



KTH Land and Water  
Resources Engineering

---

# Dagvatten

från

# Parkeringsytor

---

*Alexander Westlin*

*R nr 27-2004*





## FÖRORD

Föreliggande rapport är ett examensarbete, omfattande 20 poäng. Det är det avslutande momentet inom utbildningen Väg- och vattenbyggnadsteknik 180p vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm. Rapporten behandlar dagvatten specifikt från parkeringsytor och de problem som kan relateras därvid. Examensarbetet genomfördes under våren och sommaren 2004 på uppdrag av Stockholm Vatten AB, genom ett samarbete med institutionen för mark- och vattenteknik.

Jag vill rikta ett varmt tack till Er Alla som har givit mig Er tid för att besvara frågor, via telefon, på seminarier och på möten. Ni har gjort denna rapport möjlig! Jag vill speciellt namnge och tacka följande, för bidragande underlag till rapporten: Henrik Alm och Gunilla Lindgren på Stockholm Vatten AB, Stina Thörnelöf på Miljöförvaltningen och Carina Färm på Mälardalens högskola. För en trevlig vistelse, våren 2004 på Stockholm Vatten AB, vill jag tacka personalen på miljö- och utvecklingsavdelningen för ett vänligt bemötande. Tack Annapia Johansson för dina värdefulla synpunkter på innehållet. Bosse Olofsson har varit min handledare på KTH, ett stort tack till dig för givande diskussioner och för ditt sporrande!

Pauline Sandberg och Elin Jansson har varit mina handledare på Stockholm Vatten AB, till Er båda vill jag rikta mitt sista och varmaste tack. Ni har varit ett jättestöd!

Stockholm 2004

Alexander Westlin



## SAMMANFATTNING

Parkeringsytor ackumulerar föroreningar från atmosfäriskt nedfall och från fordon. När föroreningarna spolas bort av nederbörden bildas smutsigt dagvatten. Dagvattnets föroreningshalter varierar både på kort- och lång sikt beroende på nederbördssituationen. De högsta halterna uppkommer i samband med snösmältningen, då toxiska effekter kan drabba känsliga recipienter.

Detta examensarbete avser att klargöra problematiken kring dagvatten, specifikt från parkeringsytor och bringa klarhet kring de faktorer som bör beaktas inför de beslut som avgör hur dagvattnet ska omhändertas.

I Stockholm har situationen för stadens sjöar försämrats efter tillkomsten av stora arealer hårdgjorda ytor. Den nederbörd som ursprungligen infiltrerade och renades i marken, på sin väg mot stadens sjöar, genomgår idag en snabb avrinning från de hårdgjorda ytorna, utan naturlig rening. Därtill, belastas recipienterna av föroreningar som dagvattnet spolar med sig. Ytterligare arealer av hårdgjorda ytor utgör därför ett hot mot stadens sjöar och vattendrag. Den negativa trenden har uppmärksamats, dagvattenfrågorna har fått en större roll i arbetet för en bättre miljö och i Stockholm har en strategi upprättats: Stockholm stads dagvattenstrategi. Den innebär bl.a. en strävan mot att minska källornas spridning av föroreningar och att vid nyexploatering, tillse att dagvatten i första hand omhändertas på den mark där dagvattnet bildas. Vid planering av markområden med tillhörande parkeringsytor ges möjligheten att påverka hur dagvattnet ska omhändertas. Det saknas dock en enhetlig metodik för hur man på bästa sätt bör göra. Genom litteraturstudier och personkontakter har kunskap inhämtats som underbygger diskussioner och ett förslag till ett beslutsstöd. Beslutsstödet baseras på faktorer som antas ha en avgörande roll och som bör beaktas i frågorna kring dagvattenhanteringen. Dessa faktorer är markens möjlighet/lämplighet att infiltrera dagvatten, status i sjöar och vattendrag samt dagvattenkvalitén. Inom Stockholms dagvattenstrategi finns föreslagna klassificeringar på recipienter och dagvatten med riktlinjer för hur olika situationer bör bemötas. Detta har beaktats i det föreslagna beslutsstödet. Det kvarstår dock frågor. En av de viktigaste är huruvida olika typer av parkeringsytor kan klassificeras avseende dagvattenkvalitén.

## **ABSTRACT**

Parking lots accumulate pollution from the atmosphere and from vehicles. Precipitation flushes away the pollution and forming polluted storm water. The content of the pollution in the storm water varies both on a short and long term basis, depending on the characteristics of the precipitation. The highest levels of concentration occur during snowmelt when toxic effects can strike sensitive recipients.

The purpose of this thesis is to demonstrate the problems related to storm water from parking lots specifically, as well as to clarify which factors need to be considered before concluding how the storm water is to be handled.

In Stockholm, the conditions of the lakes and the streams have been negatively affected by the increased and more rapid storm-water runoff which is the result of large areas of impermeable surfaces. The precipitation that earlier went through a natural cleaning process via infiltration on its way to the lakes is today undergoing a fast runoff without any natural cleaning. Thus the recipients are loaded with the pollution that storm water brings. Further increase of impermeable surfaces constitutes a threat to the lakes and streams in the city. This negative trend has been noticed, the issue of storm water has earned greater attention in the work for a better environment and a strategy has been established in Stockholm: Stockholm storm-water strategy. This means, among other things, an ambition to reduce the pollution by minimizing the spread from the sources and in newly exploited areas, in first place, make sure that the storm water is handled on site. During the process of planning for parking lots there are possibilities to affect how the storm water is to be handled. However there is a lack of general methods for how to do it in the best way. Through studies of literature and by contacts with individuals, knowledge is gathered which supports a discussion and the development of a decision tree. It is based on factors that are assumed to have a decisive role and therefore should be taken into consideration when deciding storm-water handling. The factors consist of the possibility/suitability of the soil to infiltrate storm water, the status of streams and lakes and the quality of the storm water. Within the Stockholm storm-water strategy there are suggested classifications of recipients and storm water with recommendations for how to deal with different situations. This has been taken into consideration in the suggested decision tree. However, there are still many questions remaining. One of the most important is whether or not parking lots can be classified with respect to storm-water quality.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>FÖRORD</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte .....	1
1.3 Genomförande.....	2
1.4 Avgränsningar.....	2
<b>2 MILJÖMÅL OCH LAGAR</b> .....	<b>3</b>
2.1 EU:s ramdirektiv .....	3
2.2 Nationella miljömål .....	4
2.3 Miljömål i Stockholms stad .....	4
2.4 Miljöbalken.....	5
2.5 Plan- och bygglagen.....	6
2.6 VA- lagen.....	6
<b>3 FÖRORENINGAR I DAGVATTEN</b> .....	<b>7</b>
3.1 Allmänt .....	7
3.2 Suspenderat material .....	8
3.3 Näringsämnen .....	9
3.4 Olja.....	11
3.5 Polycykliska aromatiska kolväten.....	12
3.6 Tungmetaller .....	13
3.7 Schablonhalter.....	20
<b>4 AVLEDNING AV DAGVATTEN</b> .....	<b>21</b>
4.1 Allmänt .....	21
4.2 Avrinning .....	21
4.3 Kombinerade system.....	22
4.4 Separerade system.....	22
4.5 Rationella metoden .....	23
<b>5 DAGVATTNETS PÅVERKAN PÅ RECIPIENTER</b> .....	<b>25</b>
5.1 Mark.....	25
5.2 Grundvatten .....	26
5.3 Sjöar och vattendrag .....	27
<b>6 DAGVATTENHANTERING</b> .....	<b>29</b>
6.1 LOD .....	29
6.2 Rening i mark.....	30
6.3 Anläggningar.....	30
6.4 Jämförande undersökning i Florida.....	39
<b>7 INTERNATIONELL DAGVATTENHANTERING</b> .....	<b>41</b>
7.1 Australien.....	41
7.2 Danmark.....	41
7.3 England .....	42
7.4 Frankrike .....	42
7.5 Kanada .....	42
7.6 Nederländerna .....	43
7.7 Tyskland.....	43
7.8 USA .....	44
<b>8 DAGVATTENHANTERING I STOCKHOLM</b> .....	<b>45</b>

8.1	Fakta.....	45
8.2	Stockholms dagvattenstrategi .....	45
8.3	Ansvarsfördelning.....	48
<b>9</b>	<b>PLANPROCESSEN I STOCKHOLM.....</b>	<b>49</b>
9.1	Planförfarande.....	49
9.2	Fallstudie 1 - kv. Mätpinnen .....	51
9.3	Fallstudie 2 - kv. Vinkeln 6.....	53
9.4	Kommentarer .....	55
<b>10</b>	<b>INVERKANDE FAKTORER .....</b>	<b>57</b>
10.1	Förutsättningar .....	57
10.2	Problembeskrivning .....	58
10.3	Faktorer.....	59
<b>11</b>	<b>BESLUTSSTÖD .....</b>	<b>61</b>
	<b>SLUTLIG DISKUSSION .....</b>	<b>63</b>
	<b>ORD- OCH BEGREPPSFÖRKLARING.....</b>	<b>65</b>
	<b>KÄLLFÖRTECKNING .....</b>	<b>67</b>

## BILAGOR

1. Föroreningar från trafik och förekomsten i dagvatten från parkeringsytor
2. Ämnesvis sammanställning av föroreningshalter i dagvatten
3. Områdesdata för P-ytor och Nybohov
4. Beräkningsexempel på årlig belastning av föroreningar
5. Sammanställda erfarenheter av dagvattenanläggningar
6. Recipientklassificering i Stockholm stad
7. Karta och urvalskriterier för Ekologiskt Särskilt Känsliga Områden - ESKO



## 1 INLEDNING

I detta första kapitel presenteras en inledande bakgrund och beskrivning hur arbetet har bedrivits samt rapportens gällande avgränsningar.

---

### 1.1 Bakgrund

Stockholm med omgivning ligger i ett sprickdalslandskap, vilket har skapat förutsättningar för sjöar och vattendrag i området. Det dagvatten som en gång renades naturligt via infiltration i marken, på sin väg mot sjöarna, genomgår idag en snabb avrinning från hårdgjorda ytor, utan naturlig rening. Dessutom belastas sjöarna av de föroreningar som följer med dagvattnet. Ytterligare arealer av hårdgjorda trafikerade ytor innebär försämrade förutsättningar för stadens sjöar och vattendrag. Den negativa trenden har varit bidragande för dagens sätt att se på dagvatten och hur det bör omhändertas för att minska risken för olägenheter.

Vid årsskiftet 97-98 beslutade styrelsen på Stockholm Vatten AB, Miljö- och hälsoskyddsnämnden, Stadsbyggnadsnämnden och Gatu- och fastighetsnämnden att utarbeta en gemensam strategi för en hållbar dagvattenhantering, Stockholms dagvattenstrategi. Den eftersträvar en minskad spridning av föroreningar och vid nyexploateringar ska dagvattnet i första hand omhändertas på den tomtmark där dagvattnet bildas. Vid planfrågor för nyexploatering av mark, med tillhörande parkeringsytor, ges möjligheter att påverka hur dagvattnet ska omhändertas. Det saknas dock en enhetlig metodik för hur man ska göra.

### 1.2 Syfte

Syftet är att studera dagens metoder och klarlägga väsentligheter för hanteringen av dagvatten från parkeringsytor samt att föra en diskussion kring de faktorer som bör beaktas vid de beslut som berör dagvattenhanteringen.

### 1.3 Genomförande

Examensarbetet har bedrivits genom litteraturstudier, personkontakter och där tillfällen givits, deltagande på möten och seminarier. Litteraturstudien behandlar dagvattenrelaterad problematik med förekommande föroreningar, konsekvenser och metoder för att minska negativa effekter.

Föroreningarnas förekomst i dagvatten har sammanställts i elva diagram, ett för varje studerad förorening. Sammanställningen baseras på tidigare genomförda undersökningar av dagvatten från parkeringsytor. Diagrammen visar även föroreningshalter i dagvatten från områden med olika trafikintensiteter. I studien kring dagvattenanläggningar har särskild vikt lagts på de anläggningar som är tillämpbara vid parkeringsytor.

En internationell studie har bedrivits avseende allmän urban dagvattenhantering och föregår ett kapitel som behandlar dagvattenhantering i Stockholms stad. I det senare skildras bl.a. Stockholms dagvattenstrategi och ansvarsfördelningen mellan stadens olika förvaltningar. I ett kapitel som behandlar planprocessen i Stockholm ingår två fallstudier. Dessa har genomförts med syftet att skildra stadens sätt att bedriva planprocesser gällande nyexploatering av parkeringsytor med tillkommande dagvattenfrågor. Underlaget till fallstudierna har utgjorts av arkiverade planhandlingar.

Diskussioner gällande inverkan faktorer har bedrivits genom, där så behov funnits, kompletterande kontakter med sakkunniga inom staden och genom diskussioner med handledare. Detta underbygger ett beslutsstöd och en slutlig diskussion med rekommendationer.

### 1.4 Avgränsningar

Rapporten avgränsas till att gälla nyexploaterade parkeringsytor, exponerade för nederbörd, inom Stockholm Vatten AB:s verksamhetsområde (Fig. 8.1). Reningsverk som recipient förbises, varför problemdiskussioner och resulterande beslutsunderlag innefattar duplicerade system med marker, grundvatten och Stockholms sjöar (inkl. saltsjön) som recipient. Innebörden av kombinerade system omnämns dock i rapporten. Åtgärder för att minska spridningen av föroreningar från trafiken förbises. Dagvattenanläggningar avgränsas till att gälla sådana som möjliggör hantering av dagvatten i parkeringsytornas närområde.

## 2 MILJÖMÅL OCH LAGAR

Lagstiftningen kring vattenfrågor är omfattande. De gäller bl.a. allmänna hänsynsregler om försiktighetsmått vid alla verksamheter och mer inriktade regler som gäller vid dikning, uppdämning, avledning och utsläpp till vatten (Stockholm stad, 2000b). Här följer miljömål och regleringar som huvudsakligen berör dagvatten och nyexploatering av mark.

### 2.1 EU:s ramdirektiv

År 2000 antog EU ett ramdirektiv för Europas vattenresurser med syftet att medlemsländerna ska förebygga ytterligare försämringar av ytvattnet (Stockholm stad, 2001b). Målet med ramdirektivet är att en uppnå en god status på vattenmiljön till år 2015. Riksdagen beslutade i mars 2004 att Sverige ska delas in i fem vattendistrikt, se Fig. 2.1. En länsstyrelse i varje distrikt ska fungera som vattenmyndighet med ett tilldelat ansvar för kvalitén av vattenmiljön i respektive område (www.vattenportalen.se, 2004).

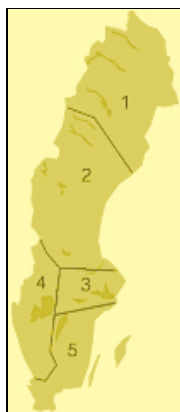


Fig. 2.1 Sveriges vattendistrikt  
(www.vattenportalen.se, 2004).

Exakt hur arbetet ska bedrivas är dock inte klart. Det kommer att styras av en förordning om förvaltning av kvalitén på vattenmiljön som förväntas komma under juni 2004. För att uppnå ramdirektivets mål har en tidsplan upprättats. Några hållpunkter är att:

- Vattenmiljön i distrikten ska analyseras under 2004.
- En vattenprissättnings policy enligt förorenaren betalar principen, ska komma 2010.
- Åtgärdsplaner ska vara framtagna 2012.

(Jansson, 2004)

Naturvårdsverket ser ramdirektivet som positivt och menar att det ger goda möjligheter för att förverkliga de nationella miljökvalitetsmålen, se 2.2 (www.naturvardsverket.se, 2004).

## 2.2 Nationella miljömål

I april 1999 antog riksdagen 15 miljö kvalitetsmål med syftet att lösa de stora miljöproblemen inför kommande generation. Målen är allmänt formulerade och arbetet är pågående med att precisera dem. Riksdagen fastställer delmål (se Naturvårdsverkets hemsida) som kan anpassas efter t.ex. enskilda föroreningar. Minst fem av miljö kvalitetsmålen är av betydelse för dagvattenhanteringen i Stockholm (Stockholm stad, 2001b):

- Grundvatten av god kvalité
- Levande sjöar och vattendrag
- Hav i balans, levande kust och skärgård
- Ingen övergödning
- Giffri miljö

## 2.3 Miljömål i Stockholms stad

Den 17 januari 2003 antog kommunfullmäktige i Stockholms stad ett miljöprogram. Programmet gäller för perioden 2002-2006 och omfattar sex målområden med kopplingar till ett eller flera av de nationella miljö kvalitetsmålen. De övergripande målen preciseras i delmål som bedöms vara möjliga att uppnå under programperioden. Det fjärde målområdet inom miljöprogrammet, Ekologisk planering och skötsel, har följande delmål (Stockholm stad, 2003):

- *Ekologisk inriktad skötsel*  
Skötseln av naturliga och kulturpräglade biotoper ska ge en ökad biologisk mångfald, som ska vara ekologiskt inriktad och anpassas till skyddsvärda arter.
- *Ekologisk kompensation*  
Exploatering av obebyggda mark- och vattenområden ska kompenseras med likvärdig natur i närområdet.
- *Exploatering av mark- och vattenområden*  
Ingen exploatering ska under programperioden ske i följande mark- och vattenområden:
  - områden som utreds för naturskydd.
  - biotoper, biologiska spridningsvägar, buffertzoner och rekreationsytor som är särskilt värdefulla.
  - livsmiljöer för skyddsvärda arter.
- *Förorenade markområden*  
Förorenade marker ska kartläggas och sanering ska påbörjas. Spridning av föroreningar ska förhindras.
- *Föroreningar till mark- och ytvatten*  
Föroreningar till mark, yt- och grundvatten ska minska genom punktinsatser.
- *Renare dagvatten*  
Föroreningar i dagvattnet ska förebyggas så att föroreningar minimeras.
- *Utsläpp av övergödande ämnen*  
En strategi för att minimera utsläpp av övergödande ämnen ska tas fram.

## 2.4 Miljöbalken

Miljöbalken är det främsta juridiska verktyget för att uppnå miljömålen. Bestämmelserna trädde i laga kraft den 1 januari 1999 och innebär en breddad och skärpt miljölagstiftning för en hållbar utveckling. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvarstänkande. I miljöbalkens andra kapitel nämns, som exempel på detta, ett antal allmänna hänsynsregler som ger uttryck gällande försiktighet, val av produkter, hushållning och lokalisering av verksamheter. Principen är att förorenaren betalar. Utövaren ska drabbas i stället för miljön (www.naturvardsverket.se, 2004). Här följer huvudsakliga bestämmelser gällande dagvatten (Rosén Nilsson, 2002):

MB 9 kap.

1 § Med miljöfarlig verksamhet avses:

1. utsläpp av avloppsvatten, fasta ämnen eller gas från mark, byggnader eller anläggningar i mark, vattenområden eller grundvatten.
2. användning av mark, byggnader eller anläggningar på ett sätt som kan medföra olägenhet för människors hälsa eller miljön genom annat utsläpp än som avses i 1 eller genom förorening av mark, luft, vattenområden eller grundvatten.

2 § Med avloppsvatten avses:

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

Enligt MB 1 § 9 kap. punkt 1, ska dagvatten klassas som miljöfarlig verksamhet. Vidare:

7 §

Avloppsvatten ska avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt så att olägenhet för människors hälsa eller miljön inte uppkommer. För detta ändamål ska lämpliga avloppsanordningar eller andra inrättningar utföras.

## 2.5 Plan- och bygglagen

För exploatering av parkeringsytor, krävs en fysisk planering som ska säkerställa att det finns lämplig mark i beredskap och som ska skydda områden med speciella naturvärden. All fysisk planering, inklusive dagvattenanläggningar, regleras av plan- och bygglagen (PBL). Lagen ställer allmänna krav på förvaltning, utveckling och användning av mark- och vattenområden. För prövning av markförändring används översikts- och detaljplaner. Översiktplanen är vägledande för detaljplanen som i sin tur är juridiskt bindande för användningen av mark och vatten (Stockholm stad, 2000b).

### 2.5.1 Översiktsplan

Alla kommuner ska ha en aktuell översiktsplan. Den ska ligga till grund för kommunen och andra myndigheters beslut. Översiktsplanen omfattar hela kommunens yta och ska presentera kommunens avsikter om hur den fysiska miljön ska användas eller bevaras i framtiden. I planen redovisas ställningstaganden för användningen av mark- och vattenområden och de miljö- och riskfaktorer som bör beaktas vid beslut om förändring. Planen ska också redovisa hur eventuella riksintressen ska tillgodoses (Didón *et al.*, 1997).

Planeringsriktningen för Stockholm stads vattenområde ska beakta vattendragens hela tillrinningsområde vid planering och åtgärder. Vidare ska dagvattenfrågan uppmärksammas vid ändrad markanvändning, där en särskild hänsyn ska tas till Ekologiskt Särskilt Känsliga Områden - ESKO (Stockholm Stad, 2000b). Karta och urvalskriterier för ESKO visas i Bilaga 7.

### 2.5.2 Detaljplan

En detaljplan är ett verktyg som används för att reglera rättigheter och skyldigheter mellan markägare och samhälle inom ett begränsat område i kommunen. En detaljplan ska utformas vid byggnation eller annan förändring. Detaljplanen, som måste ha ett visst formellt innehåll, ska innehålla en genomförandetid för ändamålet och visa det aktuella områdets gränser och huvudändamål som t.ex. gator, parker, vattenområden etc. Genomförandetiden ska vara minst fem och högst femton år. Under denna tid är detaljplanen juridiskt bindande (Didón *et al.*, 1997).

1992 beslutade kommunstyrelsen i Stockholm att införa miljökonsekvensbeskrivning (MKB) i detaljplaneprocessen. Den ska ge en samlad bedömning av en verksamhets påverkan på miljön. Målet är att miljöbedömningar ska integreras och redovisas kontinuerligt (Pettersson, 2001).

## 2.6 VA- lagen

VA- lagen reglerar förhållandet mellan huvudman av en allmän VA- anläggning och ägaren av den fastighet som ligger inom anläggningens verksamhetsområde. Som allmänna VA- anläggningar ingår ledningar och anordningar fram till förbindelsepunkterna som tillhör huvudmannen. Vad som inte ingår, är rännsten, rännstensbrunn och ledning som förbinder sådan brunn med allmän avloppsledning samt vägdike. Ett nytt förslag gör gällande att bestämmelser från 1970 ska utredas och ersättas av en ny lag som behandlar allmänna vattentjänster. Förslaget innebär bl.a. att avvattningssystem, som inte är ledningsburna, ska ingå som allmänna dagvattenanläggningar. Huvudmannen ska kunna ta ut anläggnings och bruksavgifter för att dagvatten avleds utan att det har upprättats någon förbindelsepunkt för ändamålet (www.notisum.se, 2004; Jarefors, 2004).

### 3 FÖRORENINGAR I DAGVATTEN

Här följer beskrivningar av dagvattenföroreningar i stadsmiljöer. Halterna har sammanställts i elva diagram, ett för varje ämne. Diagrammen visar median- och maxvärden från *dagvattenundersökningar* i Stockholm (P-ytor visas i Tabell 1b; Bilaga 1), *Florida* (se 6.4), *schablonbatter* och *dagvattenklassificeringar*, se Tabell 3.2. Diagrammen visar också jämförande föroreningshalter i dagvatten från områden med olika trafikintensiteter, Nybohov (0, 2000 och 4000 fordon/dygn), baserade på undersökningar i Stockholm. Områdesdata för Nybohov och parkeringsytor visas i Bilaga 3.

#### 3.1 Allmänt

Trafiken är den enskilt största källan till dagvattnets innehåll av föroreningar. Detta gäller både för antalet ämnen och för koncentrationen av dessa i dagvattnet. Föroreningarnas förekomst på hårdgjorda ytor är starkt relaterade till trafikintensiteten och uppkommer främst genom avgaser, läckage av olja, korrosion och erosion av vägbanor och däck. Det kvantitativa innehållet av olika föroreningar i väg- och fordonsrelaterade material visas i Tabell 1a (Bilaga 1). Nederbördssituationen avgör föroreningarnas förekomst och sammansättning i dagvattnet (Malmqvist *et al.*, 1994). Detta gör att dagvattenkvaliteten varierar i tid och rum (Jansson *et al.*, 1992; Larm, 1994), beroende på följande faktorer (Larm, 1994):

- Tiden som förflutit sedan föregående regn
- Föreningar på avrinningsytan
- Nederbördens sammansättning

Variationen av dagvattnets föroreningshalter är tydliga mellan årstiderna, men även under ett och samma regn. De högsta halterna uppkommer under intensiva sommarregn och i samband med snösmältningen (Malmqvist *et al.*, 1994; Larm, 1994). Vintertid ackumuleras föroreningar i snön som vid snösmältningen, kan ge upphov till toxiska halter för känsliga recipienter (Stockholm stad, 2001a). I den inledande delen av ett regn får man en s.k. first flush- effekt. Detta innebär att den ackumulerade mängden föroreningar huvudsakligen återfinns i den initiala delen av det avrinnande ytvattnet (Bjelkås & Lindmark, 1994). De föroreningar som vanligtvis förekommer i litteraturen avseende trafikrelaterat dagvatten är (Stockholm stad, 2001a):

- Suspenderat material (SS)
- Näringsämnen (kväve och fosfor)
- Olja
- Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)
- Tungmetaller (koppars, zink, kadmium, bly, nickel och krom)

Här presenteras föroreningarna avseende egenskaper och källor till spridningen. Parenteser i diagrammen som följer anger att mätvärden saknas. Halterna visas också numeriskt i Tabell 2a-k (Bilaga 2). De parkeringsytor som saknar årtal i diagrammen, baseras på undersökningar 1998 där centumparkeringen har 425 P-platser jämfört med centrum 1996 som har 500 P-platser. För ytterligare information kring P-ytor och Nybohov, se områdesdata i Bilaga 3.

### 3.2 Suspenderat material

Suspenderat material (SS) definieras som partiklar som kan sedimentera eller ”sväva” i vatten (Larm, 1994). Trafikintensiteten är starkt bidragande till halterna i dagvattnet pga. erosionen av vägbanor och däck. Även icke- trafikerade asfalterade ytor genererar partikelbundna föroreningar. Detta beror på att de hårdgjorda ytorna ansamlar nedfall av stoft och att en nedbrytning sker av asfalten (Malmqvist *et al.*, 1994). Till de mindre partiklarna är ofta varierande föroreningar knutna, varför höga halter SS innebär höga halter av övriga föroreningar (Stockholm stad, 2001a). I samband med snösmältningen kan det uppstå extremt höga halter SS i dagvattnet. Detta bekräftas av Westerlund *et al.* (2003), som undersökte dagvatten från ett regntillfälle då marken var snötäckt. Halterna var vid detta tillfälle tre gånger högre än det normala (Westerlund *et al.*, 2003). En sammanställning från undersökningar av SS i dagvatten visas i Fig. 3.1.

