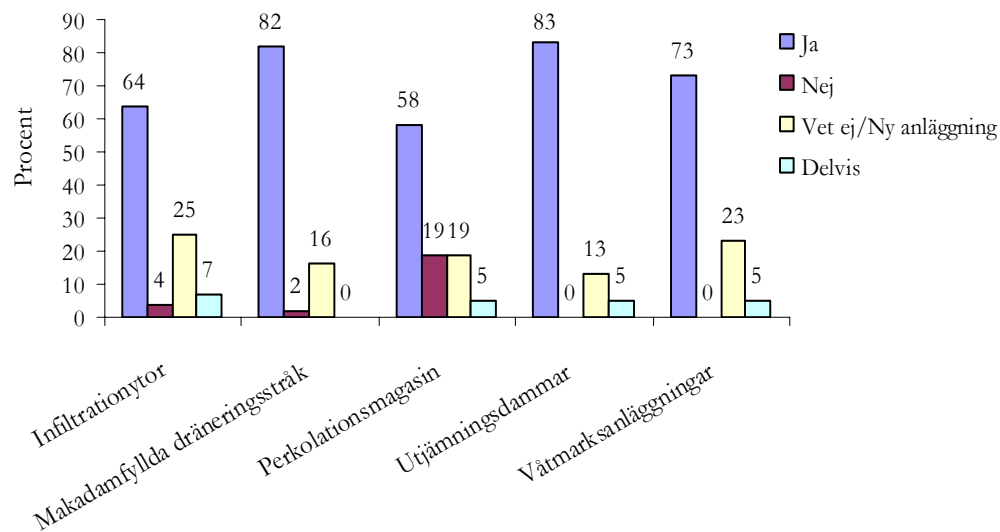


Fig. 5.11 Diagram över hur stor del av anläggningarna som har fungerat på ett önskvärt sätt.

### 5.7. Val av anläggning

Det finns ingen generell lösning till vilken typ av dagvattenanläggning som skall väljas, det måste avgöras från fall till fall. De avgörande faktorerna är marken och omgivningens förutsättningar, vilka föroreningar som ska avlägsnas, recipientens slag och status, tillgängligt markutrymme och ekonomiska förutsättningar. Flödet av dränvatten från husgrunder är ett flöde som varken har märkvärdiga flödestoppar eller föroreningar. Istället är det här viktigt med en anläggning som klarar av att omhänderta en viss mängd vatten. Nästa fråga är vilka områdets förutsättningar med avseende på geologi, plats i bebyggelse m.m. är. I det slutliga valet av anläggning vägs drift, kostnad och säkerhet in. Antalet möjliga anläggningar kan på detta sätt reduceras samtidigt som ett lättare och bättre grundat val görs.

Tabell 5.1 visar exempel på faktorer (lokala förutsättningar) som kan medföra att vissa typer av anläggningar inte kan utnyttjas (Miljösamverkan Västra Götaland, 2004).

BMP (Best Management Practices)	Marklutning	Hög grundvattennivå	Närhet till berggrund	Närhet till bebyggelse	Markutrymme	Maximalt djup	Multifunktionell användning	Mycket sediment i inkommande vatten	Skötsel och utsatthet
Fördröjningsmagasin	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Våt damm	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Våtmark	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Perkolationsmagasin	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Svackdike, gräsbevuxet	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Infiltrationsyta	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabell 5.1 Faktorer som medför problem för vissa anläggningar.

Tabellförklaring:

BMP: mest ändamålsenlig teknik utnyttjas som komplement till traditionell dagvattenledning.

- BMP är ej att rekommendera
- BMP kan fungera med noggrann design och skötsel
- Generellt ingen begränsning för BMP

## 5.8. Kostnader och avgifter

Vinster med LOD och öppna dagvattensystem är huvudsakligen miljömässiga, men det kan även göras ekonomiska vinster. Typen av hantering kräver mer omfattande förundersökningar och utredningar än traditionell dagvattenhantering, vilket dock inte förhindrar möjligheterna till direkta ekonomiska vinster. Driftskostnaderna för dåligt fungerande dag- och spillvattensystem är idag höga samtidigt som det finns ett stigande behov av underhåll och nyinvesteringar av dessa (Mariestads kommun, 2005). En ombyggnad av dagvattennätet innebär i regel stora kostnader och huvudmannen kan därför kräva en alternativ dag- och/eller dränvattenhantering.

För att, i exploateringsområden, möjliggöra LOD-anläggningar med god ekonomi är det i planeringsprocessen viktigt att ta vara på de möjligheter till LOD som finns. Bästa ekonomiska lösningen fås vid avgränsade områden för LOD respektive områden för traditionell dagvattenavledning. Då LOD bara används inom vissa tomter i ett småhusområde medför det att dagvattensystemet ändå måste byggas ut i sin helhet, vilket inte leder till någon minskad anläggningskostnad (Fjellmar & Ludvigsson, 1997). Enligt Svensson (2004) är det mest kostnadseffektivt om öppna, naturliga vattenvägar används så långt som möjligt för att leda ut vattnet till närmaste recipient.

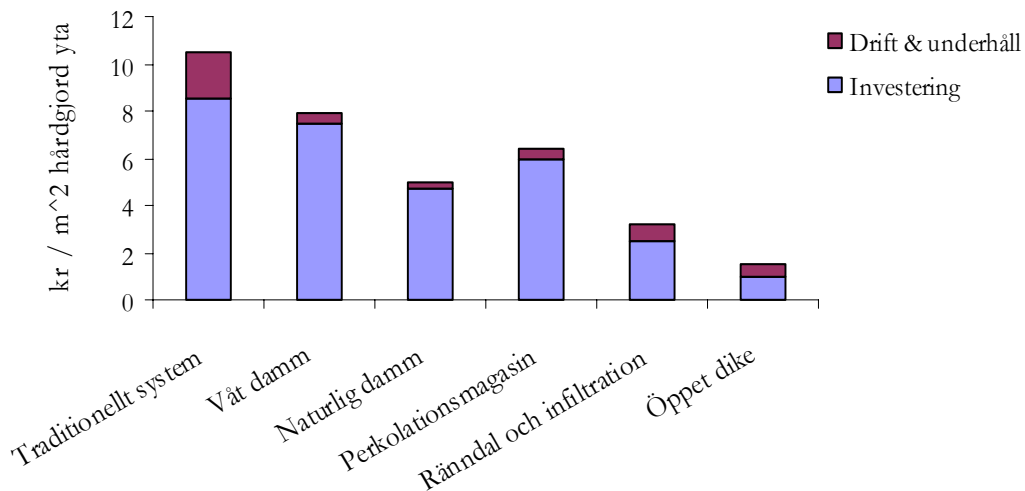


Fig. 5.12 Kostnadsjämförelse för olika alternativ att omhänderta dagvatten. Kostnaden är ungefärlig och uträknad för ett års tid.

Källa: Egen bearbetning av Svensson (2004, s. 15)

Vissa kommuner har, med stöd av VA-lagen, infört avgifter i sina kommunala VA-taxor för att tvinga fram förbättringar av dagvattenhanteringen. Fastighetsägare kan även få bidrag för att stimulera till dessa förbättringar. Ett exempel på styrning genom avgifter är Mölndals kommun som i en taxa från 2003 infört en fast årsavgift per tariffenhet för dag- och dränvattenavlopp. En tariffenhet motsvarar 100 m<sup>2</sup> tomtyta. Då dag- och dränvatten inte avleds till det allmänna avloppsnätet reduceras antalet tariffenheter. Från Härryda kommun ges ett exempel på styrning genom bidrag. Kommunen har, i sin ABVA, med en bestämmelse om att bidrag kan ges till fastighetsägare. Dessa bidrag ska då täcka 75 % av verifierad självkostnad, dock (normalt) maximalt 10 000 kr inklusive moms (Miljösamverkan Västra Götaland, 2004).

Även Stockholm Vatten erbjuder fastighetsägare lägre taxa vid omhändertagande av dagvatten. Den särskilda dagvattenavgiften som här finns sedan september 2000 kan helt tas bort eller minskas med 50 % om dagvatten omhändertas inom tomten. Avgiften beror på tomtytan och hur hårt tomten är exploaterad. Vad som krävs för olika reduceringar är följande:

**100 % reduktion:** fastigheten befrias helt från dagvattenavgift om inget dagvatten avleds till det allmänna avloppsnätet.

**50 % reduktion:** om allt vatten fördröjs i magasin eller på annat sätt och det finns bräddavlopp till det allmänna avloppsnätet.

**50 % reduktion:** om minst hälften av dagvattnet omhändertas inom tomten.

(Mårtensson, personligen, 2007)

## 6. Dimensionering av LOD-anläggningar

De faktorer som huvudsakligen styr vid dimensionering av LOD-anläggningar är nederbördsförhållanden, markens genomsläpplighets- och magasinerande egenskaper samt grundvattenförhållanden (Ericsson, 1982). I detta kapitel beskrivs hur dimensioneringen av olika anläggningar kan göras.

### 6.1. Infiltrationsytor

Hur stor vattenmängd som en markyta klarar av att infiltrera beror huvudsakligen på följande faktorer:

- Förhållandet mellan avvattnad yta och infiltrationsyta
- Infiltrationsytans användning och lutning
- Humusjordens art
- Underliggande mineraljord
- Vegetationstyp

Vid beräkning av en infiltrationsyta är det viktigt att ta reda på hur stor del av tillförd vattenmängd som kan avledas genom infiltration till underliggande marklager. Om både tillrinningen till en infiltrationsyta och det aktuella marklagrets infiltrationskapacitet (Tabell 6.1) är kända kan ackumulerad tillrinning och ackumulerad avtappning bestämmas. Genom kännedom om dessa ackumuleringar kan figur 6.1 sedan ritas.

Jordart	Marktyp	$F_c(p>0,8)$ [mm·h <sup>-1</sup> ]
Morän	Ursprunglig	20
Sand	Ursprunglig	32
Silt	Anlagd	8
Lera	Anlagd	1
Matjord (>10 cm)	Anlagd + ursprunglig	8

Tabell 6.1 Överslagsmässiga beräkningar av infiltrationskapaciteten för olika jordar (Bergström m.fl., 1983). Med  $F_c(p>0,8)$  menas den infiltrationskapacitet som överskrids med sannolikheten 0,8. Detta är ett mått på infiltrationskapacitet som är lämpligt att använda vid dimensionering av infiltrationsytor. Mark som är bearbetad och förändrad av människan, t.ex. gräsytor och parkmark, betecknas i tabellen som "Anlagd".

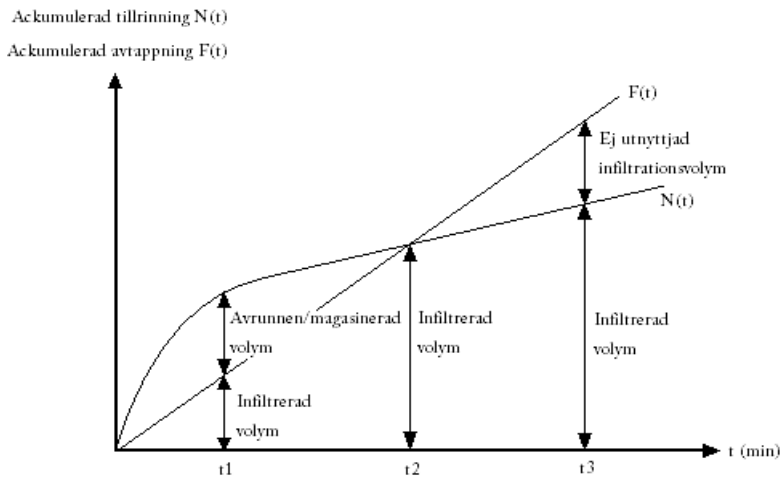


Fig. 6.1 Avtappningskurvan,  $F(t)$ , skär här tillrinningskurvan,  $N(t)$ , i punkten  $t_2$ . Innebörden av detta är att anläggningen har en viss överkapacitet för regnvaraktigheter längre än  $t_2$ . För regnvaraktigheter kortare än  $t_2$  räcker infiltrationskapaciteten inte till. Den dimensionerande regnvaraktigheten blir för anläggningen  $t_1$  minuter.

