



Föroreningsituationen i Stockholms grundvatten

Samband mellan föroreningar och miljöfarliga
verksamheter i närområdet

Sophia Tomasdotter

Sophia Tomasdotter

Examensarbete i Naturgeografi 15 hp

Avseende magisterexamen

Rapporten godkänd: 02 månad 2010

Handledare vid Miljöförvaltningen i Stockholm: Tonie Wickman

Handledare vid Umeå Universitet: Tord Andersson



Förord

Denna rapport är resultatet av mitt examensarbete i Naturgeografi vid institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap, Umeå Universitet. Arbetets omfattning är 15 hp och är en del i min magisterexamen. Arbetet har utförts på Miljöförvaltning i Stockholm under hösten 2009. Jag skulle vilja tacka min handledare på Miljöförvaltning, Tonie Wickman, för möjligheten att göra detta examensarbete och för ett stort visat intresse. Även övrig personal på enheten för miljöanalys ska ha ett stort tack för att jag fick en dator att arbeta vid varje dag. Vid frågor om tillsyn och markföroreningar har jag fått god hjälp av Örjan Magnusson och Bertil Engdahl och därför ska de också ha ett tack. Tack också till min handledare vid Umeå Universitet, Tord Andersson.

Chemical status of the groundwater in Stockholm – relations between pollutants and activities in the surrounding area

Abstract

In the city of Stockholm the groundwater has been affected by the urbanisation process for several hundred years. Through history human activities have affected the groundwater quality. Previously two groundwater surveys have been conducted, one in 1997 and the other in 2003-2004, and they show that the groundwater is highly contaminated. In those surveys samples from all over the city was examined for among others, metals, nutrients and pesticides. The two surveys are not completely comparable due to varying sample sites and analysing methods. The aim of this degree thesis is to summarise previous groundwater surveys and identify sites with high concentration of pollutants. At the most polluted sites contamination sources among environmentally hazardous activities in the surrounding area was investigated. 15 of the most polluted sites were chosen to be part of the inquiry and are presented in this report. The number and types of environmentally hazardous activities varied severely among the sites. No relation could be seen between environmentally hazardous activities in the surrounding area and the different pollutants. This leads to the conclusion that more activities than those found in this inquiry are the sources behind the high contaminant concentrations. Since knowledge have been gathered about these chosen sites it could be interesting to follow them in the future groundwater survey.

Nyckelord: grundvatten, grundvattenföroreningar, urban miljö

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Syfte.....	1
2 Bakgrund	1
2.1 Nationellt vattenmiljöarbete.....	1
2.2 Stockholms vattenmiljöarbete.....	2
2.3 Tidigare grundvattenundersökningar.....	3
2.4 Grundvattenförhållanden inom tätorten.....	3
3 Material och metoder	4
3.1 Val av provpunkter.....	4
3.2 Områdesbegränsning kring provpunkterna.....	6
3.3 Tillsynsregistret ECOS och länsstyrelsens MIFO-register.....	7
4 Resultat	8
4.1 Utvalda provpunkter.....	8
4.2 Roslagstull/Roslagsvägen (44A och 44B).....	10
4.2.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	10
4.2.2 Föroreningssituation.....	10
4.2.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet.....	11
4.2.4 Bedömning.....	12
4.3 Åsen Gamla Stan (15).....	12
4.3.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	13
4.3.2 Föroreningssituation.....	13
4.3.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet.....	14
4.3.4 Bedömning.....	14
4.4 Ulvsunda (10C).....	15
4.4.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	15
4.4.2 Föroreningssituation.....	15
4.4.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet.....	16
4.4.4 Bedömning.....	17
4.5 Laduviken (4).....	17
4.5.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	17
4.5.2 Föroreningssituation.....	18
4.5.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet.....	18
4.5.4 Bedömning.....	19
4.6 Åsen Norrmalm (16A).....	19
4.6.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	19
4.6.2 Föroreningssituation.....	20
4.6.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet.....	20
4.6.4 Bedömning.....	21
4.7 Johannelundstoppen (30).....	22
4.7.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	22
4.7.2 Föroreningssituation.....	22
4.7.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet.....	23
4.7.4 Bedömning.....	23
4.8 Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B).....	24
4.8.1 Geologi och grundvattenförhållanden.....	24
4.8.2 Föroreningssituation.....	24

4.8.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	25
4.8.4	<i>Bedömning</i>	25
4.9	Kungsholmen NV (11B)	26
4.9.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	26
4.9.2	<i>Föroreningssituation</i>	26
4.9.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	27
4.9.4	<i>Bedömning</i>	27
4.10	Tallkrogen/Sandemarsvägen (46A)	28
4.10.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	28
4.10.2	<i>Föroreningssituation</i>	28
4.10.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	28
4.10.4	<i>Bedömning</i>	29
4.11	Södermalm V (21)	29
4.11.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	29
4.11.2	<i>Föroreningssituation</i>	29
4.11.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	30
4.11.4	<i>Bedömning</i>	31
4.12	Enskedefältet (22A)	31
4.12.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	31
4.12.2	<i>Föroreningssituation</i>	31
4.12.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	32
4.12.4	<i>Bedömning</i>	32
4.13	Djurgården (66)	32
4.13.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	33
4.13.2	<i>Föroreningssituation</i>	33
4.13.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	33
4.13.4	<i>Bedömning</i>	33
4.14	Hjorthagen, norra kajen (8A)	34
4.14.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	34
4.14.2	<i>Föroreningssituation</i>	34
4.14.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	35
4.14.4	<i>Bedömning</i>	35
4.15	Liljeholmen (3)	35
4.15.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	35
4.15.2	<i>Föroreningssituation</i>	36
4.15.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	36
4.15.4	<i>Bedömning</i>	37
4.16	Älvsjömässan (73)	37
4.16.1	<i>Geologi och grundvattenförhållanden</i>	37
4.16.2	<i>Föroreningssituation</i>	37
4.16.3	<i>Miljöfarliga verksamheter i närområdet</i>	38
4.16.4	<i>Bedömning</i>	38
5	Diskussion	39
5.1	Identifiering av de mest förorenade provpunkterna	39
5.2	Miljöfarliga verksamheter som källa till grundvattenföroreningar	39
5.3	Diffusa källor	40
5.4	Fortsatt grundvattenbevakning	41
6	Referenser	42

1 Inledning

Nästan överallt i naturen finns grundvatten under markytan. Det gör det även i tätbebyggda områden men kunskapen om dess kvalitet är mer begränsad än i naturliga marker (Knutsson och Morfeldt 1993). Stockholms stads historia är lång och den mänskliga påverkan på grundvattnet har pågått lika länge. Under ca 750 år har staden vuxit fram genom att byggnader och vägar uppförts och rivits. Detta gör att de grundvattenflöden som sker i naturliga marker delvis satts ur spel genom bl.a. tunnlar och ledningssystem under staden.