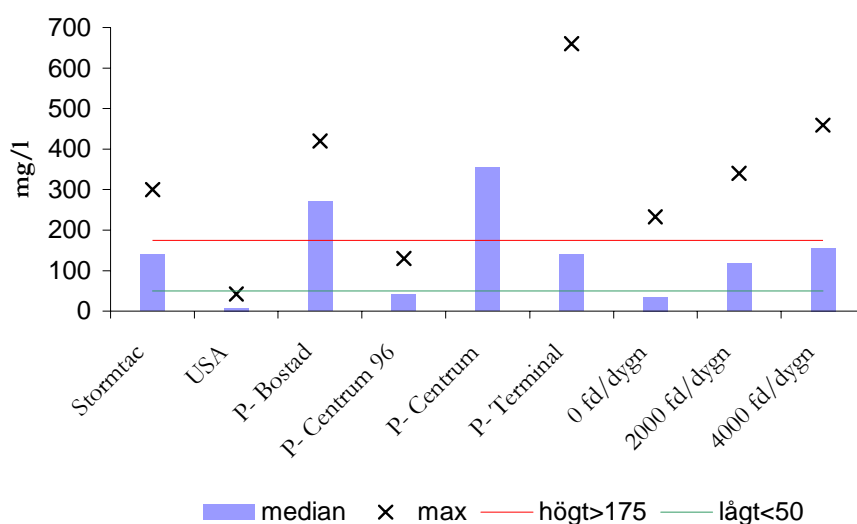


Fig. 3.1 Sammanställning av SS i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Sambandet mellan trafikintensiteten och halterna i dagvattnet är tydliga liksom genereringen från icke-trafikerade hårdgjorda ytor. I Florida (USA) tycks förekomsten vara obefintlig, något som också gäller för kommande föroreningar. Detta styrker sambandet mellan förekomsten av SS och övriga föroreningar. Den högsta halten uppmättes på centumparkering 1998 (880 mg/l), ett värde som dock misstänktes vara för hög beroende på felaktig provtagning (Stockholm stad, 2001a). Halterna från de trafikerade områdena är generellt lägre än för parkeringsytor 1998. Förklaringen till detta kan vara årstidsvariationer eller att de trafikerade områdena, som har inslag av grönytor, har förmågan att fastlägga partiklar. Dagvatten från centumparkering 1996 uppvisade låga medianhalter jämfört med centumparkering 1998 som genererade höga medianhalter, enligt Stockholm stads klassificering. Nederbördssituationen i de olika årstiderna kan vara förklaringen till skillnaden.



### 3.3 Näringsämnen

I Stockholm är fosfor den främsta orsaken till eutrofiering av sjöar och inre skärgård. Kvävet har negativ påverkan längre ut i Östersjön (Stockholm stad, 2001a). En sammanställning av näringsämnenas förekomst i dagvatten visas för kväve i Fig. 3.2 och fosfor i Fig. 3.3.

#### 3.3.1 Kväve (N)

Kväve, i dagvatten, kommer huvudsakligen från atmosfäriskt nedfall, omkring 80 %. Återstoden kan huvudsakligen härledas till hund- och fågelspillning (Malmqvist *et al.*, 1994). I Stockholms innerstad är belastningen omkring 16 kg/ha och år. Trafiken är den dominerande källan pga. utsläpp av kväveföreningar. I dagvatten uppträder kväve huvudsakligen som lösta fraktioner och är ej kopplad till partiklar i samma utsträckning som de övriga föroreningarna (Stadsbyggnadskontoret, 1995; Stockholm stad, 2001b).

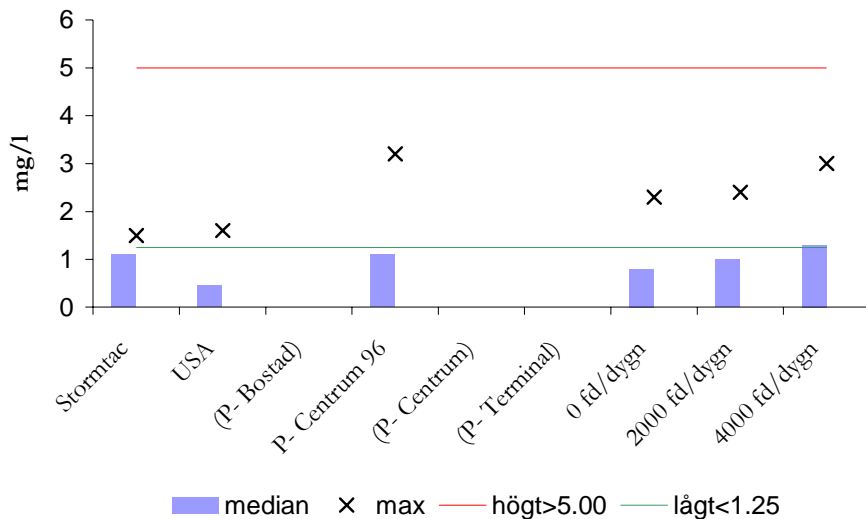


Fig. 3.2 Sammanställning av N i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

I dagvattenundersökning – parkeringsytor, har endast mätningar från 1996 genomförts. Detta tillfälle uppvisade också den högsta halten (3.2 mg/l). Ett visst samband kan utläsas mellan förekomsten av kväve och trafikintensiteten. Dock ej i samma omfattning som övriga föroreningar. Kväve förväntas uppträda i låga - måttliga medianhalter i dagvatten från parkeringsytor, enligt Stockholm stads klassificering.

### 3.3.2 Fosfor (P)

Fosfor är bundet till mineraler och frigörs i samband med vittring och nedbrytning av organiskt material. Det atmosfäriska nedfallet är relativt litet, omkring 0.01 kg/ha och år. Dagvattenundersökningar har visat att trafikrelaterat dagvatten kan innehålla en hel del fosfor och att halterna ökar med en ökad trafikintensitet. I dagvattnet uppträder fosfor huvudsakligen som partiklar. De högsta halterna har detekterats i samband med snösmältning (Stockholm stad, 2001b).

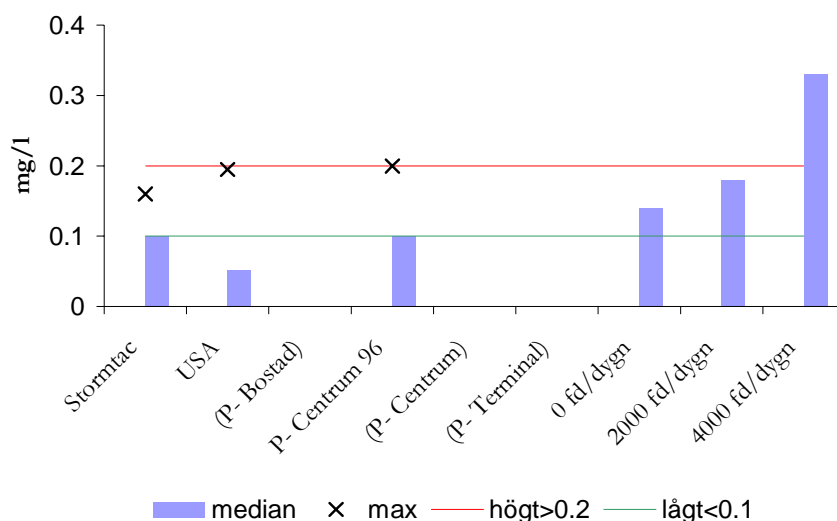


Fig. 3.3 Sammanställning av P i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Förekomsten av fosfor är starkt relaterad till förekomsten av suspenderat material och därför också till trafikintensiteten. Nybohov genererade de högsta halterna: 0, 2000 och 4000 fordon/dygn uppvisade maximalhalter på 0.44, 0.64 respektive 0.83 mg/l. Här ska tilläggas att områdena i Nybohov har inslag av grönytor (se områdesdata i Bilaga 3), vilket bidrar till förekomsten av fosfor. För numeriska värden, se Tabell 2c (Bilaga 2). I dagvatten från parkeringsytor förväntas fosfor ge upphov till låga - mätliga medianhalter, enligt Stockholm stads klassificering.

### 3.4 Olja

Vid analyser av olja omnämns vanligtvis totalt extraherbara alifatiska ämnen, totalt extraherbara aromatiska ämnen och opolära alifatiska kolväten. Indelningen beror på uppbyggnaden av molekylerna (Beyerl, 1998).

#### 3.4.1 Totalhalt extraherbara ämnen

Dessa aromatiska och alifatiska ämnen definieras genom att de kan extraheras ur vatten med lösningsmedel. De indelas kemiskt som polära och opolära. Polära ämnen omfattas bl.a. av humusämnen, mineralolja, tensider, fetter och organiska lösningsmedel. Som opolära ämnen räknas bl.a. petroleumbaserade vaxer, ämnen som ingår i mineralolja och organiska lösningsmedel (Beyerl, 1998).

#### 3.4.2 Opolära alifatiska kolväten

Oftast omnämns endast opolära alifatiska kolväten i samband med provtagningar och går då under begreppet petroleumkolväten eller oljor (Larm, 1997). Naturvårdsverkets riktvärden för utsläpp av olja är 5 mg/l för recipient och 1 mg/l för infiltration. Dessa värden avser opolära alifatiska kolväten ([www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)).

#### 3.4.3 Förekomst på P-ytor

Olja, på parkeringsytor, kan huvudsakligen härledas till läckage av motorolja från äldre fordon med slitna packningar etc. Använd motorolja har omvandlats under hög temperatur och högt tryck och innehåller föroreningar från reaktions- och slitageprodukter, bl.a. metaller (Beyerl, 1998). Begagnad motorolja är mycket giftigare än ny olja och klassas som miljöfarligt avfall (Stockholm stad, 2001b). Olja får en lägre viskositet vid en ökad temperatur, varför läckagen förväntas vara mer omfattande när motorn är varm och under somrarna. VBB Viak har uppskattat läckagen på parkeringsytor till 75 g/fordon och år. Det är dock oklart hur mycket som spolas bort med dagvattnet. Asfalten består nämligen av bitumen, en petroleumbaserad produkt, som delvis suger upp oljans mindre molekyler. Under varma dagar sker också en viss avdunstning (Beyerl, 1998). I dagvattnet förekommer oljan som fri-, emulgerad- eller löst form. Detta beskrivs närmare i 6.3.10 - Oljeavskiljare.

På uppdrag av Stockholm Vatten AB, genomförde Larm (1997) en utredning beträffande oljans förekomst i dagvatten från parkeringsytor. Undersökningen bestod av litteratursökningar och personkontakter med svenska och utländska sakkunniga. Enligt Larm påträffades endast ett fåtal relevanta mätningar, se Tabell 1c (Bilaga 1). Beyerl (1998) deltog i ett samarbetsprojekt för underlaget till Stockholms dagvattenstrategi, där dagvattenundersökningar genomfördes. Undersökningarna avsåg dagvatten från bostads-, centrum- och terminalparkering, se halter i Tabell 1b (Bilaga 1) och områdesdata i Bilaga 3. Resultatet från dessa undersökningar ingår i diagrammen (Fig. 3.1-3.11). Beyerl's slutsatser från undersökningarna var bl.a. att opolära alifatiska kolvätena låg klart under riktvärdet för utsläpp till recipient (5 mg/l). En sammanställning av oljans förekomst i dagvatten visas i Fig. 3.4.

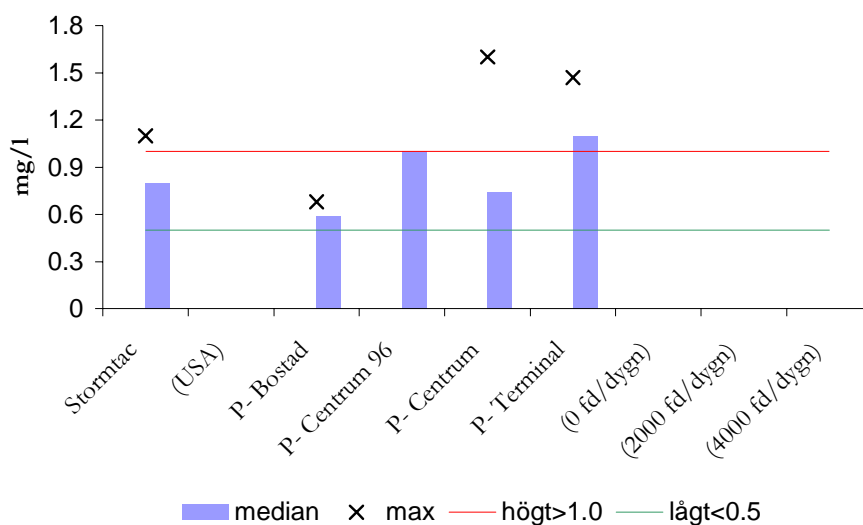


Fig. 3.4 Sammanställning av Olja i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Terminalparkeringen uppvisade den högsta medianhalten. Detta kan härledas till enskilda fordon som, inom mätperioden, har läckt mycket olja. Förekomsten av hydrauliska oljor är dessutom betydligt vanligare på terminalparkeringar. Maxhalten uppmättes i dagvatten från centrumparkering 1996 (6.8 mg/l). Oljan är den enda förorening som uppvisar högre halter i dagvatten från centrumparkering 1996 jämfört med centrumparkering 1998. I dagvatten från parkeringsytor förväntas olja uppträda i måttliga till höga medianhalter, enligt Stockholm stads klassificering.

### 3.5 Polycykliska aromatiska kolväten

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) är ett samlingsnamn för hundratals olika föroreningar med varierande cancerogena egenskaper. Trafiken bidrar till stora utsläpp (se Tabell 3.1) pga. förekomsten i högaromatiska oljor. Dessa används som mjukgörare i bl.a. bildäck och bitumen. PAH är den största cancerogena ämnesgruppen som forskarna känner till. Över 500 olika ämnen har detekterats i luft (Holmgren, 1997). I en utredning utförd av Statens Provvningsanstalt, beräknades en årlig spridning på omkring 10 000 ton däckmassa på vägarna i Sverige. Högaromatisk olja innehåller omkring 20 % polyaromatiska föreningar PCA (PAH), vilket innebär en årlig spridning på omkring 2000 ton cancerframkallande ämnen (Cedheim, 1997). Senast år 2009 måste de europeiska däckstillverkarna sluta att använda högaromatiska oljor som mjukgörare. Detta enligt ett nytt direktivförslag i EU-kommissionen (bas.byggdok.se, 2004). En sammanställning av PAH i dagvatten visas i Fig. 3.5.

Tabell 3.1 Trafikrelaterade luftutsläpp av PAH i Stockholm, efter Holmgren (1997).

källa	min-max kg/år	medel kg/år
Asfalt	10 - 25	20
Däck	100 - 120	110
Trafikavgaser	260 - 400	330
Motorolja	4 - 20	-

Tillförseln av PAH till dagvattnet sker främst genom att nederbörden tar med sig föroreningar från luftutsläpp, ansamlade på hårdgjorda ytor (Stockholm stad, 2001a). Hur mycket som kommer från bilarna beror bl.a. på bränslet, motorn, och körsättet (Bjerkås & Lindmark, 1994). PAH har en låg löslighet i dagvattnet och uppträder därför främst som partiklar (Holmgren, 1997).

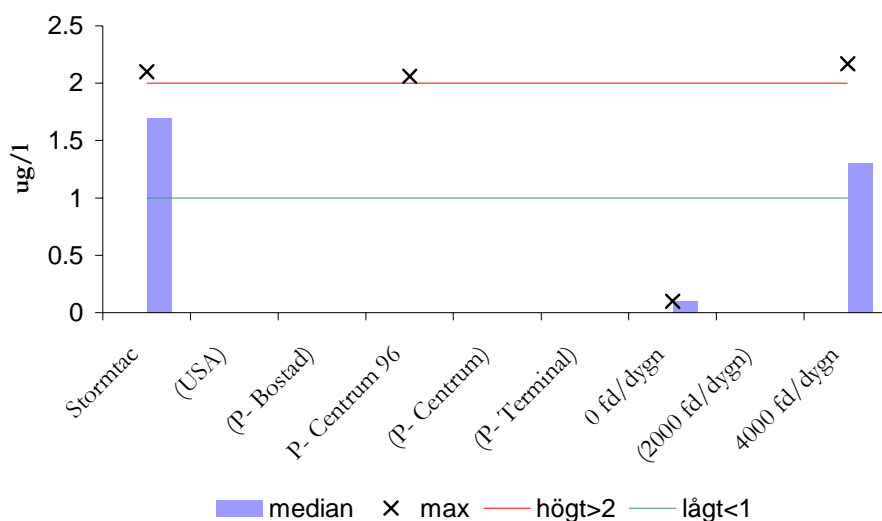


Fig. 3.5 Sammanställning av PAH i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Ingen undersökning genomfördes i Nybohov - 2000 fordon/dygn. Ett fåtal undersökningar genomfördes vid centrumparkering 1996 varför endast maxhalten finns redovisad. Förekomsten av PAH är starkt relaterad till trafikintensiteten, vilket också framgår i figuren (jmf 0 - 4000 fordon/dygn). Medianhalten av PAH i dagvatten från parkeringsytor förväntas vara låga - måttliga, enligt Stockholm stads klassificering.

### 3.6 Tungmetaller

Som tungmetall, räknas metaller med en densitet på  $5 \text{ g/cm}^3$  eller högre. I miljösammanhang figurerar ett urval av dessa (www.naturvardsverket.se, 2004). De kan inte brytas ned och trafiken är starkt bidragande till förekomsten i dagvattnet (Stockholm stad, 1999). Tungmetaller uppträder huvudsakligen som partiklar i dagvatten, uppskattningsvis 75 %, enligt Stockholm stad (2001a). Metallernas löslighet är, enligt Luker & Montague (1994), koppar 20-40 %, zink 30-50 % och bly 1-10 %.

Här följer en kort beskrivning av metallerna och deras källor till spridningen. En sammanställning av metallernas förekomst i avrinnande ytvatten visas för koppar i Fig. 3.6, zink (Fig. 3.7) kadmium (Fig. 3.8), bly (Fig. 3.9), nickel (Fig. 3.10) och slutligen krom i Fig. 3.11. Ordningen följer samma prioriteringsordning som föreslås i arbetet med att begränsa tillförseln till recipienter enligt "Källor till föroreningar i Stockholm stad, del 1 Metaller" (Stockholm stad, 1999).

### 3.6.1 Koppars (Cu)

Den huvudsakliga källan till de lösta fraktionerna av koppars i Stockholms dagvatten är hustaken. De trafikrelaterade bidragen kommer främst från bromsbelägg och genererar de högsta halterna i samband med snösmältningen. Metallen är giftig för människor och djur (Stockholm stad, 2001a).

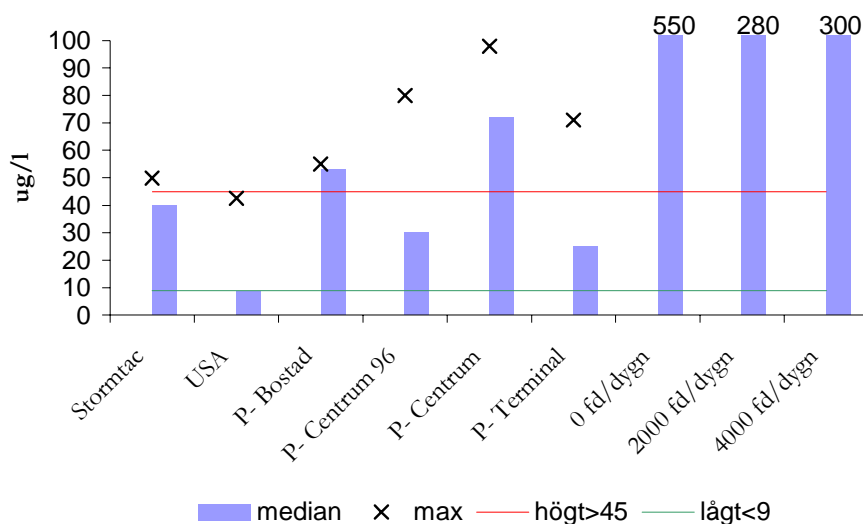


Fig. 3.6 Sammanställning av Cu i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Ur Fig. 3.6 framgår att de högsta halterna har uppmätts i Nybohov (0 fordon/dygn) – 550  $\mu\text{g}/\text{l}$  som medianhalt och 1300  $\mu\text{g}/\text{l}$  som maximalhalt (halterna finns presenterade numeriskt i Tabell 2f, se Bilaga 2). I detta område finns en relativt stor takyta av koppars (se områdesdata i Bilaga 3), vilket förklarar de höga halterna. De parkeringsytor som har genererat höga halter i dagvattnet är bostads- och centumparkering 1998. Notera skillnaden mellan centumparkering 1996 och 1998. De trafikrelaterade fraktionerna av koppars uppträder ofta som partiklar och förklaringen till olikheterna kan vara, som tidigare antytts, skillnaden i nederbördssituationen mellan de olika årstiderna. I dagvatten från parkeringsytor förväntas koppars uppträda i måttliga - höga medianhalter, enligt Stockholm stads klassificering.

## 3.6.2 Zink (Zn)

Zink som förorening i dagvatten, kommer främst från atmosfäriskt nedfall, takytor, däck och bilar. Nedfallet i syd- och mellan Sverige har minskat med mer än 50 % sedan 60-talet, vilket tyder på en minskning av lufttransporterade mängder från utlandet (Stockholm stad, 1999). Zink tillförs dagvattnet via avrinning från trafikerade ytor. De högsta halterna har uppmätts i samband med snösmältningen. Metallen är giftig i högre halter (Stockholm stad, 2001a).

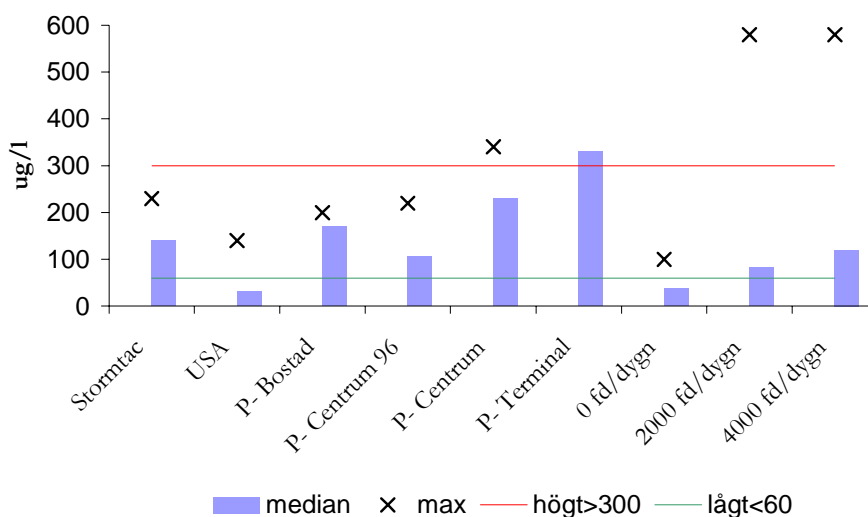


Fig. 3.7 Sammanställning av Zn i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Zink uppvisade de högsta halterna i dagvattnet från terminalparkeringen, med ett maxvärde på 780 µg/l. Det är den enda mätningen där terminalparkeringen tycks generera mer av en specifik metall jämfört med de övriga parkeringsytorna. Att finna orsaken till detta känns spekulativt. En förklaring kan dock vara terminalparkeringens höga halter av olja och metallens höga kvantitativa innehåll i motorolja jämfört med övriga metaller, se Tabell 1a (Bilaga 1). Zink förväntas uppträda i måttliga - höga medianhalter i dagvatten från parkeringsytor, enligt Stockholm stads klassificering.

### 3.6.3 Kadmium (Cd)

Kadmium tillhör den mest miljöskadliga metallen och uppträder vanligtvis som spårämne i zink. Utsläpp av zink bidrar därför till utsläpp av kadmium (Stockholm stad, 1999). Vissa mängder kommer också med nederbörden. Kadmiums förekomst i sjöar kan förhindra tillväxten av vattenväxter (Stockholm stad, 2001a).

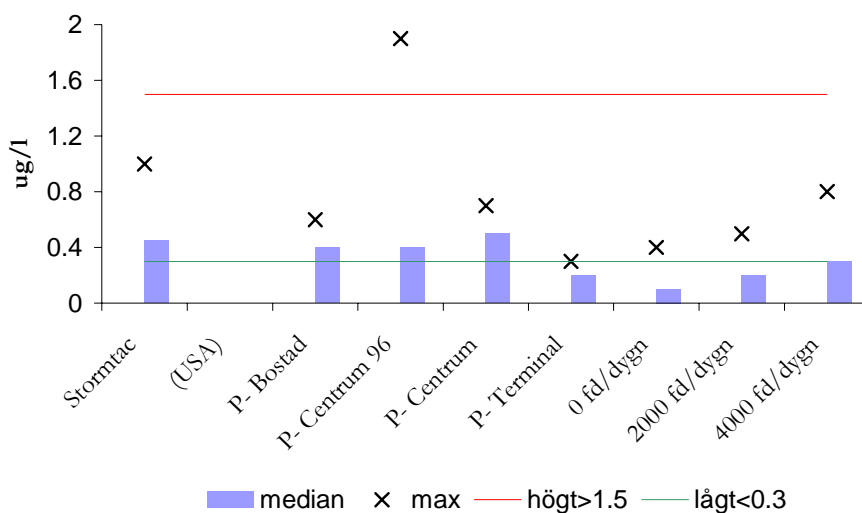


Fig. 3.8 Sammanställning av Cd i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Kadmium är vanligt förekommande där zink förekommer. Detta går också att skönja i figurerna i områden för Nybohov (0-4000 fordon/dygn). En trolig källa är erosionen från vägbanor och bildäck. Kadmium förväntas uppträda i låga - måttliga medianhalter i dagvatten från parkeringsytor, enligt Stockholm stads klassificering.



## 3.6.4 Bly (Pb)

Bly är den metall som är vanligast förekommande som partiklar. Trafiken är den huvudsakliga källan. Bly finns i balansvikter, bromsbelägg, däck och i viss mån bränsle (Stockholm stad, 1999; Malmqvist *et. al.*, 1994). Bly kan ackumuleras i biomassa och är i hög grad giftig för människor och djur (Stockholm stad, 2001a).

