

# Grundvattenkvalitén i urban miljö

En förstudie till Stockholm stads grundvattenundersökning



Ulrik Fried



## **INSTITUTIONENS FÖRORD**

Denna uppsats är utförd som ett examensarbete vid Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet. Examensarbetet ingår som en kurs inom masterutbildningen Miljö- och hälsoskydd, 60 högskolepoäng.

Examensarbetets omfattning är 15 högskolepoäng (ca 10 veckors heltidsstudier).Handledare för examensarbetet har varit fil.dr. Tonie Wickman, Miljöförvaltningen i Stockholms stad.

Författaren är ensam ansvarig för examensarbetets innehåll.

Stockholm i maj 2013

Anders Nordström  
universitetslektor, kursansvarig



## **Abstract**

The groundwater in Stockholm has been influenced by human activity for a long time. The city of Stockholm has conducted two surveys (1997 and 2003-2004) and a third is on its way to measure the quality of its groundwater. Even if the groundwater is not used as drinking water it is an important source for lakes and streams. The surveys function as an indicator of the environmental status and display wide spectra of different pollutants. This project aimed to investigate the condition and functionality of test points used in previous surveys and, by searching the literature, to identify new potential chemicals that could pose a threat and should be included in an upcoming survey. The project also included a minor groundwater analysis of chlorinated aliphatic hydrocarbons and perfluorinated compounds, groups that were identified in the literature study. The results indicate that new chemicals could be worth considered to be included in an upcoming survey. Several perfluorinated compounds were detected at different test sites. Awareness of the potential harmful effects of previously none analyzed chemicals in the urban environment is an important consideration when conducting a survey. The inventory of old test points confirmed that Stockholm is a constantly developing city meaning that many sites could not be reused or did not even exist. This is also an important consideration to take into account when preparing for a survey.



## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte .....	1
2	Bakgrund .....	2
2.1	Grundvatten i storstäder.....	2
2.2	Stockholms grundvatten .....	2
2.2.1	Grundvattenkvalitetsundersökningar utförda i Stockholm .....	3
2.3	Lagstiftning och miljömål kring grundvatten .....	4
2.4	Miljögifter och kemikalier .....	5
2.5	Klorerade alifatiska kolväten.....	5
2.6	Perfluorerade ämnen .....	6
3	Metod.....	8
3.1	Inventering och funktionstestning av grundvattenrör.....	8
3.2	Litteraturstudie för att identifiera organiska miljöföroreningar som skulle kunna ingå som parametrar i kommande grundvattenkvalitetsundersökningen.....	8
3.3	Analys av perfluorerade och klorerade alifatiska ämnen i grundvatten.....	9
4	Resultat .....	10
4.1	Inventering och funktionstest av provtagningspunkter.....	10
4.2	Motiv för analys av nya organiska miljöföroreningar .....	12
4.3	Analys av utvalda organiska föroreningar i Stockholms grundvatten .....	14
4.3.1	Perfluorerade ämnen .....	14
4.3.2	Klorerade alifatiska ämnen .....	15
5	Diskussion.....	16
5.1	Inventering och funktionstest av provpunkter .....	17
5.2	Nya organiska ämnen för kommande grundvattenundersökning .....	17
5.3	Förekomst av klorerade alifatiska ämnen i Stockholms grundvatten.....	19
5.4	Förekomst av perfluorerade ämnen i Stockholms grundvatten .....	19
5.5	Slutsats .....	20
6	Tack .....	21
7	Bilagor .....	22
8	Referenser .....	23





# 1 Inledning

Två gånger tidigare, 1997 och 2003-2004, har kvalitén på Stockholms grundvatten undersökts och båda gångerna har det konstaterats att vattnet är tydligt påverkat av mänsklig aktivitet. Under 2012-13 är det aktuellt med en ny grundvattenkvalitetsundersökning och detta examensarbete ingår som en förstudie till den nya undersökningen. Målsättningen med examensarbetet är att belysa ett antal praktiska och teoretiska förutsättningar inför grundvattenundersökningen så att ett ännu större utbyte kan erhållas av undersökningen.

## 1.1 Syfte

Det är främst höga halter av tungmetaller samt höga salthalter, hög alkalinitet, högt pH och hög konduktivitet som visar det urbana samhällets avtryck i Stockholms grundvatten. Vad man finner beror förstås på vad man letar efter och ett **syfte med detta arbete är att analysera och lyfta fram nya organiska ämnen som påverkar människors hälsa och miljön och skulle kunna finnas i Stockholms grundvatten**. I undersökningen 1997 analyserades organiska miljögifter som PAH'er, PCB'er och pesticider och 2003 utökades dessa med alkylfenoler och ftalter men flera av vattendirektivets prioriterade ämnen har inte analyserats. Undersökningar gjorda på dagvatten, avloppsvatten och sediment i Stockholm (Svenskt Vatten 2010a, 2010b och IVL 2003) indikerar indirekt att flera föroreningar även skulle kunna hittas i Stockholms grundvatten. Studier från andra storstäder pekar också på att om en bra bild av statusen på grundvattenkvalitén ska erhållas bör flera organiska miljögifter som är kopplade till det moderna samhället analyseras (Loos et al. 2010). De provpunkter som använts vid undersökningarna har till övervägande del varit rör som används för grundvattennivåmätningar vilket inte har varit optimalt i hänseende till placering eller funktion för miljöövervakning. Flera rör som användes 1997 visade sig inte fungera eller vara borta då man skulle utföra undersökningen 2003 varför en jämförelse försvårades. Det **andra syftet med detta arbete är att inventera och funktionstesta de rör som använts** tidigare för att se om de gamla provpunkterna går att använda eller om det är motiverat att sätta nya rör som är anpassade till miljöövervakning och där placeringen kan väljas utifrån kriterier som utgår från grundvattenströmningar och föroreningsituation. I samband med inventering och funktionstest **syftar arbetet också till att ta prover och analysera ett begränsat antal miljögifter som det skulle kunna bli aktuellt att komplettera den större kommande undersökningen med** om det visar sig att de utgör en potentiell förorening. Perfluorerade ämnen och klorerade alifatiska lösningsmedel valdes ut för en förstudie genom att analysera prover från fem olika provpunkter som var med i undersökningen 2003. De olika provpunkterna är valda så att de ska representera skilda föroreningsituationer och en viss geografisk spridning.



## 2 Bakgrund

Vatten kallas grundvatten från att det via nederbörd trängt ner i marken och nått den mättade vattenzonen tills att det strömmar ut i sjöar och vattendrag och bildar ytvatten. Vattnets kretslopp fullbordas av avdunstning och transpiration från växter som bildar ny nederbörd. Tiden för vattnet i tillståndet som grundvatten kan vara allt från dagar till hundratals år och beror på de hydrogeologiska förutsättningarna. Grundvatten är jordens största magasin av sötvatten (undantaget det vatten som är bundet i is) och mycket viktig för dricksvattenförsörjningen men en god grundvattenkvalitet är också av största betydelse för livet i sjöar och vattendrag. I urbana miljöer påverkas grundvattnet av människan på flera sätt. Grundvattnets nivåer, strömningar och kvalitet påverkas bland annat av byggnationer, trafik, avloppssystem och dagvattensystem. Föroreningar på och i marken och i nederbörden följer i varierande omfattning, beroende på fysikaliska och kemiska egenskaper, med vattnets flöde och kan i slutändan påverka ekosystem och människor.

### 2.1 Grundvatten i storstäder

Urbanisering leder till stora förändringar för grundvattnets förutsättningar och på många platser är den naturliga vattenbalansen satt ur spel. Flera grundläggande effekter kan iaktas såsom ändrade grundvattennivåer, förändringar i mönster och mängder av tillrinning, kvalitén på grundvattnet försämras och nya uttagsstrategier tvingas fram (Knutson och Morfeldt, 1993, BGS, 2008). I Stockholm saknas grundvattenvattentäkter varför det främst är de tre första effekterna som är påtagliga. Grundvattennivåer påverkas av bl.a. tunnelbyggen och dränering, schaktning och sprängning vid olika typer av nybyggnation liksom den ökade mängden hårdgjorda ytor som minskar tillrinningen till grundvatten genom att istället leda nederbörden till dagvattensystem. Storstäder har omfattande avlopps- och dagvattenledningssystem som på grund av ålder eller sättningskador kan läcka till grundvattnet.

Genom mänsklig aktivitet, som är synnerligen intensifierad och komplex i stora tätorter, ökar också risken för föroreningar till grundvattnet. Utsläpp från industrier och andra verksamheter såsom tvätterier, deponier, upplag och även olyckor tillsammans med diffusa utsläpp från t ex trafik, byggnader och avloppsnät ger ett grundvatten som kan innehålla många olika föroreningar (Vazques-Sune, 2005).

Med tanke på den uppsjö av faktorer som kan påverka grundvattnets kvantitet och kvalitet i urban miljö är det oerhört viktigt att utföra en kontinuerlig övervakning om man har för avsikt att inte försämra dess status. På så sett kan man upptäcka förändringar och trender och analysera om och hur effektivt olika åtgärder ger resultat.

### 2.2 Stockholms grundvatten

Stockholms grundvatten används inte som dricksvatten utan för detta ändamål används idag ytvatten från Mälaren. Mälaren (tillsammans med Saltsjön) utgör huvudrecipient för det grundvatten som bildas i Stockholm vilket i teorin betyder att Stockholms dricksvatten skulle kunna påverkas av dess grundvatten. Eftersom intagspunkterna för dricksvatten i Mälaren ligger uppströms Stockholms stad är påverkan minimal men om strömningsriktningen skulle ändras, tex vid klimatförändringar, så skulle påverkan kunna vara betydligt större eller när

havets yta stigit mer än landhöjningen. Detta skulle kunna medföra att Saltsjöns vattennivå betydligt oftare än idag skulle vara högre än Mälarens. Förutom risken för inträngning av saltvatten skulle risken för spridning av föroreningar från grundvattnet öka. Detta eftersom tillfälliga och ökade variationer av grundvattennivån exponerar markföroreningar för urlakning och sker detta i kombination med en förändrad strömriktning kan Stockholms urbana miljö påverka vattenkvaliteten i Mälaren betydligt mer i framtiden (Regionplane- och trafikkontoret, 2009). Om inte föroreningsituationen och den fysiska påverkan varit som den är idag hade Stockholmsåsen/Brunkebergsåsen, Stockholms enda stora grundvattentillgång, haft potential att utgöra en betydande källa för dricksvattenförsörjningen (Nordström, 2005).