I Stockholm finns en större grundvattentillgång, Stockholmsåsen. Den del av åsen som går genom de centrala delarna av staden kallas Brunkebergsåsen och sträcker sig från Norrtull i norr till Skrubba i söder (SGU 1997). Stora grundvattentillgångar används ofta till dricksvatten men i Stockholm tar man sitt dricksvatten från Mälaren (Stockholm stad 2006). Detta gör att grundvattenfrågor inom staden inte får samma tyngd som på andra ställen i landet. I Stockholm är frågan om grundvattnets kvalitet prioriterad främst för den potentiella risken att förorenat grundvatten ska påverka ytvattenförekomster (Stockholm stad 2006).

I dagsläget har inte grundvattnet i Stockholm en god kemisk kvalitet. Förhöjda halter av främst tungmetaller men även organiska föreningar har hittats på flertalet analyserade platser runt om i staden (SGU 1997, SWECO VIAK 2004). Kunskapen om grundvattenförhållandena i Stockholm är bristfällig och de potentiella föroreningskällorna är många. Detta gör att det är svårt att urskilja vilka åtgärder som bör sättas in för att förbättra kvaliteten.

Vid två tidigare tillfällen, 1997 och 2003-2004, har grundvattenkvaliteten i Stockholm undersökts. För att få en sammanhängande mätserie finns planer på ytterligare en provtagning 2011. Inför det arbetet finns ett behov av att dels sammanfatta de tidigare undersökningarna och dels att undersöka samband mellan höga halter och information om källor till föroreningar. Kommunen har i uppgift att utöva tillsyn över en del miljöfarliga verksamheter. En genomgång av tillsynsregistret kan ge en bild av vilka potentiella, lokala källor det finns till grundvattenföreningarna.

1.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att sammanfatta tidigare grundvattenundersökningar som underlag för fortsatt övervakning och att identifiera provpunkter där föroreningssituationen utmärker sig. För en gradering av föroreningssituationerna utformades ett poängsystem. Vidare är syftet att identifiera eventuella källor till de förhöjda halterna vid de utvalda provpunkterna genom att inventera och utvärdera tidigare och befintliga verksamheter i närområdet.

2 Bakgrund

Arbetet med grundvattenfrågor styrs av beslut på internationell, nationell och lokal nivå som beskrivs nedan. Därefter beskrivs de tidigare grundvattenundersökningarna och de faktorer som gör grundvattenförhållandena i staden så komplexa.

2.1 Nationellt vattenmiljöarbete

Miljöarbetet i Europa och Sverige styrs idag av det ramdirektiv för vatten som antogs av EU-parlamentet år 2000. Utifrån direktivet har Sverige beslutat att alla landets vattenförekomster

ska ha god status år 2015. Med god status menas att förhållandena i vattenförekomsten inte avviker från dess referenstillstånd, dess "naturliga" tillstånd. För grundvatten är statusen uppdelad i två kategorier, kvantitativ och kemisk status. Den kemiska statusen kan inte anses god om förhöjda halter av förorenande ämnen hittas i en grundvattenförekomst. (Naturvårdsverket 2005)

Arbetet med vattenfrågor utifrån ramdirektivet för vatten styrs av fem vattenmyndigheter. Myndigheternas förvaltningsområden är indelade i distrikt efter naturliga avrinningsområden. Stockholm tillhör Norra Östersjöns vattendistrikt. Det övergripande ansvaret har länsstyrelserna men även kommunerna är viktiga i vattenarbetet. Kommunerna är delaktiga främst genom ansvaret för planläggning av mark och vatten men även som tillsynsmyndighet för miljöfarliga verksamheter. (Naturvårdsverket 2005)

Redan innan ramdirektivet för vatten trädde i kraft hade Sverige startat ett långsiktigt miljöarbete för grundvatten genom de nationella miljökvalitetsmålen som antogs av riksdagen 1999 (Naturvårdsverket 2005). Miljömålet "grundvatten av god kvalitet" strävar mot en säker och hållbar dricksvattenförsörjning och en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag. Utifrån miljömålet har delmål, som ska vara uppnådda till 2010, formulerats. Delmålen anger att grundvattenförande geologiska formationer ska skyddas, inga negativa konsekvenser ska uppkomma p.g.a. förändringar i grundvattennivån samt att grundvatten som ska användas till dricksvatten uppfyller livsmedelsverkets krav (SGU 1999). Detta övergripande miljökvalitetsmål anses i dagsläget möjligt att nå till år 2020 men däremot kommer de delmål som satts att uppnås till år 2010 inte att uppfyllas helt (Naturvårdsverket 2009). Även miljömålen "giftfri miljö" påverkar arbetet mot god grundvattenkvalitet eftersom det behandlar tillförseln av skadliga ämnen till miljön. Utströmmande förorenat grundvatten kan påverka livsmiljöer för vattenlevande växter och djur och därför berörs också miljömålet "levande sjöar och vattendrag".

2.2 Stockholms vattenmiljöarbete

För att styra arbetet med vattenmiljöfrågor har Stockholms Stad antagit ett program för stadens vattenarbete under åren 2006 – 2015. Eftersom grundvattnet i Stockholm inte används till dricksvatten ligger tyngdpunkten i programmet på ytvattenförekomster. Ett par programpunkter berör dock grundvattenkvaliteten. (Stockholms Stad 2006)

De övergripande målen för miljökvalitet som ska uppnås för grundvatten är att dess kvalitet ska bevaras eller förbättras och grundvattennivåerna ska upprätthållas. De övergripande målen är sedan uppdelade i delmål. Miljöförvaltningens ansvarsområde är att öka kunskapen om grundvattnets kvalitet och ett led i detta är att identifiera föroreningskällor. Även tillsyn av miljöfarliga verksamheter och information till verksamhetsutövarna ingår i Miljöförvaltningens ansvarsområde. (Stockholms Stad 2006)

Vattenmyndigheterna genom Länsstyrelserna styr arbetet med EU:s ramdirektiv för vatten som syftar till att alla vattenförekomster ska ha god kvalitet till år 2015. Alla vatten är inte "vattenförekomster" utan de kan också klassas som "övriga vatten". Under tiden detta arbete pågått har Stockholmsåsen, med dess olika delar, tagits bort som vattenförekomst och istället klassats som "övrigt vatten". Detta betyder att arbetet med att förbättra kvaliteten på grundvattnet i Stockholm kan prioritera ner ytterligare eftersom det inte finns tydliga mål att sträva mot.