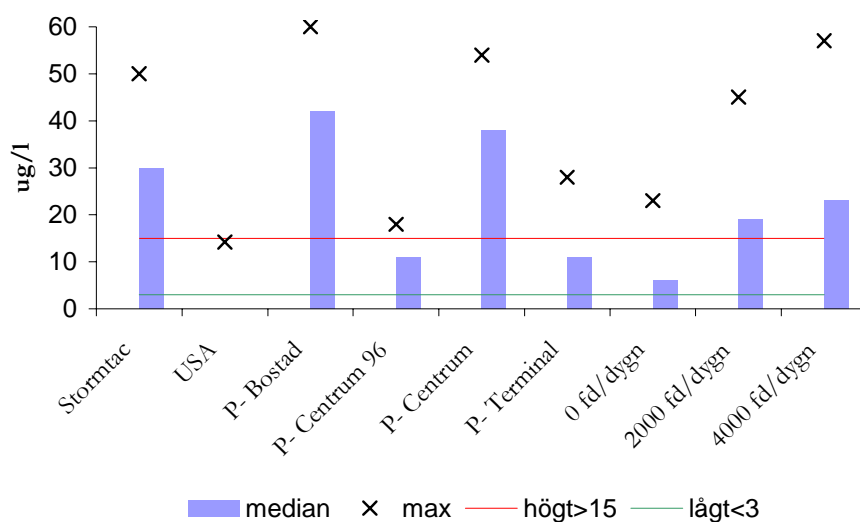


Fig. 3.9 Sammanställning av Pb i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Ur Fig. 3.9 framgår att bly är den tungmetall som till den största delen överskrider Stockholms stads klassificering av höga halter. Att halterna från bostadsparkeringen är högre än centrum- och terminalparkeringen är värd att notera och svår att finna förklaringen till. Det kvantitativa innehållet av bly i trafikrelaterade material visas i Tabell 1a (Bilaga 1). Bly förväntas uppträda i måttliga - höga medianhalter i dagvatten från parkeringsytor, enligt Stockholm stads klassificering.

### 3.6.5 Nickel (Ni)

Nickelhalterna i luft varierar i en årlig cykel med ett maximum i februari, vilket stärker antagandet att den betydande källan är oljeeldning (Stockholm stad, 1999). Metallen är giftig i högre halter (Stockholm stad, 2001a).

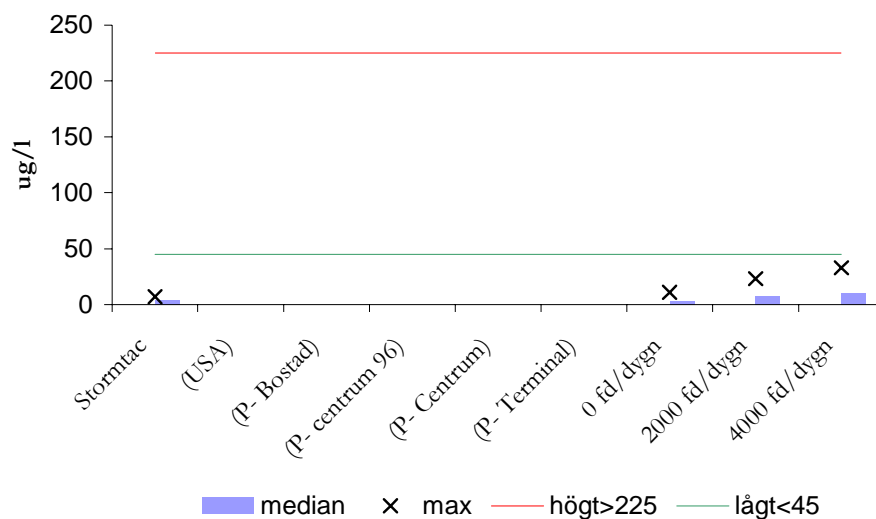


Fig. 3.10 Sammanställning av Ni i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Gällande nickel, finns inga undersökningar av dagvatten från parkeringsytor. De maximala halterna som uppmättes i undersökningen i Nybohov ligger på låga halter, enligt Stockholms stads klassificering. Från trafiken, kan metallen främst härledas till bildäck, bromsbelägg och asfalt, se kvantitativt innehåll i Tabell 1a (Bilaga 1). Nickel anses inte ge upphov till betydande halter gällande dagvatten från parkeringsytor.

## 3.6.6 Krom (Cr)

Krom är en trafikrelaterad tungmetall som kommer från slitage av dubbdäck och korrosion av bildelar (Larm, 1994). Förekomsten i dagvatten har ökat sedan 1995, vilket kan betyda att trafikrelaterat krom har ökat. Metallen kan vara cancerogen (Stockholm stad, 2001a).

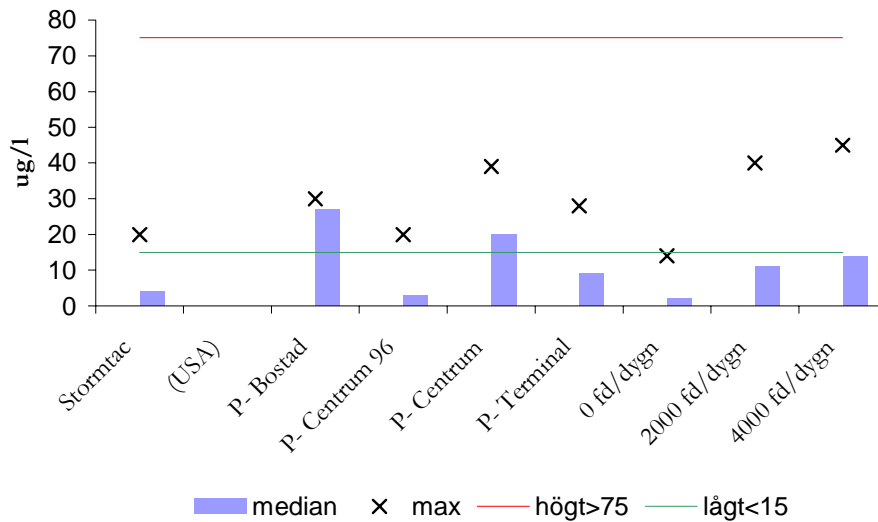


Fig. 3.11 Sammanställning av Cr i dagvatten. För förklaring, se kapitlets inledning.

Krom uppvisade högre halter för bostadsparkeringar än övriga parkeringsytor, något som förövrigt endast gällde för bly. Metallen anses inte ge upphov till betydande halter gällande dagvatten från parkeringsytor.

### 3.7 Schablonhalter

Dagvattnets innehåll av föroreningar beror på nederbördssituationen. Detta gör att halterna varierar kraftigt och att dagvattenundersökningar, under kortare tidsperioder, riskerar att ge missvisande resultat. Därför är schablonhalter att föredra (Malmqvist *et al.*, 1994). Schablonhalterna i Tabell 3.2 har inhämtats från [www.stormtac.com](http://www.stormtac.com) (2004). Det är ett databaserat hjälpverktyg som kan användas för att beräkna föroreningsmängden i dagvatten från olika markområden inom ett tillrinningsområde. Därmed kan man identifiera de markområden som riskerar ge de största störningarna på recipienten. Schablonhalterna kommer från en stor mängd mätningar och har uppdaterats från tidigare angivna schablonhalter (Larm, 2004; muntligt). Tabell 3.2 visar också Stockholm stads klassificeringar för vad som betraktas som höga respektive låga halter. För bakgrund, se 8.2.2 - Klassificeringar.

Tabell 3.2 Låga - höga halter och Schablonhalter (Stockholm stad, 2001a; Stormtac, 2004).

förorening	Klassificering enl. Dagvattenstrategin		Schablonhalter Stormtac			enhet
	Låga halter	Höga halter	median	min	max	
SS	<50	>175	140	40	300	mg/l
N	<1.25	>5.0	1.1	0.6	1.5	mg/l
P	<0.1	>0.2	0.1	0.07	0.16	mg/l
Olja	<0.5	>1.0	0.8	0.5	1.1	mg/l
PAH	<1	>2	1.7	0.4	2.1	µg/l
Cu	<9	>45	40	25	50	µg/l
Zn	<60	>300	140	50	230	µg/l
Cd	<0.3	>1.5	0.45	0.2	1	µg/l
Pb	<3	>15	30	11	50	µg/l
Ni	<45	>225	4	1	7	µg/l
Cr	<15	>75	4	3	20	µg/l

Schablonhalter kan användas för att uppskatta de mängder en parkeringsyta genererar av en viss förorening. Ett beräkningsexempel visas i Bilaga 4.

## 4 AVLEDNING AV DAGVATTEN

Ursprungligen användes diken och rännstenar för att avleda dagvatten. Från omkring 60-talet används huvudsakligen slutna ledningar som fram till dagens dagvattenhantering, har blivit en återgång till ett mer naturanpassat sätt att avleda dagvatten (Svenskt vatten, 2003). I detta kapitel presenteras grundläggande principer för avledning av dagvatten från parkeringsytor. Referenserna kommer huvudsakligen från Svenskt vatten (2003) och avser publikation P 90.

### 4.1 Allmänt

Den grundläggande inriktningen gällande avledning av dagvatten är att avvattna bebyggelsen utan att därför påverka vattenbalansen mer än nödvändigt. Följande funktionskrav gäller (Svenskt vatten, 2003):

- Avvattning av hårdgjorda ytor och andra ytor ska ske så att risken för besvärande dämning minimeras.
- Eftersom markytan är dagvattenledningens dämningnivå, förutsätter detta att effekterna av denna dämning inte ger negativa verkningar för bebyggelsen.
- Dagvatten från hårt smutsade hårdgjorda ytor såsom trafikleder, starkt trafikerade centrumområden och industriområden kan behöva genomgå rening före utsläpp till känsliga recipienter.

Från parkeringsytor kan avledning ske via separerade eller kombinerade ledningssystem. Först något om den initiala avrinningen.

### 4.2 Avrinning

För att avleda dagvatten från parkeringsytor krävs en initial avrinning. Detta sker genom att nyttja tyngdkraften dvs. att parkeringsytan tillåts luta mot ett eller flera delområden. Fig. 4.1a-c illustrerar några grundläggande principer: a) ger en avrinning på bred front, mot en sida. Denna metod kan kompletteras med t.ex. kantstenar och en skevning, vinkelrät mot dagvattnets initiala avrinnande riktning, för att få en punktvis uppsamling och vidare avledning via t.ex. dagvattenbrunnar. En avrinning mot de centrala delarna av en parkeringsyta, enligt b), ger förutsättningar för buskar och träd att växa på avrinningsytan. I dessa fall reduceras dagvattnet genom växternas upptagning och evapotranspiration. Utformningen är också lämplig för nyttjandet av diken (6.3.5) och ledningsgravar (6.3.7). Utformning enligt c) är liksom a), en avrinning mot ytterkanten av parkeringsytan. Utformningen gör dock att dagvattnet kan avledas mot flera områden. Denna metod lämpar sig för t.ex. översilningsytor (6.3.1), där dagvattenflödena förväntas bli för stora för den befintliga markens infiltrationskapacitet. Det ska slutligen påpekas att figurerna endast visar en grundtanke och att kombinationer av dessa är vanligt förekommande.

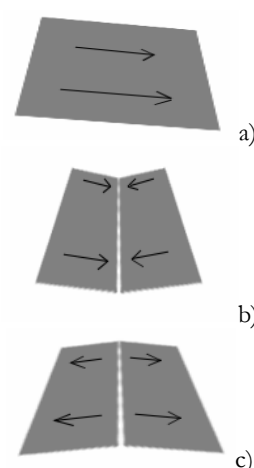


Fig.4.1a-c Exempel på dagvattenavrinning.

### 4.3 Kombinerade system

I ett kombinerat ledningssystem avleds dagvatten i samma ledning som spill- och dränvatten (Svenskt vatten, 2003). Dessa avloppssystem finns främst inom äldre bebyggelse. Dagvattnet leds till ett reningsverk, vilket gör att bräddning är nödvändigt vid stora dagvattenflöden (Larm, 1994). Bräddning innebär att dagvatten och spillvatten måste ledas förbi reningsverket, direkt till recipienten. Avledning i kombinerade system bör minskas eftersom ökade flöden, oberoende av föroreningsinnehåll, leder till en sämre rening och större utsläpp från reningsverken (Nilsson & Malmquist, 1997).

### 4.4 Separerade system

Separerade system är ett samlingsbegrepp för duplikat- och separatsystem (Svenskt vatten, 2003).

#### 4.4.1 Duplikatsystem

I duplikatsystem avleds dagvattnet i en ledning avsedd för enbart dagvatten ev. tillsammans med dränvatten (Svenskt vatten, 2003). Sedan mitten på 50-talet används i huvudsakligen duplikatsystem i Sverige. Det dagvatten som avleds direkt till recipienten, genomgår ingen naturlig reningsprocess på vägen (Larm, 1994).

#### 4.4.2 Separatsystem

Dagvatten avleds i dike eller LOD- system (för LOD, se 6.1) ev. tillsammans med dränvatten (Svenskt vatten, 2003). Under 90-talet har en markant förändring skett i inställningen till dagvatten. De negativa konsekvenserna har blivit tydliga av att avleda dagvatten i kombinerade system liksom fördelarna har blivit tydliga av att avleda dagvatten via t.ex. diken och dammar och i dessa fall uppnå en naturlig avledning och rening (Niemczynowicz, 1999).

#### 4.5 Rationella metoden

Avrinningen av dagvatten kan beräknas på olika sätt. Nedan beskrivs den rationella metoden som bestämmer den maximala flödesdimensioneringen utan hänsyn till flödesutjämning eller LOD. Den lämpar sig till att göra överslagsberäkningar och kontrollera rimligheten i maximala dagvattenflöden från mindre avrinningsytor. Dagvattenflödets storlek, i en viss punkt, bestäms av nederbördens intensitet, arealen av de avvattnade ytorna, typ av mark, eventuell bebyggelse utformning och avrinningsområdets form. För att använda den rationella metoden krävs det att området är i det närmaste rektangulärt, att avrinningskoefficienter med samma värde är jämt utspridda över området och att tiden för avrinning i olika delområden inte varierar för mycket (Svenskt vatten, 2003).

$$q_{d \text{ dim}} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r)$$

$q_{d \text{ dim}}$	dimensionerande flöde	[l/s]
$A$	avrinningsområdets area	[ha]
$\varphi$	avrinningskoefficient	[-]
$i(t_r)$	dimensionerande nederbördsintensitet	[l/s·ha]

För asfalterade ytor sätts avrinningskoefficienten till 0.8. En vanligt förekommande dimensionerande nederbördsintensitet är i Stockholm 129 l/s och ha. Det motsvarar ett regn med en varaktighet på 10 minuter och en åtkomsttid på 2 år. Skyddsåtgärder måste dock vidtas för att förhindra vattensador på byggnader och anläggningar vid större flöden.





## 5 DAGVATTNETS PÅVERKAN PÅ RECIPIENTER

Dagvattnets påverkan på recipienter beror på dagvattensammansättningen och på den aktuella recipientens status (Malmqvist *et al.*, 1994). Att kvantifiera dagvattnets påverkan är svårt, enligt Larm (1994), eftersom effekterna av en viss förorening av en viss mängd kan vara allvarliga i *en* situation och mindre allvarliga i en annan. Här följer beskrivningar av dagvattnets negativa påverkan på mark, grund- och ytvatten.

---

### 5.1 Mark

När dagvatten infiltreras i marken fastläggs huvuddelen av de föroreningar som är knutna till suspenderat material i det övre markskiktet. Hur marken sedan påverkas beror på det existerande ekosystemet, grundvattennivån, jordens karakteristik och vegetation (Larm, 1994). De föroreningar som huvudsakligen orsakar problem är (Bergström *et al.*, 1983):

- Svavel- och kväveföreningar
- Vägsalt
- Olja
- Tungmetaller

Svavel- och kväveföreningar bildas bl.a. vid förbränning av fossila bränslen och orsakar försurningar i marken. Detta kan bidra till urlakning av näringsämnen, som kan leda till en försämrad växtlighet (Bergström *et al.*, 1983).

Vid halkbekämpning med salt, kan tillförseln innebära att natrium dispergerar (frigör) humus och lerkolloider. Detta kan i sin tur innebära att tungmetaller och PAH frigörs och leds till grundvattnet eftersom dessa föroreningar vanligtvis är fastlagda på lerkolloider och humuspartiklar (Norrström & Jacks, 1997). Kloridjoner är giftiga för växter och kontinuerlig tillförsel av vägsalt kan dessutom leda till sättningar (Larm, 1994).

Förutom vägsalt är troligen olja det största problemet. Oljans giftverkan påverkar växtligheten och i koncentrerad form kan oljan förstöra marken. Oljeprodukter med låg densitet är mer lättroilig i marken och ger de allvarligaste skadorna (Bergström *et al.*, 1983).

De eventuella tungmetaller som förekommer i löst form, kan anrikas i såväl mark som i växter. Hur anrikningen i växterna fortskrider beror bl.a. på aktuella jordartsförhållanden och vilka växter det är fråga om. Anrikningen i marken i övrigt, beror på de mineralogiska sammansättningarna (Bergström *et al.*, 1983).

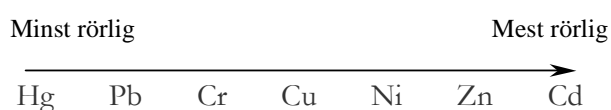
## 5.2 Grundvatten

Grundvattnet är en viktig resurs och är svår att behandla pga. dess otillgänglighet och föroreningarnas stora uppehållstid. Därför bedöms eventuella risker för nedsmutsning som extra allvarliga. Risken är föreliggande om starkt förorenat dagvatten tillåts infiltrera och/eller om grundvattenytan ligger nära markytan. De föroreningar som främst är att beakta, är vattenlösliga fraktioner av följande (Larm, 1994):

- Klorider och nitrater
- Olja och fett
- Organiska miljögifter
- Tungmetaller

Föroreningar som förekommer i vattenlöslig form kan lättare transporteras genom marken. Därför utgör de en större risk för försämrat grundvatten, jämfört med partikulära föroreningar. Organiska föroreningar är att betrakta som ett större problem än oorganiska, speciellt aromatiska kolväten i oljor och bensin. De är särskilt rörliga i marken (Larm, 1994).

Vad gäller tungmetaller, som kadmium och zink, stiger lösligheten markant med ett sjunkande pH-värde, varför försurningar kan innebära en ökning av metallernas förekomst i grundvattnet. Bly är oftast starkt bundet till humus och lermineraller, men blir lösligare vid ett sjunkande pH-värde. Zink är ett ämne med hög rörlighet i mark, se Fig. 5.1. Förhöjda halter av metallen i grundvattnet är en



signal om att andra metallhalter kan vara högre än normalt. Främst gäller detta för kadmium som uppgår som mest till 1 % av zinkhalten, men som är skadlig redan i låga halter ([www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se), 2004).

Fig. 5.1 Metallernas rörlighet i mark (Stockholm stad, 1999)

Problemen med grundvatten och dagvatten handlar inte bara om kvalité utan också om kvantité. Avsänkningen av grundvattennivån är påtaglig i urbana miljöer. I leriga jordar eller lera kan avsänkningen innebära sättningar och skador på byggnader eller att träpålar ruttnar när de exponeras för syre, vilket i ett senare skede kan leda till sättningar.

Det är svårt att nämna generella betydelser av tillförseln av föroreningar till grundvatten. Värderingar av grundvattenpåverkan måste utgå från lokala förutsättningar och i hänsyn till storleken av området för grundvattenspridningen (Bergström *et al.*, 1983). Från t.ex. en dagvattenanläggning, tillförs dagvatten av varierande kvalité och mängd till grundvattnet, vilket gör att kvantifieringar av grundvattenpåverkan är svår (Larm, 1994).

I Stockholm har grundvattnet, enligt miljöförvaltningens undersökningar (1997), en högre salthalt och ett lägre pH-värde än i övriga delar av Sverige (Stockholm stad, 2003).

### 5.3 Sjöar och vattendrag

Dagvattnets påverkan på sjöar och vattendrag är beroende på en stor mängd faktorer som gör att effekten på varje enskilt vattendrag är att betrakta som unik. Generellt är mindre sjöar känsliga för förändringar i hydrologin, t.ex. om dagvatten inom tillrinningsområdet skulle avledas till en annan recipient. Sjöar med en stor vattenomsättning har större förmåga att omhänderta föroreningar än en sjö med en liten omsättning (Stockholm stad, 2000b). Påverkan på recipienten är platsspecifik och beror på följande (Larm, 1994):

- Nederbördens karakteristik (föroreningar, pH)
- Avrinningsområdets markanvändning
- Storlek, varaktighet och frekvens av belastningen
- Storlek och typ av recipient
- Ekologiska förändringar

Olja rinner med dagvattnet längs asfalten och binds delvis till sand och slampartiklar. När dagvattnet kommer till en sjö, faller partiklarna och ansamlas i bottensedimentet. Oljan kan täcka akvatiska organismer och orsaka syrebrist (Lundberg & Lindmark, 1994). Nedbrytningen av oljan beror på syretillgången och temperaturen på botten (Stockholm stad, 2001b).

Näringsämnen leder till övergödning, ökad algblomning och syrebrist i recipienten på andra arters bekostnad (Stockholm stad, 2001a).

De eventuella tungmetaller, som når sjöar och vattendrag, genomgår fysikaliska, kemiska och biologiska transformationer. De kan fastna på lerpartiklar, bevaras vattenlösliga eller upptas av växter och djur. Metaller kan resuspendera beroende på syretillgång, pH och temperatur. Tungmetaller som ackumuleras i bottensedimenten kan spridas till fiskfaunan via de organismer som lever på slam och organiskt sediment. Koncentrationen kan därefter öka successivt i näringskedjan (Larm, 1994).



## 6 DAGVATTENHANTERING

Början till den moderna utvecklingen av dagvattenhanteringen i Sverige kan härledas till forskningar som bedrevs under 70- och 80-talet i Göteborg (CTH), Lund (LTH) och Stockholm (KTH) (Niemczynowicz, 1999). Forskningen, som främst var inriktad mot infiltrations- och perkolationsanläggningar avklingade till omkring 1990 men har, enligt Larm (1994), återfått sin plats genom de senaste årens ökade intresse för Lokalt Omhändertagande av Dagvatten (LOD). Här följer en beskrivning av LOD, rening i mark samt beskrivningar av olika dagvattenanläggningar. I Bilaga 5 presenteras Tabeller (5a-d) som sammanställer olika erfarenheter av anläggningarna.

---

### 6.1 LOD

LOD kan karakteriseras som ett separerat dagvattensystem, som med olika grad av tröghet av de naturliga förutsättningarna i området, bidrar till fördröjning och rening av dagvattnet innan det når recipienten (Bergström *et al.*, 1983). Det är de uppmärksammade nackdelarna med att avleda dagvatten till reningsverk och ytvatten som har föranlett utvecklingen mot LOD (Jansson *et al.*, 1992). Bergström *et al.* (1983) nämner infiltration och perkolations byggstenar, vilka kan kompletteras med dräneringsledningar, fördröjningsmagasin och/eller klen dimensionerade dagvattenledningar, för att fungera. LOD innebär kostnadseffektiva metoder som bidrar till minskade föroreningsmängder, utjämnade flöden och en bibehållen grundvattennivå. De naturliga processer som huvudsakligen utnyttjas vid LOD är (Larm, 1994):

- Infiltration av vatten i marken
- Perkolations av vatten i marken
- Evapotranspiration (växternas och markens förmåga att avdunsta vatten)
- Växternas förmåga att uppta vatten och föroreningar
- Fastläggning och nedbrytning av föroreningar i markens övre lager
- Flödesutjämning (dämpning av dagvattnets flödestoppar)

Jansson *et al.* (1992) menar att planerings-, miljö- och ekonomiska frågor orsakar osäkerhet kring LOD och att den huvudsakliga begränsningen för tillämpandet är ekonomin, kompetensen och inställningen inom kommunerna.

## 6.2 Rening i mark

Uppskattningsvis 75 % av föroreningarna i dagvattnet förekommer som partiklar och fastläggs i det övre markskiktet vid infiltration (Stockholm stad, 2001b). Processerna i marken bygger på mikrobiell nedbrytning, adsorption, växtupptag och utfällning. Adsorption är ett samlingsbegrepp som bl.a. innefattar jonbyten och ytkomplexbildning, något som dock ej fördjupas ytterligare här. Reningseffekten beror på föroreningarnas uppehållstid i marken (Larm, 1994). Tillgången till syre och vatten är avgörande för den mikrobiella nedbrytningen av organiska föroreningar som t.ex. olja. Marker som har infiltrerats med förorenat dagvatten har visat sig vara relativt opåverkade vid djup större än 20 cm (Sundlöf *et al.*, 2000; Larm, 1994). Infiltration kan tillämpas där jorden är tillräckligt genomsläpplig och där grundvattennivån ligger på ett tillräckligt stort djup. Rekommenderat djup varierar, oftast >1 m. Faktorer som styr markens infiltrationsförmåga är bl.a. växtrötternas nedträngning i marken, varför önskad kapacitet för infiltration ofta nås först några år efter anläggandet. Vid anläggning av färdiga gräsmattor, uppnås en väsentligt högre vattenupptagningsförmåga än för en nysådd gräsyta (Bergström *et al.*, 1983). Infiltration i mark bör föregås av undersökningar som klargör markens förmåga att omhänderta dagvattnet. Förutom kunskaper om dagvattenkvaliteten bör utredningar genomföras beträffande vegetation, jordart, grundvattenförhållanden och markens strömningsprocesser (Larm, 1994).

## 6.3 Anläggningar

Det finns inga klara metoder för hur dagvattenhanteringen ska genomföras eller vilka anläggningar som är lämpliga. Orsaken är variationen av de lokala förutsättningarna. Därför bör förhållanden i aktuella recipienter beaktas inför eventuella åtgärder (Niemczynowicz, 1999). Utformningen av en dagvattenanläggning bör föregås av en noggrann iakttagelse av områdets naturliga förutsättningar för att kunna använda den bästa tekniken (Larm, 1994). För att skydda en recipient, anser Larm att valet av anläggning bör fokuseras på just recipienten, dess funktion och målet för utsläpp från avrinningsområdet. Detta innebär att kombinationer av olika anläggningar kan vara nödvändiga för att uppnå önskvärda resultat (Larm, 1994). De långsiktiga funktionerna av LOD- anläggningar är dåligt dokumenterade (Jansson *et al.*, 1992). Niemczynowicz (1999) efterlyser rutiner för drift- och underhåll av anläggningarna.

Här följer beskrivningar av olika anläggningar. För många av anläggningarna har endast en referens angivits gällande förmågan att reducera föroreningar. Tabeller i Bilaga 5 ger dock mer samlade erfarenheter av olika dagvattenanläggningar.