Om avtappningskurvan är så flack att den aldrig skär tillrinningskurvan kan inte allt vatten tas omhand genom enbart infiltration. Överskottsvattnet som då bildas bör lätt kunna ledas bort. Då överskottsvattnet avleds i en dräneringsledning bör denna dimensioneras för en avrinning av  $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$  från hela ytan som avvattnas (Andersson m.fl., 1980). På grund av att infiltrationskapaciteten är låg i tjälad mark (ca  $3 \text{ mm/dygn}$ ) finns risk för att infiltrationsytan kommer att översvämmas under snösmältningsperioder (Ericsson, 1982).

## 6.2. Perkulationsmagasin

Det finns många olika metoder för dimensionering av perkulationsmagasin. Ett ofta återkommande problem i samband med dimensioneringen är att bestämma markens hydrauliska konduktivitet,  $K$ -värde. För detta finns olika metoder som dock inte tas upp här (se exempelvis Alm m.fl., 1982, s. 37-41). Ett exempel på en dimensioneringsmetod från Bergström m.fl. (1983) är att som första steg bestämma markens  $K$ -värde som sedan halveras. Halveringen görs eftersom vattengenomsläppligheten successivt minskar under anläggningens livslängd och att  $K$ -värdet, pga. inhomogeniteter i marklagren, kan variera mycket även inom små områden. Perkulationsmagasinets effektiva porvolym är ett mått på hur stor del av magasinets totala volym som kan utnyttjas för magasinering av vatten. För sprängsten är denna 30 %, för makadam och singel 40 % och för grus (2 – 20 mm) 30 %. Perkulationsmagasinets bottenyta antas sätta igen snabbt och betraktas vid dimensioneringen därför som helt tät. Vatten antas alltså bara strömma ut till omgivande mark genom magasinets sidoytor. Den nederbörd som bidrar till magasinets tillrinning kan bestämmas med hjälp av rationella metoden, se nedan. Då inget annat anges refereras Bergström m.fl. (1983).

$Q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i(t_v)$	$Q_{dim}$	dimensionerande flöde	$[\text{l}\cdot\text{s}^{-1}]$
	$A$	avrinningsområdets area	$[\text{ha}]$
	$\varphi$	avrinningskoefficient	$[-]$
	$i(t_v)$	dimensionerande nederbördsintensitet	$[\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}]$

Enbart den till magasinet anslutna hårdgjorda ytan antas bidra till avrinningen. Till nederbördsdata används blockregn med en viss återkomsttid (2-, 5- eller 10-årsregn). På grund av för- och efterregn görs ett påslag med 25 % till blockregnet vid beräkningar. Tillförd vattenmängd till magasinet kan nu beskrivas enligt följande:

$$V_{in} = A_t \cdot 1,25 \cdot i \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot 3600$$

$V_{in}$	tillförd vattenmängd	[m <sup>3</sup> ]
$A_t$	avvattnad hårdgjord yta	[ha]
$i$	blockregnsintensitet för regn med en viss varaktighet	[l·s <sup>-1</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]
$t$	regnets varaktighet	[h]

Utfloppet från perkolationsmagasinet sker genom att vattnet perkolerar till omgivande mark. Vattnets djup i magasinet, under den tid tömning sker, kan i genomsnitt antas till halva magasinets höjd. Den effektiva perkolationsarean blir alltså lika med halva magasinets sidoarea. Tillsist görs antagandet att den hydrauliska gradienten är lika med 1,0. Utfloppet blir då:

$$V_{ut} = A_m \cdot 0,5 \cdot K \cdot 3600 \cdot t$$

$V_{ut}$	avtappad vattenmängd	[m <sup>3</sup> ]
$A_m$	magasinets totala sidoarea	[m <sup>2</sup> ]
$K$	hydraulisk konduktivitet	[m·s <sup>-1</sup> ]
$t$	tömningstid	[h]

Perkolationsmagasinets nödvändiga volym ( $V_p$ ) blir då maximala skillnaden mellan tillrinning och utflöde:

$$V_p = \max(V_{in} - V_{ut}) = \max(A_t \cdot 1,25 \cdot i \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot 3600 - A_m \cdot 0,5 \cdot K \cdot 3600 \cdot t)$$

### 6.3. Diken

Att använda diken vid avledning av dagvatten är mest vanligt utanför centrumområden. En metod för att dimensionera dessa görs med hjälp av Mannings formel, vilken skrivs:

$$h_f = \frac{l \cdot v^2}{M^2 \cdot R^{4/3}}$$

$h_f$	= energiförlusten [m] på sträckan $l$	[m]
$v$	= hastigheten i tvärsektionen	[m·s <sup>-1</sup> ]
$M$	= Mannings tal	[-]
$R$	= hydrauliska radien	[m]

Mannings tal är ett mått på underlagets skrovlighet, vilken framförallt beror av vegetationen i diket. Talet är avgörande för dikets kapacitet. Då diket är väl rensat utan någon hög vegetation kan ett M-värde på 20 – 25 användas. Om diket däremot är bevuxet med vegetation som vass, kaveldun och/eller andra högre växter är 10 – 15 ett mer lämpligt värde på M. Vid utformningen av diket bör ett lite lägre värde på M än vad som egentligen anses gälla användas, eftersom det ofta händer att diken inte klipps eller rensas regelbundet. Den hydrauliska radien, R, beskriver i detta fall kvoten mellan dikets tvärsnittsarea A och längden av den del av tvärsnittets omkrets som har kontakt med vattnet, den våta perimetern P. För att formeln skall stämma bra överens med verkligheten förutsätts likformig strömning, då energigradienten,  $h_f/l$ , är detsamma som lutningen på botten (Svenskt Vatten, 2004).



## 7. Exempel på områden med alternativ dagvattenhantering

I Sverige finns många områden där olika typer av LOD och öppna dagvattensystem tillämpas på diverse olika sätt. För att ge en uppfattning om hur befintliga områden av denna typ kan se ut och fungera, beskrivs här tre exempel. Dessa områden skiljer sig mycket från varandra vad gäller förutsättningar som t.ex. markmaterial och exploateringsgrad.

### 7.1. Käglinge i Malmö kommun

Käglinge är ett område där det är svårt att anordna avlopp. För att avloppsfrågan skulle ha kunnat lösas på ett traditionellt sätt hade pumpning av både spill- och dagvatten varit en nödvändighet. Dessutom skulle en omfattande utbyggnad av huvudledningar för dagvatten krävas. På grund av detta togs ett beslut om att gatukontoret skulle göra en geohydrologisk utredning för att undersöka möjligheterna till LOD. Undersökningen bestod bl.a. av genomgång av befintligt geologiskt kartmaterial, provtagningar, uppmätning av grundvattennivåer i observationsrör och mätning av jordens vattengenomsläpplighet. Eftersom jorden hade relativt dålig genomsläpplighet valdes ett system med långsmala perkolationsmagasin. Från magasinerna gavs möjlighet till bräddning, dels till ett rekreationsområde och dels till en befintlig åkerdränering. Området lutar kraftigt och p.g.a. detta lades tätande kärnor av väl komprimerad lermorän, på ungefär 25 meters avstånd i magasinet. Över kärnorna lades en fiberduk samt 0,2 m makadam för att överströmning till de lägre delarna av magasinet skall kunna ske. Makadam 8/32 mm användes till magasinbefyllnad och över magasinerna ligger en fiberduk samt matjord på tomtmark respektive överbyggnad på gatumark. Att ingen fiberduk lades längs magasinets sidor berodde på att risken för att duken sätts igen ansågs större än att magasinet sätts igen av inträngande material.

Magasinet försågs med en intagsbrunn (Ø 400 mm) i varje tomtes lågpunkt samtidigt som takvatten leds till magasinet via rörledningar. Takvatten från byggnader vars sidor vetter mot en gata, avleds via utkastare till en dräneringsbrunn, vilken är försedd med en anordning för partikelavskiljning och därifrån vidare via ledningar till magasinet. Tomternas höjdsättning utfördes med tanke på LOD-systemet, vilket kan ses på tomternas tydliga fall mot magasinerna samtidigt som hela området lutar mot söder.

Vid dimensioneringen utgicks det från ett dimensionerande 5-års regn. Markens hydrauliska konduktivitet (K-värde) för den norra delen av området sattes till  $2,5 \cdot 10^{-5}$  m/s och för den södra delen till  $2,0 \cdot 10^{-6}$  m/s. Enligt beräkningar från VAV, P46 valdes uppehållstiden i magasinerna till 5 dygn. Till de magasin som anlagts i gatumark avleds allt vatten från gatan, hälften av takvattnet och allt dräneringsvatten. Magasinerna i tomtmark belastas endast med den andra hälften av takvattnet. I denna typ av område är det viktigt att dagvattenbrunnar förses med någon typ av filter som avskiljer föroreningar, detta minskar igensättningsrisken i perkolationsmagasinerna. För detta utvecklades en brunn som numera serietillverkas under beteckningen LODAVA.

Vid byggskedet krävdes noggrann planering. Perkolationsmagasin är placerade i gatorna och därför byggdes alla ledningar och kablar ut samtidigt som magasinerna. Eftersom perkolationsmagasinerna inom tomtmark på många ställen ansluter till de inom gatumark krävdes ett bra samarbete mellan de olika entreprenörerna. Då grovterrasseringen skedde

styrdes det mest vattengenomsläppliga markmaterialet till områden kring perkolationsmagasinen. En kontroll av K-värden vid magasinbottnarna visade att en tydlig reducering, p.g.a. tungt maskineri, hade skett jämfört med de ursprungligt uppmätta värdena. Detta gjorde att storleken på magasinerna var tvungen att ökas.

Kostnaden för hela detta VA-system blev 1 850 000 kr. Dagvattenanläggningen utgjorde ungefär 750 000 kr av denna summa. Om dagvattenhanteringen i stället skulle ha skett på traditionellt sätt, i detta fall med pumpning och utbyggnad av huvudledningar, beräknas kostnaden ha slutat på 1 650 000 kr. Här gjordes alltså en besparing på ca 900 000 kr genom att tillämpa LOD-teknik. Om det däremot varken hade varit nödvändigt med pumpning eller utbyggnad av ledningsnät skulle traditionell hantering ha blivit billigare, detta bl.a. beroende på markens relativt dåliga genomsläpplighet i de södra delarna av området vilket medför krav på stora magasinsvolymer.

Sedan 1984 har kontroller av anläggningens funktion genomförts. Under byggnadstiden samt innan någon vegetation hunnit etablerats utsattes intagsbrunnar för stor belastning av slam och filtren satte då delvis igen. Dessa filter byttes därför när gräsytor och gator fåtts i ordning. Magasinen fungerade tillfredsställande under ett uppmätt regn 1984, som motsvarade det dimensionerade 5-års regnet. På mindre än två dygn efter regnet var alla magasin utom två torra. Dessa två magasin ligger på tomtmark i den södra delen av området. Ytterligare ett bra test fick magasinerna 1985 då det ett dygn kom 25 mm regn samtidigt som snösmältning ägde rum. Vattnet i botten på dagvattenbrunnarna var då fruset men avledningen av smältvatten fungerade normalt. De grunda magasinerna på tomtmark, förutom de två tidigare nämnda, tömdes på mindre än ett dygn och visade inga tecken på att vara frusna. En jämförelse gjordes även med traditionell dagvattenhantering vilken visade på att området var förhållandevis fritt från vattenansamlingar på tomtmark (Carlsson & Svensson, 1985). Enligt Berggren m.fl. (1991) hade heller ännu inga problem med LOD-systemet uppmärksammats då den litteraturen skrevs. Bristfälligt underhåll av systemet, vilket medför risk för farhågor i framtiden nämns dock av Berggren m.fl.