I Miljömål för Stockholms Län (2006) har Länsstyrelsen regionaliserat de nationella miljömålen. För målet ”grundvatten av god kvalitet” ser delmålen i stort ut som de nationella och fokus läggs på att skydda vattenförande geologiska formationer, t.ex. rullstensåsar, och att införa skyddsområden runt kommunala vattentäkter. Målet ”giftfri miljö” har åtta delmål och de mest intressanta är att minska användningen av tungmetaller, få renare vattentäkter samt att utreda och åtgärda förorenade områden. Målet om ”giftfri miljö” anses mycket svårt att nå på regional nivå medan målen för ”grundvatten av god kvalitet” och ”levande sjöar och vattendrag” kan nås om fler insatser görs (Naturvårdsverket 2009).

2.3 Tidigare grundvattenundersökningar

Två tidigare undersökningar av grundvattenkvaliteten har gjorts av Stockholm Stad. Den första gjordes av SGU 1997 och där ingick 75 provpunkter spridda över staden. De ämnen som studerades var huvudkonstituenten, bl.a. konduktivitet, klorid (Cl) och sulfat (SO₄), tungmetaller, näringsämnen, bakterier samt vissa organiska miljögifter, bl.a. polycykliska aromatiska kolväten (PAH), petroleumkolväten och bekämpningsmedel. I nästan samtliga kategorier hittades ämneshalter över riktvärden eller över riksgenomsnittet. Tungmetaller var den vanligaste föroreningen och kvicksilver (Hg) var den av metallerna som avvek mest från naturliga halter.

Den andra undersökningen utfördes av SWECO VIAK 2003-2004 och i den ingick bara 35 provpunkter. Av dessa var 19 prover tagna i samma rör som 1997. Resterande provpunkter var antingen helt nya platser eller så hade rören ersatts med andra närliggande rör. Att så få platser kunde analyseras berodde delvis på låga grundvattennivåer vid provtillfället och dels på att många rör från den tidigare undersökningen saknades bland annat p.g.a. ny bebyggelse. Det här gör att de båda undersökningarna inte är helt jämförbara.

I stort var det samma ämnen som analyserades men i vissa fall var ämnen ersatta med andra eller borttagna. Även en del analysmetoder och detektionsgränser hade ändrats från den första undersökningen till den andra. I stora drag bekräftade undersökningen 2003-2004 föroreningssituationen för Stockholms grundvatten från 1997. En skillnad var dock att de fann att andelen prover med förhöjda halter tungmetaller och PAH minskat.

2.4 Grundvattenförhållanden inom tätorten

I Vázquez-Suñé m.fl. (2005) beskrivs grundvattenförhållandena i urbana områden som en ny inriktning på hydrogeologin. Både grundvattnets kvantitet och kvalitet påverkas av utvidgning och förtätning av tätortsbebyggelse. Variationer av grundvattennivån är kända problem vid byggnationer men i ett större sammanhang kan hela vattenbalansen i ett område påverkas (Knutsson och Morfeldt 1993, Vázquez-Suñé m.fl. 2005).

Generellt leder urbanisering till lägre grundvattennivåer vilket är fallet i flera större städer i världen (Knutsson och Morfeldt 1993). En studie från Göteborg visar att de lokala variationerna inom staden är stora. Vid vissa provpunkter följde grundvattennivåerna variationerna i nederbörd medan vid andra var nivån mer eller mindre stabil. En förklarande orsak till de stabila nivåerna är att hårdgjorda ytor, t.ex. asfalt, förhindrar infiltration till grundvattnet. En annan orsak är att på en del platser dräneras grundvattnet bort längs bl.a. ledningar och grovkornigt fyllnadsmaterial. (Hultén 1997)

Grundvattenkvaliteten försämras generellt vid urbanisering (Knutsson och Morfeldt 1993). Den stora skillnaden när det gäller grundvattenkvaliteten mellan stadsmiljön och skogsekosystemen är antalet potentiella föroreningskällor. Direkta källor är bl.a. läckage från avloppsledningar, vägdragvatten och läckage från avfallsupplag och deponier. (Vázquez-Suñé m.fl. 2005)

Både när det gäller kvantitets- och kvalitetsförändringar av grundvattnet i urbana områden är orsaksbilden komplex. Mänskliga aktiviteter som bl.a. tunnelbyggen, dränering av grundvatten för olika byggnationer, omflyttning av jordmassor, utfyllningar av markområden och utsläpp av föroreningar sätter sin prägel på grundvattenförhållandena i tätorterna. I staden kan ett stort antal olika miljöfarliga verksamheter ligga inom ett begränsat område. Staden är dessutom en dynamisk miljö där både verksamheter och grundvattenförhållanden, genom mänsklig aktivitet, ändras med tiden. Många problem som kan uppstå med grundvattnet vid enskilda verksamheter och byggnationer är idag kända men effekter på grundvattnet när aktiviteter sker samtidigt, i närheten av varandra är fortfarande inte helt utredd (Knutsson och Morfeldt 1993, Vázquez-Suñé m.fl. 2005).

3 Material och metoder

För att kunna identifiera de mest förorenade platserna från tidigare grundvattenundersökningar graderades provpunkterna genom ett poängsystem som beskrivs nedan. När de mest förorenade provpunkterna identifierats samlades information om dessa platser in från Stockholms stads kartdatabas. För att identifiera potentiella källor till föroreningarna användes den information som finns om olika verksamheter i Stockholms stads tillsynsregister, ECOS. Uppgifter har även hämtats från Länsstyrelsen i Stockholms läns register på verksamheter som kan ha orsakat markföroreningar.

3.1 Val av provpunkter

För att kunna göra en sammanfattad bedömning av de båda tidigare undersökningarna måste de vara jämförbara. I undersökningen från 1997 hade en gradering av föroreningssituationen hos provpunkterna gjorts. Tillvägagångssättet för den graderingen var ottydligt och de värden som användes var inaktuella för många ämnen.

En ny gradering gjordes för att kunna jämföra samtliga provpunkter med varandra och mellan undersökningarna. Ett poängsystem skapades där de provpunkter som fick flest poäng ansågs vara de mest förorenade. Varje provpunkt poängsattes utifrån SGU:s föreskrifter (SGU-FS 2008:2) om statusklassificering och miljö kvalitetsnormer för grundvatten. Föreskrifterna är främst avsedda för grundvatten som används till dricksvatten eller som är påtänkt att användas som dricksvatten i framtiden. Riktvärden är framtagna som underlag för arbetet med ramdirektivet för vatten där målet är att alla vattenförekomster ska ha en god status. Om de riktvärden som redovisas nedan överskrids kan inte statusen anses god. I föreskrifterna finns koncentrationer för olika ämnen framtagna som visar på tre steg av miljöpåverkan. De tre stegen är:

Referensvärde – Motsvarar en koncentration av ett ämne som obetydligt avviker från ostörda förhållanden. Värdet grundar sig på SGU:s nationella övervakning och avser koncentrationer i grundvattenförekomster i isälvsavlagringar och svallsand. Om detta värde överskridits för ett ämne vid en provpunkt har provpunkten fått 1 poäng.