Stockholmsområdet utgörs geologiskt av ett sprickdalslandskap med berg i dagen blandat med dalgångar fyllda med morän och lager av lera och ibland torv och fyllnadsmaterial och åsmaterial i ett stråk från norr till söder. Det ytligare jordgrundvattnet kan ibland förekomma i skilda lager över varandra där lerskikt fungerar som täta avgränsningar. Vid grundvattenundersökningen 1997 utarbetade SGU grundvattenkartor som beskriver grundvattentillgången, strömningsriktningar, vattendelare, markförhållanden, byggnationer och potentiella föroreningskällor, kartor som utgör ett stort hjälpmedel i planeringen av miljöövervakningen (SGU 1997). De två huvudrecipienterna i Stockholm är Mälaren och Saltsjön men det finns också ett flertal mindre recipienter i form av sjöar, bäckar och våtmarker vars ekosystem påverkas av kvalitén på tillrinnande grundvatten. Grundvattnet i Stockholm har under en lång tid utsatts för påverkan från människan vilket resulterat i ett vatten vars status är långt ifrån den goda kvalitet som eftersträvas i miljömålet. Grundvattenkvaliteten speglar gamla synder och den komplexitet ett urbant landskap utgör, men även om en betydligt större hänsyn tas till miljöeffekter i dagens samhällsplanering visar kemiska analyser av grundvattnet också nyare påverkan.

### 2.2.1 Grundvattenkvalitetsundersökningar utförda i Stockholm

Den första grundvattenkvalitetsundersökningen i Stockholm utfördes av SGU 1997 som ett delprojekt i "Vattenprogram för Stockholm" för att öka kunskapen om kvalitén på stadens grundvatten som dittills varit mycket begränsad (SGU, 1997). Med utgångspunkt från en grundvattenkartering och en sårbarhetsanalys utfördes en provtagning av grundvattnet på 75 platser runt om i Stockholms stad. Det var det ytliga jordgrundvattnet som analyserades och vattenprover togs i stor utsträckning från befintliga grundvattennivåer. Urvalet av provpunkter hade sin grund dels i en kartläggning av förorenade markområden som Miljöförvaltningen utfört men provpunkter valdes också för att de representerade industriområden, tippar, trafik- och vägnät, misstänkt dag- och avloppsvattenläckage, betydande grundvattenförekomster och vissa var slumpade för att få en god geografisk spridning. I undersökningen kunde man visa att Stockholms grundvatten var kraftigt påverkat av mänsklig aktivitet. Framför allt var halterna av flera tungmetaller mycket höga men i jämförelse med övriga landet var också salthalter, pH, alkalinitet och bakteriehalter förhöjda i många provpunkter. Av de organiska föroreningarna upptäcktes höga halter av triaziner (växtskyddsmedel), EGOM (petroleumkolväte) och PAH'er i många provpunkter medan PCB'er inte verkade utgöra ett problem.

Under 2003-2004 gjorde Sweco-VIAK på uppdrag av Miljöförvaltningen en ny undersökning av grundvattenkvaliteten i Stockholm (Sweco-Viak 2004). I mycket bekräftade den nya undersökningen den som gjordes 1997 även om bl.a. tungmetallhalterna, triaziner, bakterier

och PAHer hade minskat. Denna gång undersöktes också förekomsten av alkylfenoler och ftalaten DEHP samt MTBE (bensintillsats) och av dessa organiska föroreningar fann man att DEHP var detekterbart i flera provpunkter.

Ett problem då man skulle upprepa den första undersökningen var att många av de provpunkter som användes 1997 inte gick att använda eller hade försvunnit på grund av nya byggnader och vägar vilket försvårade en jämförelse. Endast 35 provpunkter testades och flera av dessa var inte identiska utan närliggande till de som använts 1997. Dessutom var grundvattennivån väldigt låg vid mätningarna 2003-2004 vilket kan påverka vattenströmningar och processer i jorden vilket försvårar en direkt jämförelse. Det poängterades också att grundvattennivårören inte är optimala för miljöövervakning eftersom det är svårt att få tillräckliga vattenvolymer och underhållet av rören är bristfällig då flera av dem inte används för nivåmätning längre.

### 2.3 Lagstiftning och miljömål kring grundvatten

Dagens vattenmiljöarbete utgår från ramdirektivet för vatten från 2000 (2000/60/EG). En följd av direktivet blev att en vattenförvaltningsförordning instiftades och att vattenfrågor behandlas av fem vattenmyndigheter med en geografisk uppdelning utifrån vattnets naturliga avrinningsområden. Direktivet om skydd för grundvatten mot föroreningar och försämring (2006/118/EG) är en utveckling av ramdirektivet och preciserar skyddet för grundvatten inom EU. I Sverige är det SGU som är den myndighet som har det övergripande ansvaret för grundvattenfrågor och utfärdar regler gällande grundvattnet. I SGU:s föreskrift om statusklassificering och miljö kvalitetsnormer för grundvatten (SGU-FS 2008:2) redovisas de villkor som ska gälla i Sverige för att god grundvattenkvalitet ska uppnås och bibehållas. Vattenmyndigheterna genom länsstyrelserna styr vattenarbetet med utgångspunkt från ramdirektivet för vatten som bland annat innebär att alla vattenförekomster i Sverige ska ha uppnått god kvalitet till 2015. Det är också vattenmyndigheterna som definierar vilka vatten som ska kallas vattenförekomst och vilka som ska klassas som övriga vatten. I Stockholms fall har detta inneburit att Stockholmsåsen klassats som övrigt vatten vilket innebär att trycket på att grundvattnet ska uppnå god status till 2015 minskat. Kommunernas roll i vattenmiljöarbetet ligger framför allt på planering av mark- och vattenanvändning och tillsyn av miljöfarliga verksamheter och annat åtgärdsarbete men bedriver också lokal miljöövervakning.

I arbetet med att skapa ett hållbart samhälle och en god miljö och hälsa för kommande generationer har ett antal miljömål antagits. På nationell nivå är det framför allt tre miljömål som kan kopplas till grundvattenmiljöarbete: Grundvatten av god kvalitet, en giftfri miljö och levande sjöar och vattendrag ([www.miljomal.se](http://www.miljomal.se)). Miljömålet grundvatten av god kvalitet syftar till att säkerställa god kvantitativ och kvalitativ status på grundvattnet så att ett säkert och hälsosamt dricksvatten och förutsättningar för fungerande ekosystem och biologisk mångfald finns. Målen levande sjöar och vattendrag och en giftfri miljö inkluderar grundvatten som en del av vattnets kretslopp och en betydande recipient av miljögifter. Även på regional och lokal nivå finns liknande miljömål definierade som syftar till att skydda grundvattnets status. Vattenmiljöarbetet i Stockholms stad utgår från ett vattenprogram som antagits för åren 2006-2015. Här är de viktigaste punkterna gällande grundvatten att dess kvalitet ska bevaras eller förbättras och delmålen är att öka kunskapen om dess kvalitet

så att föroreningskällor kan identifieras och att i planerings- och tillsynsarbetet förhindra utsläpp till grundvattnet. Att identifiera och sanera förorenad mark är också en viktig åtgärd för att minska riskerna för kontaminering av grundvattnet.

## 2.4 Miljögifter och kemikalier

I dagens samhälle produceras och sprids en oerhörd mängd kemikalier varav många är skadliga för människors hälsa och miljön. Ämnen som faller inom kategorin PBT (persistenta, bioackumulerande och toxiska), CMR (cancerogena, mutagena och reproduktionsstörande) och hormonstörande är de som utgör de största långsiktiga riskerna. Idag är många av dessa ämnen förbjudna eller på väg att fasas ut/begränsas, bl. a. genom internationella konventioner och arbetet med REACH, men fortfarande används många och nya ämnen utvecklas. Kunskapen om ämnens eventuella negativa effekter på levande organismer är i många fall begränsad.

I vattendirektivet är 33 prioriterade ämnen listade vilka anses utgöra en betydande risk för vattenmiljön och syftar till att dessa ämnen successivt ska elimineras och utsläpp och spill ska upphöra (2000/60/EG och beslut nr. 2455/2001/EG). Genom införande av miljökvalitetsnormer för de prioriterade ämnena och vissa andra farliga ämnen ges myndigheter ett verktyg att avgöra status och kvalitén på ytvatten (2008/105/EG). I detta direktiv listas också nya förorenade ämnen som utvärderas och eventuellt kommer att föras upp på listan över prioriterade ämnen. Alla ämnen är inte relevanta i svenska vatten, då de inte använts här eller varit förbjudna sedan en lång tid tillbaka, men det kan ändå finnas en risk att vissa av dem kan förekomma här, exempelvis genom långväga atmosfärisk transport eller för att nedbrytningen kan ta mycket lång tid.

Ett ämnes fysikaliska och kemiska egenskaper bestämmer till stor utsträckning risken för att det ska kunna spridas som förorening i grundvatten. Benägenheten att spridas till grundvatten beror bl.a. på ämnets vattenlöslighet, flyktighet, densitet och rörlighet i marken, där rörligheten i huvudsak beror av ämnets adsorption till organiskt material och lerpartiklar. Föroreningshalterna i grundvatten påverkas också av om ämnet utsätts för kemiska reaktioner och nedbrytning via mikroorganismer.