## 7.2. Cirkusplatsen i Sollentuna kommun

Området vid Cirkusplatsen i Sollentuna är relativt tätbebyggt och befintliga dagvattenledningar finns, men dessa har ej kapacitet att kunna ta omhand allt dagvatten. Vattenståndsrör har visat att grundvattennivån i området ligger lågt, åtminstone 5 m under husens grundläggningsnivå, och markmaterialet är i huvudsak sand och torrskorpelera (Sollentuna kommun, 2005). Detta medför möjligheter till någon form av LOD-hantering och därför bestämdes att ett perkolationsmagasin i områdets centrum skulle anläggas. Magasinet består av dagvattenkassetter och är 6 m långt, 5 m brett och har en höjd på 4 m. Detta ger en total volym på 120 m<sup>3</sup> och en effektiv volym på 114 m<sup>3</sup>, då dagvattenkassetternas hålrumsvolym är ca 95 % (Wavin, 2007). Byggnaderna bildar en cirkel runt magasinet som är anlagt mitt på den innergård som skapas innanför bebyggelsen. Vid dimensioneringen gjordes inga geohydrologiska undersökningar för att bestämma markens K-värde. En enkel beräkningsmodell användes, först beräknades då den takyta som avvattnas mot gården till ca 2200 m<sup>2</sup>, och med avrinningskoefficienten 1. Markytan inne på gården är ca 3600 m<sup>2</sup> och avrinningskoefficienten har här satts till 0,5. Den totala yta som bidrar till magasinets tillrinning blir således:  $2200 + (3600 \cdot 0,5) = 4000 \text{ m}^2$ .

För ett regn med varaktighet 10 minuter och frekvens en gång på 5 år, skulle denna yta motsvara ett sannolikt regnvattenflöde på ungefär  $50 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Enligt Alveblad, 2007 är det dock vanligt att dubbla mängden för att säkerställa magasinets kapacitet, men eftersom detta är ett instängt område har han gjort bedömningen att ytterligare dubbla den en gång. Varaktigheten på det dimensionerande regnet har därför satts till 40 minuter, vilket på den aktuella ytan bildar vattenvolymen  $120 \text{ m}^3$ . Magasinets mått sattes därför enligt ovan. Om magasinets kapacitet ändå inte skulle räcka till finns i dess övre del ett bräddavlopp till dagvattennätet. Detta beräknas dock enbart komma till användning vid extrem nederbörd och då omgivande mark inte klarar av att sluka allt vatten (Benfatto, personligen, 2007). Dräneringsvatten från omgivande husgrunder avleds inte till magasinet eftersom pumpning av vattnet i så fall hade varit nödvändigt. Detta avleds i stället direkt till dagvattennätet. Det är viktigt att magasinet inte ligger för nära bebyggelsen och tillför vatten mot källarväggar i så hög grad att dräneringar inte klarar att leda bort eventuellt överskott, därför har minsta avstånd till bebyggelse satts till 8 m. Runt magasinet har en fiberduk lagts (se Fig. 7.1) och anläggningen skall senare kringfyllas med någon typ av friktionsmaterial. För att kunna avläsa vattennivån i magasinet har en inspektionsbrunn kopplats in, vilken ses som det svarta röret till höger i figur 7.1.



*Fig. 7.1 Perkulationsmagasinet vid anläggningskedet. Då området är färdigbyggt kommer marknivån att ligga ungefär en meter ovanför magasinet.*

Denna dagvattenhantering blir här dyrare jämfört med en traditionell dagvattenhantering, inte minst för att inkoppling till det kommunala dagvattennätet inte helt går att undvika med denna lösning och därför måste anslutningsavgifter betalas. Dagvattenkassetter i plast är samtidigt dyrare än vad perkulationsmagasin med någon typ av stenfyllnad (stenkistor) är, de kräver dock mycket mindre utrymme. Enligt muntliga uppgifter från Alveblad (2007) blir områdets dagvattenlösning ungefär dubbelt så dyr jämfört med en traditionell dagvattenlösning. Hade det funnits en mer eller mindre gratis tillgång till sprängsten att fylla stenkistor med, skulle en billig, men dock utrymmeskrävande och otymplig lösning kunnat genomföras.

### **7.3. Kockbacka i Upplands-Bro kommun**

Området Kockbacka i Upplands-Bro består av en tidigare jordbruksmark vilken nu exploateras. I samband med exploateringen har det ansetts viktigt att minimera påverkan på ett vattendrag i området (Nygårdsbäcken) och på den i närheten känsliga recipienten Broviken. Den avgörande rollen för att lyckas med detta har dagvattenhanteringen spelat.

Inget kommunalt dagvattennät finns och en stor del av hanteringen sker i öppna diken längs vägar i området, vilka har en fördröjande och renande effekt. Dessa diken leder sedan till en dagvattendamm längre ned i området (Forsling, personligen, 2007). Utmed större vägar utnyttjas även träd för att fördröja och reducera de på ytan avrinnande vattenmängderna. Öppna diken har bl.a. valts p.g.a. risk för sättningar och brott på traditionella dagvattenledningar. För att få till tillräckliga långsgående lutningar på diken i den flacka terrängen har stora dikesdjup krävts i huvuddikena (Andersson & Stråe, 2002).

Markmaterialet i exploateringsområdet består av lera och infiltrationsförhållandena är därför dåliga. Dikena fungerar här därför mest som fördröjningsmagasin och endast en betydelselös del av vattnet infiltrerar för att sedan perkolera vidare till grundvattnet. I en mindre del av området består marken dock av morän där infiltrationsmöjligheterna är bättre. Här leds därför dränvatten från husgrunder till perkolationsmagasin, bl.a. för att upprätthålla grundvattennivån. Vissa av perkolationsmagasinen har bräddavlopp till närmast liggande skåldike. I övriga ”täta” delar av området har ett ledningssystem enbart avsett för husgrunders dränvatten anlagts (Pettersson, personligen, 2007).

Takvatten avleds i de flesta fall med hjälp av rännalor som går direkt till närmaste skåldike. Rännalorna består inte alltid av tät betong utan i vissa fall av grussträngar som lagts på en geotextil. Denna typ av rännalor medger viss infiltration och fördröjning innan vattnet når skåldiket, som i sin tur mynnar i huvuddikessystemet. Även förorenat dagvatten från exempelvis gator avleds i skåldiken vidare till huvuddikessystemet. Skåldikena är i dessa fall flacka (en lutning på någon eller några procent) och beväxta med gräs för att ge ett högt flödesmotstånd och viss avskiljning av föroreningar. Områdets omfattande dikessystem mynnar, efter att ha passerat en oljeavskiljare, i en dagvattendamm belägen i systemets lägre delar. Dammen fungerar även som ett katastrofskydd om en olycka med t.ex. farligt gods skulle inträffa i området. Den har därför försetts med en enkel avstängningsanordning som vid sådan olycka hindrar utsläpp till Nygårdsbäcken och Broviken. Dammen är långsmalt utformad med ett djup på ca 1,5 m i de djupare delarna och tar upp en total yta på ca 1500 m<sup>2</sup> i fyllt tillstånd (Engman & Ekvall, 2003).

Vid huvuddikenas dimensionering användes ett dimensionerande flöde beräknat på 10 års återkomsttid. Eftersom området ännu inte är färdigbyggt finns inga drifterfarenheter att nämna. För att diken i framtiden ska fungera på ett önskvärt sätt är det, efter att området färdigställts, viktigt med ett kontinuerligt underhåll av dessa.

## 8. Internationell dagvattenhantering

Svensk dagvattenhantering står sig starkt i en internationell jämförelse. I de flesta utvecklade länder är dagvattenhanteringen många gånger tillfredställande medan den i utvecklingsländerna har många brister. Niemczynowicz (1999) har gjort en sammanställning av ekologisk dagvattenhantering i olika länder. I denna nämns två olika linjer som utvecklingen följer. Den ena linjen representeras av USA, Kanada och Tyskland där fasta regler för omhändertagande av dagvatten ofta följs. Den andra linjen, som följs av bl.a. Sverige, representerar ett mer flexibelt omhändertagande med större hänsyn till de lokala förhållandena. Eftersom dag- och dränvattenhanteringen ofta går ”hand-i-hand” presenteras här dagvattenhanteringen för ett urval länder och där inget annat anges, refereras Niemczynowicz (1999).

### 8.1. Danmark

Vattenförsörjningen i Danmark baseras till allra störst del på grundvattenresurser. Skydd av grundvattentäkter är därför ett viktigt element i dagvattenhanteringen och jordbrukspolitikerna. En hållbar dagvattenhantering skall bl.a. därför innehålla följande element:

- Tillgångar till vattenresurser säkras
- Akvatiska system skall skyddas med naturlig vegetation och djurliv
- Byggnader och andra strukturer skall skyddas mot vattenskador
- Ekonomiskt godtagbara lösningar skall utnyttjas

Infiltrationen av dagvatten anses som mycket viktig i Danmark och följande motiveringar anges:

- Grundvattenpåfyllning möjliggörs
- Besparing av energi och kemikalier tack vare mindre vatten till reningsverk
- Problemen med höga flöden till vattendrag blir mindre

För att uppmuntra byggandet av infiltrationsdiken ges bl.a. ekonomiskt stöd till kommuner. Infiltrationsdikena skall klara samma dimensionerande flöde som traditionella ledningar. Från ekonomisk synpunkt är, enligt en studie av det Danska Miljöministeriet, infiltrationsdiken jämförbara med byggandet av separata ledningar.

### 8.2. Japan

Tätt bebyggda områden tillsammans med intensiva regn i Japan skapar översvämningar och den snabba avrinningen förhindrar infiltration och påfyllning av grundvattenmagasinen. Policyn inom dagvattenhantering i Japan är därför inriktad på att infiltrera så mycket vatten som möjligt och även på att rena dagvattnet lokalt. Första etapp av dagvattenrening görs vid brunnar där filter installerats. Dessa filter rensas sedan för hand av speciella personer, ofta pensionärer. Möjligheter till infiltration skapas på alla plan: vid privata hus, från gator, vägar och taktytor. För magasinering av dagvatten byggs ofta, i brist på utrymme, stora magasin under mark och hus.

### 8.3. Kanada

I Kanada konstruerades flera hundra dagvattenhanteringsanläggningar, främst i form av torra dammar, under 70-talet. Anledningen till detta var att få ner flöden till de nivåer som fanns före städernas utveckling. Insatserna som gjordes kan betraktas som punktinsatser utan bredare integrering inom avrinningsområdena. Under 80-talets senare del förändrades synen på dagvattenhanteringen och insikten om att åtgärder måste samordnas och inkludera hela avrinningsområdet kom till.