Utgångspunkt för att vända trend – Det beräknas utifrån riktvärdet. Om detta värde överskridits för ett ämne vid en provpunkt har provpunkten fått 2 poäng.

Riktvärde – Motsvarar en koncentration som inte bör överskridas om skador på människor och miljö ska undvikas. Även detta värde grundar sig på SGU:s nationella övervakning. Om detta värde överskridits för ett ämne vid en provpunkt har provpunkten fått 3 poäng.

I tabell 1 redovisas gränsvärden från SGU:s föreskrifter för de ämnen som använts i denna rapport. I föreskrifterna finns även gränsvärden för andra ämnen som inte är relevanta i den här undersökningen. Dessa ämnen har antingen inte analyserats i grundvattenundersökningarna eller så har halterna varit under referensvärdet och därför uteslutits ur denna rapport.

Tabell 1. Referensvärden, utgångspunkter för att vända trend och riktvärden för de ämnen som finns med i SGU:s föreskrifter om statusklassificering och miljö kvalitetsnormer för grundvatten och som använts i poängsystemet. Konduktiviteten är kursiverad eftersom den inte använts i poängsättningen men finns med när provpunkternas föroreningsituation beskrivs.

Föroreningskategori	Parameter	Enhet	Referensvärde	Utgångspunkt för att vända trend	Riktvärde
Huvudkonstituent	<i>Konduktivitet</i>	<i>mS m⁻¹</i>	38	55	75
	Klorid (Cl)	mg l ⁻¹	18	50	100
	Sulfat (SO ₄)	mg l ⁻¹	25	100	250
Näringsämnen	Ammonium (NH ₄)	mg l ⁻¹	0,06	0,5	1,5
Metaller	Arsenik (As)	µg l ⁻¹	1	5	10
	Bly (Pb)	µg l ⁻¹	0,5	2	10
	Kadmium (Cd)	µg l ⁻¹	0,1	2	5
	Kobolt (Co)	µg l ⁻¹	0,5		
	Krom (Cr)	µg l ⁻¹	1		
	Koppar (Cu)	µg l ⁻¹	6		
	Kvicksilver (Hg)	µg l ⁻¹	0,006	0,05	1
	Nickel (Ni)	µg l ⁻¹	5		
	Zink (Zn)	µg l ⁻¹	100		
Bekämpningsmedel	Bekämpningsmedel	µg l ⁻¹	0,1	Detekterat	

Konduktiviteten har inte använts i poängsättningen. Konduktiviteten kan användas som indikator på höga Cl-halter (Naturvårdsverket 1999a). För att undvika att en provpunkt fick dubbel poäng för samma företeelse uteslöts därför konduktiviteten. Däremot finns den redovisad i sammanfattningen över varje provpunkts föroreningsituation.

Vid poängsättningen av PAH har varje detekterad typ gett provpunkten 3 poäng. Vilka PAH som analyserats skiljer sig åt mellan de båda undersökningarna. I SGU:s föreskrifter om statusklassificering och miljö kvalitetsnormer för grundvatten finns riktvärden för PAH. Dessa användes däremot inte eftersom de PAH som finns angivna i föreskrifterna inte analyserats i båda undersökningarna.

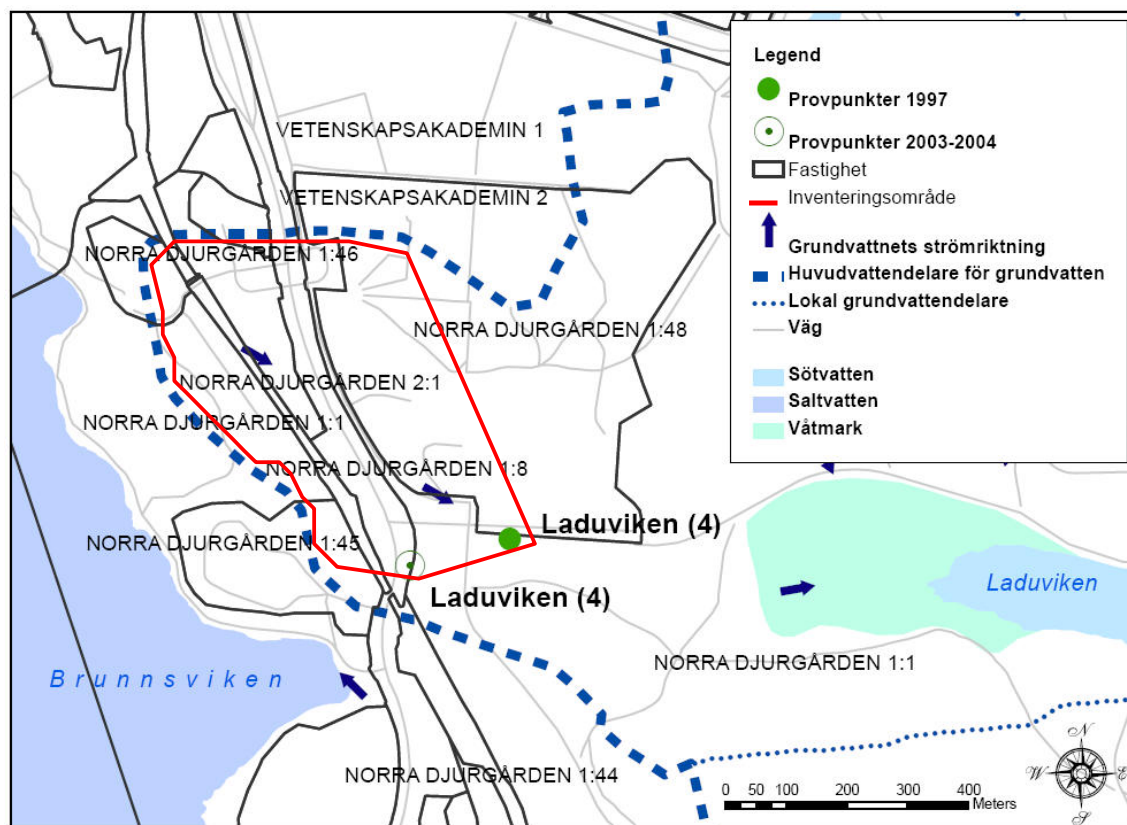
Extraherbart gaskromatograferbart organiskt material (EGOM) indikerar förorening av petroleumkolväten. När EGOM detekterats vid en provpunkt har det gett 3 poäng. Även varje detekterad typ av bakterie har gett 3 poäng. I Livsmedelsverkets föreskrifter (SLV-FS

2001:30) om dricksvatten finns gränser för antalet mikroorganismer. Dricksvatten anses otjänligt om E-colibakterier kan påvisas och koliforma bakterier finns i antal över 10 st.