Vilka mängder som omsätts av kemikalien i samhället är också relevant för sannolikheten att det skulle kunna uppstå som en förorening. Uppgifter om använda mängder kan fås från kemikalieinspektionen ([www.kemi.se](http://www.kemi.se)) och här kan man också i vissa fall få information om flöden och vilka produkter som ett ämne ingår i.

## 2.5 Klorerade alifatiska kolväten

Denna grupp av klorerade kolväten har använts i stor omfattning i Sverige men har efter förbud och reglering av användningen drastiskt minskat under de senaste tio åren (Produktregistret, Kemi). De används främst som lösningsmedel för avfettning och inom kemtvättindustrin men också som råvaror vid framställning av kemiska produkter (NV, 2007).

Dessa ämnen är i regel flyktiga vätskor med låg löslighet i vatten och de har högre densitet än vatten. De klassas som hälso- och/eller miljöfarliga och vissa är även cancerogena (vinylklorid, trikloreten och tetrakloreten). Flera av ämnena i gruppen klassificeras som

skadliga/giftiga för vattenlevande organismer (KIFS:2005:5). Nedbrytningen i grundvatten är relativt långsam med en halveringstid på några månader upp till något år. Nedbrytningen sker främst av mikroorganismer i anaerob miljö där kloratomer successivt byts ut mot väteatomer. På så sätt kommer exempelvis tetrakloreten via trikloreten, dikloreten och vinylklorid brytas ned till eten (Sweco, 2009b). SGU har satt upp riktvärden för trikloreten+tetrakloreten, triklorometan (kloroform) och 1,2-dikloreten i grundvatten för utvärdering av grundvattenkvaliteten (SGU-FS 2008:2).

Trikloreten som framförallt använts i verkstadsindustrin och tetrakloreten som utnyttjas i kemtvättbranschen är tillsammans med diklorometan de klorerade lösningsmedel som haft störst omsättning med en årlig användning på över 1000 ton ända fram till mitten av nittioalet ([www.kemi.se](http://www.kemi.se)). Möjliga föroreningskällor är lösningsmedelcisterner, processutrustning, avloppsledningar och dagvattensystem och orsakas av spill vid hanteringen eller läckage från behållare, processutrustning, sandfång eller oljeavskiljare (NV, 2007).

## 2.6 Perfluorerade ämnen

Hos perfluorerade ämnen är alla väteatomer i kolkedjan ersatta av fluor vilket resulterar i en mycket stabil och svårnedbrytbar molekyl. De är både vatten- och fettavvisande och mycket stabila mot upphettning och kemisk och biologisk nedbrytning.

Perfluorerade ämnens egenskaper gör dem mycket användbara som ytbehandlingsmedel för en lång rad konsumentprodukter som till exempel kläder, möbler, matförpackningar och papper. De finns också i rengöringsmedel, kosmetika, elektroniska komponenter och i brandsläckningsskum. Dessutom har de en lång rad industriella användningsområden (Järnberg et al. 2003).

De två vanligaste förekommande perfluorerade ämnena är PFOS (perfluorinated octane sulfonate acid) och PFOA (perfluorinated octanoic acid). Båda är klassificerade som cancerogena och PFOS är även karakteriserad som en PBT substans och upptagen på Stockholms POP lista (US EPA, Stockholm POP, Kemi).

Flera studier har visat att perfluorerade ämnen är vida spridda i naturen. Högst koncentrationer finns i industrialiserade områden men ända upp i de arktiska områdena kan de detekteras (AMAP, 2004). De har hittats i flera olika miljömatriser bland annat luft, vatten, biota och även i humant blod. I Sverige finns ingen produktion av perfluorerade ämnen utan spridningen kommer från frisättning av ämnena från konsument- och industrivaror. De främsta spridningsvägarna antas vara luft och ytvatten samt biomagnifiering i näringskedjan. En dokumenterad punktkälla är brandövningsplatser där man använt brandskum innehållande perfluorerade ämnen. I närområden vid Arlanda flygplats har förhöjda halter uppmätts i vatten, sediment och biota (IVL, 2010). Höga halter i avloppsvatten/slam och deponier visar på den diffusa spridningen från olika varor i samhället (IVL, 2006, Järnberg 2003).

PFOS och PFOA tas lätt upp i kroppen och koncentreras till lever och blod. Hos försöksdjur har leverförstoring och sänkta halter av blodfetter konstaterats efter exponering av perfluorerade ämnen och dessutom har en sämre överlevnad iakttagits hos nyfödda möss där mamman exponerats. Hos arbetare som exponerats för höga halter perfluorerade ämnen har förändrade halter av sköldkörtelhormon konstaterats men exponeringen för

perfluorerade ämnen hos normalbefolkningen ligger betydligt under de nivåer som försöksdjur och personer som exponerats i arbetet utsatts för (KI, Miljömedicin 2010).



## 3 Metod

### 3.1 Inventering och funktionstestning av grundvattenrör

Mot bakgrund av erfarenheten från grundvattenkvalitetsundersökningen 2003-2004, då drygt hälften av de provpunkter som användes 1997 visade sig vara borta eller i för dålig kondition, är det viktigt att inventera statusen och förutsättningarna inför kommande undersökning. Informationen om placering och funktion av 2003-2004 års provpunkter fanns i form av koordinater och en lista på provpunkter som uppvisat god funktion 2003-2004, dock saknades detaljerade kartor och fotodokumentation (undantaget de provpunkter som ingår i WSPs grundvattennivåmättningsnät). De provpunkter som undersöktes 2003-2004 (36 st) plus 7 provpunkter från 1997 som kategoriserades som särskilt förorenade (Sophia Thomasdottter 2010) valdes ut (se bilagor 1 och 2, rörinventering och karta). Via ST74 koordinaterna på platserna togs kartor fram med provplatserna utmärkta. Koordinaterna omvandlades också från ST74 till WGS 84 för att kunna använda nu gällande kartor och satellitbilder. En första inventering för att se om grundvattenrören existerade gjordes i augusti 2010. I nästa steg återbesökte vi de rör som existerade och bedömdes vara möjliga att använda tillsammans med en vattenkonsult från WSP. Under 30-31/8 2010 funktionstestades rören. Grundvattennivån och avståndet till rörbotten mättes med lod. En peristaltisk pump kopplad till en nedstoppad polyeten slang användes för att se om det gick att pumpa upp vatten och vi beräknade ungefärligt flöde (volym upptaget vatten/ tidsenhet) för att få en uppfattning om möjligt vattenuttag.

### 3.2 Litteraturstudie för att identifiera organiska miljöföroreningar som skulle kunna ingå som parametrar i kommande grundvattenkvalitetsundersökningen

I urban miljö är föroreningskällorna oftast fler och större än på landsbygden och listan på ämnen som kan påverka grundvattenkvalitén skiljer sig från lands-, skogs- och jordbruksbygd. Ofta kan man anta att många fler miljöfarliga ämnen riskerar att detekteras i olika matriser i storstaden. Det kan också vara så att vissa ämnesgrupper, exempelvis bekämpningsmedel, inte är lika vanliga i storstäder utan företrädesvis bör kontrolleras vid undersökningar i jordbruksbygd. I och med att förutsättningarna kan vara väldigt olika är det också viktigt att undersökningsparametrarna väljs så att frågan om grundvattnets kvalitativa status kan besvaras så heltäckande och relevant som möjligt.

För att identifiera organiska miljöföroreningar som är motiverade att undersöka i en grundvattenkvalitetsundersökning i Stockholm utgår litteraturstudien från vattendirektivets prioriterade ämnen, Helcoms lista över ämnen som påverkar livet i Östersjön, Stockholms POP (Persistent organic pollutants) lista inklusive de nyligen (2009) listade ämnena och OSPARs lista på kemikalier som påverkar den marina miljön i nordöstra Atlanten samt ämnen som är upptagna i SGUs förordning för bedömning av god grundvattenkvalitet (SGU-FS 2008:2) (Bilaga 4). Genomgången är fokuserad på organiska miljöföroreningar och tar följaktligen inte upp tungmetaller. Även bekämpningsmedel har uteslutits, trots att de i de flesta fall är organiska ämnen, för att de är miljögifter mer relaterade till jordbruksbygd än utpräglad urban miljö. Dessutom visade undersökningen 2003-2004 mycket liten påverkan

från bekämpningsmedel. Ett antal organiska ämnen har redan testats i tidigare undersökningar, exempelvis PAH'er, PCB'er, ftalater och alkylfenoler varför genomgången görs översiktligt för dessa ämnen.

Följande typer av undersökningar granskades för att se om ett ämne undersökts och detekterats tidigare vilket skulle kunna motivera att inkludera ämnet i kommande grundvattenundersökningar:

1. Undersökningar av organiska miljögifter i Stockholm i matriserna dagvatten (Svenskt Vatten 2010*b*), sediment (IVL, 2003), avloppsvatten (Svenskt Vatten 2010*a*) och ytvatten (Sweco 2009*a*).
2. Nationella och internationella grundvattenkvalitetsundersökningar. (Grundvattenundersökning från Dalarna (2008), Skåne (2009), SGU screening (2010) (svenska delen av en paneuropeisk undersökning), En paneuropeisk undersökning (Loos et al. 2010) och en amerikansk studie av organiska ämnen i grundvatten (Barnes et al. 2008).)