I Kanada anses att tätorters dagvattenhantering i praktiken består av två system. Det första, mänskliga, systemet består av rör och andra mänskliga konstruktioner, vilket endast klarar dimensionerande flöden med en given återkomst. Det andra, naturliga, systemet består av öppna platser, gräsytor, gator och samtliga andra ytor som blir översvämmade vid regn som överskrider det dimensionerande regnet. Detta system har inga skalbegränsningar, hur intensivt regnet än blir skall vattnet evakueras genom systemet. Det är därför klokt att i förväg veta de vägar som regnet skall ta vid väldigt kraftiga regn. För detta krävs avancerade modeller och beräkningar vilket medför att kannedomen ofta är liten med skador på byggnader, mark m.m. som följd. I Niemczynowicz (1999) refereras Bishop (1997), som redogör för ett planeringsexempel av en integrerad ekologisk vattenhantering. Processen beskrivs där som en procedur i tre steg:

1. En plan för hela avrinningsområdet beskrivs i makroskala. För att uppnå förutbestämda mål uttryckta i vattenkvalité tas åtgärder för miljöskydd och förbättring av alla vattenhanteringsrutiner upp i planen.
2. För att uppnå lokala mål etableras en detaljerad plan för delområden.
3. En detaljerad hanteringsplan för dagvatten etableras för delområdena.

Vid etablerandet av dagvattenplanerna utfördes bl.a. hydrologisk och hydraulisk modellering, hydrologisk kartering och inventering av ekologiskt känsliga områden.

Med dessa undersökningar som underlag etablerades en aktionsplan där det bl.a. föreslogs olika typer av BMP-anläggningar. I det slutgiltiga steget upprättades detaljerade planer och design av enskilda BMP-anläggningar.

Kanada har problem med många dagvattenanläggningar och orsaken till det är bl.a. en brist på tydliga definitioner av vem som är ansvarig för anläggningarnas underhållning. Parkförvaltningar är ansvariga för underhåll av dammar men de saknar ofta kunskap och utrustning samtidigt som kostnaden för underhåll är för hög för kommunerna.

### 8.4. Nederländerna

I Nederländerna används LOD-hantering i form av dammar och våtmarker mest utanför de stora städerna. Brist på utrymme i de tätbebyggda områdena medför ökande användning av infiltration i diken. Reservationer som tidigare fanns mot infiltration i områden med låg permeabilitet och högt grundvattenstånd har minskat. Detta dels p.g.a. nya typer av dränerande diken, och dels p.g.a. att nya beräkningsrutiner har utvecklats. Beräkningar säkerställer numer rätt dimensionering vid låg permeabilitet i marken. Då infiltrationsdiken designas används en enkel reservoarmodell som simulerar fram dikets lämpliga längd per enhet av hårdgjord yta.

## 8.5. Norge

I Norge har många metoder för ekologisk dagvattenhantering tagits fram från erfarenheter i ett experimentellt område, Sandsli, nära Bergen. Här har omfattande datainsamlingar gjorts vilka gav grund till att planera och dimensionera dagvattenanläggningar. Tre olika lösningspaket identifierades vid planeringen och ett av dessa var att använda fördröjningsdammar i form av tre sjöar och våtmarker. I ett senare planeringstillfälle ändrades detta lösningsförslag till att omfatta blandad hantering med användning av traditionella dagvattensystem och lokal infiltration. Systemet baseras på användning av perkolations- och infiltrationsdammar, underjordiska perkolations- och infiltrationsdiken och infiltrationsbrunnar. Metoden används numer ofta i Norge och kallas för "Sandsli system".

## 8.6. Tyskland

Boken "Neue Wege für das Regenwasser" beskriver på ett bra sätt tyska erfarenheter av den nya dagvattenhanteringen i städer. Den historiska utvecklingen inom dagvattenhantering beskrivs samtidigt som boken ger beräkningsgrunder vid bl.a. anläggning av olika typer av dagvattensystem. Flera exempel på existerande anläggningar och samordnade lösningar för nyare stadsdelar illustreras. Här följer några exempel på icke traditionella metoder som används för dagvattenhantering i Tyskland.

- Infiltrations- och perkolationsanläggningar utan magasinering på ytan.  
Genomsläpplig beläggning som används på parkvägar, idrottsanläggningar, torg m.m.
- Infiltrations- och perkolationsanläggningar med magasinering på ytan.  
Infiltrationsgropar utan utlopp med maximalt djup 0,3 m. Infiltrationsbassänger med maximalt djup 1,3 m och säkerhetsutsläpp till dagvattensystem. Inloppet till båda dessa typer av anläggningar kan vara från ett dike.
- Infiltrationsanläggningar med magasineringsförmåga.  
Gropar, med maximalt djup till grundvattenytan, som är fyllda med filtergrus 8/32 mm. Inloppet kan vara från dagvattensystemet till en centralt placerad infiltrationsbrunn.
- Infiltrationsdiken.  
Täckta infiltrationsdiken som till hälften är fyllda med filtergrus 8/32 mm och täckta med gräsbevuxen sandjord. Dikena är försedda med en infiltrationsbrunn och ett utgående dräneringsrör som ligger längs diket. Inloppet kan vara både från ett dike eller från dagvattensystemet.  
Det finns även täckta infiltrationsdiken med grövre längsgående dräneringsrör, vilka har till uppgift att skapa en tillfällig magasinering med fördröjningseffekt.  
En annan typ av infiltrationsdike är det öppna, helt filtergrusfyllda infiltrationsdiket. Inloppet är på ytan från omkringliggande gräsytor.
- Anläggningar för återanvändning av dagvatten.  
Dessa utförs i närheten av större takytor. Vattnet kan sedan användas till grövre rengöring, brandvatten, bevattning av trädgårdar och idrottsplatser, offentliga biltvättar m.m.

## 8.7. USA

Dagvattenutsläpp i USA måste godkännas av den amerikanska Environmental Protection Agency (EPA). Denna procedur har fört med sig vissa oönskade konsekvenser. Det krävs tillstånd för punktutsläpp, från t.ex. industrier, men för diffusa utsläpp från jordbruk och

skogsbruk krävs inga tillstånd. Detta medför att, i detta fall industrier inte kan tilldelas nödvändiga medel från centrala myndigheter för att genomföra olika typer av BMP-lösningar. För att reducera utsläppen från dessa källor kan endast lokala medel användas. När dessutom resultatet av ett stort satsande på BMP-strukturer som t.ex. fördröjningsdammar och våtmarker har börjat ifrågasättas är det troligt att en omprövning av den centrala dagvattenhanteringspolicyn i USA kommer att ske. 1994 gav EPA ut en skrift i vilken alla kommunala myndigheter i USA uppmanades att så snabbt som möjligt genomföra nio kontrollåtgärder för att minska utsläpp från kombinerade system. Några av dessa åtgärder var:

- Maximal användning av ledningar för magasinering
- Alla möjligheter till att minimera bräddning ska genomgås
- Bräddningsförbud under torrperioder
- Maximera dagvattenflöden till reningsverk

Det är tydligt att den största uppgiften för de kommunala myndigheterna i USA är att reducera bräddningar från de kombinerade systemen.

De anläggningar som flitigast används i USA är utjämningsdammar (ponds) och s.k. Modified Detention Ponds – MDP. MDP innehåller element som syftar till maximerad reningseffekt av dagvatten. De amerikanska dagvattendammarna av klassisk modell består ofta av ett oljefång vid inloppet som följs av sedimentering i en våt damm. Sedan kommer en stenbelagd sluttning för luftning, en plan yta med gräs och tillsist en våt damm med bräddning och utlopp. I de flesta dagvattenhanteringsprojekt i USA har ett aktivt deltagande av den lokala befolkningen varit ett avgörande element och ses som en nödvändighet för framgång. Därför innehåller varje projekt informations- och utbildningsprogram för allmänheten.



## 9. Intervjustudie

### 9.1. Presentation av intervjuade kommuner och företag

De kommuner vars svar valts ut att presenteras är:

- **Göteborgs kommun** (Göteborg Vatten)  
I förslag till dagvattenpolicy för Göteborg stad står bl.a. att där möjligheten finns bör dagvatten tas omhand lokalt som en resurs, för att inte sänka grundvattennivån och skapa en god bebyggd miljö. Vidare i policyn står att Göteborgs stad skall vara en lärande organisation och bl.a. lära mer om hur en LOD-anläggning utformas och såväl tekniskt som estetiskt och biologiskt förbättra lösningar. Som riktlinje i Göteborgs dagvattenplan står bl.a. att det redan i planarbetet måste tas ställning till om de miljömässiga och ekonomiska fördelar som LOD eventuellt kan ge, uppvägs av kostnader för samhället p.g.a. mindre exploatering. Ett försök att tillämpa LOD inom befintlig bebyggelse gjordes i Kobbhall utanför Göteborg på 90-talet. Området saknar dagvattenledning och möjligheterna att tillämpa LOD för att kunna koppla bort drän- och dagvattnet från spillvattensystemet undersöktes. I försöket arbetades lämpliga tekniska lösningar för varje fastighet fram och under 1993 skickades brev till samtliga fastighetsägare ut där krav på omkoppling av drän- och dagvatten från spillvattenledningen fanns. I april 2000 gjordes en undersökning och då hade 54 av totalt 66 felkopplade fastigheter kopplat bort drän- och dagvattnet för att istället leda det till någon typ av lokal anläggning. Projektet har med detta visat att det med en relativt omfattande insats går att använda LOD-lösningar i stället för traditionellt ledningssystem (Göteborgs stad, 2001). Intervjuad person: Mikael Adrian, projekteringsavdelningen, Göteborg Vatten.
- **Mariestads kommun**  
I dagvattenpolicyn för Mariestads kommun anges målen med dagvattenhanteringen (dit även dräneringsvatten räknas) bl.a. vara en bibehållen grundvattenbalans, en berikad bebyggelsemiljö med synliga vattenprocesser och att förorenat dagvatten inte släpps ut i miljön. För att vattenbalansen vid bebyggelse skall påverkas så lite som möjligt skall kommunen bl.a. hantera dagvattnet inom det område där det bildas och inte leda bort vattnet, se till så att avrinningen från ett område efter exploatering inte ökar jämfört med före exploatering och utjämna dagvattenflödet genom fördröjning. För att nå målet med att dagvatten ska utnyttjas som en positiv resurs i samhället ska bl.a. dagvattnet beaktas tidigt i planering och projektering, dagvatten med låga eller måttliga föroreningshalter ska användas för park- och vattenanläggningar i tätorterna och för att klara framtida utbyggnadsplaner och miljökrav ska dagvattensystem utformas flexibelt. Exempel på generella riktlinjer för kommunens omhändertagande av dagvatten är att det i plan- och bygglovsprocessen ställs krav på LOD, där ej möjligt finns att skapa tillräcklig plats för LOD inom ett planområde bör allmän mark i närheten reserveras dit dagvattnet leds och omhändertas. En riktlinje för omhändertagande av dagvatten på kvartersmark (tomtmark) är att dränvatten från fastigheter med källare bör pumpas innan avledning till dike, infiltrationsmagasin, dräneringsstråk eller dagvattenledning (Mariestads kommun, 2005). Intervjuad person: Anneli Wilsson, VA- och avfallsavdelningen.

- **Solna kommun** (Solna Vatten)

I Solna kommuns dagvattenstrategi anges bl.a. målen att dagvatten skall tas omhand så nära källan som möjligt, grundvattennivåer skall inte förändras p.g.a. stadens expansion och vid stadens utbyggnad skall dagvatten utnyttjas som en resurs. För att nå dessa mål skall det bl.a. vid översiktsplanering strävas efter att skapa sammanhängande stråk för öppen dagvattenavledning. För att ge möjlighet att skapa det utrymme som krävs skall, redan i planeringsprocessen, staden arbeta för att dagvatten omhändertas i tröga system. Ett områdes lokala förutsättningar för att kunna omhänderta dagvatten, samt på vilket sätt det ska ske, skall klargöras i ett inledande skede av planprocessen. Uppgifterna skall sedan ligga till grund för fortsatt planeringsarbete. LOD bör beaktas och utformas där förutsättningarna medger det. Vid nybyggnation skall en individuell bedömning av varje fastighets förhållanden göras. Då det gäller åtgärder inom befintlig bebyggelse skall en undersökning om förutsättningar för LOD göras. Samverkan mellan förvaltningar och bolag samt utbildning av personal för att få en modern och miljöriktig hantering av dagvatten, är viktig enligt dagvattenstrategin (Solna stad, 2002). Intervjuad person: Lena Gehlin, ingenjör, Solna Vatten.