Vid varje provpunkt har föroreningsituationen sammanfattats i en tabell. Varje parameter som visat på förhöjda halter vid en provpunkt markerades på samma sätt som i tabell 1. I föroreningskategorin näringsämnen var riktvärden bara framtagna för NH_4 . I tabellerna för varje provpunkt har övriga näringsämnen, total halt fosfor (Tot-P), total halt kväve (Tot-N), och totalt organiskt kol (TOC) också presenterats om halterna bedömts som höga i grundvattenundersökningarna 1997 och 2003-2004.

3.2 Områdesbegränsning kring provpunkterna

När de mest förorenade provpunkterna hade identifierats söktes information om dess omgivningar i Stockholms stads kartdatabas, Kartago. Kartago är ett GIS-verktyg med olika kartor över staden. De kartor som användes var *byggnadsgeologiska kartan* med information om markförhållanden, *grundvattenkartan* med information om bl.a. tillgång och strömningsförhållanden för grundvattnet samt *underlagskartan för grundvattenskydd* där känsliga områden utpekats. Närliggande fastigheter identifierades i en GIS-karta.



Figur 1. Inventeringsområdets begränsning för Laduviken (4). Strömriktningen vid provpunkterna kommer från nordväst. Inventeringsområdet är markerat och följer strömriktningen uppströms till närmaste vattendelare. Kartan är baserad på material från miljöförvaltningen i Stockholm.

Vid varje undersökt provpunkt fick de lokala grundvattenförhållandena avgöra storleken på det område som inventerats. De fastigheter som gränsat till provpunkten har alltid inventerats. Därefter har fastigheter uppströms provpunkten till närmaste vattendelare inventerats. I figur 1 finns ett exempel från provpunkten Laduviken (4).

Vid vissa provpunkter har avståndet till närmaste vattendelare varit långt eller vattendelarens läge varit osäkert. Där har inventeringsområdet begränsats förutsatt att så långväga föroreningar inte varit troliga. Hänsyn har tagits till strömningsförhållanden, jordart och om andra mindre förorenade provpunkter legat uppströms den undersökta punkten.

3.3 Tillsynsregistret ECOS och länsstyrelsens MIFO-register

När inventeringsområdet bestämts kunde verksamheter som berörs av kommunens tillsyn sökas i ECOS. Sökningen utgick ifrån fastighetsbeteckningarna på de berörda fastigheterna. Där fastigheterna varit för stora för att placera en verksamhet i närheten av provpunkten har besöksadressen använts. Fastigheten Djurgården 1:1 sträcker sig t.ex. över stora delar av södra och norra Djurgården och verksamheter i norra änden bedöms inte påverka grundvattnet i den södra änden.

I ECOS finns de verksamheter som kommunen utövar tillsyn på. Den största delen tillsynsobjekt är anmälnings- eller tillståndspliktiga verksamheter enligt förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. För verksamheter där ingen anmälan eller inget tillstånd krävs kan tillsynen ske i kampanjer där en bransch eller verksamhetstyp inventeras under en period. Andra uppgifter som kan finnas i ECOS är om det kommit in klagomål på en viss verksamhet.

Miljöförvaltningen i Stockholm gjorde 1992 en inventering av områden i staden där det fanns risk för markföroreningar. Både historiska källor och då aktuella register på miljöfarliga verksamheter användes. De fastigheter som identifierats redovisades i rapporten "Markföroreningar – sammanställning av misstänkta riskområden 1992". Denna rapport går under namnet "gröna boken" och kommer att kallas så också i denna rapport.

Eventuella föroreningskällor söktes även i den inventering av förorenade områden som länsstyrelsen i Stockholms län genomfört. Verksamheterna fanns inlagda i en GIS-karta som underlättade sökandet av närliggande objekt.

Sveriges Länsstyrelser har sedan 1990 arbetat med att inventera förorenade områden. Arbetet startade med en gemensam kartläggning av hur olika industribranscher och verksamheter bidragit till föroreningar i naturen. Branscherna delades in i fyra olika riskklasser där branscher i klass 1 utgör mycket stor potentiell risk för hälsa och miljö och branscher i klass 4 mycket liten potentiell risk för hälsa och miljö. (Naturvårdsverket 1999b) I den här klassningen är det hela branschens farlighet som bedömts. En enskild verksamhet kan ha högre eller lägre riskklass än den bransch den tillhör. Eftersom antalet objekt i länsstyrelsens inventering Stockholm uppgår till ca 2 500 har inte alla inventerats i detalj (Länsstyrelsen i Stockholms län 2000). Många objekt har därför inte en individuell riskklassning utförts utan endast en branschriskklassning. Den riskklassning som gjorts på specifika objekt är gjord efter en särskild metodik, metodik för inventering av förorenade områden, MIFO (Naturvårdsverkets 1999b). Det är en metodik för att värdera risker för att sedan kunna avgöra vilka åtgärder som ska prioriteras. Eftersom detta arbetssätt är så vedertaget kallas länsstyrelsens register över förorenade områden i denna rapport för "MIFO-registret".

4 Resultat

Nedan presenteras först resultatet av det poängsystem som utarbetats för att kunna identifiera de mest förorenade provtagningspunkterna. Därefter har ett platsurval gjorts. För de utvalda punkterna presenteras resultaten från inventeringen av potentiella föroreningskällor.

4.1 Utvalda provpunkter

I tabell 2 redovisas resultatet av det poängsystem som finns beskriven i denna rapport. De 15 utvalda provpunkterna finns presenterade på en karta i figur 2.

Tabell 2. De 20 mest förorenade provtagningsplatserna och deras individuella poäng, enligt poängsystemet i denna rapport. Poängsystemet är använt på båda undersökningarna, från 1997 och 2003-2004. Sammanlagt har 15 platser valts ut till inventeringen av eventuella föroreningskällor. Dessa platser är gråmarkerade i denna figur. 13 platser från de 20 mest förorenade 1997 och 2 från 2003-2004. Provpunkten Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B) i 1997 års undersökning jämförs med Gubbängen (72) i 2003-2004 års undersökning. Siffrorna inom parentes är det nummer provpunkten hade i undersökningarna.