### 3.3 Analys av perfluorerade och klorerade alifatiska ämnen i grundvatten

I samband med funktionstestningen av grundvattenrören togs vattenprov för analys av perfluorerade ämnen och klorerade alifatiska ämnen. Valet av dessa ämnesgrupper grundar sig på litteraturgenomgången. Av betydelse hade också kostnadsaspekten vilket begränsade antal undersökta ämnesgrupper och antalet undersökta provpunkter. För att en provpunkt skulle komma ifråga skulle vattnet i röret kunna omsättas tre gånger innan vattenprovet pumpades upp. De ekonomiska förutsättningarna begränsade antalet provpunkter till 5 för varje ämnesgrupp (se tabell 4.3.1 och 4.3.2). Provpunkter valdes så att en viss geografisk spridning erhöles samt att kategorierna hårt förorenade och relativt förorenade provpunkter var representerade (enligt examensarbete av Tomasdotter, 2010). Kategorin mindre förorenade platser uteslöts som provpunkter i denna begränsade studie.

Vid provtagningen användes utrustning som är anpassad till miljöövervakning, för att minimera kontamination, och provtagningsförfarandet utfördes så att möjliga felkällor minimerades. Vatten pumpades upp med en peristaltisk pump i en polyetenslang kopplad till en kort silikonlang. En glasflaska fylldes med en liter vatten för analys av perfluorerade ämnen. Flaskan förvarades i rumstemperatur tills den skickades till analyslab. Analysen utfördes av Eurofins Gfa med LC/MS-MS och detektionsgränsen var mellan 1-5 ng/l (rapporteringsgränsen var mellan 5-7 ng/l). Labbet är ackrediterat för analys av perfluorerade ämnen enligt DIN EN ISO/IEC 17025:2005 (se tabell 4.3.1 för ingående ämnen). Till analysen av klorerade alifatiska ämnen tappades 100 ml vatten på syrabehandlade mörka glasflaskor (tillhandahållna av analyslab). Flaskan fylldes långsamt i jämn takt och utan att någon luft fanns kvar för att undvika att de relativt flyktiga ämnena lämnar vattnet. Proverna förvarades i kyl innan och under transport till analyslab. Analysen utfördes av Alcontrol B V NL. med en ackrediterad GC/MS metod. Detektionsgränsen var 0,1-0,2 ug/l (se 4.3.2 för ingående ämnen).

## 4 Resultat

### 4.1 Inventering och funktionstest av provtagningspunkter

Samtliga provpunkter från undersökningen 2003-2004 och sju stycken som endast var med 1997 men som konstaterats vara särskilt förorenade försökte vi identifiera. Från undersökningen 2003-2004 hade 22 provpunkter betecknats som rör med god funktion, och en genomgång av föroreningsstatusen har också redovisats (Sophia Tomasdotter, 2010) vilket gav oss en lista på rör som var synnerligen angelägna att hitta. Inventeringen av tidigare använda provpunkter redovisas som bilaga (Rörintivering). Av 43 möjliga provpunkter fann vi 25. Anledningen till att ett provtagningsrör inte kunde hittas var i de flesta fall att nya byggnader och vägar hade tillkommit på den plats röret var placerat. Resultatet av funktionsdugligheten av de 25 funna rören finns redovisat i tabell 1. Av dessa rör bedömdes 13 stycken ha god funktion, 6 medelgod funktion och 6 dålig funktion. God funktion definieras som att flödet var så pass stort att omsättning och provuttag kunde ske för större volymer (>1 liter) inom 30 min. Medelgod funktion innebär att det fanns ett kontinuerligt flöde vilket skulle göra det möjligt att ta ut mindre volymer (ca 100 ml) inom 30 min. Dålig funktion betyder att mycket litet eller inget flöde erhöles och att röret inte går att använda som provtagningspunkt.

**Tabell 1.** Funktionstestning av rör (tabell med mer detaljerad information ges i bilaga 3).

Rör	Gv-nivå	Botten-nivå	V-pelare	PelarV.	Földe	Funktion
2. Liljeholmen	2,67	7,42	4,75		1,2 l/h	Medel
8B. Hjorthagen-Tennish.	3,16	5,46	2,3		4 l/h	God
9A. Värtahamnen kv.Hamb.	3,2	13,12	9,92		8,4 l/h	
10 A. Mariehäll	Röret borta-nybyggnation.					Dålig
10 C. Ulvsunda	3,36	5,51	2,15		20 l/h	
15. Åsen/Gamla stan	Kunde inte hitta däcksel.					
16. G-A torg	Kunde inte hitta röret -vi kollade flera brunnslock vid punkt					
16A. Åsen Normalm	Däcksel hittad men gick inte att öppna- inbyggts kruvlås.					
21. Södermalm V	Hänglås igenproppat- bultsax krävs.					
22A. Enskedefältet	4,01	9,53	5,52		Inget	
23.Gubbängen	2,77	9,13	6,36			
30. Johannelundtoppen	4,16	13,34	9,18		0,86 l/h	
32. Granholmen	3,27	8,48	5,21		8 l/h	
33. Sköndal/Flaten						Källa
39. Vinterviken	2,66	8,8	6,14		1,2 l/h	
41. Räcksta krem./GrimstalP	1,88	11,89	10,01		2,4 l/h	
43. Enskede gård	4,04	5,82	1,78		>3l/h	
46A. Tallkrogen/Sandemar	7,08	7,42	0,34		inget	
46B. Tallkrogen/O Nynäsv.	4,35	7,88	3,53		inget	
50. Skrubba	5	8,8	3,8		30-60 l/h	
52. Bergslagsv./Räcksta2"	1,28	7,48	6,2		2 l/min	
53. Enskede/Kärrtorp	5,25	13,65	8,4		5-10 l/h	
54. Spånga torg	2,47	4,5	2,03		inget flöde	
55. Beckomberga	2,55	7,4	4,85		1,2 l/h	
56B. Riksby	3,27	8,34	5,07		12 l/h	
66. Djurgården	2,7	10,82	8,12		1,2 l/h	
70. Skanstull	3,52	3,95	0,43		<0,3 dl/h	
73. Älvsjömässan	1,82	11,94	10,12		40-80 l/h	
74. Brommaplan	5,04	9,01	3,97		4,2 l/h	

## 4.2 Motiv för analys av nya organiska miljöföroreningar

Utgångspunkt för identifiering av nya organiska ämnen för kommande grundvattenundersökning är ett antal officiella och välgrundade listor med organiska ämnen som skadar miljö och hälsa. De listor som använts är:

1. Vattendirektivets lista över prioriterade ämnen (här förkortat VD-33),
2. Helsingforskommissionens lista (Helcom),
3. Stockholmslistan över persistenta organiska miljögifter (Sthlm POP),
4. OSPAR kommissionen (Oslo and Paris Convention for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic) (OSPAR),
5. Ämnen medtagna för bedömning om grundvatten är av god kvalitet enligt förordning SGU-FS 2008:2 (SGU).

I tabell 2 redovisas ovan nämnda listor i tabellform, efter det att metaller och biocider utelämnats, och en jämförelse med ämnen undersökta i grundvattenundersökningen 1997 och 2003-2004 redovisas. Tabell 2-4 ligger som bilagor 4-6.

Nästa steg analyserar om ämnena ovan har analyserats och detekterats i undersökningar i och runt Stockholm från de olika matriserna dagvatten, sediment, reningsverksvatten, reningsverksslam och ytvatten tabell 3.

I en andra utvärdering av organiska miljögifter har resultatet av flera grundvattenkvalitetsundersökningar sammanställts. Grundvattenundersökning från Dalarna (2008), Skåne (2009), SGU screening (2010)(svenska delen av en paneuropeisk undersökning), en paneuropeisk undersökning (Loos et al. 2010) och en amerikansk studie av organiska ämnen i grundvatten (Barnes et al. 2008)(tabell 4).

En sammanfattning av genomgången av organiska miljöföroreningar som detekterats i olika matriser och grundvattenundersökningar inklusive de gjorda i Stockholm 1997 och 2003-2004 visas i tabell 5.

**Tabell 5.** Sammanfattning av genomgången av organiska miljöföroreningar som detekterats i olika matriser och grundvattenundersökningar inklusive de gjorda i Stockholm 1997 och 2003-2004.

Kategori/Ämne	Olika matriser (tabell 3)	Grundvattenundersökningar (tabell 4)	Stockholm GV-1997	Stockholm GV-2003
Antracen				
Bensen				
Poly bromerade difenyletrar (särskilt pentaBDE)				
Kortkedjiga kloralkaner/klorparaffiner (SCCP), C10-13				
1,2-Dikloroetan				
Di(2-etylhexyl)ftalat (DEHP)				
Fluoranten				
Naftalen				
Nonylfenol (4-(para)-nonylfenol samt grenad)				
Oktylfenol (para-tert-oktylfenol)				
Pentaklorbensen				
Polyaromatiska kolväten (PAH)				
Tributyltenn föreningar				
Triklorbensener				
Triklormetan				
PCB				
HBCDD				
Dioxinlika PCBer				
Perfluorooktansulfonater (PFOS)				
Perfluorooktansyra (PFOA)				
Trikloretan				
Tetrakloreten				
Tetrabromobisphenol A (TBBP-A)				
Ämnen som inte finns på någon lista men som har detekterats i olika grundvattenundersökningar				
Metyltert-butyleter (MTBE)				
Caffeine				
Triclosan				
Toluene				
Bisfenol A				
Sulfamethoxazole				
Carbamazepine				
Övriga perfluoralkansulfonater (PFAS)				
Ibuprofen				
Diclofenac				
Grå= Har ingått i GV-undersökning i Stockholm				
Grön= Har inte ingått i GV-undersökning i Stockholm				

### 4.3 Analys av utvalda organiska föroreningar i Stockholms grundvatten

De två kemiska grupperna perfluorerade ämnen och klorerade alifatiska ämnen valdes ut för grundvattenanalys. Det finns flera motiv för att analysera perfluorerade ämnen i grundvatten. Dels har de detekterats i grundvatten i flera studier och dels är användningen vida spridd i samhället. Dessutom är denna grupp mycket persistent och har toxiska effekter och bioackumulerande potential.