De byggföretag som har gett de mest informativa svaren är:

- **NCC**

Ett av Nordens största bygg- och fastighetsutvecklingsföretag som nog inte behöver någon djupare presentation. De utvecklar och bygger bostäder, industrilokaler, kommersiella fastigheter, offentliga byggnader, vägar och anläggningar samt övrig infrastruktur som t.ex. vatten och avlopp. Dess verksamhet bedrivs huvudsakligen i Norden. Intervjuad person: Björn IM Svensson, chef affärsutveckling på NCC Boende, Stockholm.

- **SKANSKA**

Skanskas verksamhet består av byggrelaterade tjänster samt projektutveckling. Inom vatten och avlopp bygger de vatten- och avloppsledningsnät, reningsverk, sedimenteringsbassänger och överföringsledningar. De renoverar även befintliga ledningsnät. Intervjuad person: Mats Groth, Skanska Teknik AB, Infrateknik, Solna.

- **JM AB**

JMs verksamhet är fokuserad på nyproduktion av bostäder i Sverige, Norge, Danmark, Finland och Belgien. Dotterbolaget JM Entreprenad AB bildades 2004 och dess kärnverksamhet består bl.a. av exploateringsarbeten, markarbeten, marksanering samt väg- och ledningsarbeten. Intervjuad person: Olle Ohlsson, projekteringsledare, Uppsala.

De konsultföretag som svarat bäst är:

- **SWECO**

Sweco är ett konsultföretag med kunskap inom teknik, miljö och arkitektur vars hemmamarknad är Norden. Inom miljö- och vattenområdet är det Swecos bolag Sweco Viak som är verksamt. Då det gäller dagvattenhantering arbetar Sweco Viak med föroreningsberäkningar, dimensionering och funktionsuppföljning av

dagvattenanläggningar. De tar fram dagvattenhanteringsplaner för exempelvis hela kommuner. Då det gäller LOD arbetar de t.ex. med infiltration i tomt- och vägmark samt dräneringsstråk. Intervjuad person: Göran Lundgren, Växjö.

- **TYRÉNS**

Tyréns är ett konsultföretag som bl.a. arbetar med planering och projektering av infrastrukturprojekt. Vatten är ett av företagets teknikområden där uppdragen bl.a. består av dimensionering och projektering av ledningssystem, dagvattenhantering (dimensionering, recipientbedömningar m.m.), grundvattenfrågor, lokala VA-lösningar, ramdirektivet för vatten etc. Intervjuade personer: Lena Alsheden (Stockholm), Tord Sjödahl (geotekniker, Stockholm), Mats Thureson (Stockholm) och Bertil Sundlöf (Kristianstad).

- **MARKITEKTEN AB**

Markitekten är ett företag i Uppsala vars huvudsakliga kompetensområden bl.a. är mark- och landskapsplanering, VA-teknik och miljöförbättringar. Intervjuad person: Ulf Nordlund, ingenjör, Uppsala.

- **MECAD AB**

Mecad är ett Norrländskt ingenjör- och arkitektföretag. De erbjuder rådgivning, projektering och projektledning bl.a. inom områdena mark-, VVS- och energiteknik. Då det gäller vatten och avlopp erbjuder företaget LOD, LOA (Lokalt Omhändertagande av Avloppsvatten) eller en traditionell lösning. Dimensionering, flödesberäkningar och ledningsförläggningar samt tekniska och miljömässiga utredningar är vad företaget då erbjuder. Intervjuad person: Leif Palage, avdelningschef på markavdelningen, Piteå.

## 9.2. Intervjuresultat

Totalt skickades/ställdes frågor till 40 st. olika kommuner och företag. Av dessa svarade 22 st. (dvs. drygt 50 %), vilket var ungefär som beräknat. Svaren varierade dock kraftigt i kvalitet. Ett återkommande problem med intervjusvaren var att många inte hade så stor kännedom om dränvatten och därför svarade de på frågorna m.a.p. dagvatten. Anledningen till detta har under arbetets gång visat sig vara att det är sällan som någon speciell hänsyn tas till husgrundens dränvatten. De svar som bäst behandlar dränvatten och samtidigt är av hyfsad kvalitet kommer från de, i tidigare avsnitt, presenterade kommuner och företag, vilkas svar här redogörs. Alla källor är här personliga och från år 2007, i regel redovisas bara efternamnet på källan.

*Vilka typer av LOD-anläggningar, med uppgift att ta hand om dräneringsvatten från fastigheter, har kommunen/företaget erfarenheter från?*

**Kommuner:** Den vanligaste hanteringen av dränvatten är att det kopplas till dagvattennätet. Då någon form av LOD används är stenkistor det vanligaste alternativet men på ett fåtal ställen leds dränvattnet bort från grunden för att sedan infiltrera direkt i marken, detta kräver dock att markens infiltrationskapacitet är god (Wilsson). I vissa fall kan även öppna dammar användas (Adrian).

**Byggföretag:** Avskärande diken och perkolationsmagasin (Svensson). Det är sällan som någon typ av LOD anläggning används specifikt för dränvatten, men i områden där

stenkistor lämpar sig väl för att ta hand om dagvatten kan även dränvatten kopplas till dessa. Dränvattnet kan då avledas till stenkistan i en otät dränledning, liggandes i en ledningsgrav. I områden med någorlunda genomsläppligt markmaterial kan dränvatten ledas till en brunn med otät botten. Botten består då exempelvis av sprängsten eller makadam vilken vattnet tränger igenom och perkolerar vidare ut i marken. En bräddningsledning, som sätts en bit ovanför botten, och kopplas till dagvattennätet kan vid behov installeras i brunnen. Om marken lutar från byggnaden samtidigt som dess material är genomsläppligt (t.ex. något friktionsmaterial) kan dränledning från husgrund dras direkt ut över en infiltrationsyta (Ohlsson).

**Konsultföretag:** Mest vanligt med infiltration, ofta kombinerat med bräddning. Problemen med perkolationsmagasinens igensättning belyses här. Troligen går det att få till bra lösningar med hjälp av t.ex. dagvattencassetter men det är då viktigt med bra planering då det gäller exempelvis bortfiltrering av partiklar. Ett alternativt sätt att ta hand om dränvatten är att, där det behövs, sänka grundvattenytan med någon typ av områdesdränering för att skapa ett omättat marklager mellan grundvattenyta och marknivå. Ett omättat marklager är nämligen mycket användbart som magasineringsområde dit då bl.a. dränvatten kan ledas (Sundlöf). Dränvatten kan avledas direkt till bergbank (utfyllnad med sprängsten) eller till dike där vattnet kan infiltrera. Diket kan vid behov förses med en dränledning. Ett annat alternativ är att först leda dränvattnet till en dränbrunn och sedan vidare i en infiltrationsledning (dränrör med kringfyllnad av makadam). Makadamfyllnaden skall då gå ca 30 cm under röret och bottenbredden bör vara ca 60-80 cm (Nordlund). Ett "LOD-dike" är en annan typ av användbar anläggning enligt Palage. Detta är ett grunt dike vilket är fyllt med makadam 16-30, omlindat med en geoduk.

*Vad krävs av ett område för att LOD-lösningar skall kunna utnyttjas? Vilka typer av markmaterial? Vilka är kraven på topografin (höjdskillnader)?*

**Kommuner:** Det är inte bara marken och topografin som här är avgörande utan även på vilket sätt det byggs och hur man exploaterar. Vatten skall kunna rinna på marken så att byggnaden ej skadas och därför är det viktigt hur nya byggnader placeras höjdmässigt (Adrian). En byggnadstomt får dock inte luta på så sätt att vattnet rinner in på grannens tomt (Wilsson). Marken skall bestå av genomsläppligt material samtidigt som grundvattenytan ej kan ligga så högt. Nyttjande av olika typer av fördröjningssystem kan dock göras vid nästan alla typer av markförhållanden (Gehlin).

**Byggföretag:** För att perkolationsmagasin skall kunna användas krävs att perkolationsmöjligheterna i marken är bra, vilka de inte är i t.ex. ler- och siltområden. Höjdskillnader anses av Groth inte vara något större problem såvida det inte krävs stora ytor i form av dammar eller liknade. Enligt Ohlsson är det viktigt att det lutar från byggnaden vid användande av perkolationsmagasin. Genom detta så rinner vattnet ut för slutningen (bort från huset) efter att ha perkolerat ut från magasinet. Det är här extra viktigt att sidan på magasinet som är riktad i slutningens riktning inte sätts igen och blir tät.

**Konsultföretag:** Precis som hos kommuner och byggföretag nämns markens genomsläpplighet som väldigt avgörande. Enligt Palage är inte de topografiska förhållandena så viktiga men nivån i LOD-anläggningen får givetvis inte ligga i grundvattennivå eller i nivå med ett vattendrag. Alsheden menar att det även är viktigt att LOD-området inte ligger i en lågpunkt där vattnet blir instängt vid höga grundvattennivåer. För perkolationsmagasin är det enligt Sjödahl viktig med fri markyta, helst undergrund av friktionsjord och låg grundvattenhorisont. Lokaltopografin kan vara relativt horisontell. Möjligheter att tillämpa LOD i ett lerområde med torrskorpa kan även finnas, men då krävs försiktighet. T.ex. blir

kraven på rätt typ av sluttning större (Sundlöf). Enligt Nordlund är det, beträffande topografin, en fördel om omkringliggande mark ligger lägre än dräneringsnivån. Annars krävs i regel att dränvattnet pumpas bort från en dränbrunn med pump, vilket inte är så ovanligt idag.

*På vilket sätt dimensioneras anläggningarna? Används någon typ av regndata? Bestäms bidragande avrinningsytor?*

**Kommuner:** De kommuner som intervjuats har inga erfarenheter från LOD för grunddräneringar utan bara för dagvatten. I Göteborg ska ett perkolationsmagasin på kvartersmark dimensioneras för att kunna magasinera motsvarande ett regn på 10 mm på de anslutna hårdgjorda ytorna. En byggnad med bilplats utgör normalt en hårdgjord yta på ca 300 m<sup>2</sup>. Volymen på vattnet som skall magasineras blir då 3 m<sup>3</sup> och magasinets storlek ca 9 m<sup>3</sup> eftersom makadam (som i regel används som fyllnadsmaterial) har en effektiv porositet på ca 30 % (Adrian). I Mariestad finns något exempel från ytlig dränering för att torrlägga ett område. De bidragande avrinningsytorna bestäms då relativt noggrant och vattnet avleds i svackdiken, vilka dimensioneras efter 10 min 10 års regn (Wilsson).

Dagvattensystemen i Solna har i regel tillräcklig dimension för att kunna ta omhand dagvattnet. Syftet med LOD är där i första hand att bibehålla grundvattennivåer och skapa bra miljöer för grönskan (Gehlin).