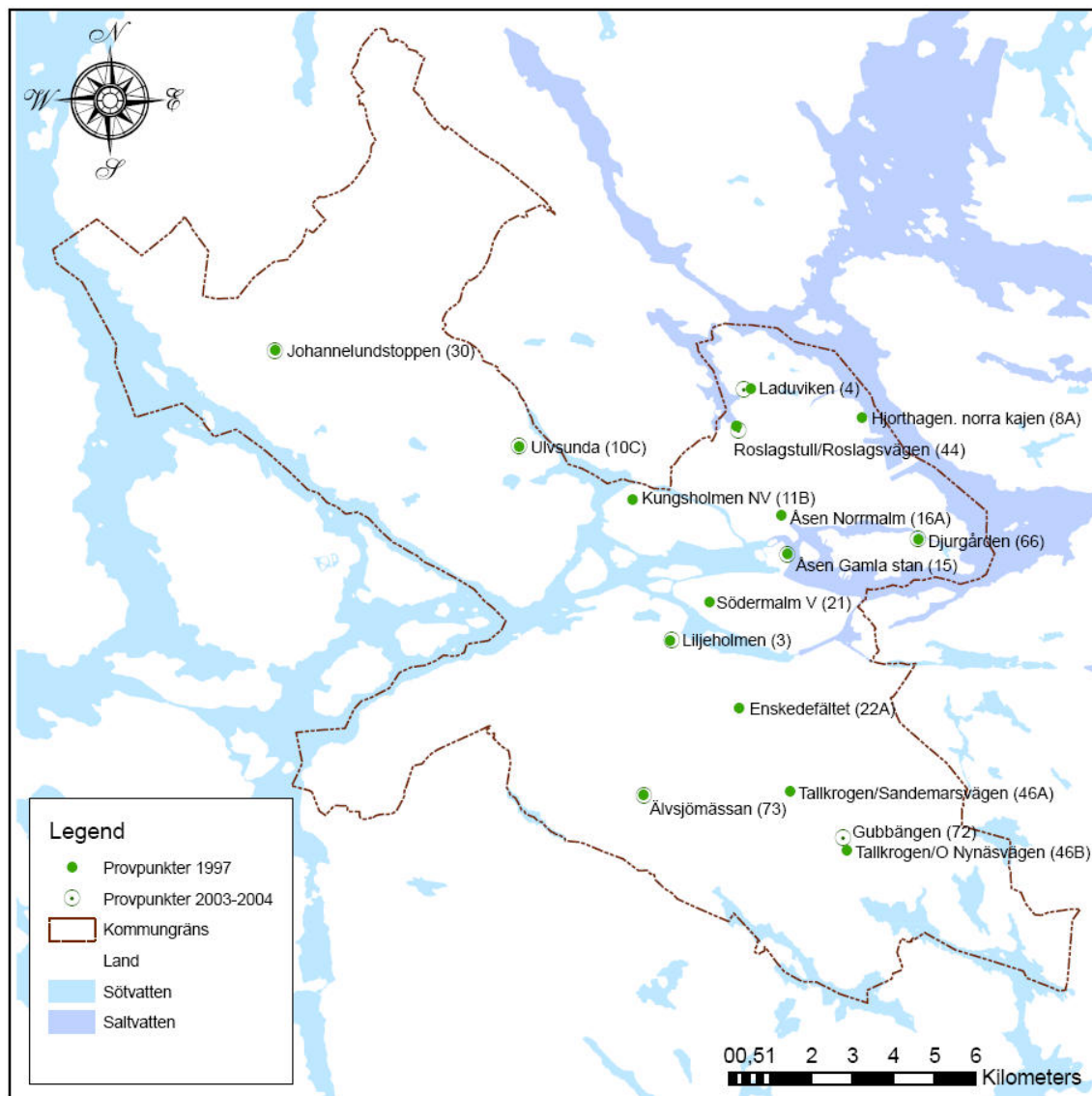
Placering	1997	Poäng	2004	Poäng
1	Roslagstull/Roslagsvägen (44A)	36	Ulvsunda (10C)	32
2	Åsen Gamla stan (15)	32	Enskedefältet (22B)	18
3	Ulvsunda (10C)	30	Åsen Gamla stan (15)	17
4	Laduviken (4)	28	Grimsta IP (41)	14
5	Åsen Norrmalm (16A)	26	Gubbängen (72)	13
6	Johannelundstoppen (30)	26	Mariehäll (10A)	12
7	Johannes brandstn/kyrka (47)	25	Liljeholmen (3)	12
8	Tallkrogen/O Nynäsv. (46B)	21	Spånga torg (54)	10
9	Engelbrektsplan (19)	19	Hammarbyhamnen (7)	10
10	Kungsholmen NV (11B)	18	Älvsjömässan (73)	10
11	Älvsjö (24)	18	Johannelundstoppen (30)	9
12	Tallkrogen/ Sandemarsväge (46A)	18	Brommaplan (74)	9
13	Södermalm V (21)	17	Riksby (56B)	8
14	Enskedefältet (22A)	17	Bredäng (58)	8
15	Södermalm NV (20)	16	Stora Sköndal/Flaten (33)	7
16	Djurgården (66)	16	Beckomberga (55)	7
17	Enskedefältet (22B)	15	Norrtull (5B)	7
18	Roslagstull/Roslagsvägen (44B)	15	Liljeholmen/Trekanten (2)	6
19	Hjorthagen, norra kajen (8A)	15	Vinterviken (39)	6
20	Kungsholmen NV (11A)	14	Roslagstull/Roslagsvägen (44)	6

Att poängen generellt är lägre 2003-2004 beror dels på att färre bakterier och PAH analyserades i den undersökningen. En annan orsak är att metallhalterna i allmänhet var lägre 2003-2004 jämfört med 1997. Analyser av bekämpningsmedel gjordes i undersökningen från 2003-2004 men detektionsgränsen var över riktvärdet vilket gör att inga slutsatser om dess förekomst kan dras. Inga halter bekämpningsmedel var över detektionsgränserna så inga poäng för den kategorin har delats ut för undersökningen 2003-2004.

Valet av platser utgick från undersökningen 1997 och från den rangordning som gjorts med denna rapport's poängsystem men en del undantag har gjorts. Åsen Norrmalm (16A), Johannes brandstation/kyrka (47) och Engelbrektsplan (19) ligger alla i centrala Stockholm, på östra sidan av Brunkebergsåsen. För att få en större geografisk spridning valdes bara Åsen

Norrmalm (16A) trots att alla tre fått höga poäng. Även Kungsholmen NV (11A) och Södermalm NV (20) valdes bort p.g.a. närliggande punkter med högre poäng.