### 6.3.1 Översilningsytor

Med översilningsytor (Fig. 6.1) avses ytor där dagvatten leds ut för vidare infiltration i mark (Larm *et al.*, 1999). Det är relativt billiga anläggningar med små skötselbehov. Översilningsytor nyttjas enklast genom att avleda dagvatten från parkeringsytan på bred front, längs begränsningslinjen mellan parkerings- och infiltrationsytan. Detta kan uppnås genom att undvika kantstenar. Vid stora dagvattenflöden bör översilningsytor kombineras med andra anläggningar, t.ex. dammar eller infiltrationsmagasin. Avskiljningen av föroreningar kan förväntas vara god för välskötta anläggningar, omkring 70 % SS, 30 % tot. fosfor och 50-90 % tungmetaller (Larm, 1994).

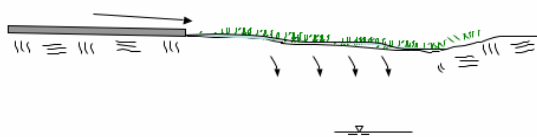


Fig. 6.1 Översilningsyta

Marken kan uppvisa en otillräcklig infiltrationskapacitet vid stor nederbörd. Speciellt gäller detta för nyanlagda översilningsytor med finkorniga jordar inom nyexploaterade områden. Orsaken är i allmänhet att vegetationen i det översta markskiktet inte har hunnit etablerats (Bergström *et al.*, 1983). I Larm (1994) refereras Schueler *et al.* (1992), som anser att grönytor ej bör nyttjas för mottagare av dagvatten från större impermeabla parkeringsytor. Larm (1994) anser att försiktighetsåtgärder bör vidtas vid parkeringsytor som sandas och/eller saltas.

### 6.3.2 Permeabla ytor

Permeabla ytor gör ej anspråk på större mark än själva parkeringsytan. Därför är de fördelaktiga där alternativa anläggningar, pga. utrymmesskäl, inte kan användas. Anläggningarna är kostnadseffektiva men kan bli dyrbara om t.ex. en enhetsöverbyggnad (Fig. 6.2) skulle bli igensatt. I dessa fall kan konstruktionen behöva grävas ur och ersättas (Larm, 1994).

#### Permeabel Asfalt

Permeabel asfalt (Fig. 6.2) tillåter dagvatten att infiltrera med stor kapacitet (500-700 mm/min) via öppna porer i asfalten. Dagvattnet ansamlas i en makadambädd som vid vattenmättnad, avleder överskottsvatten till befintliga dagvattenledningar (Larm, 1994). Djupa genomsläppliga jordar

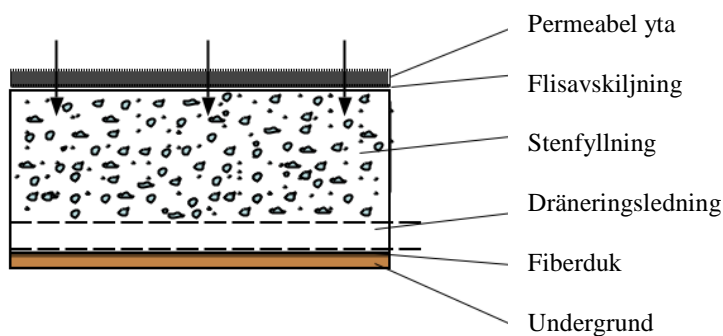


Fig. 6.2 Permeabel enhetsöverbyggnad, efter Larm *et al.* (1999).

erfordras för anläggningen, marklutningen bör ej överstiga 5 % och grundvattenytan bör vara > 1 meter från anläggningens botten. Enligt Schueler *et al.* (1992) har studier visat på 80 % reduktion av kväve och sediment och 60 % fosfor (Larm, 1994). Tabell 7.1 visar en jämförande reningseffekt mellan olika anläggningar i Frankrike och i Lund.

Livslängden av permeabel asfalt beror på frekvensen av underhåll och på dagvattenkvaliteten. De öppna porerna i asfalten blir ofta igensatt av sediment och olja, varför regelbunden högtrycksspolning rekommenderas för en god funktion (Larm, 1994). I Jansson *et al.* (1992) refereras Hogland & Wahlman (1990), som anser att vartannat år lämpligt för spolning. Livslängden varierar från fall till fall. Enligt Schueler *et al.* (1992) blev 75 % av anläggningarna i Maryland (USA) igensatt efter 5 år (Larm, 1994). Bäckström (1999) refererar till Pratt *et al.* (1995), som nämner en parkeringsyta i England, som klarade att infiltrera 1000 mm/h efter 9 år. Pratt *et al.* (1995) anser att konstruktionen bör ha en livslängd kring 15-20 år (Bäckström, 1999).

I en undersökning av en konstruktion enligt Fig. 6.2, studerades funktionen i kallt klimat dvs. under frysning, upptining och snösmältning. Konstruktionen anlades utanför Luleå 1993-1994 och studier genomfördes 1994-1997 av Bäckström (1999). Resultatet visade att konstruktionen hade förmågan att reducera avrinningen, förhindra en sänkning av grundvattnet samt förhindra vattenansamlingar på asfalten i samband med snösmältning. Undersökningen visade dessutom att frostsador var mindre förekommande på permeabel asfalt jämfört med konventionell asfalt (Bäckström, 1999). Problemen med permeabel asfalt uppstår främst under vintertid, i samband med isbildning, snöröjning och halkbekämpning med salt och sand (Larm, 1994; Bäckström, 1999). Bäckström nämner också tekniska orsaker som problem bl.a. gällande utformning och dränering (Bäckström, 2004; muntligt).

### Gräsarmering

För infiltration med gräsarmering, används ett betongelement med hålrum. De ska klara belastningar från fordon och tillåta dagvatten att infiltrera till underliggande mark. Vanligtvis nyttjas endast delar av den totala parkeringsytan, se Fig. 6.3. Gräsarmering används också kring träd för att tillförsäkra vatten-transport till rotsystemen. De kan också användas till ledningsgravar, se 6.3.7. I Växjö kommun har gräsarmering nyttjats flitigt till parkeringsytor. Driftserfarenheterna har varit goda (Gustafsson, 2004; muntligt). Problem kan uppstå om hålen i betongelementen sätts igen av snö. Snön packas av fordon och trycker ned jorden, vilket kan försämra växtligheten i hålrummen (Nyström, 2004; muntligt). Plattorna kräver en regelbunden rensning av hålrummen. Stenmaterialet under plattorna bör rengöras eller bytas efter ungefär vart femte år (Jansson *et al.*, 1992).



Fig. 6.3 Gräsarmering på P-plats (SVAB).

### 6.3.3 Våta dammar

Våta dammar (Fig. 6.4) har en permanent vattenyta och är, enligt Schueler *et al.* (1992), en effektiv dagvattenanläggning (Larm, 1994). In- och utlopp sker via diken och/eller dagvattenledningar. Våta dammar har en utjämnande effekt på dagvattenflödet och en väldimensionerad damm kan förväntas ge en god dagvattenrening, ca 60 % sediment, 50 % tot. fosfor, 35 % tot. kväve, 40-80 % lösta näringsämnen och 50-80 % tungmetaller. Dammar kan användas i kallt klimat men reningseffekten avtar generellt under vintern (Larm *et al.*, 1999). För en lång livslängd krävs rätt dimensionering, regelbunden skötsel och att suspenderat material avskiljs innan de når anläggningen. Skötseln av våta dammar består huvudsakligen av inspektioner, rensning av skräp och muddring av sediment. Suspenderat material kan avskiljas i en sedimenteringsbassäng vid inloppet. Våta dammar är lämpliga för vägdagvatten, de har ett estetiskt värde och ger goda förutsättningar för växt- och djurliv (Larm, 1994).

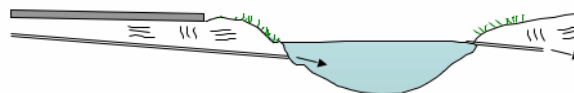


Fig. 6.4 Våt damm



### 6.3.4 Torra dammar

Torra dammar (Fig. 6.5) infiltrerar dagvattnet och är därför torrlagd mellan regntillfällena (Larm *et al.*, 1999). De har en bred tillämpning och kan kombineras med t.ex. våta dammar. De anses ha något mindre förmåga än våta dammar att avskilja föroreningar. Reduceringen ligger omkring 30-70 % för suspenderat material och 10-30 % för tot. fosfor. Låg avskiljning erhålls för lösta metaller. Torra dammar förutsätter att marken kan infiltrera dagvattnet och att grundvattnet ligger tillräckligt djupt

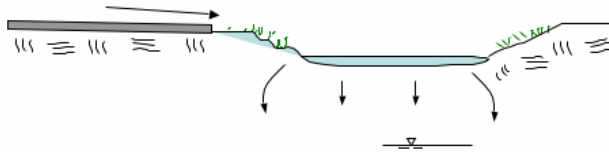


Fig. 6.5 Torr damm

(Larm, 1994). För en hög infiltrationskapacitet bör sedimentavlagringar på botten tas bort ungefär 2 ggr/år. Sedimenten avlägsnas lämpligast när dammarna är torrlagda. Torra dammar är billigare att anlägga än våta dammar men underhållskostnaderna är ungefär lika stora. En dåligt skött damm kan orsaka luktproblem (Larm, 1994).

### 6.3.5 Diken

Ett dike, utformat på rätt sätt, kan utgöra en god reningsanläggning för förorenat dagvatten. De har en låg anläggningskostnad och bidrar till avledning och flödesutjämning. Diken kan också fungera som upplag för snö under vintern (Vägverket, 2003). Reningseffekten är omkring 70 % för SS, 20-30 % för näringsämnen och 30-60 % för metaller (Larm *et al.*, 1999). Dagvattnet renas i olika grad beroende på växtligheten (Vägverket, 2003). En sammanställning av dikenas reningseffekt visas, från olika referenser, i Tabell 5a (Bilaga 5). Ett dike kräver skötsel och underhåll under hela livslängden för att bibehålla den hydrauliska funktionen och för att kunna fastlägga föroreningar. Avledning av dagvatten via diken kan innebära risker för dämning. De har ej förmågan att omhänderta dagvatten från större avrinningsområden efter ett kraftigt regn eller vid snösmältning (Larm, 1994). Fig. 6.6 visar hur ett dike kan inrymmas på parkeringsytan, se även utformning enligt Fig. 4.1b (kapitel 4). Kantstenarna har öppningar, för dagvattnet att passera.

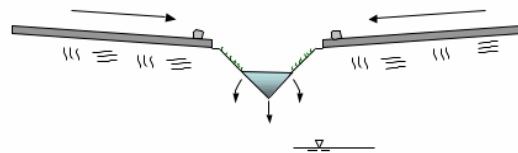


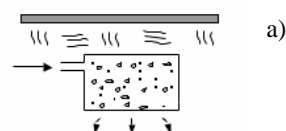
Fig. 6.6 Dike inom parkeringsytans avrinningsområde.

### 6.3.6 Perkolationsmagasin

Perkolationsmagasin inryms under marken och fylls vanligtvis med singel, grus eller stenkross. Dagvattnet uppehåller sig temporärt i magasinet och tränger så småningom ut i marken. Ett perkolationsmagasin bör inte användas för upptagningsområden större än 2 ha (Larm *et al.*, 1999). Driftserfarenheterna är goda och avskiljningen av suspenderat material har visat sig vara effektiv (Larm, 1994). Perkolationsmagasin kombineras fördelaktigt med filter för att förhindra igensättning (Larm *et al.*, 1999). Risken för förorening av grundvattnet är dock högre än för andra markanläggningar, varför dagvatten från hårt belastade parkeringsytor bör genomgå någon form av förbehandling (Larm, 1994). Kunskapen är liten om hur föroreningar uppträder och fastläggs i perkolationsmagasin (Jansson *et al.*, 1992). Alternativa tillämpningar av perkolationsmagasin visas i Fig. 6.7a-d, efter Bergström *et al.* (1983):

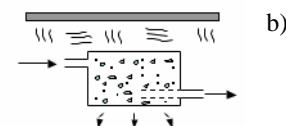
#### a) Perkolation

Dagvatten avleds till ett perkolationsmagasin för vidare perkolation i marken.



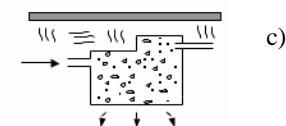
#### b) Perkolation + Dränering

Dagvatten avleds till ett perkolationsmagasin som dränerar överskottsvatten vid vattenmättat magasin.



#### c) Perkolation + Dagvattenledning

Dagvatten avleds till ett perkolationsmagasin. Bräddning sker till en klen dimensionerad dagvattenledning när magasinet är vattenmättat.



#### d) Dagvattenledning + Perkolation

Dagvatten avleds med en klen dimensionerad dagvattenledning som bräddar till perkolationsmagasin vid större flöden.

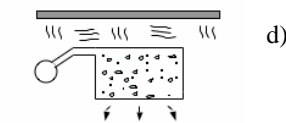


Fig. 6.7a-d Olika tillämpningar av perkolationsmagasin.

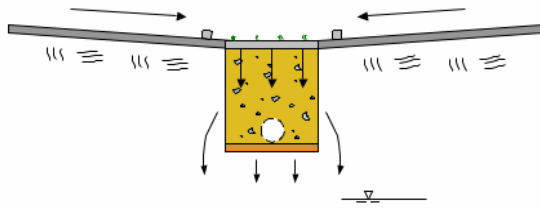


Fig. 6.8 Ledningsgrav, efter Larm *et al.* (1999).

dagvatten inte kan infiltreras vid större mängder, varför en bräddbrunn kan vara nödvändig. Ledningsgravarna kräver rensning med ett intervall som bör anpassas för den specifika anläggningen. De kan kombineras med, förslagsvis en sedimenteringsfälla, för att avskilja grövre material. Ledningsgravar, liksom diken (Fig. 6.6) kan kompletteras med en tätande duk, för skydd av grundvatten. Anläggningen är lämplig för dagvatten från parkeringsytor (Larm, 2004; muntligt). Fig. 6.8 visar en ledningsgrav inom parkeringsytans avrinningsområde, se utformning i Fig. 4.1b (kapitel 4). Eventuella kantstenar förses med öppningar, för dagvattnet att strömma genom.

### 6.3.8 Avsättningsmagasin

Omständigheter kan förhindra dagvattenhantering med infiltrations- eller perkulationsmagasin, t.ex. en hög grundvattennivå eller ett starkt förorenat dagvatten. I dessa fall kan det bli aktuellt att tillfälligt fördröja dagvattnet och därigenom uppnå ingen eller en mycket liten vattenmängd till marken (Bergström *et al.*, 1983). För detta är avsättningsmagasin ett alternativ, se Fig. 6.9. Det är ett magasin av betong som inryms under marken och som avskiljer föroreningar genom sedimentation. Uppehållstiden är avgörande för reningseffekten. På Stockholm Vatten AB hölls ett seminarium 18 juni 2004 angående en utvärdering av ett avsättningsmagasin. Dagvattnet hade en uppehållstid på 36 timmar och reningseffekten var god, 84 % SS, 60-76 % tungmetaller, 55 % olja, 70 % fosfor och 13 % kväve. Magasinet var dock kostsamt för det upptagningsområde som anläggningen avsåg (Aldheimer, 2004; muntligt). Till avsättningsmagasinen kan fällningskemikalier tillsättas och/eller uppehållstiden regleras, varför reningsgraden är relativt lätt att anpassa till rådande krav (Larm *et al.*, 1999).



Fig. 6.9 Avsättningsmagasin

### 6.3.9 Filter

De ökade kraven på dagvattenhanteringen har skapat en marknad av konstruerade filter. De är anpassade för mindre upptagningsytor och placeras i brunnar, se Fig. 6.10. Filtren är utformade för att avskilja partikelbundna föroreningar. Vägverket har uppskattat reduktionen av tungmetaller till 50-80 %, enligt Larm *et al.* (1999). Filtren kan sätta igen, varför skötseln är viktig (Färm, 2004; muntligt, Larm *et al.*, 1999). Stockholm Vatten AB rekommenderar byte 4 ggr/år, vilket ger en årlig kostnad på omkring 900-2000 kr inklusive filter. Filtermaterialen är varierande, några exempel är kalkkross, furubark, polypropylen, aktivt kol och cellulosaprodukter (Larm *et al.*, 1999). Färm (2002) ser fördelar med furubark genom att det är lätt att hantera och genom dess tillgänglighet. Furubark är också relativt billigt och materialet kan dessutom behandlas som biomaterial dvs. komposteras eller förbrännas efter uttjänat syfte.

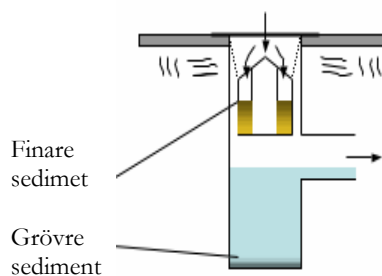


Fig. 6.10 Filterinsats i dagvattenbrunn, efter Larm *et al.* (1999).

I Västerås undersöktes förmågan hos furubark att rena dagvatten från en parkeringsyta. 2.5 kg furubark placerades i en säck av geotextil som installerades i en brunn. Försöket pågick under 6 månader och filtermaterialet analyserades före och efter filtrering av dagvatten. Resultatet uppvisade dock en låg reningsförmåga jämfört med tidigare genomförda studier med furubark. Färm (2002) misstänker hydrauliska orsaker. De tidigare undersökningarna uppvisade nämligen en reduktion på 75.2 % för Cu och 63 % för Zn. Vid dessa undersökningstillfällen hade kontakten mellan dagvatten och filtermaterial tillförsäkrats, vilket också är viktigt för reningseffekten (Färm, 2003). Färm konstaterar vidare att dagvatten som innehåller salt minskar barkens förmåga till metallreduktion, men trots detta uppnås en effektiv reduktion, över 60 %. Utvecklingen av filter är pågående och Färm (2002) efterlyser mer kunskaper gällande hydraulisk funktion, livslängd och reningseffekt.

### 6.3.10 Oljeavskiljare

En oljeavskiljare består av flera enheter utformade för att separera olja och sediment från dagvatten. Dessa finns standardiserade enligt European Committee for Standardization (CEN). CEN-normen för oljeavskiljare (EN-858) indelar avskiljarna i två klasser:

**Klass I** max restinnehåll 5 mg/l olja vid test.

**Klass II** max restinnehåll 100 mg/l olja vid test.

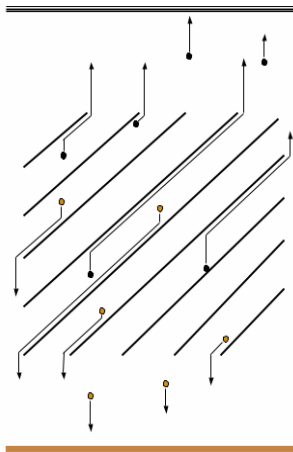


Fig. 6.11 Lameller, efter Labko (2000).

För parkeringsytor väljs avskiljare enligt klass I. De placeras frostfritt i marken. En anläggning består normalt av en slamdel, en avskiljardel (se Fig. 6.12a-b) och en del för provtagningsmöjligheter. Förorenat dagvatten passerar slamdelen där slam och tyngre partiklar sedimenterar. I avskiljaren separeras olja. För att göra avskiljningen effektivare kan koalescensfilter användas. Dessa kan bestå av lameller, rör- eller absorptionsfilter som fångar oljedroppar, smälter samman dessa till större droppar som sedan stiger till ytan enligt gravimetrisk princip, se Fig. 6.10 (som också illustrerar partiklar som sedimenterar). Gravimetrisk princip innebär att olja/bensin flyter eftersom de är lättare än vatten (Nyberg, 1994; Labko, 2000). Slamfånget kan antingen vara integrerat med avskiljaren eller separerat. En oljeavskiljare med ett dimensionerande flöde på 140 l/s kostar omkring 170 000 kr och motsvarar en parkeringsyta på 1 ha (Berg, 2004; muntligt).

Oljeavskiljare har en generellt begränsad kapacitet att avskilja stora variationer av föroreningar som t.ex. lera, silt, näringsämnen, metaller och organiskt material. Effektiviteten gäller främst avskiljning av kolväten och sediment (Larm, 1994). Avskiljningsgraden varierar beroende på lokala förhållanden (Larm *et al.*, 1999). Reduceringen ligger omkring 15-25 % sediment, 30-40 % olja och 10 % metaller och näringsämnen (Larm *et al.*, 1999).

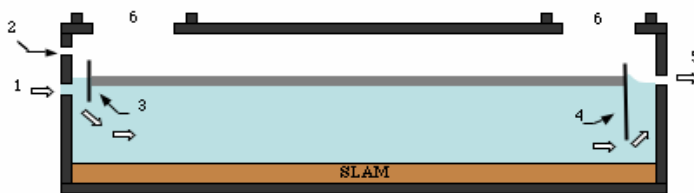


Fig. 6.12a Avskiljare med kombinerat slamfång, efter Nyberg (1994).

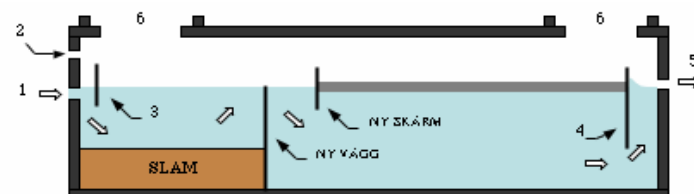


Fig. 6.12b Avskiljare med separat slamfång, efter Nyberg (1994).

1. Inlopp
2. Avluftning
3. Dämpskärm
4. Skärm
5. Utlopp
6. Manhål

Ekvall (1998) undersökte en oljeavskiljare på uppdrag av Stockholm Vatten AB. Resultatet visade en avskiljning på 17 % sediment, 11 % olja och 9-14 % metaller. Som förklaring till det låga värdena nämns bl.a. den stora fallhöjden (20 m) för dagvattnet innan den vidare avledningen till oljeavskiljaren. Detta kan få oljan att emulgeras i högre grad än normalt, vilket gör den svårare att avskilja (Ekvall, 1998). Vidare nämner Ekvall uppehållstiden som avgörande för avskiljningen av sediment och att den aktuella oljeavskiljaren inte uppfyllde dessa krav. Larm (1994) ser med fördel att oljeavskiljare används som komplement till andra anläggningar. Stenqvist (2004; muntligt) betonar vikten av skötsel och underhåll för att avskiljarna ska fungera. Vidare nämnder Stenqvist att det förekommer dåligt dimensionerade anläggningar. Vid stora flöden, över det dimensionerande, kan föroreningar i avskiljarna spolats ur. I samband med halkbekämpning med salt riskerar detta orsaka kloridchocker i recipienten (Marsalek, 2003). Riskerna kan minimeras om oljeavskiljaren föregås av ett magasin som utjämnar flödet och därmed förhindrar kraftiga flödestoppar.

Oljedropparnas storlek i vatten beror på oljans form och vart oljan/vattenblandningen kommer från. I dagvatten är medelstorleken på dropparna större än i spillvatten, vilket gör att olja/dagvatten är lättare att behandla (Labko, 2000).

#### *Fri olja, inte löst eller emulgerad*

Oljan kan behandlas med en enkel oljeavskiljare där de bestämmande faktorerna är gravitationen och oljans uppehållstid. Mindre oljedroppar kan dock ej behandlas.

#### *Fri men emulgerad och/ eller dispergerad olja*

Vid en mekanisk emulsion kan små oljedroppar uppträda. Flera veckors uppehållstid kan krävas för att avskilja partiklarna. Detta kan klaras med en coalescensavskiljare eller en avskiljare som använder ett andra behandlingssteg eller ett flotationssystem. Kemisk emulsion uppträder vid närvaro av tvål och rengöringsmedel mm. En del av oljan kan, vid ostabila föreningar, avskiljas med lamellavskiljare. Stabila föreningar måste avskiljas i centrifug eller en annan mekanisk utrustning.

#### *Löst olja*

För avskiljning av löst olja krävs absorption eller molekylära separationstekniker. (Labko, 2000; Stahre; 1984)

## 6.4 Jämförande undersökning i Florida

I Florida finns en parkeringsyta utformad så att det blivit möjligt att studera olika metoder för att hantera dagvattnet. Rushton & Hastings (2001) har visat att man relativt enkelt kan uppnå goda resultat, i detta fall med ett s.k. "treatment train". Det första steget i dagvattenreningen består av själva utformningen på parkeringsytan. Det andra reningssteget består av avledning via öppna vattenkanaler till det tredje steget, dammar. Här presenteras resultatet av Rushton & Hastings studier avseende det första reningssteget, där diken och grönområden har nyttjats. Där ej annat anges, refereras Rushton & Hastings (2001).

Parkeringsytan är belägen vid Florida Aquarium och omfattar 4,65 ha, se Fig. 6.13. Hit kommer omkring 700,000 fordon varje år (ca 1500 fordon/dygn). Området för provanläggningarna utgör en del av den totala parkeringsytan, se streckad linje i Fig. 6.13. Delområdet visas i sin helhet i Fig. 6.14. I undersökningarna studerades dagvatten från tre alternativa parkeringsytor: Asfalt med dike (F8, F7), cement med dike (F4, F3) och permeabelt asfalt med dike (F6, F5), se Fig. 6.14. Dessa jämfördes med dagvatten från en parkeringsyta där inga reningsåtgärder var vidtagna, F2 och F1 (Fig. 6.14). P-ytor med udda nummer hade något större inslag av gröna områden jämfört med P-ytor med jämna nummer. Därför gjordes jämförelsen av jämna nummer med likvärdig utformning dvs. med F2 och samma gällde P-ytor med udda nummer, som jämfördes med F1. Mätningarna var flödesstyrda och genomfördes i två omgångar. Den första undersökningen varade under 7 månader 1998-1999. Den andra undersökningen genomfördes på samma sätt och varade under 11 månader 1999-2000. Totalt undersöktes dagvatten från 59 regntillfällen. Resultaten visas i Tabell 6.1. Parentes i tabellen anger resultatet från den första undersökningen.