**Byggföretag:** Vid dimensionering av en anläggning används beräkningsmodeller, avrinningsområden bestäms och dimensionerande regn används. Beräkningar med krav om liter/sekund krävs ofta då viss del skall anslutas till kommunal ledning i slutändan eller vid någon form av bräddning till ledning. Bidragande ytor kopplas till avrinningsfaktor och regndata för olika regioner i Sverige. En bra idé vid dimensionering är att skilja på fria ytor respektive instängda ytor då större marginaler krävs (Groth; Svensson). Enligt Ohlsson finns tydliga problem med att dimensionera en anläggning. För att kunna göra detta någorlunda träffsäkert behövs ett relativt exakt värde på markens K-värde, vilket är mycket svårt att fastställa. En tiopotens felbedömt K-värde medför att storleken på magasinet blir fel med storleksordningen en faktor tio.

**Konsultföretag:** Precis som hos byggföretagen nämns här vikten vid att bestämma bidragande avrinningsytor, markens genomsläpplighet samt att använda någon typ av regndata. Sundlöf på Tyréns i Kristianstad menar att det saknas bra dimensioneringsregler och har därför tidigare försökt starta ett projekt med syftet att klargöra mer om detta vilket dock ”rann ut i sanden”. Vid beräkning av tillrinnande volym vatten är det inte bara regnvolym som bör beaktas utan även den volym som kommer från omgivande mark. Till dimensionerande regn används ofta 5 eller 10-års regn (Palage; Sjö Dahl). Erfarenheter har visat att rätt uppbyggda dräneringsstråk med rätt material, kan ta emot regn med en återkomsttid av minst 10 år utan att någon avrinning sker från ytan. Den hårdgjorda yta som i detta fall belastade infiltrationsstråket var en 5,5 m bred yta av asfalt samt en takyta med en bredd av ca 3 m (Lundgren). Ulf Nordlund på Markitekten i Uppsala påpekar att det ofta råder brister i de geotekniska undersökningar som utförs i samband med t.ex. dimensionering. Han menar att de sällan är av den kvalitet att man får en helhetsbild av exempelvis markens infiltrationskapacitet.

*Hur fungerar tidigare utförda anläggningar? Drifterfarenheter? Skillnader mellan årstider? Vad kan göras bättre?*

**Kommuner:** Detta är ett område där det saknas mycket information. Många kommuner vet inte hur anläggningarna fungerar eftersom de ligger på kvartersmark. I Göteborg finns känslan av att t.ex. bergiga områden med dåliga infiltrationsmöjligheter fungerar dåligt som LOD-områden. Detta eftersom ett ganska stort inläckage till spillvattenledningar har uppmärksammats vid regn, då pumpstationer i dessa områden jobbar oftare (Adrian). Solna kommun har en del dammar och diken vilka fungerar bra med en del tillsyn. Annars råder brist på erfarenheter då LOD har börjat användas först på senare tid, i nya stadsdelar, enligt Gehlin. I Mariestads kommun har ännu inte någon utvärdering gjorts.

**Byggföretag:** Både Skanska och NCC har ringa erfarenheter. Mats Groth på Skanska tror generellt att flera små anläggningar kontra större anläggningar ger mer bekymmer och är svårare att hålla koll på. Perkolationsmagasin fick dåligt ryckte på 90-talet, då fel utformade anläggningar på 70-talet började ställa till problem. Ofta grävdes då bara en grop, varefter en geotextil lades ut och sedan fylldes den med makadam. Anläggningar av dessa slag fungerar dåligt enligt Olle Ohlsson. Om de däremot är utförda på rätt sätt och då det sluttar vidare från anläggningen så fungerar de utmärkt. Detta gäller även under vintertid och när blötan är som värst på våren, då det är extra viktigt att de fungerar.

**Konsulter:** Anläggningar som Mecad har varit med och utformat i norra Sverige fungerar bra. Under vintern, i de delar av Sverige där marken fryser, stannar dräneringscykeln av och volymen dränvatten att omhänderta blir minimal eller ingen alls. Vad som enligt Leif Palage är viktigt att beakta är om dränvattnet innehåller mycket järn. När järnet kommer i kontakt med luft oxiderar det vilket kan medföra att slitsar i dräneringsrör sätts igen och ledningen tappar då sin funktion. Sweco har projekterat ett bostadsområde vilket varit i drift ca 15 år och har fungerat utan problem både under sommar- och vinterförhållanden. Erfarenheter från området visar att det under vintern inte sker någon tjälfrysning i infiltrationsstråken som där används. Detta beror på att de är dränerade och fungerar härmed även under vintern, enligt Göran Lundgren.

*Vad är det för anläggningskostnader? Driftkostnader?*

**Kommuner:** Enligt Mikael Adrian på Göteborg Vatten kostar ett perkolationsmagasin med makadam som fyllnadsmaterial och volymen ca 10 m<sup>3</sup> ungefär 10 – 15 000 kr. Driftkostnaden är för denna typ av anläggning liten. Till dessa kostnader hör bl.a. arbetskostnader för rensning av filter. Mycket liten kunskap om detta finns i de andra intervjuade kommunerna.

**Byggföretag:** Även hos byggföretagen verkar kunnandet om detta vara litet. Olle Ohlsson menar att det generellt är ungefär samma kostnad för LOD-system som för traditionella system. För kommunen kan det bli en besparing vid användandet av LOD-teknik eftersom de ofta kan minska dimensionen på huvudledningarna (det blir då samhällsekonomiskt fördelaktigt). Dock är det inte alla kommuner som tar hänsyn till om LOD tillämpas inom ett område, ledningsnätet dimensioneras i vilket fall som helst enligt standardiserade normer.

**Konsulter:** Driftkostnaderna är minimala om anläggningen är utförd på rätt sätt. Anläggningskostnaderna följer med storleken på anläggningen och varierar mycket från fall till fall. Att beakta är att makadam typ 16-32 inte är något billigt material vare sig att köpa eller hantera (Palage). Enligt Bertil Sundlöf är ofta användandet av LOD både ekonomiskt och miljömässigt fördelaktigt. Givetvis måste området då vara lämpat för denna typ av vattenhantering, som t.ex. ett moränområde i regel kan vara. Då anläggningskostnader för ett kvarter där dagvattenhanteringen löses på traditionellt sätt jämförs med att ta omhand dagvattnet lokalt inom kvarteret, har det framkommit att anläggningskostnaderna för att omhänderta dagvattnet lokalt blev något dyrare. Men vid beaktande av flera kvarter

sammantaget blir kostnaderna för att omhänderta dagvattnet lokalt betydligt billigare, både ur anläggnings- och miljösynpunkt (Lundgren).

*Hur lönar sig, ekonomiskt, LOD-hantering av dränvatten jämfört med traditionell hantering?*

**Kommuner:** Den stora mätbara besparingen för kommunen blir när dräneringsvatten separeras från spillvattnet och omhändertas lokalt, menar Anneli Wilsson. Om kommunen antingen slipper bygga nya ledningar eller bygga ut dem tack vare LOD-hanteringens stora besparingar (Adrian).

**Byggföretag:** Citerar Björn IM Svensson: ”Om kommunen ändå tvingar oss att betala anslutningsavgift för dagvattenanslutning i de fall vi för säkerhetsskull måste ha bräddning från infiltrationsmagasinen till det allmänna systemet är det lika bra att vi ansluter allt dagvatten till det traditionella systemet, d.v.s. kommunens taxesystem motverkar i dessa fall den goda tanken att använda LOD.” I de fall gatukontoret kräver dagvattenledning för sina dränbrunnar är det mycket billigt att bara öka dimensionen på ledningen i gatan, då kan vi enkelt ansluta till ett traditionellt system, menar Björn. Såvida det inte råder några större krav på någon form av rening blir det inga stora kostnader för LOD-hantering. Visserligen kostar magasin en del att utföra men dessa kostnader uppvägs i slutändan av mindre ledningsdimensioner, enligt Mats Groth. Hur LOD-hantering lönar sig rent ekonomiskt vet inte Olle Ohlsson. Han menar dock att LOD i många fall är ett måste eftersom kommunen, då ett område skall exploateras, har krav på att inget mer vatten än vad som avleds från området innan exploatering får avledas efter exploatering. Avrinningskoefficienten för ett någorlunda naturligt område brukar ligga omkring 0,05 – 0,1 och efter exploatering omkring 0,6 (vilket är ett medelvärde för hela exploateringsområdet). Detta ställer krav på att vatten i området fördröjs eller tas omhand lokalt, oavsett ekonomisk vinning eller ej.

**Konsulter:** Det lönar sig idag att koppla in sig på det kommunala dagvattensystemet eftersom ingen taxa betalas för att nyttja detta, menar Leif Palage på Mecad i Piteå. Om LOD utförs på ställen där förutsättningarna ej är de rätta kan det bli höga kostnader för skador, annars är det naturligtvis ekonomiskt fördelaktigt enligt Lena Alsheden. Enligt Mats Thureson utnyttjas metoden huvudsakligen när det finns ekonomiska motiv samt när krav finns på att upprätthålla grundvattennivåer.

*Vad är den allmänna uppfattningen om LOD-anläggningarna; positiv/negativ?*

**Kommuner:** Mikael Adrian säger att det är väldigt olika beroende på område, precis som de är i de områden där det finns ledningar. Känslan är dock mer negativ i takt med mer nederbörd. Generellt skulle han säga att det fungerar bättre där det finns ledningar. På Solna Vatten är däremot uppfattningen att LOD-anläggningar är rätt sätt att ta hand om dagvatten. Samtidigt skall det beaktas att allt för många byggnader idag har skador p.g.a. dåliga dräneringssystem, det är därför viktigt att dräneringsvatten från husgrunder avleds på ett säkert sätt, utan möjlighet att bli stående runt bottenplattan, menar Lena Gehlin. VA-avdelningen på kommunen i Mariestad tycker att det är svårt att få annan verksamhet att inse behovet av LOD. Dels när skälet är underdimensionerat nät, men även när motivet är miljövård.

**Byggföretag:** ”Alla i branschen är nog positivt inställda till att bibehålla grundvattenbalansen i områden”, citat av Björn IM Svensson. Samtidigt menar han att stora byggherrar har ett stort och långvarigt juridiskt ansvar mot deras småhusköpare, varför de vill ha goda marginaler. Med tanke på detta används de traditionella systemen t.ex. i silt- och lerområden. Skanskas Mats Groth har en positiv uppfattning såvida beställare inte har

orimliga krav. Anläggningar som är utförda på senare tid råder det en positiv uppfattning om, däremot råder det en negativ uppfattning om de anläggningar som utfördes på 70-talet enligt Olle Ohlsson. Han har dock svårt att se anledningen till att ta omhand dränvatten med LOD-teknik eftersom det handlar om så små volymer. För att någorlunda stor volym vatten skall komma ur dräneringsledningar måste grundvattennivån stiga över dessa, menar han.

**Konsulter:** De intervjuade konsulterna har en generell uppfattning om att LOD skall användas i områden där förutsättningarna är de rätta, och att det då är viktigt att LOD-systemen utföras på rätt sätt. Dock finns en tydlig negativ uppfattning om att försöka tillämpa någon form av LOD-hantering i alla lägen.



## 10. Diskussion och slutsatser

Valet av alternativ metod att omhänderta dag- och dränvatten beror på flera faktorer. Det finns ingen metod som fungerar bäst för samtliga situationer och därför är det viktigt att anpassa metoden till de förutsättningar som finns. För att finna en lämplig metod är det viktigt med förundersökningar som t.ex. berättar hur stora ytor som kan användas till LOD och öppna dagvattensystem, hur stora vattenvolymer som skall omhändertas, vilken markens infiltrationskapacitet är, vilket K-värde marken har m.m. Det är dock inte alltid så lätt att från olika förundersökningar säga vilken metod som lämpar sig bäst men de ger ofta en uppfattning om vilka metoder som *inte* lämpar sig att använda. Man bör vara medveten om att det sällan går att använda bara en LOD-metod eller en typ av öppen dagvattenhantering för att omhänderta allt dag- och dränvatten i ett område. I stället är en kombination av olika metoder ofta att föredra.