I 1997 års undersökning fanns det två provpunkter vid Enskedefältet, 22A och 22B. 22A fick höga poäng beroende på höga halter av metaller. Vid 22B gav bekämpningsmedel de högsta poängen. Bekämpningsmedel analyserades inte på provet från 22A. I undersökningen från 2003 valdes en helt ny provpunkt vid Enskedefältet som trots avståndet till tidigare provpunkter också kallades Enskedefältet (22B). De tre aktuella punkterna har inte gemensamt grundvattenflöde enligt grundvattenkartan. Punkt Enskedefältet (22A) från undersökning 1997 valdes eftersom den visar på den mest förorenade situationen enligt poängsättningen.



Figur 2. Karta över Stockholms stad och lokaliseringen för de 15 utvalda provpunkterna. Kartan är baserad på material från miljöförvaltningen i Stockholm.

Istället för Älvsjö (24) valdes Älvsjömässan (73) eftersom den punkten fått höga poäng i undersökningen 2003-2004. 1997 gjordes bara metallanalyser på provet från Älvsjömässan (73) vilket gör att andra föroreningar inte kan uteslutas. Provpunkten Liljeholmen (3) valdes

eftersom den fått höga poäng i undersökningen 2003-2004 och utpekats som en av de mest förorenade enligt SGU 1997.

4.2 Roslagstull/Roslagsvägen (44A och 44B)

Roslagstull ligger i nordöstra delen av centrala Stockholm. 1997 valdes platsen eftersom det tidigare låg ett sjukhus och ett industriområde öster om provpunkten.

1997 bestod Roslagstull/Roslagsvägen av två prov, 44A och 44B. Det var i själva verket samma provpunkt men två prover tagna på olika djup. 44A representerade det ytliga grundvattnet och 44B det djupare. I undersökningen från 2003-2004 användes inte samma provrör som 1997 utan ett närliggande.

4.2.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Vid provpunkten är jordarten lera. På ömse sidor av punkten ligger höjder med berg i dagen med morän på sluttningarna. Brunkebergsåsen med dess mer grovkorniga material ligger väster om provpunkterna. Grundvattnet strömmar i nord-nordvästlig riktning, längs Birger Jarlsgatan och Roslagsvägen ut i Brunnsviken. Vattenflödet har samma riktning som i Brunkebergsåsen men mellan provpunkterna och åsen ligger en höjd med berg i dagen.

4.2.2 Föroreningssituation

Roslagstull var den mest förorenade provpunkten 1997 enligt poängsystemet. I tabell 3 presenteras föroreningssituationen för det ytliga grundvattnet vid Roslagstull, provpunkt 44A. I det ytliga provet fanns förhöjda halter av samtliga analyserade föroreningskategorier men bakterier och bekämpningsmedel analyserades inte. Den största anledningen till de höga poängen för det ytliga vattnet vid Roslagstull var att sju olika PAH hittades. Platsen hade undersökningens högsta konduktivitet (179 mS m^{-1}) och Cl-halt ($729 \mu\text{g l}^{-1}$). Det ytliga grundvattnet hade också en av undersökningens högsta halter av Tot-P ($2,8 \text{ mg l}^{-1}$). Därtill fanns EGOM i grundvattnet. Av metallhalterna i det ytliga grundvattnet var Hg över värdet för att vända trend och halterna av Cr, Ni, Zn och Co över referensvärdena. I det djupare grundvattnet, provpunkt 44B, uppmättes undersökningens högsta halt av Hg ($4\,566 \mu\text{g l}^{-1}$). Det djupare grundvattnet hade också Pb- och Cu-halter över referensvärdena.

2003-2004 var det ytliga grundvattnet vid Roslagstull inte lika förorenat som 1997. PAH som var en stor föroreningskategori 1997 analyserades inte 2003-2004. Konduktiviteten och Cl-halten var fortfarande över riktvärdena medan NH_4 -halten var lägre jämfört med 1997. 1997 års höga halter av Hg bekräftades inte av undersökningen 2003-2004.

Brunnsviken, utströmningsområdet för grundvattnet från provpunkten, är en av det ytvattenförekomster som finns med i vattenprogrammet för Stockholm stad (2006). I programmet ses speciellt de förhöjda halterna av Hg och PAH i grundvattnet som ett problem om de når ytvattnet där de anses kunna påverka växt- och djurlivet.

Tabell 3. Föreningsskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Roslagstull/Roslagsvägen (44A) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	
Föreningsskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	NH ₄
	Tot-P
Metaller	Hg
	Cr
	Ni
	Zn
	Co
Bakterier	Ej analyserat
PAH	Naftalen
	Acenafitylen
	Fenantren
	Antracen
	Fluoranten
	Pyren
	Krysen
EGOM	EGOM
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

2003-2004	
Föreningsskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	Ej över naturliga halter
Metaller	Co
	Cr
Bakterier	Ej analyserat
PAH	Ej analyserat
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

4.2.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Den vanligast förekommande verksamhetstypen i provpunktens närområde har varit bränslehantering och tvätt av motorfordon. I ECOS finns tre olika verksamheter i den här kategorin med okänd verksamhetsperiod eller med ärenden från 1983 till 1988. De kemikalier som använts är enligt ECOS bl.a. smörjolja, bensin, glykol, avfettning och petroleumbaserad olja. Avfall i form av spillolja har förekommit. I MIFO-registret finns ytterligare tre uppgifter om verksamheter av samma typ som lagts ner under 70-talet.

Provpunkten ligger vid en av de hårt trafikerade in- och utfartslederna till Stockholm, Roslagsvägen. Mer än 20 000 fordon passerar per dag. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

Förutom bensinmackar och andra aktiviteter rörande motorfordon finns verksamheter av skilda typer i närområdet. I ECOS finns uppgifter om en kemtvätt med ärenden från 1991 där det organiska lösningsmedlet perkloretylen använts. I MIFO-registret finns uppgifter om ytterligare två kemtvättar. Kemtvättar har branschklass 2. Genom åren har branschen använt både petroleumbaserade och organiska lösningsmedel och branschens största förorening är perkloretylen (Länsstyrelsen i Stockholms län 2005).

I kvarteret Kattrumpstullen låg det nu nedlagda Roslagstulls sjukhus. I ECOS finns uppgifter om hantering av farligt avfall och ett mindre kemiskt och biologiskt labb. Det före detta sjukhuset finns även med i MIFO-registret. När verksamheten upphörde genomfördes en marksanering 1995. Jordmassorna med de högsta halterna av föroreningar transporterades bort. Massor med lägre halter behölls men användes inte ytligt utan under byggnader och hårdgjorda ytor. Vilka föroreningar det handlar om framgår inte av materialet i ECOS. I MIFO-registret finns också uppgifter om att hantering av farligt avfall skett i kvarteret och att det berörda området sanerades samtidigt som sjukhuset.