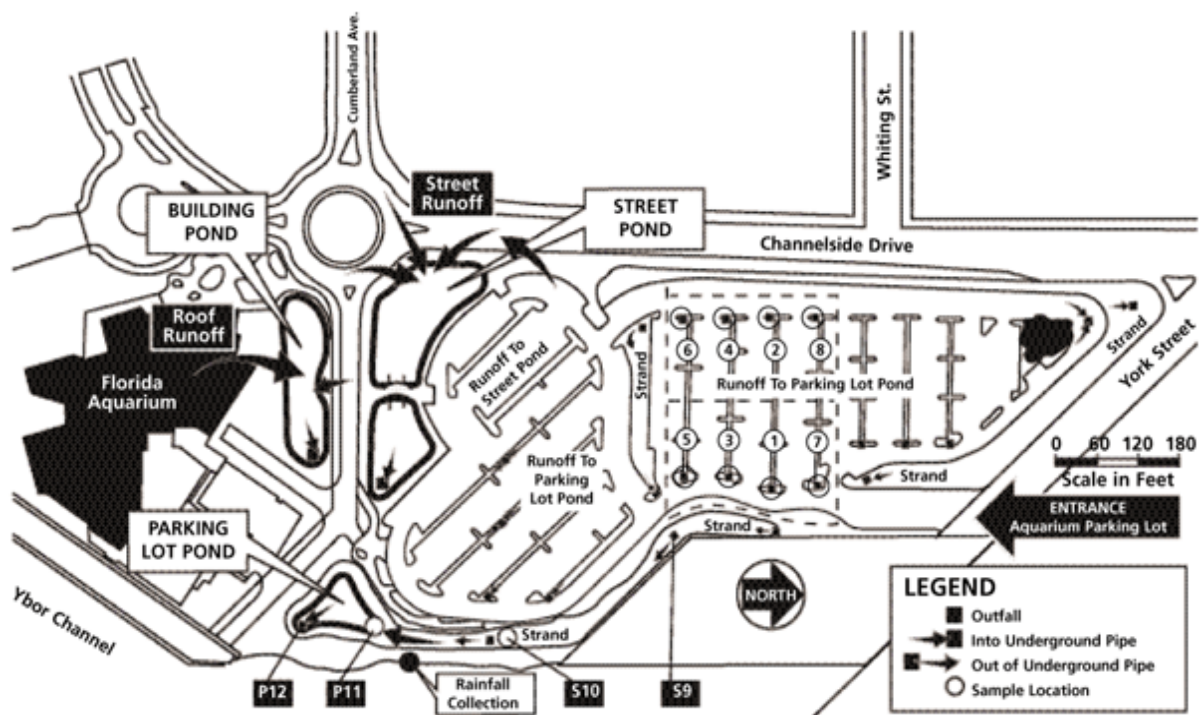
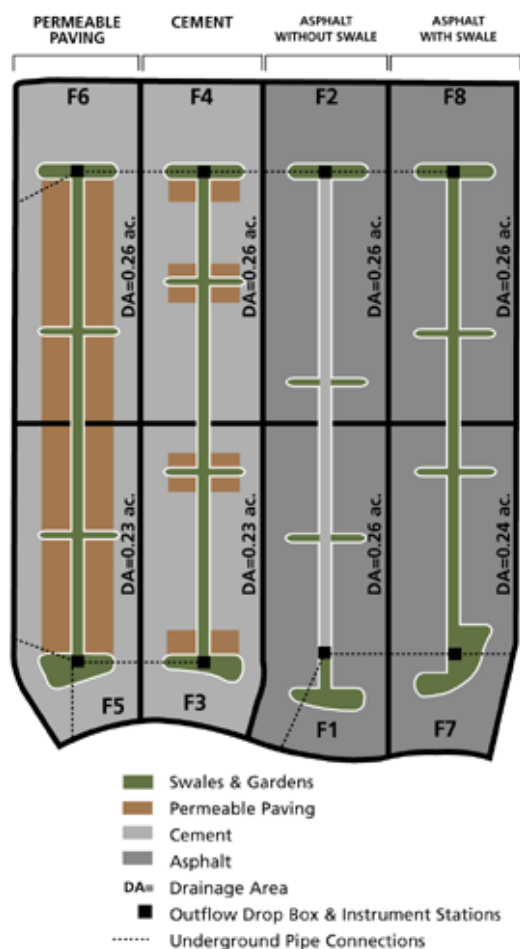


Fig. 6.13 Översiktlig bild av den totala parkeringsanläggningen (www.forester.net, 2004).



Reduceringen var hög för de flesta av föroreningarna. Speciellt gäller detta för parkeringsytor med udda nummer, se Fig. 6.14. Rushton & Hastings (2001) menar att detta beror på en större andel av gröna ytor på den sidan. Det bästa resultatet uppnåddes för de permeabla ytorna med en hög reduktion av flertalet föroreningar. Fosfor skiljer sig dock resultatmässigt. Orsaken uppges vara genereringen från de vegetativa diken. Resultatet var dock väntat eftersom tillkomsten från fordon och nederbörd jämförelsevis är mycket små i F2 och F1. Reningseffekten var bättre det första året jämfört med det andra. Som förklaring till detta nämner Rushton & Hastings det större antalet kraftiga regn det andra året, vilket medför att ackumulerade föroreningar lättare spolats av från parkeringsytorna. Undersökningar gjordes även i marken, i diken, både 1998 och 2000. Proven togs på två djup, 1 inch (2.54 cm) och mellan 5 och 6 inch (10.2 - 12.7 cm). Slutsatsen från dessa undersökningar var bl.a. att metallernas förekomst var lägre i det undre markskiktet efter år två och att ingen risk förelåg för att metallerna skulle förorena grundvattnet.

Fig. 6.14 Delområde för undersökningar (www.forester.net, 2004).

Tabell 6.1 Procentuell rening av de olika anläggningarna i Florida, USA (Rushton & Hastings, 2001).

reducering %	Asfalt med dike		Betong med dike		Perm. asfalt med dike	
	F8	F7	F4	F3	F6	F5
SS	-11 (46)	56 (83)	78 (78)	91 (91)	71 (91)	89 (92)
N tot.	12 (4)	66 (58)	8 (16)	54 (58)	55 (42)	81 (71)
P tot.	-157 (-94)	16 (-26)	-216 (-62)	-69 (-32)	-77 (3)	66 (76)
Cu	14 (23)	75 (81)	60 (72)	79 (81)	82 (81)	94 (94)
Zn	15 (46)	72 (79)	50 (62)	72 (76)	41 (75)	86 (89)
Pb	28 (59)	73 (87)	75 (78)	85 (83)	83 (85)	94 (93)



## 7 INTERNATIONELL DAGVATTENHANTERING

Niemczynowicz (1999) har gjort en internationell sammanställning med erfarenheter av ekologisk dagvattenhantering. Niemczynowicz nämner två strömningar av utvecklingen, en hård och en mjuk linje. Den hårda linjen representeras av USA, Kanada och Tyskland som generellt följer fasta regler för metoder kring omhändertagandet av dagvatten. Den mjukare linjen representeras av bl.a. Sverige där metoderna karakteriseras av flexibilitet mot de lokala förhållandena. Här följer en beskrivning kring ett urval länder med deras sätt att bemöta den urbana dagvattenproblematiken. Där ej annat anges, refereras Niemczynowicz (1999).

---

### 7.1 Australien

Australien, liksom Kanada och USA, är inkluderad i den nationella policyn för hantering av vattenkvalité, National Water Quality Management Strategy - NWQMS. Vattenhanteringen är starkt knuten till Agenda 21- principer där ekologisk hållbarhet är nyckeln till valet av hanteringsmetoder. Den nationella policyn för dagvattenhanteringen kräver en integrerad strategisk utvecklingsplan för varje avrinningsområde som sedan görs mer detaljerad. Följande programelement för planering och dagvattenhantering listas som viktiga i Australien:

- Utbildning av allmänheten för att öka förståelsen av åtgärdsbehov.
- Rutiner för gatusopning och underhåll av dagvattenbrunnar.
- Åtgärder för kontroll av erosion och sedimenttransport.
- Installation av föroreningsfällor.
- Konstruktion av dammar och våtmarker.
- Anläggande av s.k. bevuxna vattenvägar, d.v.s. öppna dräneringssystem.
- Återskapande av naturliga vattendrag och biotoper.

I vissa delar av Australien har frågorna kring dagvatten kommit att inriktas mot återanvändning. Ett behov som dock inte föreligger i det vattenrika Sverige.

### 7.2 Danmark

Vattenförsörjningen i Danmark är nästan uteslutande baserad på grundvatten. Därför har dagvattenhanteringen varit inriktad mot att skydda grundvattentäcker. I Danmark uppmuntras byggandet av infiltrationsdiken bl.a. genom ekonomiska medel till kommunerna. Följande faktorer anges som motiv för infiltration:

- Mindre vatten till reningsverk dvs. energi- och kemikaliebesparing.
- Möjlighet till grundvattenpåfyllning.
- Mindre problem med höga flöden till vattendragen.

Infiltrationsdiken ska klara samma dimensionerande flöden som ledningar. Studier från det Danska Miljöministeriet visade, ur ekonomisk synvinkel, att infiltrationsdiken var jämförbara med separata ledningar.

### 7.3 England

I England avlede merparten av dagvattnet i kombinerade system. Därför har målet med dagvattenhanteringen, historiskt sett, varit inriktat mot att reducera antalet bräddningar som växte i takt med urbaniseringen. Under senare år har målet för hanteringen kommit att omfatta bl.a. ekologiska system och idag används både naturliga och konstruerade våtmarker. För att kontrollera förekomsten av föroreningar på hårdgjorda ytor, är gatusopning en del i det nya förhållningssättet. I Niemczynowicz (1999) refereras Pratt *et al.* (1996), som har studerat genomsläppliga beläggningar i England sedan mitten på 80-talet. Pratt har funnit att permeabla beläggningar, förutom att minska flödesvolymen, även utgör en bioaktiv reaktor som främjar bakteriell aktivitet och att t.ex. olja kan oskadliggöras även vid extrema belastningar.

### 7.4 Frankrike

Flera regioner i Frankrike är belägna på flacka områden med stor genomsläpplighet. Därför har problemen varit inriktade mot att upprätthålla markens infiltrationskapacitet, främst inom områden med en stigande urbanisering. Alla möjliga infiltrationsmetoder främjas och användningen av permeabel asfalt har ökat. Niemczynowicz refererar till (Chocat *et al.*, 1997), för rutiner och byggande av komplicerade system av permeabla ytor i tätbebyggda områden och på lutande marker. Tabell 7.1 visar en jämförande reningseffekt med permeabel asfalt i Frankrike och i Lund.

Tabell 7.1 Jämförelse med permeabel asfalt i Frankrike och Lund (Niemczynowicz, 1999).

Plats	COD % reduktion	SS % reduktion	Pb % reduktion
Park, Bordeaux	79	36	86
Parkering, Bordeaux	77	94	85
Bulevard, Paris	54	70	78
Gata, Nantes	-	64	79
Parkering, Lund	-	95	40

### 7.5 Kanada

På 70-talet konstruerades flera hundra dagvattenanläggningar i Kanada. Främst torra dammar för att omhänderta stora flöden. Dessa insatser betraktas som punktinsatser utan bredare integrering inom avrinningsområdena. Under den senare delen av 80-talet förändrades synen på dagvattenhanteringen och man insåg att åtgärderna måste integreras och omfatta hela avrinningsområdet. Kanada präglas ännu idag av föreskrifter som Urban Drainage Design Guideline som gavs ut 1987. Föreskrifterna beskriver bl.a. typiska metoder för nyttjande av fördröjningsdammar och våtmarker.

I Niemczynowicz (1999) refereras Bishop (1997), som beskriver ett planeringsexempel av en integrerad ekologisk vattenhantering som en procedur i tre steg:

1. I makroskala förbereds en plan för hela avrinningsområdet. Planen uppftar åtgärder för miljöskydd och förbättring av alla vattenhanteringsrutiner för att uppnå vissa förutbestämda mål uttryckta i vattenkvalité.
2. Upprättande av en detaljerad plan för delområden för att uppnå lokala mål.
3. Upprättande av en detaljerad dagvattenhanteringsplan för delområdena.

Under upprättandet av dagvattenplanerna genomfördes bl.a. hydrologiska och hydrauliska undersökningar, inventeringar av ekologiskt känsliga områden och en kartering över friluftsområden. Undersökningarna låg till grund för en aktionsplan som bl.a. innehöll förslag på olika dagvattenanläggningar som t.ex. våtmarker och dammar. I nästa steg kom mer detaljerade planer och design av enskilda LOD- anläggningar.

Problemen kring dagvattenanläggningarna i Kanada beror bl.a. på bristen på klara definitioner på vem som är ansvarig för underhållslinjerna. Statliga myndigheter är ansvariga för underhållet av större anläggningar som vägar, broar etc. medan parkförvaltningarna, som ansvarar för underhållet av dammar, saknar utrustning och kunskaper. Dessutom är kostnaderna för underhållet för höga för kommunerna, vilket har inneburit ett undermåligt underhåll av LOD- anläggningar.

## 7.6 Nederländerna

I Nederländerna används mestadels dammar och våtmarker utanför städerna. I tätbebyggda områden har användningen av infiltrationsdiken ökat. Tidigare har det förekommit reservationer mot infiltration i områden med låg permeabilitet och höga grundvattennivåer. Dessa reservationer har minskat pga. nya typer av dränerande diken och utvecklingen av nya beräkningsrutiner som säkerställer rätt dimensionering vid sådana förhållanden.

## 7.7 Tyskland

”Neue Wege für das Regenwasser” är, enligt Niemczynowicz (1999), en välarbetad bok som bl.a. beskriver generella principer av den nya synen på dagvattenhanteringen i Tyskland. Boken ger också beräkningsgrunder för att anlägga olika dagvattensystem, systematiska beskrivningar och dimensioneringsregler för anläggande av infiltrations-, fördröjnings- och reningsanläggningar. I boken finns också en mall för stöd vid frågor gällande avledning av dagvatten, se Fig. 7.1.

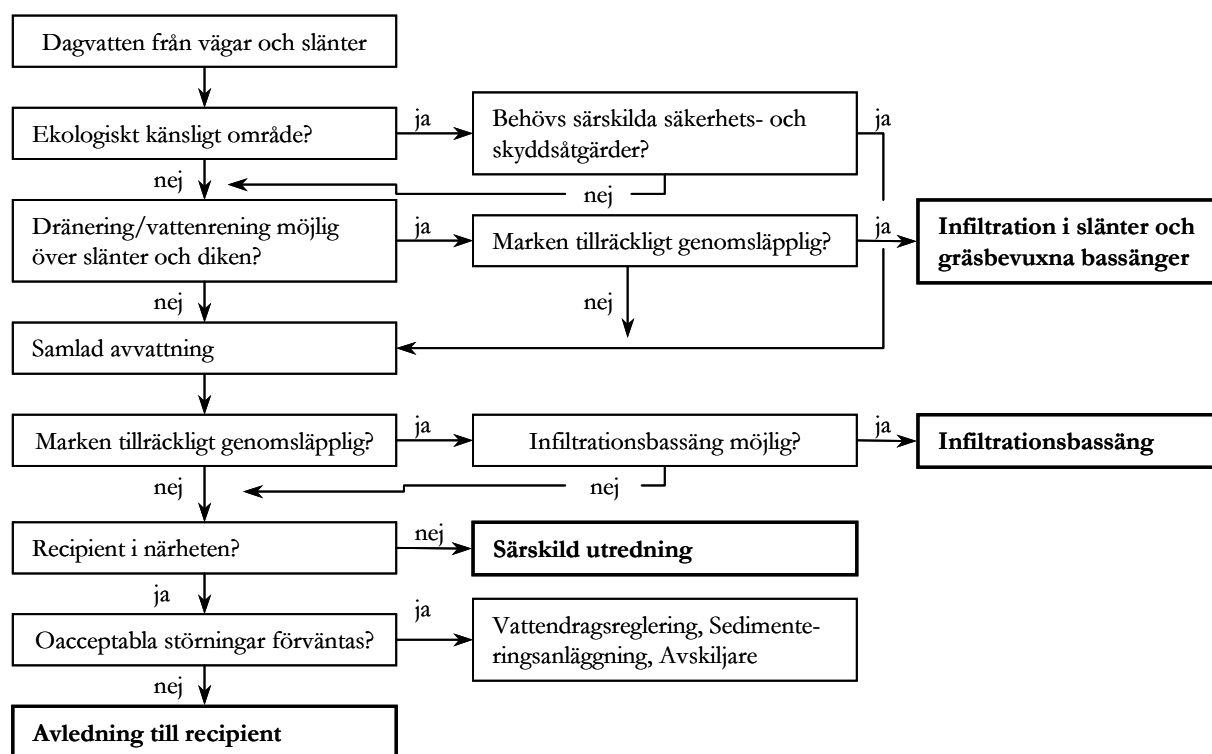


Fig. 7.1 Mall för avledning av dagvatten ur "Neue Wege für das Regenwasser", efter Lundberg & Lindmark (1994).

## 7.8 USA

I USA är utvecklingen av dagvattenhanteringen ganska centraliserad med lagar, förordningar och detaljerade föreskrifter. Satsningarna är vanligtvis stora och styrs av marknaden inom stadsplaneringen. Vanliga anläggningar är utjämningsdammar och s.k. Modified Detention Ponds - MDP. De klassiska dagvattendammarna består oftast av oljeavskiljning som ett första reningssteg. Detta följs av sedimentering i en våt damm, en stenbelagd sluttning för luftning, en plan gräsbevuxen yta och slutligen en våt damm med bräddnings- och utsläppskonstruktion. I många dagvattenprojekt har lokala befolkningsgrupper haft inflytande. Detta har visat sig vara nödvändigt för att nå framgång. Därför innehåller varje projekt ett program med information och utbildning för allmänheten.

## 8 DAGVATTENHANTERING I STOCKHOLM

I detta kapitel presenteras dagvattensituationen i Stockholm och stadens strategi för att hantera dagvatten. Dagvattenstrategin innehåller bl.a. riktlinjer för omhändertagande av dagvatten vid ändrad markanvändning, ansvarsfördelning mellan stadens förvaltningar och klassificeringar av dagvatten och recipienter. Inledningsvis presenteras grundläggande fakta.

### 8.1 Fakta

Stockholm med omgivning ligger i ett s.k. sprickdalslandskap, vilket har skapat förutsättningar för de många sjöarna i området. Stockholms stad består av 187 km<sup>2</sup> land och 28 km<sup>2</sup> vatten. 140 km<sup>2</sup> upptas av bebyggelse. Omkring 60 % av den bebyggda ytan har duplicerat avloppssystem (4.4.1). Innerstaden har huvudsakligen kombinerat avloppssystem (4.3). Hårdgjorda ytor utgör ungefär 16 % av landytan (ca 30 km<sup>2</sup>). Drygt hälften de hårdgjorda ytorna finns i områden med duplicerat system. Nederbörden i Stockholm är i genomsnitt 550 mm/år och varierar mellan 360 och 650 mm/år. Från de hårdgjorda ytorna avrinner årligen 450-500 mm som dagvatten, resten avdunstar. De största nederbörsmängderna kommer under juli-augusti, omkring 70 mm/mån. Knappt hälften av dagvattnet avleds till reningsverken.



Fig. 8.1 Stockholm Vatten AB:s verksamhetsområde (SVAB, 2004).

### 8.2 Stockholms dagvattenstrategi

Den 7 oktober 2002 antog kommunfullmäktige en gemensam dagvattenstrategi för Stockholm stad. Strategin utgör en del ur Stockholms vattenprogram, som fastlägger mål och förslag till åtgärder för att uppnå bättre förutsättningar för Stockholms sjöar och vattendrag (Stockholm stad, 2000b). För ytterliggare information kring vattenprogrammet, se [www.miljo.stockholm.se](http://www.miljo.stockholm.se). Dagvattenstrategin ska bl.a. ge klara riktlinjer för hur olika aktörer ska agera för att dagvattnet ska vara så rent som möjligt när det når stadens sjöar och vattendrag. Detta ska uppnås genom att (Stockholm stad, 2002):

1. Påverka källorna och därigenom minska dagvattnets föroreningsinnehåll så långt det är teknisk juridiskt och ekonomiskt möjligt.
2. I bebyggelse ska dagvatten hanteras så att stadens marker och sjöar tillförs så mycket vatten som möjligt utan att belastningen av föroreningar blir kritisk.
3. Förorenat dagvatten som inte kan tas emot av en viss recipient bör renas lokalt eller avledas till en mindre känslig recipient.

### 8.2.1 LOD- policy

Gatu- och fastighetsnämnden, Miljö- och hälsoskyddsnämnden, Stadsbyggnadsnämnden och Stockholm Vatten AB fattade i mars 1994 ett gemensamt beslut om en LOD- policy som ska gälla vid ändrad markanvändning. Målet är att ta hand om dagvattnet på ett sätt som inte innebär störningar för miljö eller byggnader och anläggningar och som medför låga anläggnings- och driftskostnader. Målet ska uppfyllas genom att (www.miljoporten.se, 2004):

- Vid lokalisering av bebyggelse ska hänsyn tas till den naturliga vattenbalansen.
- Dagvatten ska i första hand omhändertas lokalt eller knyts till befintlig eller nyskapad våtmark eller vattendrag.
- Om förutsättningar saknas för lokalt omhändertagande ska vattenflödet utjämnas och fördröjas innan avledning sker till ledningsnätet och recipienten.
- Inriktningen ska vara att dagvatten från större trafikleder, högfrekventa parkeringsytor samt kopparkar större än 1000 kvm ska genomgå lokal behandling i reningsanläggning.

Dagvatten är inte lämpligt att infiltrera om (Stockholm stad, 2002):

- Marken innehåller föroreningar som kan föras vidare av det infiltrerade vattnet.
- En mycket känslig recipient eller ett skyddsvärt grundvatten förorenas av det infiltrerade vattnet.
- Befintlig bebyggelse och/eller anläggningar skadas av det infiltrerade vattnet, eller att någon annan skada uppstår.

På Stadsbyggnadskontoret och Gatu- och fastighetskontoret finns rutiner och mallar för att föra in LOD- bestämmelser i detaljplan och i exploateringsavtal. Dessa mallar ska fortsätta att användas och utvecklas (Stockholm stad, 2002).

## 8.2.2 Klassificeringar

Inom Stockholms dagvattenstrategi indelas recipienter och dagvatten i tre klasser vardera, se Tabell 8.1. Klassificeringen av recipienter (sjöar & vattendrag) har gjorts med avseende på den aktuella recipientens status beaktat av följande parametrar: organiska föroreningar, närsalter, tungmetaller och hydrologi. Parametrarna har poängsatts för varje recipient och finns presenterade i Bilaga 6. Generellt är de mest känsliga vattenområdena mindre sjöar och avgränsade mindre vattenområden av Mälaren och Saltsjön samt vattendrag. Därefter kommer de större fjärdarna av Mälaren och sist Saltsjön. Under rubriken "Recipientbeskrivning med förhållningssätt" i Stockholm stad (2000a), finns en kortare beskrivning av varje recipient med idéer och förslag till åtgärder. Dessa förhållningssätt bör dock anpassas till ny kunskap, förändrad markanvändning, politiska beslut etc.

Dagvattenklassificeringen baseras på dagvattenundersökningar genomförda i Stockholm under 90-talet, Naturvårdsverkets gränsvärden och mätningar av metaller och näringsämnen i Stockholms recipienter. Naturvårdsverkets gränsvärden avser halter i sjöar och vattendrag och gäller inte dagvatten. En utspädning sker när dagvattnet når recipienten, vilket skulle kunna motivera en allmän höjning av stadens klassificering för höga respektive låga halter. Detta har dock inte gjorts mot bakgrund av följande (Stockholm stad, 2001a):

- Klassningen baseras på ett stort antal undersökningar.
- Försiktighetsprincipen bör tillämpas då många recipienter i Stockholm redan är kraftigt påverkade av utsläpp.
- Ingen liknande klassning avseende enbart dagvatten finns tillgänglig.
- Den s.k. first flush- effekten ger initialt mycket höga halter av föroreningar, vilket kan innebära toxiska effekter, framför allt i mindre recipienter.

Dagvattenklassificeringen ger dock ingen fullständig bild av hur recipienterna påverkas pga. kort- och långsiktiga variationer av föroreningarnas förekomst (3.1). För ytterliggare läsning om klassificeringen av recipienter och dagvatten, hänvisas Stockholm stad (2000a & 2001a).

Tabell 8.1 Förhållningssätt för hantering av dagvatten med recipient- och dagvattenklassificering, efter Stockholm stad (2002).

Recipienter	Mark		Sjöar och vattendrag		
	Lämplig för infiltration	Inte lämplig för infiltration	Mycket känslig	Känslig	Mindre känslig
Halter					
<b>Låga</b>	Infiltration och fördröjning	Dagvattenledning eller dike	Ej rening	Ej rening	Ej rening
<b>Måttliga</b>	Infiltration och fördröjning	Dagvattenledning eller dike	Viss rening eller avledning till annan recipient	Viss rening eller avledning till annan recipient	Ej rening
<b>Höga</b>	Rening före infiltration	Dagvattenledning rening	Rening	Rening	Rening

### 8.3 Ansvarsfördelning

Ansvarsfördelningen nedan gäller vid all mark i staden som ägs och förvaltas av Stockholm stad förutom tomträttsmark och stadens bolagsmark. För ytterligare läsning, se Stockholm stad (2002).

#### 8.3.1 Stockholm Vatten AB

Stockholm Vatten AB (SVAB) ansvarar för att dagvattnet avleds och renas, vilket innebär att SVAB ska göra tekniska, ekonomiska och miljömässiga bedömningar av hur dagvattnet ska omhändertas. Detta ska ske i enlighet med stadens dagvattenstrategi, miljömål och enligt miljöbalkens hänsynsregler. SVAB har också ansvaret för att dagvatten med låga föroreningshalter infiltreras i marken i så stor grad som möjligt. SVAB ansvarar för drift och underhåll av dagvattenanläggningar som t.ex. infiltrationsanläggningar, perkolationsmagasin, filter och övriga installationer för rening i dagvattenbrunnar samt tekniska delar i våtmarker etc. som har till syfte att rena dagvatten. SVAB:s verksamhetsområde visas i Fig. 8.1.

#### 8.3.2 Gatu- och fastighetsnämnden

Gatu- och fastighetsnämnden ansvarar för att, vid nyexploatering, verka så att frågor kring dagvatten planeras och löses utifrån stadens dagvattenstrategi och vattenprogram, se 8.2. De har också ansvaret för att minska spridningen av föroreningar från trafik och drift- och underhåll av gator, enligt dagvattenstrategin. Detta uppnås genom t.ex. hög städstandard på gator och genom att avleda smältvatten till vegetativa ytor.

#### 8.3.3 Miljö- och hälsoskyddsnämnden

Miljö- och hälsoskyddsnämnden (MHN) ansvarar för samordningen för Stockholms vattenprogram. De ska vidare, genom tillsyn av verksamheter, kontrollera att dagvattnet hanteras enligt miljöbalkens bestämmelser och att utövare som t.ex. SVAB och fastighetsägare följer dessa bestämmelser vid anläggning och drift av dagvattenanläggningar.

#### 8.3.4 Stadsbyggnadsnämnden

I samråd med MHN och SVAB ska Stadsbyggnadsnämnden (SBN) tillse att dagvattenfrågorna beaktas i planering och bygglovsprövningar. Där ska särskilt övervägande göras av höjdsättning, lokalisering av bebyggelse och val av byggnadsmaterial. I nya detaljplaner ska det anges hur dagvattenfrågan ska lösas och vem som ansvarar för genomförandet.