De olika teknikerna för LOD- och öppen dagvattenhantering fungerar olika bra. De drifterfarenheter som finns från olika anläggningar visar att många anläggningar (framförallt perkolationsmagasin) utförda för 25-30 år sedan fungerar mindre bra. På senare tid, då mer kunskap om projektering, anläggning och skötsel blivit känd, uppkommer dock färre och färre problem med utförda anläggningar. Detta är en anledning till att många intervjuade kommuner och företag tror på denna typ av vattenhantering, men att det däremot inte ska vara något som används i alla lägen, oavsett områdets förutsättningar. För LOD-anläggningarna är det mest förekommande och största problemet igensättning vilket gör att någon typ av intagsfilter, exempelvis en fiberduk, alltid bör förses anläggningen vid utförandet. Det är även viktigt att skydda anläggningen vid utförandet så att inte omgivande mark trycks till och förtätas eller att finare material, som exempelvis sand, kommer in och täpper till anläggningen.

En trend visar att den mest problemfyllda typen av anläggning, perkolationsmagasin med någon typ av stenfyllnad, används allt mer i skymundan av infiltrationsytor och makadamfyllda dräneringsstråk. Prefabricerade dagvattenkassetter verkar dock komma mer och mer och perkolationsmagasin hör fortfarande, tillsammans med någon typ av utjämningsdamm, till den mest vanliga typen av anläggning.

Att försöka använda någon typ av infiltrations- eller perkolationsanläggning i områden med täta markmaterial, som t.ex. silt och lera, är i de allra flesta fall en dålig idé. Anläggningen kommer inte att fungera samtidigt som tekniken får dåligt rykte. Efter en, på senare tid, lite tveksam inställning bland kommuner och företag till alternativ dagvattenhantering känns det som den nu blir mer och mer positiv. Tidigare tveksamheter har tagit fart med dåligt utförda anläggningar som fungerar bristfälligt, därför är det i dagsläget extra viktigt med väl fungerande anläggningar för att kunna lyckas bryta kommuner och företags invanda handlingsmönster. Viktigt är också att vissa kommuner ändrar i sina nuvarande taxestystem där samma anslutningsavgift behöver betalas vid bräddning från ett LOD-system som vid anslutning av allt dag- och dränvatten till det kommunala ledningsnätet. I stället bör samtliga kommuner, med stöd av VA-lagen, införa sådana avgifter i sina kommunala VA-taxor som tvingar fram, eller åtminstone gynnar, förbättringar av dagvattenhanteringen, detta är något som bara vissa kommuner har idag. Att ge bidrag till fastighetsägare för att stimulera så liten dag- och dränvattenavledning som möjligt till det kommunala ledningsnätet, är ytterligare en

bra kommunal handling som vissa kommuner idag tillämpar för att försöka bryta invanda tillvägagångssätt.

Oftast är det kommunen som ansvarar för drift och skötsel av anläggningar men i de fall där alternativa dagvattensystem anläggs på privat mark är det mycket viktigt att tomtägaren får information om hur anläggningen/anläggningarna skall skötas och vikten av att detta görs. Om så inte är fallet kan situationer uppstå där boende anlägger konstruktioner (avskärmande murar eller liknande) som försämrar dagvattenhanteringen samtidigt som information om systemens positiva effekter kanske kan motivera de boende till att hålla rent i och kring anläggningarna.

Huruvida alternativ dag- och dränvattenhantering rent ekonomiskt är en kostnad eller en förtjänst skiljer sig mycket från fall till fall. En betydelsefull faktor med avseende på detta är om befintligt dagvattennät finns tillgängligt eller om nya ledningssystem måste byggas. Om man ser kortsiktigt så är det ofta billigast med traditionell hantering men vad som bör tas hänsyn till är att ledningssystem i framtiden måste bytas ut p.g.a. exempelvis överbelastning och/eller förslitning, vilket då medför höga kostnader. För att åstadkomma en bra ekonomisk lösning är det i exploateringsområden viktigt att LOD-områden avgränsas från traditionella områden. Om bara vissa delområden utnyttjar LOD måste ju dagvattenledningar ändå anläggas och inga ekonomiska besparingar utvinns.

Det råder ofta bristande kunskap hos svenska kommuner och företag då det gäller alternativ hantering av dag- och framförallt dränvatten. En indikation på denna okunskap är bl.a. att dräneringsvatten ofta omhändertas på samma sätt som dagvatten. Dessa flöden är av helt skilda karaktärer då dräneringsflödet är relativt konstant medan dagvattenflödet är episodiskt, vilket borde förespråka olika hanteringsmetoder. Det är i regel även stor skillnad på hur förorenat de två typerna av vatten är. Dagvatten från exempelvis en parkeringsplats kan vara starkt förorenat medan dränvatten ofta är rent grundvatten utan nämnvärda föroreningar. Med hänsyn till detta kan infiltrations- och perkolationsanläggningar tänkas vara bäst anpassade till att omhänderta dränvatten eftersom risken för igensättning då är mindre.

Vad som bl.a. framkommit med intervjuerna är bristen på bra dimensioneringsregler för olika anläggningar. En projekteringsledare på ett större byggföretag menar på att det inte är någon idé att dimensionera perkolationsanläggningar eftersom en liten felbedömning av markens K-värde medför en väldigt stor volymskillnad på perkolationsmagasinet. Istället menar han att det viktiga är att vattnet kan rinna vidare bort från magasinet, exempelvis ut för en sluttning, vid stora tillförda vattenmängder. Någon typ av grövre dimensionering är dock nödvändigt för de flesta anläggningar. När ett bräddavlopp till det kommunala ledningsnätet används, exempelvis som vid Cirkusplatsen i Sollentuna, måste ju en uppfattning om vilka vattenmängder som kan antas behöva brädda dit finnas samtidigt som det är onödigt att bygga magasinet mycket större än nödvändigt med tanke på utrymme och kostnad. Att använda någon liknade beräkningsmodell som den för Cirkusplatsen är varken tidskrävande eller komplicerat däremot fås en bra uppfattning om vilken vattenvolym som behöver omhändertas.

Intresset för att använda alternativa metoder skiljer sig mycket beroende på kommun och företag. Många kommuner verkar ha kopierat andra kommuners policy om dag- och dränvattenhantering och skrivit in i sin egen utan att det sedan görs någon undersökning om

policyn följs över huvud taget. Vad som verkar vara gemensamt för alla kommuner är dålig kännedom om olika anläggningars drifterfarenheter. För att öka denna kunskap är det viktigt att kommunerna sinsemellan delar med sig av sina erfarenheter, vilket verkar ske på en sparsam nivå idag. Ett problem för kommunerna är dock att LOD-anläggningar ofta ligger på privat mark och därför är det ofta bara fastighetsägaren som har kännedom om hur anläggningen/anläggningarna fungerar. De större byggherrarnas vilja att tillämpa LOD och öppna dagvattensystem är ofta liten. I regel är det bara när det inte finns något befintligt dagvattennät att direkt koppla in vattnet på som alternativa metoder tillämpas. Anledningen till detta är bl.a. att de vill ha goda marginaler då de har ett stort och långvarigt juridiskt ansvar mot deras småhusköpare. I många fall vågar de därför inte använda sig av relativt oprövade tekniker. En uppfattning är dock att JM AB är ett byggföretag som i lägre grad än andra räds att tillämpa alternativa metoder.

I de fall där alternativa metoder idag tillämpas är min känsla att det görs på ett mer noggrant sätt och att dess planering kommer med tidigare i en byggprocess än för ett antal år sedan, VA-hantering verkar helt enkelt ha fått högre status. Modernare lösningar som t.ex. dagvattenkassetter i plast börjar användas mer och mer vilket ökar möjligheterna till inspektion och underhåll samtidigt som de är väldigt enkla att anlägga. Fler moderna lösningar som denna är troligen vad som behövs för att bibehålla den positiva trend som nu verkar råda hos många svenska kommuner och företag då det gäller alternativ dagvattenhantering.

Även om dagens kunskap kring alternativ dagvattenhantering hos svenska kommuner och företag ej är utbredd står den sig relativt bra i en internationell jämförelse. Sverige har en flexibel dagvattenhantering som tar hänsyn till de lokala förhållandena medan länder som Tyskland och USA har fasta regler för dagvattenhanteringen. En viktig fördel med att vara flexibel är att det inte finns någon generell metod att bäst omhänderta dag- och dränvatten utan olika metoder måste användas i olika typer av områden. Då det däremot gäller kunskap om vissa specifika metoder finns det länder som verkar ha hunnit längre än Sverige. Exempelvis har Danmark stora kunskaper om infiltrationsdiken vilka där ofta används i stället för ledningar, Tyskland har hunnit långt då det gäller öppna diken och återanvändning av dagvatten samtidigt som USA och Kanada verkar vara kunniga då det gäller dammar av olika slag. USA har även bättre rutiner vid dagvattenhanteringsprojekt då det gäller information till allmänheten, vilket där tas på större allvar än i Sverige. Det finns behov av att samla information även från andra länder, exempelvis Östeuropa där utvecklingen har gått sina egna vägar och möjligen skapat intressanta dag- och dränvattenlösningar.

## 11. Ordlista

**ABVA** Förkortning för: Allmänna Bestämmelser för brukande av den allmänna Vatten- och Avloppsanläggningen.

**Adsorption** Mineralkorn i jorden fastnar och binds till en vattenyta (Grip & Rodhe, 1988).

**Avloppsvatten** Spillvatten, använt kylvatten, dagvatten och dräneringsvatten hör till begreppet avloppsvatten (Stockholm stad, 2002).

**Avrinningskoefficient** Dimensionslös konstant som beskriver hur stor del av den totala nederbörden som bidrar till dagvatten efter försvinnande genom t.ex. avdunstning och infiltration.

**BMP** Engelsk beteckning för LOD. Förkortningen står för: Best Management Practices.

**Bräddning** Kontrollerad bortledning av överskottsvatten från ledning, magasin eller bassäng.

**Dagvatten** Regn-, spol- och smältvatten som rinner från tak, gator och andra ytor och som inte tränger ner i marken.

**Detaljplan** Juridiskt bindande dokument som reglerar markens användning och bebyggelse inom kommunen (Plan- och bygglagen, 1987).

**Dränvatten** Vatten som avleds genom dränering, dvs. avledning av vatten i mark via rörledning, dike eller dräneringsskikt (Kungälv kommun, 2006).

**Duplicerat ledningssystem** Dagvatten och spillvatten avleds separerat från varandra.

**Effektiv porositet** Den hålrumsvolym som finns tillgänglig i marken efter att volymen ej dränerbart vatten har subtraherats från markens totala hålrumsvolym.

**Fördröjning** Dagvattenflödets toppar jämnas ut innan det når recipient.

**Infiltration** Vätska intränger i poröst material, t.ex. vatten intränger i mark.

**Instängt område** Område varifrån dagvatten inte kan avledas på markytan med självfall.

**Kombinerat ledningssystem** Dagvatten och spillvatten avleds gemensamt i en och samma ledning.

**Lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD** Olika åtgärder för att begränsa eller fördröja dagvattenavrinningen från det område där det bildas, innan vattnet når det allmänna ledningsnätet (Stahre, 2004).

**Perkolation** Vattnets långsamma rörelse nedåt i den omättade markzonen.

**Recipient** Alla typer av vatten och vattendrag som tar emot dagvatten och dess föroreningar.

**Sedimentering** Partiklar med högre densitet än vattenpartiklar, sjunker och lägger sig på botten av ledningen eller vattendrag.