Klorerade alifatiska ämnen har tidigare inte analyserats i grundvattenundersökningar i Stockholm men i Malmö har man i flera grundvattenundersökningar under 2000-talet detekterat ämnen från denna grupp (sammanställt i Sweco, 2009b). Några av de klorerade alifatiska ämnena är dessutom med som parametrar för klassificering för grundvatten av god kvalitet enligt förordning SGU-FS 2008:2.

Det är självklart flera förorenande ämnen som är av intresse att analysera men inom ramen för detta arbete var det tidsmässigt och ekonomiskt möjligt att analysera två grupper med fem provpunkter för varje grupp.

#### 4.3.1 Perfluorerade ämnen

Perfluorerade ämnen kunde detekteras på fyra av fem provpunkter. PFOA och PFOS var de vanligaste förekommande och fanns i grundvattenprov på fyra respektive tre platser. PFHxA förekom på två platser och i Ulvsunda detekterades dessutom PFDA, PFHpA, PFHxS och PFNA (se tabell).

**Tabell 6.** Uppmätta halter av perfluorerade ämnen i grundvatten på de fem utvalda provplatser (halterna redovisas i ng/l).

Provpunkt Ämne (ng/l)	8B. Värtan	10C. Ulvsunda	43.Enskede Gård	56B. Riksby	73.Älvsjö- mässan
PFBS	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5
PFDA	<5,0	5,6	<5,0	<5,0	<5,0
PFHpA	<5,0	26,9	<5,0	<5,0	<5,0
PFDS	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5	<7,5
PFDoA	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PFHxS	<7,5	16,7	<7,5	<7,5	<7,5
PFHxA	<5,0	32,0	<5,0	6,0	<5,0
PFNA	<5,0	15,6	<5,0	<5,0	<5,0
PFOS	6,9	88,3	<5,0	9,5	<5,0
PFOSA	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
PFOA	6,2	39,9	6,7	7,2	<5,0

### 4.3.2 Klorerade alifatiska ämnen

Det var endast ett ämne som uppmättes i halter över detektionsnivån (detektionsgräns 0,1 ug/l) och det var Cis-1,2-Dikloreten (1,8 ug/l) som påträffades i provpunkt 73. Älvsjömässan.

**Tabell 7.** Uppmätta halter av klorerade alifatiska ämnen i grundvatten på de fem utvalda provplatser (halterna redovisas i ug/l).

Ämne	Provpunkt	2.Liljeholmen	8B.Värtan	10C.Ulvsunda	43.Enskede gård	73.Älvsjömässan
1,1,1-Trikloreten		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1,2-Trikloreten		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,2-Dikloreten		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cis-1,2-Dikloreten		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8
Diklorbensen		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Monoklorbensen		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tetrakloreten		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Triklormetan		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Triklореten		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1



## 5 Diskussion

Genom att övervaka grundvattenkvalitén får man en god indikation på människans påverkan på miljön. Tillsammans med övervakning av ytvatten och sediment kan man få en god uppfattning av antropogen miljöpåverkan. Medan ytvatten visar snabba variationer ger undersökningar av sediment och grundvatten indikationer om långtidspåverkan. Sediment blir med tiden övertäckta och "stänger in" miljögifterna förutsatt att de inte blir uppslammade av någon anledning. Grundvattenföroreningar kan däremot fortsätta att transporteras under en lång tid och ha en påverkan långt efter det att föroreningen inträffade. Övervakning av grundvattnet är ett effektivt sätt att ta reda på människans föroreningspåverkan i mark där väldigt många fler markprover skulle behövas för att kunna ge generaliserbara resultat.

Att övervaka Stockholms grundvatten är också viktigt som underlag för bedömning av effekt på sjöars, våtmarkers och vattendrags ekosystem.

Stockholm använder inte grundvattnet till dricksvatten men grundvattnet utgör vattenkälla för sjöar och vattendrag. Miljöaspekterna skulle med andra ord väga tyngre än hälsoaspekterna i en undersökning. Mälaren som är Stockholms dricksvattenreservoar fylls kontinuerligt på med grundvatten, även om tillströmningen från Stockholms kommuns landandel är liten, så indirekt finns här också en hälsoaspekt. Dessutom utgör grundvattnet en potentiell reservdricksvattenkälla om Mälaren skulle slås ut.

Att Stockholms grundvatten är starkt påverkat av människan och storstadens miljöpåfrestningar har tidigare grundvattenundersökningar visat. I ett examensarbete från 2010 konstaterar författaren att det dock är svårt att se ett tydligt samband mellan föroreningskällor och föroreningshalter i Stockholms grundvatten (Tomasdotter 2010). Arbetet pekar på att diffusa källor som trafik och byggnader har stor betydelse för föroreningssituationen. Även en nyligen publicerad rapport om miljögifter i urban miljö pekar ut diffusa källor som starkt bidragande till miljögiftsituationen i urban miljö (Sternbeck och Österås, 2010). Många av dessa miljögifter är antropogena organiska föreningar med en bred användning i dagens samhälle. Detta är ett skäl till att undersöka grundvattnet på slumpmässigt utvalda platser som representerar stadens yta, samtidigt som det kan vara intressant att återkomma till redan etablerade provpunkter även om trendanalyser kräver en mycket lång tidsserie. Det finns också praktiska aspekter så som skadade och borttagna provpunkter, grundvattennivåvariationer och ändrade grundvattenflödesriktningar som försvårar möjligheten att jämföra prover över tid. Istället för att jämföra variationer mellan miljögiftsnivåer år från år och på specifika platser skulle övervakningen kunna ses som en långsiktig kartläggning av människans påverkan på grundvattnet och miljön.

Eftersom vattenanalyser är kostsamma krävs det flera överväganden i valet av ämnen som ska analyseras och hur många platser som ska undersökas. Ämnen som påträffats i tidigare undersökningar är intressanta att följa upp men det är också viktigt att vara lyhörd för forskning och trender inom kemikalieanvändningen som kan indikera att nya/andra miljögifter bör analyseras för att få en bra bild av grundvattenkvalitén.

## 5.1 Inventering och funktionstest av provpunkter

Resultatet av inventeringen visar att det rent praktiskt kan vara svårt att jämföra provpunkter över tid då nyttjandet av marken där de finns ändras över tid och flera grundvattenrör inte längre existerar. Att kunna använda rör som används eller har använts för grundvattennivåmätningar har varit en bra och billig metod att skapa ett stort nätverk av provpunkter. Det finns dock flera nackdelar att använda dessa rör; antalet rör som används för nivåmätningar har kraftigt minskat och de som inte används underhålls inte och det förs heller ingen dokumentation om deras kondition och tillstånd. Det här innebär att en omfattande förundersökning måste till varje gång en undersökning ska göras.

De provpunkter som lokaliserades kom i nästa moment att funktionstestas. Här kan vi konstatera att ytterligare ett antal skulle falla bort då flödet var mycket dåligt. En standard vid grundvattenkemiska undersökningar är att tre volymer ska tas upp ur röret innan själva provet tas för att erhålla ett representativt grundvattenprov. Med tanke på detta är det tveksamt om det på ett effektivt sätt skulle gå att använda de rör som vi bedömde ha medelgott flöde, särskilt om större volymer (0,5-1 l) ska tas ut. Dels tar det lång tid och dels kan det vara svårt att ta representativa och jämförbara prover av flyktiga och syrekänsliga ämnen. I slutändan kan man konstatera att 13 av de drygt 35 provpunkter vi undersökte uppvisade ett bra flöde och skulle kunna användas för att ta ut så stora volymer som behövs för kemisk analys.

Vi kan också konstatera att de tre rör som är så kallade "miljörör" dvs 2"- (HDPE) polyetenrör var etablerade på platser där man inte exploaterat. Alla hade god funktion även om underhållet inte varit optimalt, bland annat saknades lock på ett av rören. Bortsett från kostnaden att borra nya rör så finns det flera skäl till att använda miljörör för miljöövervakning på grundvattnet; större volymer kan tas, platsen kan bestämmas utifrån ett övervakningsperspektiv, underhåll kan lättare styras och en kontinuitet i provtagningen kan säkras men som sagt kan det vara svårt att förutse framtida exploateringsplaner som kan ändra förutsättningarna

## 5.2 Nya organiska ämnen för kommande grundvattenundersökning

Resultatet från genomgången av listor och undersökningar för att finna nya ämnen att inkludera i kommande grundvattenkvalitetsundersökning gavs i tabell 5. En mer utförlig diskussion av ämnena följer nedan.

Vid en genomgång av miljöfarliga ämnen som detekterats i andra matriser än grundvatten i Stockholm och som tidigare inte ingått i en grundvattenundersökning, hittades nio ämnen (tabell 6). Flera ämnen är *bromerade flamskyddsmedel (polyBDE, HBCDD och tetrabromobisphenol A (TBBP-A))*. Frågan är dock om de hittas i grundvatten då de är starkt partikelbundna och svårösliga i vatten (Toxprofile, CDC, 2004, Quevauviller, 2009). Detsamma gäller för *TBT* som hittats i höga halter i sediment (Quevauviller, 2009). TBT som använts som gift i båtbottnfärger är framför allt kopplat till föroreningar i sediment vid marinor och kustområden (SGU 2005). Kortkedjiga *klorparaffiner* har behandlats och analyserats i rapporter som berör svenska förhållanden men anses inte som ett problem i Sverige (NV, 2008 och Sweco 2009:1). Det indikerar att dessa ämnen inte är de mest prioriterade att ha med i en kommande undersökning. Däremot skulle de lösningsmedels

relaterade ämnena *triklormetan och tetrakloreten* kunna utgöra en förorening i grundvatten (vilket grundvattenundersökningarna i Dalarna och Skåne visar) . I sediment har pentaklorbensen och triklorbensener påvisats om än sporadiskt och i låga halter. De ingick också i SGUs screening av grundvatten 2003 men kunde inte detekteras (SGU 2010). Biota och sediment utgör troligtvis mer relevanta matriser än grundvatten för detektion av klorbensener (IVL, 2003 och 2004).