#### 8.3.5 Stadsdelsnämnderna

Vid upphandling av entreprenörer, för skötsel och drift av gator och parker, ska stadsdelsnämnderna tillse att verksamheten bedrivs enligt dagvattenstrategin. Detta gäller bl.a. miljöhänsyn kring fordon, arbetsmaskiner, städning, halkbekämpning och snöröjning.

#### 8.3.6 Vägverket

Vägverket ansvarar för vissa större trafikleder i Stockholm och har där också ansvaret för avledning och rening av dagvattnet.



## 9 PLANPROCESSEN I STOCKHOLM

För att ett byggprojekt ska kunna genomföras krävs en planprocess. Oftast tar exploatören kontakt med Stadsbyggnadskontoret för att upprätta en ny detaljplan (2.5.2) för det aktuella området. Ett samarbete inleds, vanligtvis med konsult hjälp, för att arbeta fram ett underlag till detaljplanen. I följande kapitel presenteras huvuddragen i planprocessen. Efter detta följer två fallstudier som skildrar planprocessen gällande dagvatten och parkeringsytor. Slutligen kommenteras planprocessen mot bakgrund fallstudierna. I 9.1 refereras Alm (2004), där ej annat anges.

---

### 9.1 Planförfarande

Planprocessen regleras i plan- och bygglagen (2.5). En planprocess drivs med syftet att pröva om ett förslag till markanvändning är lämpligt. Där invägs allmänna och enskilda intressen mot varandra. Ett tillfälle att bedöma planförslaget ges i ett s.k. samråd, där inblandade parter kan lämna sina synpunkter. Ett planförfarande kan vara enkelt eller normalt. Ett enkelt planförfarande kan användas om planförslaget är av ringa betydelse för allmänheten och överensstämmer med översiktsplanen (2.5.1). Ett normalt planförfarande tar omkring 18 månader i Stockholm. Planförfarandet beskrivs närmare nedan och visas översiktligt i Fig. 9.1.

#### 9.1.1 Start PM

I Startpromemorian beskrivs det aktuella projektet och vad planen kommer att behandla. Här anges också förslag till planområdet och i vilket förfarande som planprocessen kommer att bedrivas, enkelt eller normalt. Byggherrens första skisser bifogas i promemorian.

#### 9.1.2 Programförslag

Programförslaget möjliggör diskussioner om detaljplanarbetets inriktning, där mål och utgångspunkter anges mer än detaljlösningar. Programmet genomförs inte vid normalt förfarande om detta anses vara onödigt. När ett program väl utarbetas, upprättas ett samråd mellan berörda myndigheter och övriga enskilda med intresse i programmet. Syftet med programsamrådet är att förbättra beslutsunderlaget.

#### 9.1.3 Planförslag

Utifrån programsamrådet upprättas ett planförslag. Det innehåller en karta över planen med bestämmelser, en planbeskrivning, en genomförandebeskrivning och en miljökonsekvensbeskrivning. Med bakgrund av dessa handlingar sker ett ytterligare samråd med berörda parter. Under samrådet visas planförslaget upp i Tekniska nämndhuset, på bibliotek eller annan allmän plats. Planarbetet, som innebär avvägningar mellan olika intressen, avvägs av Stadsbyggnadsnämnden som beslutar om inriktningen i det fortsatta arbetet.

#### 9.1.4 Utställning

Det slutliga planförslaget ställs ut under minst tre veckor i Tekniska nämndhuset, på bibliotek eller annan allmän plats. Berörda parter underrättas per brev och allmänheten informeras via annonser i dagspressen. Under utställningstiden ska eventuella synpunkter lämnas skriftligen. Detaljplanen antas normalt av Stadsbyggnadsnämnden som beslutar om att godkänna planförslaget och överlämna planen till kommunfullmäktige för ett antagande.

**SBK** = Stadsbyggnadskontoret; **MF** = Miljöförvaltningen; **SBN** = Stadsbyggnadsnämnden; **MHN** = Miljö- och hälsoskydds-nämnden; **KF** = Kommunfullmäktige

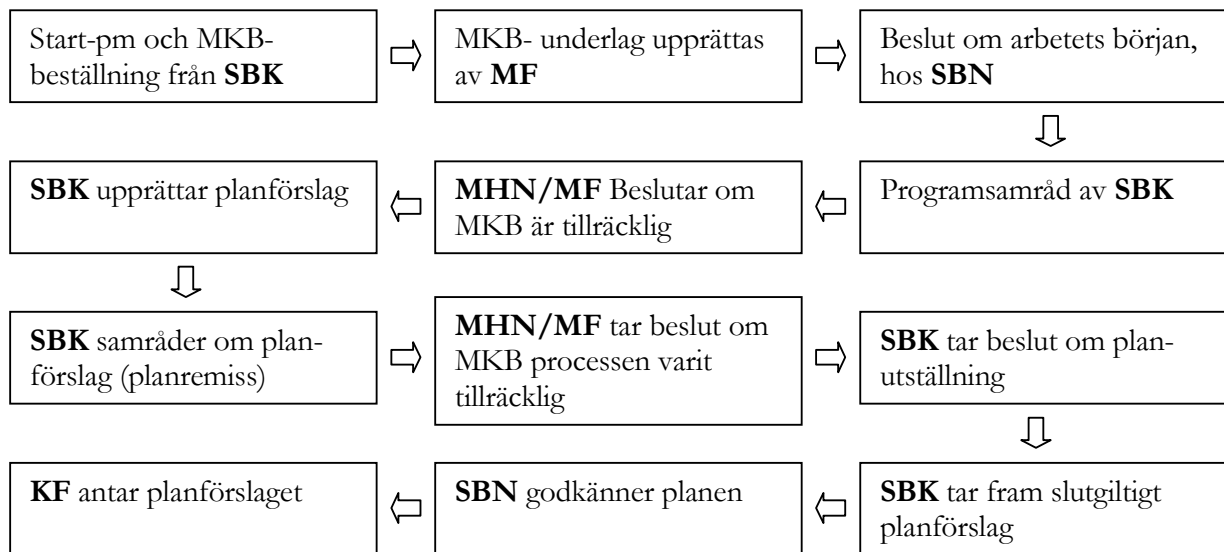


Fig. 9.1 Översiktligt schema över planprocessen i Stockholm, efter Pettersson (2001).

Här följer två fallstudier som skildrar planprocessen, gällande parkeringsytor och dagvatten.

## 9.2 Fallstudie 1 - kv. Mätpinnen

Enligt planbeskrivning 26 augusti 2002 syftar planen till att exploatera området till förmån för en livsmedelsbutik samt ytterligare byggnad för kontor, handel och/eller restaurang med tillhörande parkeringsytor, se Fig. 9.2a-b. Planområdet ligger i Fagersjö, södra Stockholm.

### 9.2.1 Områdesbeskrivning

Marken utgörs till stora delar av organisk jord, torv, dy och gyttja. Huvudsakligen lera med en trolig mäktighet upp till 14 meter. I väster, mot bebyggelsen och i söder, finns områden med orörd natur. Sjön Magelungen med omgivning utgör delar av ett Ekologiskt Särskilt Känsligt Område - ESKO, se 10.3.2 och Bilaga 7.

### 9.2.2 Samrådshandlingar

I remiss och samråd 26 augusti 2002 framgår det att SBK har fått uppdraget att påbörja planarbetet. Byggherre är Lidl Sverige KB. Ärendet handläggs enligt normalt förfarande med plansamråd och möte. Stadens förvaltningar har ansvaret för genomförandet av planen. GFK medverkar i genomförandet och bär ansvaret för åtgärder på park- och gatumark med anslutningar därtill. Byggherren ansvarar för att dagvattnet omhändertas lokalt inom vägområdet.



Fig. 9.2a Planområde kv. Mätpinnen (SVAB, 2004).



Fig. 9.2b Översikt (SVAB, 2004).

### 9.2.3 Miljökonsekvensbeskrivning

I MKB nämns att naturmiljön inom planområdet är kraftigt påverkad, men att projektet inte har någon betydande påverkan på miljön, hälsan eller hushållningen av naturresurserna. Omkring 2000 m<sup>2</sup> mark ska tas i anspråk från parkmark. Befintliga träd kommer att bevaras och nya träd föreslås för plantering på parkeringsytan. Grundvattennivån får ej märkbart förändras där den har betydelse för Magelungsvägen. Eventuella grundvattenförändringar ska redovisas i bygghandlingarna.

Sjön Magelungen föreslås som recipient för dagvattnet efter rening med oljeavskiljare. Vidare utredningar föreslås gällande rening av dagvatten med dammar och växter. Stadens förhållningssätt för LOD ska följas liksom Stockholms stads dagvattenstrategi. Parkeringen utgörs av en asfalterad yta med plats för omkring 120 fordon för livsmedelsbutiken och 30 fordon för övrig verksamhet. Trafikomsättningen förväntas bli omkring 500-700 fordon/dygn för parkeringsytorna tillhörande livsmedelsbutiken. Som komplement till parkeringsytan föreslås planteringar av träd och buskar. I övrigt anges att parkeringsytan ska utformas så att säkra varutransporter kan tillgodoses.

#### 9.2.4 Yttrande från Stockholm Vatten AB

SVAB ställer sig tveksam till föreslagen biologisk rening av dagvattnet. Föroreningsmängderna förväntas vara höga under vintern då det samtidigt råder låg biologisk aktivitet. Dagvatten från parkeringsytan föreslås genomgå sedimentering för att reducera olja och metaller. Vidare förslag gör gällande att eventuell förekommande olja kan avskiljas genom nyttjande av ett vegetationstäckt dike, som ansluts till en dagvattenledning. SVAB önskar vidare kontakt med fastighetsägaren när dagvattenanläggningen ska utformas.

#### 9.2.5 Dagsläge

Vid besök på planområdet under våren 2004 var byggnationen igångsatt. Träd hade sparats och en oljeavskiljare skulle installeras på exploatörens (Lidl Sverige AB) bekostnad. Exploatören har underhållsansvaret för oljeavskiljaren.

### 9.3 Fallstudie 2 - kv. Vinkeln 6

I tillkännagivandet om samråd 27 augusti 1997 syftar planen till att reglera en utvidgning av ett handelsområde i Kungens kurva. Planområdet är obebyggt och omfattar omkring 10.5 ha. Parkeringsytan är huvudsakligen avsedd för besökande till IKEA. Planområdet visas i Fig. 9.3.



Fig. 9.3 Färdigställt planområde, Kv. Vinkeln 6 (SVAB, 2004).

och cykelvägar ska sparas där så är möjligt. Deponiområdet avses ligga kvar och vara orörd i sin huvudsakliga del. Marken planeras att användas för parkeringsytor. All parkering ska ske på kvartersmark, omkring 40 P-platser per 1000 m<sup>2</sup>. Träd ska planteras i anslutning till parkeringsytorna motsvarande ett träd på var femte parkeringsplats. Detta gäller dock inte inom deponiområdet. I områdets södra del redovisas mark för dagvattendammar/våtmarker i enlighet med en dagvattenutredning utförd av VBB Viak. På fastigheten kommer det att byggas anläggningar för infiltration och flödesutjämning.

#### 9.3.3 Miljökonsekvensbeskrivning

I MKB augusti 1997 framgår att en åtgärdsplan med tillhörande kontrollprogram har upprättats för deponiområdet. Förhållanden väntas dock förbättras efter en tillkommen parkeringsyta eftersom detta minskar risken för urlakning. För en minskad föroreningstransport med dagvattnet och för en bibehållen grundvattennivå, ska dagvattnet så långt möjligt omhändertas lokalt och infiltreras i marken via genomsläppliga ytmaterial och infiltrationsmagasin. Grundvattensänkande åtgärder som påverkar anläggningar får inte vidtas. Ett kontrollprogram för uppföljning av grundvattennivån ska upprättas i samråd med kommunens gatukontor. Ytan över deponiområdet ska utföras tät.

#### 9.3.1 Områdesbeskrivning

Planområdet är beläget i Kungens kurva - området, inom kommundelen Segeltorp i Huddinge kommun, som också är största markägare. Området begränsas i söder av Kungens kurvadelen, i norr av Tangentvägen och en gång- och cykelväg, i öster av Geometrivägen och Smistavägen samt i väster av naturmark. Höjdpartierna består av grunda hållmarker med anslutande morän i sluttningarna och lera i de lägre partierna. I den centrala delen utgörs marken av organisk jord och därunder av gyttja och lös lera med upp till 15 meters mäktighet. I norra delen av planområdet finns en del av en avslutad deponi med blandade och till delar förorenade massor.

#### 9.3.2 Samrådshandlingar

Enligt samrådshandlingar augusti 1997 framgår att befintlig vegetation i anslutning till parkeringsytor och gång-

Vidare anges att dagvattendammar ska anordnas så vattenflödet utjämnas och infiltrationen kan hållas på en jämn nivå. Mark inom redovisat område, som inte utnyttjas för dagvattenanläggning, ska vara naturmark enligt kvalitetsprogrammet för den yttre miljön. Dagvattenanläggningen/dammar i sydöstra delen av planområdet ska omhänderta dagvatten från kvartersmark och allmän mark. Exploatören bygger ut anläggningen som därefter övertas av SVAB för drift- och underhåll. Här anges att Huddinge kommun är huvudman för allmänna platser med ansvar för bl.a. skötsel och underhåll. SVAB ansvarar för vatten, dagvattendammar och diken.

#### 9.3.4 Yttrande från Stockholm Vatten AB

SVAB anser, enligt yttrande 30 september 1997, att dagvatten ska omhändertas lokalt och att en oljeavskiljare bör installeras för att rena dagvatten från parkeringsytan. SVAB anser vidare att de bör vara med vid utformningen och exploateringen av dagvattenanläggningen/dammen. Efter slutbesiktning av dammen ansvarar SVAB för drift och underhåll.

#### 9.3.5 Samrådsredogörelse

I samrådsredogörelsen 1 december 1997 anmärker Lantmäterimyndigheten på att genomförande- och planbeskrivningen saknar anvisningar för hur föreslagna dagvattendammar ska inrättas. Vägverket anser att ett framtida samhälle bör bli mindre bilburen och ser med oro på anhopningen av stormarknader eftersom verksamheterna vänder sig till bilburna kunder. Vägverket påpekar att förslaget inte bidrar till en aktiv planering för ett minskat bilberoende och anmärker på den höga normen för parkeringsytorna. Den anses underlätta bilismen och att helger kan generera 10 000-12000 fordon i detaljplaneområdet. Vägverket anser vidare att kollektivtrafik med en hög turtäthet är nödvändig för att stärka kollektivtrafikens konkurrenskraft. Miljökontoret har synpunkter gällande dagvatten. De menar att planbestämmelsen bör ange att dagvatten i första hand ska genomgå infiltration och i andra hand flödesutjämnas innan avledning. Miljökontoret anser vidare att dagvatten bör regleras i planbestämmelsen och efterlyser fortsatta utredningar för att skapa goda förutsättningar kring dagvattenhanteringen.

#### 9.3.6 Utställningshandlingar

I handlingar för utställning december 1997 framgår att planområdet omfattar omkring 10,5 ha och att antalet parkeringsplatser uppgår till omkring 1150 st. Det framgår vidare att en särskild omsorg ska läggas på utformningen av parkeringsytorna, med träd och markbeläggningar. Exploatören bygger dagvattenanläggningen som därefter övertas av SVAB för drift och underhåll.

#### 9.3.7 Miljökonsekvensbeskrivning

MKB är densamma som den i augusti 1997 tillagt att anläggningarna ska utformas med sådan funktion som fördröjer avrinningen av stora regnmängder. De maximala flödena av dagvatten, som får släppas ut från fastigheten, ska beräknas och godkännas av huvudmannen för de allmänna ledningarna. Dagvatten från parkeringsytorna ska renas från eventuella oljeföroreningar innan det avleds. Trafikalstringen från detaljplaneområdet beräknas vid full utbyggnad ej överstiga 6100 fordon per vardagsmedeldygn.

### 9.3.8 Utlåtande efter utställning

Enligt utlåtande 9 februari 1998 har sexton remissinstanser yttrat sig av totalt tjugofem. Utställningen har liksom samrådet, föranlett skrivelser som huvudsakligen berört handel och trafik. Vägverket anger att den typ av verksamheter som planeras i Kungens kurva är extremt bilberoende och vidhåller att en fördjupad översiktsplan bör antas innan något detaljplanearbete drivs vidare.

### 9.3.9 Dagsläge

Dagvattenanläggningar har uppförts enligt anvisningar och träd är planterade enligt förslagen i MKB. Underhållsansvaret för dagvattendammen ligger hos SVAB. Ansvaret gäller för vattennivåer under dämningnivån. Vid dämmande nivåer bär Huddinge kommun ansvar. Dammen tar emot dagvatten från vissa delar av kvarteretsmarken. Dagvattnet från parkeringsytan genomgår fördröjning och rening via oljeavskiljare innan vidare avledning. Underhållsansvaret för oljeavskiljarna ligger hos IKEA fastigheter. Slamsugning sker en gång per år och driftserfarenheterna upplevs som goda.

## 9.4 Kommentarer

Kvarteret Mätippen är beläget i Huddinge kommun, en EKO-kommun, som bl.a. innebär att fastighetsägaren ska redovisa åtgärder angående byggnadsmaterial, natur och vatten som avses vidtas. Planområdet ligger så till att Magelungen, en mycket känslig recipient, står som mottagare för det dagvatten som genereras. Den närliggande recipienten med känsliga omgivningar föranledde införandet av en oljeavskiljare. Detta för att minska risken för föroreningar av mark, grund- och ytvatten. Diskussioner fördes dock inom SVAB att använda vegetativa metoder för hanteringen av dagvattnet. Skötsel och underhållsansvar för oljeavskiljaren ligger idag hos exploatören. I dagsläget finns inga erfarenheter insamlade från anläggningen gällande funktion och skötselrutiner. Kommande erfarenheter bör dock utgöra en god referens för framtida ställningstaganden där oljeavskiljare övervägs.

För kvarteret Vinkeln har en särskild tyngdpunkt lagts på miljökonsekvensbeskrivningen. Detta pga. den stora markförändringen. Det bedrevs en speciell dagvattenutredning med konsult hjälp och det finns inget att tillägga om metodval och utformning. Vägverket var de enda som aktivt förespråkade minskade trafikmängder och som pekade på negativa konsekvenser av det aktuella planområdet. Vägverket såg också vikten av en ökad konkurrenskraft från kollektivtrafiken, vilket också är nödvändigt för en framtida hållbar dagvattensituation. Inga tecken på urlakning från deponin har kunnat spåras, något som ej heller befarades efter tillkomsten av en impermeabel parkeringsyta.

Planprocessen och LOD innebär nya utmaningar. En planeringsprocess med ett gott resultat måste innehålla reella möjligheter att påverka och resultatet är beroende av en tydlig arbetsgång där man kan ta ställning till tydliga frågeställningar i olika skeden. En viktig förutsättning för LOD är att frågan uppmärksammas vid planläggning och projektering av markområden. Möjligheterna att anpassa exploateringen till platsen på ett bra sätt beror på om kunskapsunderlaget är tillräckligt och tillförlitligt, menar Jansson *et al.* (1992), som anser att det är viktigt att förutsättningarna för LOD inte byggs bort vid förtätningar och att markytor planeras in redan i de fördjupande översiktsplanerna. Goda kontakter i tidiga planskeden mellan kommunens planansvariga och VA-verken är en annan viktig aspekt menar Helmrot *et al.* (1995). Steffner, på Stockholms Stadsbyggnadskontor, nämner att frågorna kring LOD och planprocessen har uppmärksammas på SBK och betonar vikten av att kunna ställa krav på utredningarna till samråd (Steffner, 2004; muntligt).





## 10 INVERKANDE FAKTORER

I detta kapitel diskuteras olika faktorer som påverkar dagvattenkvaliteten och hur recipienter som mark, sjöar och vattendrag bör beaktas i frågorna kring dagvattenhanteringen. Inledningsvis diskuteras förutsättningar för att minska spridningen av föroreningar från parkeringsytor.

### 10.1 Förutsättningar

Vid antagandet att tillkomsten av föroreningar från källorna står oförändrad, kan följande åtgärder vidtas för en förbättrad dagvattenkvalité:

1. Minimera kontakten mellan nederbörd och föroreningar. Nederbörden kan avledas via ett tak och/eller föroreningarna kan reduceras genom regelbunden sopning av parkeringsytan. Sopning har nämligen visat sig vara en effektiv metod för att reducera föroreningshalterna i dagvatten (German, 2003).
2. Tillåta kontakten mellan nederbörd och föroreningar och därefter avskilja föroreningarna med dagvattenanläggningar.

Det sistnämnda, frågan om avskiljning eller inte, innebär ett indirekt val av den recipient som ska omhänderta föroreningarna. I Stockholmregionen är en sådan recipient ett mer eller mindre känsligt ytvatten eller marken i parkeringsytans närområde. Försättningsvis behandlas endast parkeringsytor utan skydd från nederbörd, varför tak bortses. För att vidare se möjligheterna för att reducera föroreningar studeras ekvationen nedan (efter Malmqvist *et al.*, 1994; se Bilaga 4). Den beskriver den årliga belastningen i kg ( $F_{\text{år}}$ ) som genereras från en parkeringsyta. En minskad uttransport är önskvärd och uppnås vid minskade storheter på faktorerna.

$$F_{\text{år}} = c \cdot a \cdot A \cdot (P - b) \cdot 10^{-6}$$

*c*

För parkeringsytan ett givet schablonvärde för en viss förorening i det utgående dagvattnet (mg/l). Faktorn kan minskas på lång sikt genom färre fordon och fordon som genererar mindre utsläpp. För en minskning av faktorn, på kortare sikt, är underhållet av parkeringsytan avgörande. Detta innefattar sopning och alternativa metoder för halkbekämpning.

*a*

Faktor som reducerar arean av den hårdgjorda ytan, kan också ses som en avrinningskoefficient. Den kan minskas genom mindre marklutning och/eller med inslag av permeabla ytor som t.ex. buskar och träd.

## A

En mindre andel hårdgjorda ytor ger en mindre yta för föroreningar att ansamlas och en mindre yta som fångar nederbörden. Smutsigt dagvatten består av just föroreningar och nederbörd och en mindre yta ger en effektiv reducering av spridningen. Att ge utrymme till förmån för växter har dessutom uppvisat en god avskiljning genom växtupptag och en minskad dagvattenbildning pga. infiltration och avdunstning, se Rushton & Hastings undersökningar (6.4). Hur mycket den hårdgjorda ytan kan reduceras, begränsas av framkomligheten och antalet P-platser som ytan avser.

## ( $P - b$ )

Faktorn beskriver den effektiva avrinningen (mm) som är skillnaden av den årliga nederbörden ( $P$ ) och avdunstningen ( $b$ ). En reducering av faktorn uppnås vid en minskad nederbörd och/eller en ökad avdunstning. I större perspektiv är dessa samverkande. Lokala åtgärder vid parkeringsytor påverkar dock inte nederbörden. Avdunstningen kan ökas genom att fördröja och samla dagvattnet öppet, i t.ex. dammar och våtmarker eller att plantera växter som buskar och träd.

## 10.2 Problembeskrivning

För en god dagvattenhantering är det viktigt att få klarhet om *när* en parkeringsyta innebär ett problem och finna vinnande åtgärder för dessa fall. Huruvida ett problem föreligger eller inte varierar beroende på sättet att se, vilket belyses ur följande:

1. Tillkomsten av en parkeringsyta innebär problem, vattenbalansen rubbas och parkeringsytan genererar smutsigt dagvatten. Vid nyexploatering eftersträvas att få en liknande dagvattensituation som den vid jungfrulig mark. Därför ska dagvatten från parkeringsytor renas och infiltreras i så stor utsträckning som möjligt. Alla parkeringsytor ses som ett problem och infiltration och fördröjning eftersträvas vid samtliga nyexploaterade parkeringsytor.
2. Åtgärder prioriteras på utvalda parkeringsytor. Infiltration och fördröjning eftersträvas vid de parkeringar som överstiger en viss area och/eller genererar en viss mängd föroreningar. I detta fall är det utformningen av parkeringsytan som avgör huruvida eventuella åtgärder ska utföras.
3. Insatser prioriteras på platser utifrån recipientens status. De olika markområdena inom sjöns tillrinningsområde dokumenteras och insatser prioriteras därefter. Problemet är ej längre kopplad till en enskild parkeringsyta, utan är rumsrelaterad. En parkeringsyta som skulle ge ett problem i område A behöver ej nödvändigtvis ge problem i område B.

Olika synsätt ger olika bedömningsgrunder för dagvattenhanteringen. Punkt ett ger ett synsätt som innebär att jungfrulig mark ska eftersträvas vid samtliga områden. Situationer kan dock uppstå där dagvattnet ej är lämpligt att infiltrera, t.ex. vid förorenad mark. Punkt två tar hänsyn till markförändringens omfattning avseende parkeringsytan. Ett beslutsunderlag i detta fall kan föreslå t.ex. infiltration om parkeringsytan genererar *mindre* än ett visst antal fordon/dygn och att t.ex. en oljeavskiljare ska installeras om parkeringsytan genererar *mer* än ett visst antal fordon/dygn. Beslutsunderlaget är lätt att följa och missförstånd torde sällan ske. Effekten av en markförändring är dock inte enbart beroende av parkeringsytan, vilket punkt tre tar hänsyn till. Effekten av markförändringar är större i känsliga områden än i områden med mindre känslighet, trots liknande parkeringsytor. Ett underlag för beslut enligt punkt tre är komplicerat eftersom problemet är rumsrelaterat och faktorer som dagvatten, mark och ytvatten måste invägas. Fortsättningsvis behandlas förhållningssätt enligt punkt tre. Ytterligare resonemang kring inverkan av faktorer följer.

### 10.3 Faktorer

De faktorer som här bedöms avgöra de eventuella problemens art, gällande dagvatten inom ett nyexploaterat område, är dagvattenkvalitén, markens lämplighet för infiltration och statusen i Stockholms sjöar.

#### 10.3.1 Dagvattenkvalité

Dagvattenkvalitén bestäms huvudsakligen av nederbördssituationen och förekomsten av föroreningar på parkeringsytan. Dessa två är samverkande för dagvattenkvalitén.

#### Nederbörd

Kunskaperna visar att halterna av föroreningar i dagvattnet varierar med regnintensiteten. Sambandet mellan regnets varaktighet och intensitet är att ett långvarigt regn ger mindre intensitet än ett kortvarigt regn. Intensiteten på ett regn är i praktiken dock aldrig konstant under tiden då regnet faller. Nederbörden är en statistisk företeelse utan direkt påverkan, som faktor i sig, på hanteringen av dagvattnet.