**Servisledning** Ledning från fastighetens VA-installation till den allmänna VA-anläggningens distributionsledning (Kungälv kommun, 2006).

**Skåldike/Svackdike** Grunda dikessystem vilka normalt är klädda med gräs. Dränledning eller stenfyllnad kan läggas i botten på diket för att öka infiltrationen.

**Spillvatten** Avloppsvatten från hushåll, industri, arbetsplats, serviceledning m.m.

**Täckdike** Dräneringsdike som är övertäckt eller underjordiskt.

**Uppdämningsnivå** Av huvudman angiven nivå för avloppsanläggning under vilken fri inloppsöppning med självfallsanslutning inte, utan dispens, får anordnas (Svenskt Vatten, 2004).

**Ytliga avrinningsstråk** Grunda dikesveck, ofta med ytor av gräs, som kan ha dränerande material i botten för att öka infiltrationen.

**Öppen dagvattenavledning** Dagvatten avleds i öppna system, t.ex. ytliga avrinningsstråk, diken, bäckar, dammar, våtmarker etc.

## 12. Referenser

- Ahlman, S., Kant, H., Karlsson, P., Malm, A., Svensson, G. (2004). *Systemanalys Vasastaden Göteborg – Avloppssystemet*. Urban Water, Rapport 2004:5, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Alm, K., Johansson, S., Lundgren, G., Albing, P. (1982). *Det våras för avloppet - Kompendium i LOD-teknik*. VBB Backö.
- Andersson, J., Ljung, D., Persson, R. (2004). *Studie av ekologisk dagvattenhantering i Sverige*. Examensarbete, Malmö Högskola.
- Andersson, J., Stråe, D. (2002). *Förslag till hantering av dagvatten i Nygårdsbäckens avrinningsområde - Upplands-Bro kommun*. WRS Uppsala AB.
- Andersson, R., Carlstedt, B., Paus, K. (1980). *Dagvattenavledning genom infiltration, magasinering i tätort*. BRF-rapport R27:1980.
- Bengtsson, L., Stahre, P., Villarreal, E. (2004). *Öppen dagvattenavledning i Augustenborg*. Vatten 2004, häfte 3, s 163-171.
- Berggren, H., Bramryd, T., Henrikson, L., Hogland, W., Holmstrand, O., Lind, B., Rosenqvist, T., Stenmark, C. (1991). *Lokalt ombändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. ISSN: 0347-8165.
- Bergström, T., Falk, J., Kihlberg, K., Mattsson, Å., Stahre, P., Säfwenbergs, U. (1983). *Lokalt Ombändertagande av Dagvatten: LOD anvisningar och kommentarer*. VA-Forsk, rapport nr 46:1983.
- Bokalders, V., Block, M. (1997). *Att anpassa till platsen*. Byggekologi 4. ISBN: 91-7332-808-1.
- Carlsson, K., Svensson, R. (1985). *Erfarenheter från utbyggnad av lokalt ombändertagande av dagvatten i Kärlinge, Malmö kommun*. V-byggaren, Väg och vattenbyggaren, nr 4. s 35-39.
- Didón, L. U., Magnusson, L., Millgård, O., Molander, S. (1997). *Plan- och bygglagens grunder med naturresurslagen*. Nordstedts Juridik, upplaga 1:1. ISBN 91-39-00086-9.
- Engman, M., Ekvall, J. (2003). *Kockbacka – Dagvattenhantering (Del 2), Åtgärdsförslag för att minska flöden och föroreningsbelastning till Nygårdsbäcken*. Tyréns AB, Stockholm.
- Ericsson, L. (1982). *Lokalt ombändertagande av dagvatten: Handläggning och dimensionering*.
- Falkenbergs kommun (2004). *Detaljplan för Arvidstorp 1:39, Återvinningscentral vid Falkenbergs Mosse*. Hallands län, Planbeskrivning, GF Arkitekter.

- Fjellmar, G., Ludvigsson, G. (1997). *Lokalt ombändertagande av dagvatten, LOD - Möjligheter att använda LOD i en kretsloppsanpassad samhällsplanering.*
- Grip, H., Rodhe, A. (1988). *Vattnets väg från regn till bäck.* Hallgren & Fallgren Studieförlag AB, Uppsala.
- Göteborgs stad (2001). *Dagvatten inom planlagda områden.* Göteborgs va-verk, Fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Park och naturförvaltningen, Kretsloppskontoret och Trafikkontoret.
- Holmstrand, O., Lindvall, P. (1979). *Infiltrera dagvatten – Planering och metoder.* Naturvårdsverket, Byggeforskningen. ISBN: 91-38-04832-9.
- Härryda kommun (2001). *Så här vill vi lösa dagvattenhanteringen på vägar, gator och vid fastigheter.* Exempelkatalog.
- Höganäs kommun (2006). *Detaljplan för Viken 125:2 m.fl., Vikens Ry II.* Kommunledningskontoret och planavdelningen.
- Institutionen för Vatten Miljö Transport (2004). *Kompendium i Teknisk samhällsplanering – VA-teknik.* Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Jansson, E., Lind, B., Malbert, B. (1992). *Lokal dagvattenhantering: Erfarenheter från några anläggningar i drift.* VA-Forsk, rapport nr 1992:09.
- Krakenberger, G. (1996). *Fukt – en handbok i anslutning till Boverkets byggregler.* AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Kungälv kommun (2006). *Information om kommunalt vatten och avlopp.* VA-verket och Tekniska kontoret.
- Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling.* VA-Forsk, rapport nr 1994:06.
- Larm, T., Holmgren, A., Börjesson, E. (1999). *Platsbesparande befintliga reningsystem för dagvatten.* Förstudie i projekt tekniktävling för rening av dagvatten. Stockholm stads LIP-kansli, VBB Viak.
- Lindvall, P., Hogland, W., (1981). *Driftaspekter på dagvatteninfiltration.* BFR-rapport R14:1981.
- Lönngren, G. (2001). *Vatten i dagen – exempel på ekologisk dagvattenhantering.* Stad och land, nr 165. ISBN: 91-7332-958-4.
- Mariestads kommun (2005). *Policy för hantering av dagvatten i Mariestads kommun.* Miljökontoret, Stadsbyggnadskontoret och Tekniska förvaltningen.
- Miljösamverkan Västra Götaland (2004). *Dagvatten - teknik, lagstiftning och underlag för policy.*

- Niemczynowicz, J. (1999). *Internationell sammanställning av erfarenheter med ekologisk dagvattenhantering*. VA-Forsk, rapport nr 1999:1.
- Nilsson, A., Malmquist, Y. (1997). *Vattenplanering - avlopp och dagvatten*. Naturvårdsverket, rapport nr 4491.
- Nilsdal, J-A. (1986). *Källaröversvämning – dimensionering av kommunala avloppsledningar*. Bygg & teknik, nr 5, s 29-32.
- Nordström, A. (1983). *Vattenförsörjning och Avloppshantering*. ISBN: 91-7504-038-7.
- SFS 1987:10. *Plan- och bygglagen*. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19870010.htm> (2007-03-06).
- SFS 2004:660. *Förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön*. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20040660.htm> (2007-03-06).
- SFS 2006:412. *Lag om allmänna vattentjänster*. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20060412.htm> (2007-06-04).
- Sollentuna kommun (2005). *Detaljplan för Cirkusplatsen, Tureberg – samrådshandling 2005-06-17*. Kommunledningskontoret.
- Solna stad (2002). *Dagvattenstrategi för Solna stad*. Solna vatten, Miljökontoret, Stadsbyggnadsdivisionen, Stadsarkitektkontoret och Tekniska kontoret.
- Stahre, P. (2004). *En långsiktig hållbar dagvattenhantering - Planering och exempel*. ISBN: 91-85159-17-4.
- Stockholm stad (2001). *Källor till föroreningar i dagvatten i Stockholms stad, del 2 Organiska miljögifter, Olja, Näringsämnen och Bakterier*. Miljöförvaltningen, Gatu- och fastighetskontoret, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB.
- Stockholm stad (2002). *Dagvattenstrategi för Stockholms Stad*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret och Stockholm Vatten AB. (Uppdaterad 2005).
- Svenskt Vatten (1995). *Servisledningar – råd och anvisningar för allmän och enskild del av va-serviser*. Publikation P75.
- Svenskt Vatten (2004). *Dimensionering av allmänna avloppsledningar*. Publikation P 90. ISSN:1651-4947.
- Svensson, G. (2004). *LOD eller åtgärder vid slutet av röret – jämförelse av olika Hanteringsprinciper*. VA-mässan 2004-09-17, Stockholm.
- Svensson, J., Fleischer, S., Rosenqvist, T., Stibe, L., Pansar, J. (2002) *Ekologisk dagvattenhantering i Halmstad*. VA-FORSK rapport 2002-7, Svenskt Vatten AB, Motala.



Vattenportalen (2007). [www.vattenportalen.se](http://www.vattenportalen.se) (2007-03-05).

Värmdö kommun (2006). *Dagvattenpolicy samt fakta och riktlinjer för dagvattenhantering i Värmdö kommun*. Fakta och riktlinjer, del 3, s 27. Tekniska förvaltningen och VA-avdelningen.

Wavin (2007). *Q-Bic dagvattenkassetter – broschyr från mars 2007*.

Westlin, A. (2004). *Dagvatten från parkeringsytor*. Examensarbete, KTH, Stockholm.

Wilmin, E. (2004). *Kvarteret Tegelbruket - Lokalt ombändertagande av dagvatten i perkolationsmagasin*. Miljö & Utvecklingsavdelningen och Stockholm Vatten AB, Rapport nr 10-2004.

## 12.1. Muntliga referenser

Ahlgren, Sven. <i>Uppsala kommun</i>	(2007-03-16)
Alveblad, David. <i>JM AB</i>	(2007-05-22)
Benfatto, Christian. <i>JM AB</i>	(2007-05-24)
Fagerberg, Jens. <i>Stockholm Vatten AB</i>	(2007-03-07)
Forsling, Thomas. <i>Markstyrkan AB</i>	(2007-05-29)
Linder, Mathias. <i>Sweco Viak</i>	(våren 2007)
Mårtensson, Bill. <i>Stockholm Vatten AB</i>	(2007-07-06)
Pettersson, Lasse. <i>Upplands-Bro kommun</i>	(2007-05-28)

### 12.1.1. Intervjuer (våren 2007)

Adrian, Mikael. <i>Projekteringsavdelningen, Göteborg Vatten</i>	031-627102
Alsheden, Lena. <i>Tyréns, Stockholm</i>	08-56641173
Gehlin, Lena. <i>Ingenjör, Solna Vatten</i>	08-7342938
Groth, Mats. <i>Skanska Teknik AB, Solna</i>	08-50435000
Lundgren, Göran. <i>Sweco, Växjö</i>	0470-735115
Nordlund, Ulf. <i>Markitekten, Uppsala</i>	018-156450
Ohlsson, Olle. <i>JM AB, Uppsala</i>	018-660300 (vxl)
Palage, Leif. <i>Mecad, Piteå</i>	0911-232531
Sjödahl, Tord. <i>Tyréns, Stockholm</i>	08-56641000 (vxl)
Sundlöf, Bertil. <i>Tyréns, Kristianstad</i>	044-6891567
Svensson, Björn IM. <i>NCC, Stockholm</i>	08-58552601
Thureson, Mats. <i>Tyréns, Stockholm</i>	08-56641000 (vxl)
Wilsson, Anneli. <i>VA- och avfallsavdelningen, Mariestads kommun</i>	0501-755000 (vxl)