En genomgång av andra utförda grundvattenundersökningar pekar ut ett antal ämnen som skulle kunna ingå i en kommande grundvattenundersökning. Liksom ovan finns en grupp lösningsmedel exempelvis *klorerade alifater plus bensen och toluen* som detekteras frekvent även om denna studie indikerar att klorerade alifater inte utgör ett större problem i Stockholm. Vid analys av bensen och toluen vore det också intressant att analysera närbesläktade VOCer som etylbensen och xylene.

Undersökning av *perfluorerade ämnen* kan motiveras både genom litteraturgenomgången och av de resultat denna studie levererat.

När genomgången av tidigare undersökningar gjordes noterades ett antal organiska ämnen som analyserats och detekterats men som inte ingår i de listor med toxiska ämnen som vi utgick ifrån och alltså inte kvalificerar in enligt de kriterier vi ställt upp. Jag vill ändå kort kommentera några av dessa eftersom de i framtiden skulle kunna utgöra potentiella ämnen att analysera. En sådan grupp är läkemedel exemplifierade med Diclofenac, Carbamazepine, Ibuprofen och Sulfamethoxazole. Något som talar emot att undersöka läkemedelsrester i grundvatten är de relativt låga halter som noterades i inkommande avloppsvatten i en nyligen gjord studie i Stockholm (Stockholm Vatten AB, 2009). Här är det intressant att uppskatta hur mycket avloppsvatten som läcker till grundvattnet.

En annan kategori är konsumentprodukter då främst triclosan och koffein som man skulle kunna vänta sig att finna i grundvattnet. I SGUs undersökningspunkter från Stockholm detekterades koffein men inte triclosan. Slutligen visar resultatet från grundvattenundersökningar att Bisfenol A borde ingå i en grundvattenundersökning. Detta ämne är mycket vanligt i hårdplaster och används i stora volymer i samhället i dag. En svårighet med att mäta Bisfenol A i grundvatten är risken för kontamination av provet då ämnet är så vanligt förekommande.

Av de organiska ämnen som redan ingått i tidigare grundvattenundersökningar gjorda i Stockholm är det framförallt motiverat att fortsätta med ämnen där man detekterat förhöjda halter. Till denna kategori hör PAH:er och DEHP (ftalat). Vid undersökningen 2003-2004 uppmättes mycket höga halter av DEHP vid några provpunkter men det kunde inte helt uteslutas att detta berodde på en möjlig kontamination. Att undersöka DEHP och även andra ftalater på ett kvalitetssäkrat sätt borde vara prioriterat för att ta reda på hur statusen är med ftalater i Stockholms grundvatten.

Det kan också konstateras att en stor del av de ämnen som finns på de listor denna studie utgått ifrån inte har undersökts i någon av de rapporter som ligger till grund för framtagningen av nya ämnen som skulle kunna ingå i kommande grundvattenkvalitetsundersökning. Det innebär inte att de skulle vara ointressanta men det finns inget underlag här som stöder en analys. En begränsning i denna studie är förstås att endast en del, om än de mest relevanta, av alla undersökningar som gjorts har ingått i studien.

### 5.3 Förekomst av klorerade alifatiska ämnen i Stockholms grundvatten

Det var främst två anledningar till att vi valde att undersöka klorerade alifatiska ämnen. Dels har dessa ämnen detekterats i andra grundvattenundersökningar och dels har de uppställda riktvärden, enligt SGUs förordning om grundvatten av god kvalitet. Resultatet från de fem provpunkter vi undersökte tyder på att dessa ämnen inte skulle utgöra en förorening i Stockholms grundvatten. Endast provpunkten i Älvsjö hade detekterbara halter och det av ämnet Cis-1,2-Dikloreten (1,8 ug/l). Detta ämne ingår inte bland de som har uppställda riktvärden men är en nedbrytningsprodukt av tetrakloreten och trikloreten vilket indikerar att ett tidigare förorening med något av dessa ämnen skett.

Klorerade alifatiska ämnen har högre densitet än vatten vilket gör att de lägger sig på botten av grundvattenförekomster och efterhand kommer att ackumuleras i djupare grundvatten, vilket är något man kan se i Malmö (Sweco, Malmö stad, 2009). Provpunkterna i denna undersökning representerar ytligt grundvatten på 3-6 m djup, vilket gör att man skulle förvänta sig mindre risk för höga halter av klorerade alifatiska ämnen, om inte ett direkt utsläpp skett på platsen. Generellt skulle man kunna säga att förorening av klorerade alifatiska ämnen indikerar en lokal punktkälla då man undersöker ytligt grundvatten. Eftersom endast fem provpunkter testades är det svårt att bedöma om dessa ämnen skulle kunna utgöra ett problem för grundvattenkvalitén i Stockholm. Utifrån det resultat som erhöles kan man inte utesluta att de kan förekomma men att de inte verkar utgöra en större kontamineringsrisk. Användningen av klorerade lösningsmedel i Sverige har drastiskt minskat sedan 1990-talet vilket ytterligare styrker att dessa ämnen inte kommer att hittas i nämnvärda halter, åtminstone inte i ytligt grundvatten (NV, 2007). Med utgångspunkt från resultatet i denna undersökning kan inte klorerade alifatiska ämnen generellt ses som högprioriterade/högrisk ämnen för Stockholms grundvatten. Att undersöka förekomst av klorerade alifatiska ämnen skulle snarare vara kopplat till en bättre inventering av potentiella punktkällor.

### 5.4 Förekomst av perfluorerade ämnen i Stockholms grundvatten

I fyra av fem provpunkter kunde vi detektera förekomsten av en eller flera perfluorerade ämnen. PFOA förekom på fyra provpunkter och PFOS kunde detekteras i tre provpunkter. Dessa ämnen utgjorde därmed de vanligast förekommande perfluorerade ämnena vilket stämmer väl överens med andra studier. Det finns relativt få undersökningar om förekomsten av perfluorerade ämnen i grundvatten men i nyligen publicerade artiklar från mätningar i Tokyo, Japan och Arizona, USA har detekterbara halter observerats och då främst av PFOS och PFOA (Murakami, 2009 och Quinones, 2009).

Att vi i en provpunkt (Ulvsunda) detekterade sju olika perfluorerade ämnen visar att det är viktigt att analysera flera ämnen i gruppen för att få en vetskap om utbredning och komplexitet av denna miljöförorening. Ulvsunda ligger relativt nära Bromma Flygplats och det skulle vara intressant att gå vidare och se om det finns en koppling till en brandövningsplats och brandsläckningsskum som är en källa rik på perfluorerade ämnen. Förutom de relativt höga halterna i Ulvsunda som skulle kunna tyda på en punktkälla kan man konstatera att perfluorerade ämnen finns i en klar majoritet av provpunkterna och

skulle kunna vara resultatet av diffusa källor. Även om halterna är låga så är det anmärkningsvärt att det går att finna dessa mycket persistenta ämnen på så många platser. Resultatet visar att perfluorerade ämnen i allra högsta grad bör ingå i kommande grundvattenkvalitetsundersökning. Att jämföra resultatet från grundvattenundersökningen med undersökningar i andra miljömatriser (ex. mark, luft och biota) är viktigt för att se hur dessa ämnen fördelar sig och ackumuleras i naturen.

## 5.5 Slutsats

Utifrån resultatet från detta arbete kan man dra slutsatsen att endast ungefär en tredjedel av provpunkterna från undersökningen 2003 skulle gå att använda idag. Att driva nya rör som är anpassade till miljöövervakning borde vara en utgångspunkt för kommande undersökning. Argumenten för detta är 1) Val av plats utgår från ett miljöövervakningsperspektiv. 2) Miljöförvaltningen blir ansvarig för rören och skulle kunna ha bättre kontroll på statusen och underhållet. 3) De större rören (miljörören) medger säkrare och större uttag. 4) Ett väl fungerande provpunktsmaterial skulle kunna användas oftare och för specifika undersökningar av miljöförvaltningen eller andra (t.ex. forskningsinstitut) som har angelägna frågeställningar relaterade till grundvatten, miljögifter och urban miljö.

I valet av ämnen att undersöka visar detta arbete på att perfluorerade ämnen bör ingå. Även VOCer (bensen och toluene) och möjligen klorerade alifater finns det anledning att inkludera. Koffein och bisfenol A är intressanta ämnen om man tittar utanför listorna men ser vad som detekterats i andra undersökningar. En avvägning vid vilka och från hur många provpunkter man ska undersöka kan dock vara relevant ur både kostnads- och omgivningspåverkansskäl.

PAH-er och ftalater finns det anledning till att fortsätta undersöka. PCB-er och MTBE som undersökts tidigare men inte detekterats (MTBE detekterades i en provpunkt) ger sannolikt samma resultat vilket gör det tveksamt att inkludera dessa. Alkylfenoler (nonylfenol och oktylfenol) kunde heller inte konstateras vid undersökningen 2003/04 medan SGUs undersökning (SGU 2010) detekterade nonylfenol (och även nonylfenoletoxylat) på provpunkter som också används i Stockholms undersökning. Anledning till detta kan vara att detektionsgränsen vid SGUs undersökning (SGU 2010) var betydligt lägre. Resultatet visar att alkylfenoler (åtminstone nonylfenol och nonylfenoletoxilater) bör undersökas på flera provpunkter dock med en högre känslighet.

## 6 Tack

Tack till Tonie Wickmann, min handledare, som med stor entusiasm spridit sitt engagemang för miljö och grundvatten till mig. Du har gett mig goda råd och utomordentlig återkoppling plus att du visat ett fantastiskt tålamod.

Tack till Anders Nordström, min universitetshandledare, som fick in upp mitt intresse för grundvatten och kommit med kloka råd.