#### Föroreningar

Föroreningarnas förekomst i dagvatten från parkeringsytor domineras i allmänhet av suspenderat material som vid ökade halter innebär högre halter av övriga partikelrelaterade föroreningar, främst tungmetaller. Högre halter uppträder med en högre trafikbelastning och inverkan faktorer som kan tänkas påverka dagvattenkvalitén är antalet start/stopp från fordon, fordonstyper, parkeringsytans exponering för vind, underhåll som sopning och halkbekämpning med sand/salt, vägmateriäl, antal parkeringsplatser per ytenhet och/eller antal fordon per dygn.

I gällande dagvattenstrategi förväntas större centrum- och terminalparkeringar generera måttliga - höga föroreningshalter.

#### 10.3.2 Mark

Om marken är lämplig att infiltrera eller inte avgör möjligheten att omhänderta dagvattnet lokalt. Om marken är beskaffad på sådant sätt att den inte *kan* infiltrera dagvattnet, t.ex. vid förekomst av lera, kan fördröjning nyttjas genom dammar, sedimenteringsbassänger etc. Är marken beskaffad så att det ej är *lämpligt* att infiltrera, t.ex. vid en marknära grundvattenyta, kvarstår möjligheter till fördröjning av dagvattnet innan vidare avledning. Markens lämplighet för infiltration avseende dagvattenkvalitén finns presenterade enligt Stockholm stads dagvattenstrategi i Tabell 8.1. För Ekologiskt Särskilt Känsliga Områden - ESKO, gäller följande (Stadsbyggnadskontoret, 1995):

- Innan en förändring görs inom ett ESKO område ska den föreslagna förändringen miljökonsekvensbeskrivas med avseende på de kriterier som legat till grund för områdets identifiering och avgränsning.
- Konsekvenserna för området ska tydligt redovisas i översiktsplanen, fördjupade översiktsplaner, detaljplaner och bygglov utanför detaljplan samt strandskyddsdispenser.

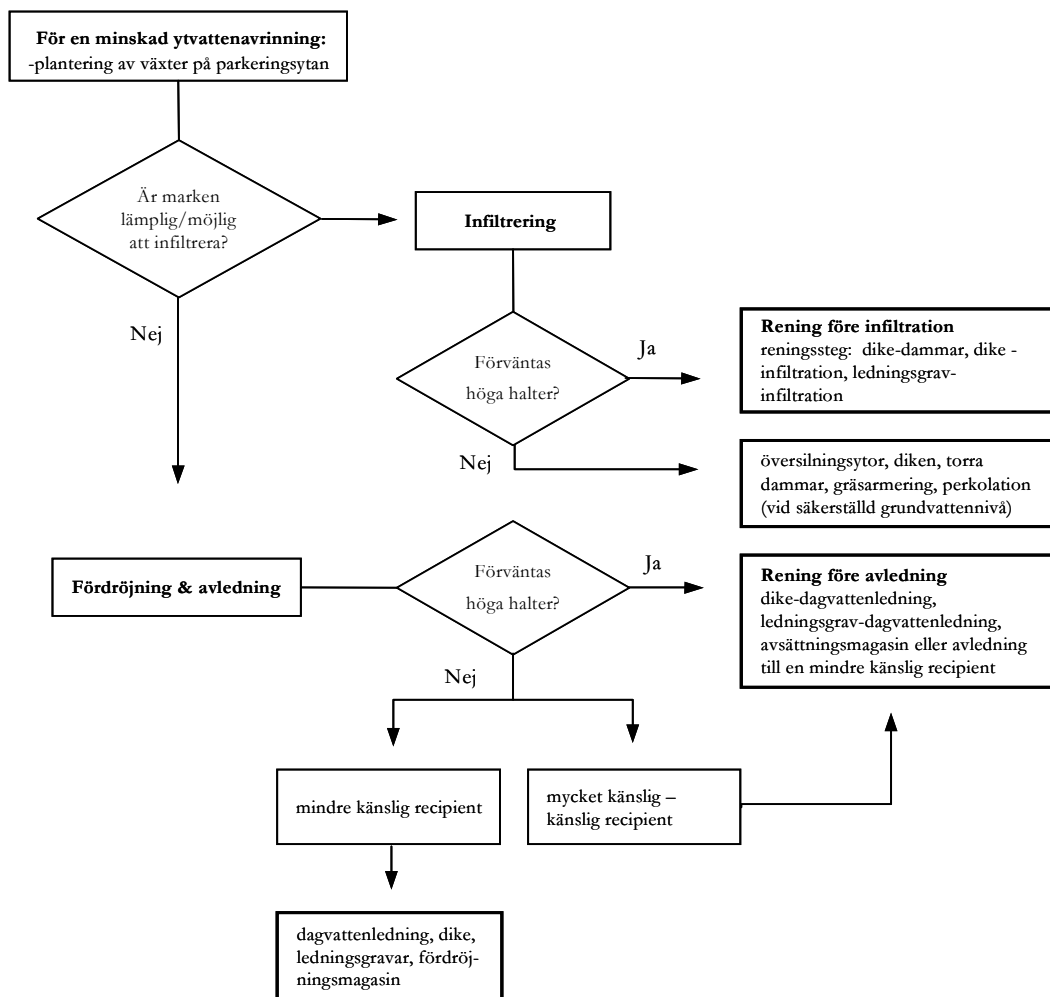
I Stadsbyggnadskontoret (1995) finns föreslagna förhållningssätt för ESKO som bör beaktas vid markförändringar. Bilaga 7 visar en karta och urvalskriterier för ESKO.

### 10.3.3 Sjöar och Vattendrag

Sjöar och vattendrag står idag vanligtvis som recipient för det dagvatten som avleds från parkeringsytor. Detta gäller dock inte vid kombinerad avledning (4.3). Recipienternas känslighet är, förutom dagvattenkvalitén, avgörande för huruvida dagvattnet bör renas innan avledning. Recipienterna finns indelade i tre klasser avseende känslighet, se klassificering av recipienter (8.2.2) och Bilaga 6. Hur recipienternas känslighet ska bemötas, står i relation till halterna i dagvattnet, se Tabell 8.1. Med bakgrund av Tabell 8.1 och synsätt enligt punkt tre (se 10.2), presenteras här ett förslag till ett beslutsstöd.

## 11 BESLUTSSTÖD

I följande beslutsstöd antas större centrum- och terminalparkeringar generera höga halter och mindre parkeringsytor generera måttliga halter. Osäkerhet föreligger och diskussionen som följer beslutsstödet är ett viktigt komplement för att tydliggöra problematiken. Som beslutsunderlag rekommenderas också Fig. 7.1 och Tabell 8.1.



Inledningsvis rekommenderas planteringar av buskar och träd på parkeringsytan. Detta för att minska mängden avrinnande ytvatten, se vidare resonemang i kapitel 10.1. Det finns idag kunskaper om vilka växter som är lämpliga och i Alnarp bedrivs forskning på växters krav på utrymme för att överleva på t.ex. parkeringsytor (Larsson, 2004; e-post).

Faktorer som styr markens lämplighet/möjlighet att infiltrera dagvatten innefattas av *marken* - infiltrationskapacitet och grundvattennivå, *dagvattnet* - parkeringsytor med tillhörande faktorer som påverkar på dagvattenkvaliteten och *recipienten* - kunskap om sjöarna och konsekvenser vid avledning av dagvattnet (en mycket känslig recipient kan mycket väl ”stärka” lämpligheten att infiltrera dagvattnet jämfört med samma markförhållanden och en mindre känslig recipient).

Vid frågan om infiltration har en indelning gjorts avseende dagvattenkvaliteten - ”förväntas höga halter?”. En mindre bostadsparkering antas generera mindre förorenat dagvatten än större centrum- och terminalparkeringar, varför infiltration kan övervägas utan föregående rening. Detta bör dock utredas från fall till fall med hänsyn till markens beskaffenhet och eventuella miljökonsekvenser.

Gällande infiltration och dagvattenkvalité, bör fortsatta diskussioner föras kring markens beskaffenhet. Betänk bättre markförhållanden och en djupare grundvattennivå i ett område med en större centrum/terminal-P än i ett område med en mindre bostads-P. Detta skulle motivera infiltration i områden där höga föroreningshalter förväntas, med föreslagna hanteringsmetoder för ”förväntade låga halter”.

Vid avledning föreslås en initial fördröjning av dagvattnet enligt gällande LOD- policy (se 8.2.1; pkt. tre). Detta kan innebära en dagvattenrening i sig, t.ex. utjämningsmagasin med en viss sedimentering. Metoderna för dagvattenhanteringen bör utgå från dagvattenkvaliteten och recipientens status. I beslutsstödet ställs åter frågan om halterna förväntas vara höga. Detta innefattar parkeringsytans beskaffenhet och kan såväl vara en större centrum- terminalparkering som en större bostadsparkering. Här ska dock tilläggas att större parkeringsytor inte nödvändigtvis innebär högre föroreningshalter i dagvattnet. Däremot genererar större parkeringsytor större mängder föroreningar. Recipienter kan dock vara känsliga för såväl mängder som för halter, varför sammankopplingen av halter och P-ytans storlek anses vara motiverad. Avledning bör således föregås av rening, vid höga halter, oavsett recipientens status.

Där inga höga halter/mängder förväntas, t.ex. vid en mindre bostadsparkering, har recipientens status beaktats enligt Tabell 8.1. För en mindre känslig recipient föreslås, vid måttliga halter, avledning utan en initial rening förutom den föreslagna inledande fördröjningen. Vid känsliga eller mycket känsliga recipienter krävs det låga halter för att bortse från en föregående rening. Detta enligt Tabell 8.1.

Ekologiskt Särskilda Känsliga Områden – ESKO, har utelämnats i beslutsstödet men är kanske ändå den viktigaste och den inledande frågan man bör ställa vid förändring av mark - är det ESKO? Förhållningssätt gällande dessa områden finns som tidigare nämnts, presenterade i Stadsbyggnadskontoret (1995). Här ska också tilläggas att de försiktigheter som kan vidtas i dessa områden är regleringar gällande sandning och/eller sopning av parkeringsytan. Det senare skulle t.ex. kunna innebära sopning efter ett visst antal dagar utan nederbörd. En sådan reglering skulle vara särskilt motiverad under somrarna, där kraftiga regn ofta föregås av en längre period av torrväder, vilket också innebär höga föroreningshalter.

Det föreslagna beslutsstödet kräver vidare diskussioner för att hantera olika situationer på ett rimligt sätt och framförallt, för att klargöra vilka faktorer som är viktiga att beakta framför andra.

## SLUTLIG DISKUSSION

Här följer en diskussion kring följande frågeställningar:

- Avledning eller infiltrering?
- Vilka P-tytor ger låga, måttliga respektive höga halter?
- Halter eller mängder?

Diskussionen avslutas med rekommendationer för ett framtida förhållningssätt gällande dagvatten från parkeringsytor.

### *Avledning eller Infiltrering?*

Den inledande frågan i beslutsstödet bestämmer om dagvattnet ska infiltreras eller inte. Detta diskuterades också i kapitel 10 - Inverkande faktorer. Avledning behöver dock nödvändigtvis inte utesluta infiltrering. I följande stycke särskiljs dock på recipienter mark och vatten, som mottagare av dagvattnet.

Mängden av tillkomna föroreningar är svår att påverka och tillkomsten på parkeringsytorna kan förväntas öka linjärt med tiden. Nederbörden bestämmer *när* transporten inträffar och i vilka *koncentrationer* som föroreningarna uppträder. Kvar för påverkan står *lokaliseringen* av föroreningarna. Eftersträvansvärt är en plats som ligger så till att möjligheter ges för en ytterligare transport, för ett slutligt omhändertagande. Detta underlättas av en begränsad yta. En sjö eller ett vattendrag som recipient är olämpligt. Förutom eventuella höga föroreningshalter, som kan skada det akvatiska livet, ges ingen möjlighet för en slutdeponering. Marken ger däremot möjligheter till en andra transport. Genom infiltration och fastläggning av föroreningar i markens övre skikt, inom en begränsad yta, underlättas framtida möjligheter för ett slutligt omhändertagande. Goda marktytor är diken. De kan uppta en stor area men pga. sin form är de begränsade i rummet, vilket också underlättar uppsamlingen.

Nu är inte problematiken så enkel. Marker kan vara mindre lämpliga för att infiltrera dagvatten. Det behövs kunskap om den ena recipientens potential avvägd mot den andra (mark - sjö) för att omhänderta förorenat dagvatten. Frågor som uppstår gällande dagvattenhanteringen kan tydliggöras efter undersökningar och diskussioner med sakkunniga som därefter får underbygga eventuella beslut. Alternativet är att poängsätta ett antal faktorer och vikta dessa mot varandra. För en sjö, skulle t.ex. djup, vattenomsättning, ekosystem viktas mot markens lämplighet för infiltration, t.ex. grundvattendjup, djurliv etc. Svårigheter kvarstår dock: Vi värderar vatten och mark på olika sätt. I det föreslagna beslutsstödet inryms ovanstående inom en ruta, nämligen ”är marken lämplig/möjlig att infiltrera?” - En fråga som kräver vetenskap om flertalet faktorer för att kunna besvaras.

### *Vilka P-tytor ger låga, måttliga respektive höga halter?*

Ytterligare klarheter behövs för att fastställa klassningen av P-tytor och dagvattenkvaliteten. Fortsatta dagvattenundersökningar kan antingen bekräfta tidigare undersökningar dvs. ge likvärdigt resultat eller ge resultat som man ej väntat. Övriga resultat kräver ytterligare undersökningar för att få dessa bekräftade eller förkastade. En indelning av P-tytor som motsvarar dagvattenklassificeringen underlättar ett framtagande av ett beslutsunderlag. För att komma vidare måste mindre respektive större P-tytor fastställas. En norm för vad som bör gälla kan bestämmas av t.ex. antal fordon/dygn, om det är halterna som ska avgöra hur dagvattnet ska omhändertas. Det behövs ytterligare kunskaper om vilka faktorer som bör invägas gällande nyttjandemönster, antal p-platser etc. Svårigheter i klassningen består dock i variationen av halterna beroende på årstidsvariationer och nederbördssituationen, se P-tyta centrum 1996 och 1998 i Fig. 3.1-3.11.

### *Halter eller mängder?*

Hur ska frågor utifrån för sjöar och vattendrag som recipient beaktas, halter eller mängder (årlig belastning) av föroreningar? De studerade föroreningarna, i denna rapport, har olika egenskaper och effekterna av dessa på sjöar och vattendrag beror på den enskilda recipienten och dess nuvarande status. Generellt sett, i ett längre tidsperspektiv, är en reducering av mängden önskvärd. Detta gäller främst för tungmetaller. Beaktandet av halter är relevant avseende de störningar en stötvis belastning kan medföra. För en stötvis hög belastning är regnintensiteten, torrperioden och transportvägen avgörande. Det senare innefattas bl.a. av parkeringsytans utformning, ledningarnas fallhöjd och huruvida en direkt avledning från markområdet är aktuell eller om dagvattnet kommer att blandas med ytavrinnande vatten från andra markområden. Direkt avledning, utan flödesutjämning, torde ge risker för stötvis höga halter vid ogynnsamma förhållanden. Höga föroreningshalter riskeras också komma från underdimensionerade anläggningar som utjämningsmagasin och oljeavskiljare.

### *Rekommendationer*

Ytterligare kunskaper gällande dagvattenkvaliteten från parkeringsytor ses inte som nödvändiga för ett framarbetande av ett beslutsunderlag. Svårigheterna ligger, som tidigare antydde, i de platsspecifika förutsättningarna där frågan om markens lämplighet/möjlighet för infiltration är komplex. Svårigheter kan förbikommars genom att poängsätta samtliga gällande faktorer och vikta dessa mot varandra avseende dagvattenkvalité och recipienternas förutsättningar (mark och ytvatten). Detta skulle ge tydligare indikationer på vad som kan vara rimliga åtgärder, men inte ge fullständigt klara lösningar. Detta måste avgöras från fall till fall, eftersom markförändringar sker kontinuerligt och därmed också den aktuella recipientens status. Inom Stockholms vattenprogram finns recipienter och markanvändningen, inom tillrinningsområdena, dokumenterade. Detta bör utgöra ett gott underlag för att komma vidare beaktat av att förekommande föroreningar bör ställas mot vilka halter/mängder som är intressanta ur recipientsynpunkt. Gällande oljeavskiljare, ses fördelar i användningen där stora utsläpp, från t.ex. bilbränder, riskerar att skada ett känsligt område. Risken för sådana utsläpp ses dock som relativt liten vid parkeringsytor jämfört med områden med fordon i hastig rörelse. Det kan däremot vara motiverat med fördröjande anläggningar som t.ex. diken, dammar etc. som vid händelse av olycka, ger möjlighet till sanering innan föroreningarna når recipienten.



## ORD- OCH BEGREPPSFÖRKLARING

<b>Adsorption</b>	En fast kropp eller en vätska upptar ett ämne på sin yta. Exempelvis kan en metall gå från att ha varit i löst form transporteras och hållas kvar av kemiska eller elektriska krafter på ytan av en partikel.
<b>Avloppsvatten</b>	Vatten, i regel förorenat, som avleds i rörledning, dike eller dylikt. Kan bestå av spillvatten, dagvatten och dränvatten.
<b>Avrinningsområde</b>	Ett genom höjdryggar, geologiska bildningar avgränsat område varifrån vatten avrinner till en viss punkt.
<b>Avrinningskoefficient</b>	En dimensionslös konstant som uttrycker hur stor del av nederbörden som bidrar till dagvatten efter förluster som t.ex. avdunstning och infiltration.
<b>Avrinningstillfälle</b>	En tidsperiod med förhöjt vattenflöde i ledning eller vattendrag pga. tidigare nederbörd eller snösmältning. Avgränsningen mellan avrinningstillfälle och perioder med enbart basflöde kan vara svårdefinierad.
<b>Ballast</b>	Naturgrus, sand och/eller bergkross.
<b>Beläggning</b>	Slitlager eller bärlager som är bundet av cement eller bitumen.
<b>Bioackumulering</b>	Förmåga för fettlösliga främmande ämnen att fastläggas i fettvävnader hos levande material.
<b>Bitumen</b>	Det vanligaste bindemedlet i asfalt. Mörkbrunt till svart, svårflyktigt, fast till halvfast material med bindande förmåga. Bitumen kan bildas i naturen i form av naturasfalt, men framställs vanligen genom raffinering av petroleum.
<b>Bräddning</b>	Avloppsvatten avleds vid höga flöden via bräddavlopp till annat ledningssystem, förbi reningsverk.
<b>Dagvatten</b>	Ytavrinnande regn-, spol- och smältvatten som rinner på hårdgjorda ytor eller på genomsläpplig mark via diken eller ledningar till recipienter (Saltsjön, sjöar och vattendrag) eller reningsverk.
<b>Duplicerat ledningssystem</b>	Dagvatten avleds separat från spillvatten.

<b>Emulsion</b>	Blandning av två ämnen med olika egenskaper där mycket små droppar av fett uppstår i vatten.
<b>Infiltration</b>	Vattnets inträngande i marken.
<b>Kombinerat ledningssystem</b>	Dagvattnet avleds i samma ledning som spillvattnet till reningsverk.
<b>LOD</b>	Lokalt Omhändertagande av Dagvatten. Hantering av dagvatten genom att efterlikna dagvattensituationen vid jungfrulig mark.
<b>PAH</b>	Polycykliska aromatiska kolväten.
<b>Perkolation</b>	Det nedåtriktade vattenflödet i den omättade marken ovanför grundvattenytan.
<b>pH</b>	Beskriver hur mycket vätejoner det finns i en lösning och därmed hur sur lösningen är. Över pH 7 - basiskt, under pH 7 - surt. Ändras pH med en enhet ändras surheten 10 ggr.
<b>Recipient</b>	Mottagare av föroreningar, t.ex. avloppsvatten i sjö eller vattendrag.
<b>Resuspension</b>	Då tidigare suspenderat material, som deponerats på en yta, åter förs upp i luft eller vattenmassa som resultat av någon process, t.ex. uppvirvling från ett passerande fordon.
<b>Schablonhalt</b>	Används vid beräkning av föroreningstransport. Schablonhalten är kopplat till en viss markanvändning eller olika typer av markanvändningar i samma avrinningsområde. Schablonhalter är framtagna från ett flertal flödesproportionella provtagningar av dagvatten.
<b>Sedimentering</b>	Partiklar som har högre densitet än vatten, sjunker och lägger sig på botten av vattendraget eller ledningen.
<b>Spillvatten</b>	Avloppsvatten från hushåll eller industri.
<b>SS</b>	Engelska för Suspended Solids. Partiklar större än 1.8 µm.
<b>Ytkomplexbildning</b>	En stark kemisk komplexbildning med en ytgrupp som underlättas av en attraherande ytladdning. Stort pH-beroende pga. variationerna i ytornas laddning med ett varierande pH.

## KÄLLFÖRTECKNING

Alm, H. (2004). *Planprocessen*. Stockholm Vatten AB. Opublicerat material.

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.

Beyerl, H. (1998). *Dagvattenundersökning - Olja på P-plats, Farsta-Rågsved-Priggs*. Stockholm Vatten AB, rapport nr 20:98.

Bjelkås, J., Lindmark, P. (1994). *Förorening av mark och vägdagvatten på grund av trafik*. Statens Geotekniska Institut (SGI) - Linköping. Varia 420.

Bäckström, M. (1999). *Porous Pavement in a Cold Climate*. Licentiate thesis, Luleå univ. of technology. Department of Environmental Engineering Division of Sanitary Engineering. ISSN: 1402-1757.

Cedheim, L. (1997). Miljöfarlig halt av PCA (PAH) i olja extraherad från däckslitbanor. *Provnings och forskning* 1997 nr 2, sid. 14-15.

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.

Ekvall, J. (1998). *Rening av vägdagvatten med lamellavskiljare*. Miljö och utvecklingsavdelningen-Vattenvård, Stockholm Vatten AB, rapport nr 46:98.

Färm, C. (2002). Constructed filters for metal reduction in storm water. *Vatten* nr 3, Lund 2002. Upplaga 58, sid. 185-191.

Färm, C. (2003). Removal of heavy metals in water by pine bark. *Vatten* nr 1, Lund 2003. Upplaga 59, sid. 31-37.

German, J. (2003). *Reducing Stormwater Pollution – Performance of Retention Ponds and Street Sweeping*. Ph.D.-thesis, Dept. of Water Environment Transport, Chalmers University of Technology, Göteborg. ISBN 91-7291-316-9.

Helmrot, A., Jonsson, G. & Eriksson, Ö. (1995). *Ringar på vatten: Va-verken och Agenda 21*. VA-Forsk, rapport nr 1995:01.

Holmgren, A. (1997). *PAH, Polycykliska aromatiska kolväten: Källor, toxiska och kemiska egenskaper samt förekomst i Stockholms dagvatten*. Examensarbete. Miljö- och utvecklingsavdelningen-Ledningsnät, Stockholm Vatten AB, rapport nr 31:97.

Jansson, E. Lind, B. Malbert, B. (1992). *Lokal dagvattenhantering: Erfarenheter från några anläggningar i drift*. VA-Forsk, rapport nr 1992:09.

- Jansson, L. (2004). Konferans om EUs ramdirektiv för vatten [Elektroniskt]. Utdrag från *Östnytt nr. 5*, maj 2004. Tillgänglig: < <http://www.svenskvatten.se/main/main.asp?objectID=743> > (2004-08-31).
- Jarefors, B-G. (2004). Ny lag om allmänna VA- tjänster. *VVS tidningen Energi & Miljö* [Elektroniskt]. Tillgänglig: < <http://www.siki.se/energi-miljo/page.html?cid=517> > (2004-08-31).
- Labko (2000). *Avskiljarteknik för dagvatten*. Opublicerat material.
- Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling*. VA-Forsk, rapport nr 1994:06.
- Larm, T. (1997). *Litteraturundersökning avseende oljeprovtagning från parkeringsplatser*. Stockholm Vatten AB, VBB Viak, PM 1997-12-19.
- 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.
- Luker, M., Montague, K. (1994). *Control of pollution from highway drainage discharges*. Konstruktion Industry Research and Information Assosiation. CIRIA, report 142.
- Lundberg, K., Lindmark, P. (1994). *Rening av vägdagvatten*. Statens Geotekniska Institut (SGI) - Linköping. Vägledning 7.
- Malmqvist, P-A., Svensson, G., Fjellström, C. (1994). *Dagvattnets sammansättning*. VA-Forsk, rapport nr 1994:11.
- Marsalek, J. (2003). *Road salts in urban stormwater: An emerging issue in stormwater management in cold climate*. 1<sup>st</sup> international conference on Urban Drainage and Highway runoff in Cold Climate. Riksgränsen, mars 2003.
- 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.
- Norrström, A-C., Jacks, G. (1997). *Kemiska processer av vägsalt i mark och vatten*. Lägesrapport, Centrum för Drift och Underhåll (CDU). Projekt M-2a, 11 nov 1997.
- Nyberg, F. (1994). *Avskiljare för lätta vätskor och fett*. VA-Forsk, rapport nr 1994:15.
- Petterson, M. (2001). *Lokalt ombändertagande av dagvatten i Stockholm*. Examensarbete, Miljö- och hälsoskyddsprogrammet. Umeå univ. MH 2001:17.
- Rosén-Nilsson, K. (2002). *Dagvattnet och miljölagstiftningen* [Elektroniskt]. Utdrag ur VA- mässan i Göteborg den 5 september 2002. Tillgänglig: < [www.ab.lst.se/upload/dokument/miljo\\_och\\_halsa/miljoinformation/MiljoAB-lan/3-2002/bilaga%201.pdf](http://www.ab.lst.se/upload/dokument/miljo_och_halsa/miljoinformation/MiljoAB-lan/3-2002/bilaga%201.pdf) > (2004-06-15).

Rushton, B., Hastings, R. (2001). *Florida Aquarium parking lot: A treatment train approach to stormwater management*. Southwest Florida Water Management District. Brooksville - Florida, WM 662.

Stadsbyggnadskontoret (1995). *Stockholms ekologiska känslighet: Redovisning av ekologiskt särskilt känsliga områden*. Strategiska avdelningen (SBK), rapport nr 1995:1.

Stahre, P. (1984). *Oljeavskiljare för dagvatten*. Statens naturvårdsverk (SNV) PM. ISSN 0346-7309:1830.

Stockholm stad (1999). *Källor till föroreningar i Stockholms stad, del 1 Metaller*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB.

Stockholm stad (2000a). *Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav, del 1 Recipientklassificering*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB.

Stockholm stad (2000b). *Vattenprogram för Stockholm*. Gatu- och Fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret och Stockholm Vatten AB.

Stockholm stad (2001a). *Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav, del 2 Dagvattenklassificering*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB.

Stockholm stad (2001b). *Källor till föroreningar i dagvatten i Stockholms stad, del 2 Organiska miljögifter Olja Näringsämnen och Bakterier*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB.

Stockholm stad (2002). *Dagvattenstrategi för Stockholms stad*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret och Stockholm Vatten AB.

Stockholm stad (2003). *Stockholms miljöprogram*. ISBN: 91-88018-89-x.

Sundlöf, B., Gummeson, L., Lundgren, G. (2000). *Naturlig dagvattenhantering: Råd och exempel. På tapeten*. VBB Viak VA-utveckling, rapport nr 00-02.

Svenskt Vatten (2003). *Dimensionering av allmänna avloppsledning*. Publikation P 90. Förhandskopia, november 2003.

Vägverket (2003). *Vägdikenas funktion och utformning: En beskrivning av multifunktionella diken*. Vägverket, Borlänge, publikation 2003:103.

Westerlund, C., Viklander, M., Bäckström, M. (2003). *Seasonal variations in road runoff quality in Luleå*. 1<sup>st</sup> international conference on Urban Drainage and Highway runoff in Cold Climate. Riksgränsen, mars 2003.

## Elektroniskt

<a href="http://bas.byggdok.se/BASIS/bdok/fri/nyheter/">bas.byggdok.se/BASIS/bdok/fri/nyheter/</a>	2004-05-14
<a href="http://www.forester.net/sw_0206_infiltration.html">www.forester.net/sw_0206_infiltration.html</a>	2004-05-12
<a href="http://www.miljo.stockholm.se">www.miljo.stockholm.se</a>	2004-05-19
<a href="http://www.miljoporten.stockholm.se/Dagvatten/intro.htm">www.miljoporten.stockholm.se/Dagvatten/intro.htm</a>	2004-05-19
<a href="http://www.naturvardsverket.se">www.naturvardsverket.se</a>	2004-06-15
<a href="http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19700244.htm">www.notisum.se/rnp/sls/lag/19700244.htm</a>	2004-04-30
<a href="http://www.slb.mf.stockholm.se/tyckom/">www.slb.mf.stockholm.se/tyckom/</a>	2004-07-20
<a href="http://www.stormtac.com">www.stormtac.com</a>	2004-07-02
<a href="http://www.vattenportalen.se">www.vattenportalen.se</a>	2004-06-20

## Muntligt

Aldheimer, G.	<i>Stockholm Vatten AB</i>	2004-06-18
Ambjörn, A.	<i>Liljeholmens stadsdelsförvaltning</i>	2004-06-10
Berg, J.	<i>Labko, Oljeavskiljare</i>	2004-04-15; 06-24; 07-06
Berselius, G.	<i>GFK - parkeringsavdelningen</i>	2004-07-21
Bäckström, M.	<i>Tekniska förvaltningen, Luleå</i>	2004-04-15
Färm, C.	<i>Mälardalens högskola</i>	2004-04-15
Gustafsson, K.	<i>Tekniska förvaltningen, Växjö</i>	2004-05-18
Hammar, L.	<i>GFK - parkeringsavdelningen</i>	2004-07-14
Larm, T.	<i>SWECO Viak, Stockholm</i>	2004-07-02
Madsen, B.	<i>Skärholmens stadsdelsförvaltning</i>	2004-06-08
Nyström, P.	<i>Vegtech, vegetationsteknik</i>	2004-04-15
Stahre, P.	<i>VA-verket, Malmö</i>	2004-04-15
Steffner, L.	<i>Stadsbyggnadskontoret, Stockholm</i>	2004-07-12
Stenqvist, Å.	<i>TTM-produkter, Oljeavskiljare</i>	2004-04-15
Thörnelöf, S.	<i>Miljöförvaltningen, Stockholm</i>	2004-05-06

## Seminarium

Stockholm Vatten AB	2004-06-18; 08-20
SWECO Viak	2004-05-06

## E-post

Larsson, T.	2004-05-12
Rushton, B.	2004-02-11; 07-09

## **Bilagor 1-7**





Tabell 1a-c Föroreningar från trafik och förekomst i dagvatten från parkeringsytor

Tabell 1a Kvantitativt innehåll i väg- och fordonsrelaterade material (Pettersson, 1983; ref. Bjelkås & Lindmark, 1994).

Källa	Organiska ämnen	Fett & olja	Petroleum	Bly	Zink	Krom	Koppar	Nickel
	-----mg/g-----			-----µg/g-----				
Bensin	999.5	1.3	1.3	663	10	15	4	10
Diesel	999.6	385.3	307.8	12	12	15	4	8
Motorolja	996.9	989.2	937.7	9	1060	0	3	17
Växellådsolja	999.8	985.6	941.7	8	244	0	0	21
Frostskyddsm.	987.8	143.8	69.6	6	14	0	76	16
Bromsvätska	999.8	883.0	33.1	7	15	19	5	31
Drän.underl.	998.7	958.1	182.8	116	108	0	0	0
Smörjolja	973.9	753.1	665.8	0	164	0	0	0
Gummi	986.3	191.6	97.8	1110	617	182	247	174
Bromsbelägg	285.3	30.5	8.3	1050	124	2200	30600	7454
Asfalt	64.2	21.4	15.0	102	164	357	51	1170
Betong	70.7	2.7	1.3	450	417	93	99	204

Tabell 1b Föroreningshalter i dagvatten från parkeringsytor (Stockholm stad, 2001a).

Ämne	Centrum - 96			Centrum - 98			Bostad - 98			Terminal - 98			Enhet
	median	min	max	median	min	max	median	min	max	median	min	max	
SS	40	10	130	355	160	880	270	190	420	140	110	660	mg/l
N	1.1	0.5	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/l
P	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/l
Olja	1	0.3	6.8	0.74	0.39	1.6	0.59	0.37	0.68	1.1	0.46	1.47	mg/l
PAH	-	0.95	2.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	µg/l
Cu	30	20	80	72	39	98	53	33	55	25	16	71	µg/l
Zn	105	50	220	230	170	340	170	120	200	330	260	780	µg/l
Cd	0.4	0.1	1.9	0.5	0.09	0.7	0.4	0.4	0.6	0.2	0.1	0.3	µg/l
Pb	11	3	18	38	26	54	42	39	60	11	8	28	µg/l
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	µg/l
Cr	3	1	20	20	16	39	27	18	30	9	8	28	µg/l

Tabell 1c Oljehalter i dagvatten från parkeringsytor baserade på tre undersökningar (Larm, 1997).

Substans	medel (mg/l)	median (mg/l)	min-max (mg/l)	värden? (mg/l)	provtagning (år)
Olja & fett	6.2	3.3	2.3-31?	13, 2.3 & 3.3	80-81, 91
Mineralolja	0.9	-	0.57-1.3	0.57 & 1.3	91
Olja	1.4	1.0	0.3-6.8	1.0	96

**Tabell 2a-k Ämnesvis sammanställning av föroreningshalter i dagvatten  
(www.stormtac.com, 2004; Rushton & Hastings, 2001; Stockholm stad, 2001a)**

Tabell 2a Suspenderat material

SS mg/l	median	min	max
Stormtac	140	40	300
Florida	7.62	2.51	42.47
P- Bostad	270	190	420
P- Centrum 96	40	10	130
P- Centrum	355	160	880
P- Terminal	140	110	660
Nybohov 0	35	6	233
Nybohov 2000	118	12	340
Nybohov 4000	156	50	459

Tabell 2b Kväve

N mg/l	median	min	max
Stormtac	1.1	0.6	1.5
Florida	0.45	0.12	1.60
P- Bostad	-	-	-
P- Centrum 96	1.1	0.5	3.2
P- Centrum	-	-	-
P- Terminal	-	-	-
Nybohov 0	0.8	0.4	2.3
Nybohov 2000	1	0.7	2.4
Nybohov 4000	1.3	0.7	3

Tabell 2c Fosfor

P mg/l	median	min	max
Stormtac	0.1	0.07	0.16
Florida	0.052	0.024	0.195
P- Bostad	-	-	-
P- Centrum 96	0.1	0.1	0.2
P- Centrum	-	-	-
P- Terminal	-	-	-
Nybohov 0	0.14	0.05	0.44
Nybohov 2000	0.18	0.03	0.64
Nybohov 4000	0.33	0.07	0.83

Tabell 2d Olja

Olja mg/l	median	min	max
Stormtac	0.8	0.5	1.1
Florida	-	-	-
P- Bostad	0.59	0.37	0.68
P- Centrum 96	1	0.3	6.8
P- Centrum	0.74	0.39	1.6
P- Terminal	1.1	0.46	1.47
Nybohov 0	-	-	-
Nybohov 2000	-	-	-
Nybohov 4000	-	-	-

Tabell 2e Polycykliska aromatiska kolväten

PAH µg/l	median	min	max
Stormtac	1.7	0.4	2.1
Florida	-	-	-
P- Bostad	-	-	-
P- Centrum 96		0.95	2.06
P- Centrum	-	-	-
P- Terminal	-	-	-
Nybohov 0	0.1	0.1	0.1
Nybohov 2000	-	-	-
Nybohov 4000	1.3	0.43	2.17

Tabell 2f Koppar

Cu µg/l	median	min	max
Stormtac	40	25	50
Florida	8.4	3.2	42.6
P- Bostad	53	33	55
P- Centrum 96	30	20	80
P- Centrum	72	39	98
P- Terminal	25	16	71
Nybohov 0	550	130	1300
Nybohov 2000	280	180	440
Nybohov 4000	300	170	600

Tabell 2g Zink

Zn µg/l	median	min	max
Stormtac	140	50	230
Florida	30	7.5	140
P- Bostad	170	120	200
P- Centrum 96	105	50	220
P- Centrum	230	170	340
P- Terminal	330	260	780
Nybohov 0	37	10	100
Nybohov 2000	83	46	580
Nybohov 4000	120	63	580

Tabell 2h Kadmium

Cd µg/l	median	min	max
Stormtac	0.45	0.2	1
Florida	-	-	-
P- Bostad	0.4	0.4	0.6
P- Centrum 96	0.4	0.1	1.9
P- Centrum	0.5	0.09	0.7
P- Terminal	0.2	0.1	0.3
Nybohov 0	0.1	0.03	0.4
Nybohov 2000	0.2	0.07	0.5
Nybohov 4000	0.3	0.1	0.8

Tabell 2i Bly

Pb µg/l	median	min	max
Stormtac	30	11	50
Florida	2.1	0.75	14.2
P- Bostad	42	39	60
P- Centrum 96	11	3	18
P- Centrum	38	26	54
P- Terminal	11	8	28
Nybohov 0	6	1	23
Nybohov 2000	19	4	45
Nybohov 4000	23	8	57

Tabell 2j Nickel

Ni µg/l	median	min	max
Stormtac	4	1	7
Florida	-	-	-
P- Bostad	-	-	-
P- Centrum 96	-	-	-
P- Centrum	-	-	-
P- Terminal	-	-	-
Nybohov 0	3	2	11
Nybohov 2000	7	3	23
Nybohov 4000	10	4	33

Tabell 2k Krom

Cr µg/l	median	min	max
Stormtac	4	3	20
Florida	-	-	-
P- Bostad	27	18	30
P- Centrum 96	3	1	20
P- Centrum	20	16	39
P- Terminal	9	8	28
Nybohov 0	2	0.5	14
Nybohov 2000	11	1	40
Nybohov 4000	14	4	45

## Områdesdata för P-ytor och Nybohov (Stockholm stad, 2001a)

### P-plats (Rågsved)

Typ av tillrinningsområde:	Bostadsparkering - förort
Hårdgjord yta (ha):	0.18
Genomsläpplig yta (ha):	-
Trafikmängd:	54 P-platser
Provtagningsperiod:	juni 1998
Antal prover:	3
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### P-plats (Farsta, Farstaplan)

Typ av tillrinningsområde:	Parkeringsplats - Farsta C
Hårdgjord yta (ha):	1.4
Genomsläpplig yta (ha):	-
Trafikmängd:	500 P-platser (500 - 1500 fordon/dygn)
Provtagningsperiod:	augusti - november 1996
Antal prover:	19
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### P-plats (Farsta, Storforsplan)

Typ av tillrinningsområde:	Parkeringsplats - Farsta C
Hårdgjord yta (ha):	1.4
Genomsläpplig yta (ha):	-
Trafikmängd:	425 P-platser (500 - 1500 fordon/dygn)
Provtagningsperiod:	maj - juni 1998
Antal prover:	6
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### P-plats (Terminalområde, Ulvsunda)

Typ av tillrinningsområde:	Lastbilsparkering med lastkajer
Hårdgjord yta (ha):	1.6
Genomsläpplig yta (ha):	-
Trafikmängd:	60 P-platser (ca 200 fordon/dygn)
Provtagningsperiod:	maj - juni 1998
Antal prover:	5
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### **Nybohov (område 1)**

Typ av tillrinningsområde:	Flerfamiljhus, innergård, fasader i puts, gångvägar, koppartak - 543 m <sup>2</sup>
Hårdgjord yta (ha):	0.34
Genomsläpplig yta (ha):	0.26
Trafikmängd (fordon/dygn):	0
Provtagningsperiod:	maj - november 1998
Antal prover:	7 månadssamlingsprov baserade på 10 provtagningar
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### **Nybohov (område 1+2)**

Typ av tillrinningsområde:	Flerfamiljhus, innergårdar, fasader i puts, gångvägar, P-plats, lokalgator, koppartak - 991 m <sup>2</sup>
Hårdgjord yta (ha):	3.14
Genomsläpplig yta (ha):	0.89
Trafikmängd (fordon/dygn):	2000 (uppskattat värde)
Provtagningsperiod:	februari - oktober 1998
Antal prover:	9 månadssamlingsprov baserade på 18 provtagningar
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### **Nybohov (område 1+2+3)**

Typ av tillrinningsområde:	Flerfamiljhus, innergårdar, fasader i puts, gångvägar, P-plats, lokalgator, koppartak - 2409 m <sup>2</sup>
Hårdgjord yta (ha):	6.44
Genomsläpplig yta (ha):	2.54
Trafikmängd (fordon/dygn):	4000
Provtagningsperiod:	februari 1998 - januari 1999
Antal prover:	12 månadssamlingsprov baserade på 21 provtagningar
Syfte:	Kunskapsinhämtning - föroreningshalter i dagvatten

### Beräkningsexempel på årlig belastning av föroreningar

För den årliga belastningen av en förorening, börjar man med att beräkna dagvattenvolymer. Värdena multipliceras därefter med schablonhalten av den aktuella föroreningen. Ekvationerna är hämtade från Malmqvist *et al.* (1994)

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

$Q_{\text{år}}$	avrinnande, årlig volym	[m <sup>3</sup> ]
$a$	reduceringsfaktor på arean.	[ - ]
$A$	avrinningsområdet area	[m <sup>2</sup> ]
$P$	total, årlig nederbörd	[mm]
$b$	total, årlig förlust av vatten	[mm]

Den årliga förlusten av vatten kan skattas till 50 mm för områden med stor lutning ( $\geq 1.5$  %) och 100 mm för områden med mindre lutning.

Parkeringsytans generering av föroreningar fås i kg per år, om schablonhalterna anges i mg/l.

$c$	schablonhalt	[mg/l]
-----	--------------	--------

$$F_{\text{år}} = c \cdot Q_{\text{år}} \cdot 10^{-3} = c \cdot a \cdot A \cdot (P - b) \cdot 10^{-6}$$

Exempel:

Årlig nederbörd	omkring 600 mm i Stockholm
Lutning	mindre, 100 mm
Parkeringsyta:	centrumparkering, 1 ha (10 000 m <sup>2</sup> )
Studerat ämne:	SS
Schablonhalt:	175 mg/l

$$F_{\text{år}} = c \cdot a \cdot A \cdot (P - b) \cdot 10^{-6} = 175 \cdot 1 \cdot 10000 \cdot (600 - 100) \cdot 10^{-6} = 875$$

Parkeringsytan genererar omkring 875 kg suspenderat material per år (betraktas med omdöme).





Tabell 5a-d Sammanställda erfarenheter av dagvattenanläggningar

Tabell 5a Dikens reningseffektivitet (Vägverket, 2003).

Referens	Ellis & Revitt (1991)	Yousef <i>et al.</i> (1987)	Barret <i>et al.</i> (1998)	Bäckström (2002)	Larm (2001)	Yu <i>et al.</i> (1994)
Metaller	35-73 %					
Cd		nyanl: 43 %				
Cu		äldre: 17 % nyanl: 8 %		-27 % 34 %	90 %	
Ni		nyanl: 51 %			85 %	
Pb		äldre: 0 % nyanl: 57%	41 %	0%	90 %	
Zn		äldre: 86 % nyanl: 62 %	91 %	60 %	90 %	13 % (medel)
Fe		äldre: 69 % nyanl: ökning	79 %			
Närsalter	30-42 %					
P- föreningar		äldre: ca. 25 % nyanl: 3-9 %	44 %		85 %	33 % (medel)
N- föreningar		äldre: 11-28 % nyanl: ökning (org-N ökar)	33-50 %		50 %	
Partiklar, kolväten, bakterier	67-93 %					
SS			87 %	75 %	90 %	49 % (medel)
COD			61 %			3 % (medel)
Kommentar	Väl anlagda och skötta gräsbeklädda diken	Dikeslängd äldre: 53m nyanl: 170 m	Veg.beklädda, V- formade mittremsor			

Tabell 5b Relativa reningseffekter för olika dagvattenanläggningar (Larm, 1994).

	Grön- ytor	Perm. asfalt	Våta dammar	Torra dammar	Öppna diken	Olje- avskiljare	Artific. våtmark
SS	3	2-3	3	1-3	1-3	3	2
P	1-2	3	2	1-2	2-3	1	3
N	1-2	3	2	1-2	2-3	1	3
BOD	1-3	2	2	1-2	2-3	1	2
Metaller	1-3	2	3	1-3	2-3	2	2
Bakt.	1	-	2	1-2	2-3	1	-
Årstidsvariationer	1-2	1	2-3	1-2	2	3	1
Tot. Reningseffekt.	1-2	3	2-3	1-2	1-3	1-2	2-3

1: låg- 2: måttlig- 3: hög förmåga för reduktion

Tabell 5c Bedömning av diverse faktorer för olika dagvattenanläggningar (Larm, 1994).

Anläggning	Tillämpning	Recipient påverkan	Livslängd	Kostnad
Grönytor	ej starkt förorenade ytor	1 akvatiskt liv 2-3 övrigt liv	>20 år	låg
Permeabel asfalt	mycket begränsad	1 möjlig grundvattenpåverkan	75 % risk för försämrad funktion inom 5 år.	kost. effektiv. (jämfört med konv. asfalt)
Våta dammar	bred	3 möjlig uppvärmning av vattendrag och störning av habitat	>20 år beroende på avskiljning av sediment	medel-hög (jämfört med konv. anl.) höga skötsel-kostnader (muddring)
Torra dammar	bred (ej nära bostadsomr.)	1 akvatiskt liv 3 övrigt liv	>20 år	låg, men hög skötsel-kostnad
Öppna diken	ej starkt förorenade ytor	1 viss risk för grundvattenförorening	>20 år	medel-hög (jämfört med konv. anl.)
Oljeavskiljare	Begränsad	1	>20 år	hög
Aritificiella våtmarker	1-2	1	>20 år?	1-2
Infiltrationsmagasin	Mycket begränsad (jordhalt, grundvatten, marklutning, sediment-tillförsel)	- (möjlig grundvattenpåverkan)	50% risk för försämrad funktion inom 5 år	kostnads-effektiv (hög kostnad för återuppbyggnad för igensatt magasin.

Tabell 5d Medelvärden av föroreningsreduktion i % uppskattad från observationer i ett stort antal anläggningar i USA (Marsalek & Torno, 1993; ref. Niemczynowicz, 1999).

%	TSS	Tot-P	Tot-N	Zink	Bly	BOD
Infiltrationsanläggning	0-99	0-75	0-70	0-99	0-99	0-90
Våta dammar	91	0-79	0-80	0-71	9-95	0-69
Torra dammar	50-70	10-20	10-20	30-60	75-90	-
Öppna diken	99	65-75	60-70	95-99	-	90
Våtmarker	40-94	(-4)-90	21	(-29)-82	27-94	18
Sandfilter	60-80	60-80	(-110)-0	10-80	60-80	60-80

### Recipientklassificering i Stockholm stad (Stockholm stad, 2000a)

Klassificeringen är att betrakta som en grov bedömning av de olika recipienterna. En bedömning av recipientstatus är mycket komplex och en poängsättning av den typ som gjorts kan aldrig helt beskriva tillståndet/värdet för en recipient.

Förklaring av använda parametrar i tabellen:

---

#### Värde

- E:       1. Ingår i Stockholms ekologiskt särskilt känsliga tillrinningsområden (ESKO)  
          2. Ingår inte Stockholms ekologiskt särskilt känsliga tillrinningsområden
- R:       1. Mycket högt rekreativsvärde  
          2. Högt rekreativsvärde  
          3. Rekreativsvärde

#### Känslighet

- OT:      1. Mycket känslig för organiska föroreningar/tungmetaller  
          2. Känslig för organiska föroreningar/tungmetaller  
          3. Mindre känslig för organiska föroreningar/tungmetaller
- N:       1. Mycket känslig för närsalter  
          2. Känslig för närsalter  
          3. Mindre känslig för närsalter
- H:       1. Mycket känslig för hydrologiska störningar  
          2. Känslig för hydrologiska störningar  
          3. Mindre känslig för hydrologiska störningar
-

Bad har endast angetts där officiellt bad med provtagning förekommer

RECIPIENT	VÄRDE					KÄNSLIGHET	KOMMENTAR
	E	R	N	OT	H		
Brunnsviken	1	1	1	1	2		Ingår i Nationalstadsparken. Mycket högt natur- och rekreationsvärde, bad och fiske.
Laduviken	1	1	2	1	3		Ingår i Nationalstadsparken. Naturreservatsbildning pågår för Norra Djurgården. Leklokal för groddjur.
Lappkärrret	2	1	2	1	3		Ingår i Nationalstadsparken. Naturreservatsbildning pågår för Norra Djurgården. Högt värde som fågelsjö.
Solfångar-dammen	1	1	1	1	2		Ingår i Nationalstadsparken. Viktig leklokal för groddjur.
Husarviken	2	3	2	2	3		Norra stranden ingår i Nationalstadsparken. Risk för markföroreningar.
Djurgårds-brunnsviken	1	1	2	3	3		Ingår i nationalstadsparken.
Uggleviken	1	1	1	1	1		Ingår i Nationalstadsparken. Naturreservatsbildning pågår för Norra Djurgården. Stockholms förnämsta fuktlövskog/våtmark med höga naturvärden av regionalt intresse.
Isbladskärret	1	1	2	1	3		Ingår i Nationalstadsparken. Naturreservatsbildning pågår för Södra Djurgården. Mycket högt värde som fågelsjö och groddjurslokal.
Räcksta Träsk	2	1	2	2	2		Naturreservatsbildning av Grimstaskogen pågår. Leklokal för groddjur
Judarn	1	1	1	1	1		Ingår i naturreservat. Viktig fågelsjö och groddjurslokal.
Kyrksjön	1	1	1	1	1		Ingår i naturreservat. Viktig fågelsjö och groddjurslokal. Botten täckt av rödlistad kransalg som är föroreningskänslig.
Lillsjön	2	2	1	1	2		Viktig lokal för fiskreproduktion.
Magelungen	1	1	1	2	1		Försiktighet med åtgärder vid Magelungs- och Kräppladiket. Mycket näringsrik sjö. Bad och fiske.

Bad har endast angetts där officiellt bad med provtagning förekommer

RECIPIENT	VÄRDE		KÄNSLIGHET			KOMMENTAR
	E	R	N	OT	H	
Drevviken	2	2	1	2	2	Mycket näringsrik sjö. Bad och fiske.
Flaten	1	1	1	1	1	Naturresevatbildning pågår. Mycket högt natur- och rekreationsvärde, bad, fiske mm.
Ältasjön	2	2	2	2	2	Fågellokal. Bad på Nackasidan.
Sicklasjön	2	1	2	2	2	Bad i Nacka.
Trekanten	2	1	1	2	1	Risk för markföroreningar. Bad och fiske.
Långsjön	2	2	1	2	1	Viktig reproduktionslokal för groddjur. Mycket näringsrik sjö. Bad.
Bällstaviken- Ulvsundasjön	2	3	2	2	3	Lågt naturvärde. Bad.
Årstaviken	2	1	2	2	3	Ganska stort naturvärde och av värde för sportfiske. Naturresevatbildning pågår för Årstaskogen. Risk för markföroreningar.
Hammarby sjö	2	3	3	3	3	Lågt naturvärde. Fiske
Riddarfjärden	2	2	3	2	3	Stort friluftsintrasse, bad och fiske.
Karlbergskanalen - Klara sjö	2	2	3	3	3	Högt rekreationsvärde vid Karlbergskanalen och Karlbergssjön. Badförbud i Klara sjö.
Östra Mälaren	2	1	3	2	3	Stort naturvärde och mycket stort friluftsintrasse, bad och fiske.
Saltsjön	2	3	3	3	3	Fiske.
Lilla Värtan	2	2	3	3	3	Stort friluftsintrasse, bad och fiske.
Igelbäcken	1	1	1	1	1	Naturresevatbildning pågår. Förekomst av hotad föroreningkänslig fiskart. Risk för markföroreningar.
Bällstaån	2	3	2	2	2	Kraftigt belastad med föroreningar.



Karta och urvalskriterier för Ekologiskt Särskilt Känsliga Områden - ESKO  
(www.miljorten.stockholm.se, 2004; Stadsbyggnadskontoret, 1995)



Tabell 7a Urvalskriterier för Ekologiskt Särskilt Känsliga Områden (Stadsbyggnadskontoret, 1995).

URVALSKRITERIER								
Ekologiskt Särskilt Känsliga Områden	Vattenområden särskilt känsliga för närsaltbelastning	Bottensediment med stort metallinnehåll	Vattenområden särskilt känsliga för reduktion av tillrinningsområdet	Livsmiljöer för hotklassade arter	Gamla ädellövbestånd	Våtmarker och små vattendrag	Stränder av betydelse för biologisk mångfald	Vattenområden av betydelse för fiskars vandring och lek
Stränder							●	
Våtmarker						●		
Järvafältet-Hansta			●	●	●	●	●	
Kyrksjön			●	●		●	●	
Judarn	●		●	●		●	●	
Brunnsviken		●		●	●		●	
N. Djurgården				●	●	●	●	
S. Djurgården				●	●	●	●	
Stockholms Ström								●
NV. Magelungen			●			●	●	
Flatenområdet	●		●	●	●	●	●	