Jag vill också tacka alla på avdelningen för miljöanalys, Miljöförvaltningen i Stockholm för givande diskussioner och att ni delat med er av er kunskap.

## 7 Bilagor

Bilaga 1: Rörinventering

Bilaga 2: Karta över provpunkter (källa SGU, Grundvatten i Stockholm. Tillgång, Sårbarhet, Kvalitet, sidan 21, 1997.).

Bilaga 3: Funktionstestning av identifierade provpunkter.

Bilaga 4: Tabell 2, Genomgång av listor med prioriterade miljöfarliga ämnen.

Bilaga 5: Tabell 3, Genomgång av undersökningar av ämnen i andra matriser än grundvatten utförda i Stockholm.

Bilaga 6: Tabell 4, Genomgång av ämnen som ingått i andra nationell och internationella grundvattenundersökningar.

## 8 Referenser

Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) 2002. Persistent Organic Pollutants in Arctic, Oslo 2004.

Barnes, K. K. et al. A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States - I) Groundwater, *Sci. Tot. Env.* (402), pp192-200, 2008.

British Geological Survey, Groundwater Information Sheet –The impact of urbanization, 2008.

IVL, Screening av organiska miljögifter i fisk- HCBd och klorbensener, B1557, 2004

IVL, WFD Priority substances in sediments from Stockholm and the Svealand coastal region, B1538, 2003.

IVL, Results from the Swedish National Screening Programme 2005- Subreport 3: Perfluorinated Alkylated Substances (PFAS), B1698, 2006.

IVL, Rapport B1899, 2010.

Järnberg et al., Perfluorinated acids and related compounds (PFAS) in the Swedish environment, Slutrapport 2003-09-01.

Knutson, G. och Morfeldt, C.-O., Grundvatten-teori och tillämpning, 1993.

Loos *et al.* Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water Research* (44), pp 4115-4126, 2010.

Länsstyrelsen i Dalarnas län, Organiska miljögifter i grundvatten, Rapport 2008:13.

Murakami et al. *Environ. Sci. Technol* 43 (10), pp 3480–3486, 2009.

Naturvårdsverket, Hållbar sanering- Klorerade lösningsmedel, Rapport 5663, 2007.

Naturvårdsverket, Rapport 5801, 2008.

Nordström A. Dricksvatten: för en hållbar utveckling, 2005.

Quevauviller P. (editor) Groundwater monitoring, 2009.

Quinones O. och Snyder S.A. *Environ. Sci. Technol.*, 43 (24), pp 9089–9095, 2009.

Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting. Klimatförändringar- dags att anpassa sig? Rapport 4:2009.

SGU-rapport 2005:7, Cato, I. 2005. Organiska tennföreningar – ett miljöproblem i svenska kust- och havsområden.

SGU-rapport 2010-14, Astrup M., Lewin Pihlblad L. och McCarthy J .Screening av miljögifter i grundvatten- sammanställning av undersökningar gjorda 2003-2009.



SGU, Grundvatten i Stockholm. Tillgång, Sårbarhet, Kvalitet, 1997.

Sweco Viak, Grundvatten i Stockholm, 2004.

Sweco, Environment screening report 2009:1, Screening i Norra Östersjöns vattendistrikt av vattendirektivets 33 prioriterade ämnen. 2009.a

Sweco, Malmö Stad, Kontrollprogram för grundvatten 2009.b

Sternbeck och Österås, Miljöövervakning av miljögifter i urbana områden – sammanställning och analys. WSP, 2010

Stockholm Vatten (ITM), rapport 9-2009.

Svenskt vatten, Övervakning av prioriterade ämnen i vatten och slam från avloppsreningsverk i Stockholm, Rapport 2010-02.a

Svenskt Vatten, Förekomst och rening av prioriterade ämnen, metaller samt vissa övriga ämnen i dagvatten, Rapport 2010-06.b

Svenskt Vatten, Rapport 2010-10,c

Tomasdotter S., Föroreningsituationen i Stockholms grundvatten, 2010.

Vazques-Sune, E. *et al.* Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain. *Hydrogeology J.* (13), pp 522-533, 2005.

### **Internetkällor**

KI, Miljömedicin: <http://ki.se/ki/jsp/polopoly.jsp?d=11353&a=70944&cid=11359&l=sv>

ATSDR, CDC US gov: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp68-pbde-c1-b.pdf>

Kemikalieinspektionen: <http://www.kemi.se>

Helcom listan: <http://www.helcom.fi>,  
[http://www.helcom.fi/Recommendations/en\\_GB/rec31E\\_1/](http://www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec31E_1/)

Ospar listan: <http://www.ospar.org/>,  
[http://www.ospar.org/content/content.asp?menu=00940304440000\\_000000\\_000000](http://www.ospar.org/content/content.asp?menu=00940304440000_000000_000000)

Stockholm convention on persistent organic pollutants:  
<http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/The12InitialPOPs/tabid/296/Default.aspx>  
<http://chm.pops.int/Convention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>

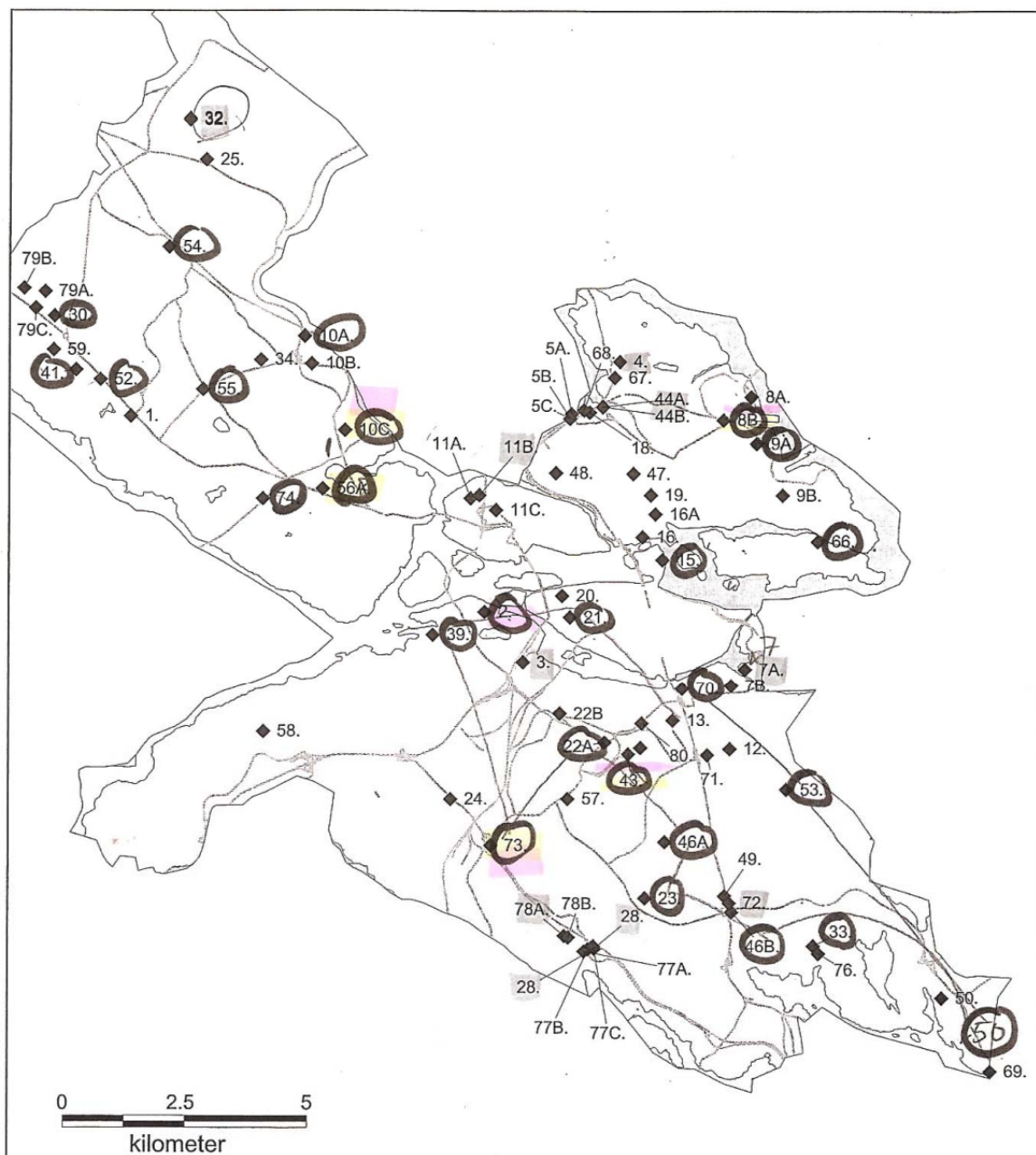
Vattendirektivet prioriterade ämnen: [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/priority\\_substances.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/priority_substances.htm)



Bilaga 1. Rörinventering

OBS PLATS	Status	2004	Föreoren	Hänglås	Övrigt	Y-ko ST74	X-ko ST74
10A. Mariehäll	(WSP)			?		93820	82810
10C. Ulvsunda	WSP			?		94640	80890
11B. Kungsholmen NV/S	Ej funnen						
15. Åsen G:a stan	(WSP)			?		101170	78245
16. G-A Torg	Ej funnen						
16A. Åsen Norrmalm	Ej funnen						
2. Liljeholmen/Trekante	WSP			Ja		97520	77180
20. Södermalm NV	Ej funnen				på innergård/källare (kod)		
21. Södermalm V	Hittad					99275	77070
22A. Enskedefältet	Hittad			Nej		99993	74491
22B. Enskedefältet	Ej funnen				Ska finnas under metallskroten enligt en anställd		
23. Gubbängen	WSP			Ja		100830	71310
28. Högdalstoppen	Ej funnen				Högt med sly och gräs. Möjligt att upplaget expan		
3. Liljeholmen	Ej funnen				Nybyggda kvarter.		
30. Johannelundstoppe	WSP			?		88700	83230
32. Granholmen	Ej funnen				Dålig karta. Kan nog hittas med bättre karta/GPS.		
33. Stora Sköndal/Flate	Hittad				Källa	källa	
39. Vinterviken	WSP					96455	76710
4. Laduviken	Ej funnen				Norra länken bygget.		
41. Råcksta krem./Grim	Hittad			Ja	(GWGK185, Vägverket)	100837	82090
43. Enskede gård	Hittad			Ja		100482	74252
44. Roslagstull/Roslags	Ej funnen				Norra länken bygget.		
46A. Tallkrogen/ Sande	Hittad			Ja		101230	72460
46B .Tallkrogen/O Nynä	Hittad			Ja	Röret böjt 40 grader.	102610	71020
50. Skrubba	Hittad				2" plaströr, locket sitter löst.	107321	68629
52. Bergslagsv./Råcksta	Hittad				2" plaströr, lock saknas.	90041	81253
53. Enskede/Kärrtorp	WSP			?		103725	73520
54. Spånga torg	(WSP)			Insatssl	Inhägnat för tillfället(tel. 08-50	91040	84620
55. Beckomberga	(WSP)			Ja		91750	81720
56B. Riksby	Hittad			Ja		93900	79900
58. Bredäng	Hittad?			Nej	Lock saknas och röret fyllt med grus. Platsen stjär		
5B. Norrtull	Hittad?			Ja	lock avsågat no 243. Flera andra GV-rör finns i nä		
66. Djurgården	Hittad			Ja		104355	78620
70. Skanstullsbron	Hittad			Insatsskruv		101169	75317
72. Nynäsv/McDonalds	Ej funnen						
73. Älvsjömassan	Hittad				2"plaströr. Lock ok.	97674	72366
74. Brommaplan/rening	Hittad			Ja		92922	79317
78A. Snösättra	Ej funnen				Sly och gräs och ny mindre bilväg		
7A. S:a Hammarbyhamr	Ej funnen				Hammarby sjöstad.		
7. Hammarbyhamnen	Hittad?				Vitt plaströr (G1106Ö)		
8A. Hjorthagen. N:a kaje	Ej funnen				Mitt på vägen enligt koordinaterna		
8B. Hjorthagen. Tennish	Hittad			Ja	Vid järnväg , högt stängsel.	102416	81092
9A. Värtahamnen. kv Ha	Hittad			Insatssl	Röret böjt 10 grader.	103203	80733
<b>Kolumnförklaring:Status</b>		<b>Kolumnförklaring: Föreorening</b>			<b>Kolumnförklaring:2004</b>		
Antal hittade rör= 26		Mest föreorenad (=15 utvalda av Sofia)			Använd med god funktion 2004		
Kan möjligen hittas/gå att använda=8		Medel (=med på topp 20 1997 och/eller 2004)			Använd med medel/dålig funkt		
Ej funna= 9		Minst föreorenade			Ej använd 2004		

Bilaga 2. Karta över provpunkter (källa SGU, Grundvatten i Stockholm. Tillgång, Sårbarhet, Kvalitet, sidan 21, 1997). Inringade nummer har inventerats i det här arbetet.



Figur 6. Provtagningsplatser. Siffrorna anger området nummer. De är kopplade till områdesnamn och provtagningspunktens beteckning i parameterdatabasen och i de tabeller som redovisar analysresultat.

Bilaga 3. Funktionstestning av identifierade provpunkter.

Rör	Gv-nivå	Botten-nivå	V-pelare	PelarV.	Földe	Funktion	Uttag CAH	Uttag PFS	Övrigt	Rör/slangtyp
2. Liljeholmen	2,67	7,42	4,75		1,2 l/h	Medel			Svavelväte lukt	1" stål/9mm innerslang
8B. Hjorthagen-Tennish.	3,16	5,46	2,3		4 l/h	God	100ml-A.	1000ml-A.	Gick att pumpa utan extra slang	1" stål/9mm innerslang
9A. Värtahamnen kv.Hamb.	3,2	13,12	9,92		8,4 l/h				Lock sitter löst, skruv har rostat	1" stål/ingen innerslang
10 A. Mariehäll	Röret borta-nybyggnation.					Dålig				
10 C. Ulvsunda	3,36	5,51	2,15		20 l/h		100ml-A.	1000ml-A.	Däcksel, petr.lukt, Grågrumligt	1" stål/9mm innerslang
15. Åsen/Gamla stan	Kunde inte hitta däcksel.									
16. G-A torg	Kunde inte hitta röret -vi kollade flera brunnslock vid punkten.									
16A. Åsen Norrmalm	Däcksel hittad men gick inte att öppna- inbyggt skruvlås.									
21. Södermalm V	Hänglås igenproppat- bultsax krävs.									
22A. Enskedefältet	4,01	9,53	5,52		Inget					
23.Gubbängen	2,77	9,13	6,36							1" stål/9mm innerslang
30. Johannlundtoppen	4,16	13,34	9,18		0,86 l/h					1" stål/9mm innerslang
32. Granholmen	3,27	8,48	5,21		8 l/h					1" stål/9mm innerslang
33. Sköndal/Flaten						Källa				
39. Vinterviken	2,66	8,8	6,14		1,2 l/h				Sumpig lukt, ojämnt flöde	1" stål/9mm innerslang
41. Räcksta krem./GrimstalP	1,88	11,89	10,01		2,4 l/h					1" stål/9mm innerslang
43. Enskede gård	4,04	5,82	1,78		>3l/h		100 ml-A	1000ml-A	6mm slang kvarlämnat	1" stål/9mm innerslang
46A. Tallkrogen/Sandemar	7,08	7,42	0,34		inget					
46B. Tallkrogen/O Nynäsv.	4,35	7,88	3,53		inget				Vitgrumligt	
50. Skrubba	5	8,8	3,8		30-60 l/h				Omsatt 15 l	2" HDPE
52. Bergslagsv./Räcksta2"	1,28	7,48	6,2		2 l/min			1000ml		2" HDPE
53. Enskede/Kärrtorp	5,25	13,65	8,4		5-10 l/h		100 ml	1000 ml	Omsatt 2,5 l	1" stål/9mm innerslang
54. Spånga torg	2,47	4,5	2,03		inget flöde					
55. Beckomberga	2,55	7,4	4,85		1,2 l/h				Kräk/gödsellukt	1" stål/9mm innerslang
56B. Riksby	3,27	8,34	5,07		12 l/h			1000ml-A.		1" stål/9mm innerslang
66. Djurgården	2,7	10,82	8,12		1,2 l/h					1" stål/9mm innerslang
70. Skanstull	3,52	3,95	0,43		<0,3 dl/h					
73. Älvsjömässan	1,82	11,94	10,12		40-80 l/h		100 ml_A	1000ml-A		2" HDPE
74. Brommaplan	5,04	9,01	3,97		4,2 l/h					1" stål/9mm innerslang

Bilaga 4. Tabell 2, Genomgång av listor med prioriterade miljöfarliga ämnen.

Ämne/Ämnesgrupp	Kategori/källa	VD-33	HELCOM	SthlmPOP	OSPAR	SGU-FS2008:	GVU-1997	GVU-2004
Antracen	PAH, ofullständig förbränning							
Bensen	Petroleum, ofullständig förbränning							
Poly bromerade difenyletrar (särskilt per	Bromerade flamskyddsmedel							
Kortkedjiga kloralkaner/klorparaffiner (C	Lubricant, skärvätska							
1,2-Dikloroetan	Lösningsmedel							
Diklormetan	Lösningsmedel							
Di(2-ethylhexyl)ftalat (DEHP)	Mjukgörare i plaster							
Fluoranten	PAH, ofullständig förbränning							
Hexaklorbutadien	Industrikemikalie, biprodukt från lösningsmedels framställning							
Naftalen	PAH, ofullständig förbränning							
Nonylfenol (4-(para)-nonylfenol samt gre	Industrikemikalie, bildas från NP-ethoxylate nedb.							
Oktylfenol (para-tert-oktylfenol)	Industrikemikalie, bildas från OP-ethoxylate nedb.							
Pentaklorbensen	Dielektriska vätskor, förbränning, fungicid							
Polyaromatiska kolväten (PAH)	Ofullständig förbränning bla benzo(a)pyren							
Tributyltenn föreningar	Antifoulant, konservering, stabilisator i plast							
Triklorbensener (alla isomerer)	Industrikemikalie							
Triklormetan	Lösningsmedel							
PCB	Industrikemikalie							
Dioxiner (PCDD)	Biprodukt förbränning							
HBCDD	Bromerat flamskyddsmedel							
Musk xylene	Fragrance, personal care product							
Medelkedjiga kloralkaner/klorparaffiner	Industrikemikalie							
Furaner (PCDF)	Biprodukt förbränning							
Dioxinlika PCBer	Biprodukt förbränning							
Trifenyltenn (tennorganiska föreningar)								
Perfluorooktansulfonater (PFOS)	Industrikemikalie, konsument produkter							
Perfluorooktansyra (PFOA)	Industrikemikalie, konsument produkter							
Hexabrombiphenyl (HBB)	Bromerat flamskyddsmedel							
Trikloretan	Lösningsmedel							
Tetrakloretan	Lösningsmedel							
Neodecanoic acid, etenyl ester	Industrikemikalie							
Tetrabromobisphenol A (TBBP-A)	Bromerat flamskyddsmedel							
4-(dimethylbutylamino)diphenylamin (6P	Industrikemikalie							
Clotrimazole	Läkemedel							
2,4,6-tri-tert-butylphenol	Industrikemikalie							
De två sista kolumnerna redovisar ämnen som ingått i grundvattenundersökningarna i Stockholm 1997 samt 2003-2004.								