I ECOS finns dessutom uppgifter om ett enskilt avlopp med ärenden från 1984, en cistern i marken som installerades 1987 och en mindre gummitillverkning med ärenden från 1983. Från 1997 finns ärenden i ECOS om hantering av farligt avfall i närheten av provpunkten. Det avfall som hanterats är bl.a. lysrör, spillolja, oljefilter, avfettning och smörjolja.

I MIFO-registret finns uppgifter om en ytbehandlingsverksamhet ungefär mellan åren 1930 och 1980, ett konstgjuteri som arbetat med brons mellan åren 1906 och 1950 och en färgindustri med okänd verksamhetsperiod.

4.2.4 Bedömning

Den största föroreningskategorin 1997 var PAH. De uppstår vid ofullständig förbränning och är förknippade med trafik- och bensinsektorn (Stockholms stad 2008). Eftersom den vanligast förekommande verksamhetstypen i närheten av provpunkten varit bränslehantering och tvätt av motorfordon kan förekomsten av PAH sannolikt kopplas till dessa verksamheter. Förbi provpunkten går dessutom en hårt trafikerad väg. Också en del av metallerna i förhöjda halter, Cr, Ni och Zn, kan kopplas till trafiksektorn (Bergbäck m.fl. 2001). Det finns andra metaller som också är starkt förknippade med denna sektor men de förekommer inte i förhöjda halter i grundvattnet vid Roslagstull. Detta tyder på andra källor också är inblandade. I undersökningen från 1997 förklarades allt Cl i grundvattnet med saltning av vägar och saltning av Roslagsvägen är en trolig källa till de höga Cl-halterna.

Ingen tydlig källa till de höga Hg-halterna kunde finnas bland närliggande verksamheter. 1997 var halterna av Hg över värdet för att vända trend i det ytliga grundvattnet medan halterna i det djupare grundvattnet var 4,5 gånger riktvärdet. I Stockholm är användningen av amalgam den enskilt största källan till Hg (Bergbäck m.fl. 2001). I närheten av provpunkten fanns inga uppgifter på tandläkare med amalgam i registren. Det måste också påpekas att olika grundvattenrör provtogs i de olika undersökningarna och dessutom tog inget prov på det djupare grundvattnet 2003-2004 där de högsta Hg halterna hittades 1997.

4.3 Åsen Gamla Stan (15)

Gamla Stan ligger i Stockholms centrala delar. Det är en ö som binder samman Norrmalm och Södermalm och skiljer Mälaren från Saltsjön. Stockholms stad grundades på halvön som idag kallas Gamla stan och här finns Stockholms äldsta bebyggelse (Ericson 2003). Platsen valdes att ingå i undersökningen 1997 eftersom Brunkebergsåsen, som är en stor grundvattentillgång, går genom stadsdelen.

4.3.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Rakt genom Gamla Stan, i nord-sydlig riktning, går Brunkebergsåsen som präglar de geologiska förhållandena på platsen. Jorden består av grovkornigt material, från sten- till sandfraktioner. Både den västra och den östra stranden på Gamla stan består av fyllnadsmaterial. Vid provpunkten har fyllnadsmaterialet en mäktighet på ca 12 m. Under utfyllnaden finns områden med lera som har en mäktighet på 3 till 6 m samt partier där leran är växellagrad med grövre material från åsen.

Brunkebergsåsen är Stockholms största grundvattentillgång. Grundvattenströmningen styrs av nivåskillnaderna mellan Mälaren och Saltsjön. Saltsjön ligger i genomsnitt 60 cm lägre än Mälaren vilket leder till ett grundvattenflöde från väster till öster (SGU 1997).

4.3.2 Föroreningsituation

Åsen i Gamla stan var en av de mest förorenade platserna i båda undersökningarna, tabell 4. 1997 fanns förhöjda halter av nästan alla föroreningskategorier. Bekämpningsmedel och EGOM detekterades inte. Konduktiviteten (143 mS m^{-1}) var en av undersökningens högst uppmätta och över riktvärdet. Cl-halten var över värdet för att vända trend. Platsen utmärker sig särskilt p.g.a. de mycket höga uppmätta halterna av NH_4 ($37,3 \text{ mg l}^{-1}$) som är många gånger högre än riktvärdet. Undersökningens högsta uppmätta halter av TOC ($69,2 \text{ mg l}^{-1}$), Tot-N ($27,4 \text{ mg l}^{-1}$) och Tot-P ($6,6 \text{ mg l}^{-1}$) hittades också i åsen i Gamla stan.

Tabell 4. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Åsen Gamla stan (15) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH_4 har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	NH ₄
	TOC
	Tot-P
	Tot-N
Metaller	Hg
	Cr
	Co
Bakterier	Clostridier
PAH	Acenaften
	Fluoranten
	Antracen
	Fluoranten
	Pyren
EGOM	Ej funnet
Bekämpningsmedel	Ej funnet

2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	NH ₄
	TOC
	Tot-P
	Tot-N
Metaller	Hg
	Cr
	Co
	As
Bakterier	Ej funnet
PAH	Acenaften
	Fluoranten
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

Av metallerna detekterades 1997 Hg ($119 \mu\text{g l}^{-1}$), Cr ($7,8 \mu\text{g l}^{-1}$) och Co ($5,2 \mu\text{g l}^{-1}$) och samtliga halter hörde till undersökningens högsta. Halterna Hg var över värdet för att vända trend medan halterna Cr och Co var över referensvärdena. Därtill hittades fem olika PAH samt Clostridier.

Föroreningssituationen 2003-2004 var i stora drag lik den 1997. Både konduktiviteten (275 mS m^{-1}) och halten Cl ($230 \mu\text{g l}^{-1}$) var bland de högst uppmätta och hade ökat jämfört med 1997. Näringsämnen var fortsatt ett problem 2003-2004. Undersökningens högsta halt av NH_4 (55 mg l^{-1}) var en höjning jämfört med 1997. Även halterna av TOC (260 mg l^{-1}) och Tot-N (60 mg l^{-1}) hade ökat medan halten Tot-P ($6,3 \text{ mg l}^{-1}$) minskat något. Lägre halt Hg men högre halt As hittades 2003-2004 jämfört med 1997. Enbart två sorters PAH och inga bakterier detekterades.

4.3.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Den vanligaste uppgiften om miljöfarliga verksamheter vid provpunkten i ECOS berör cisterner med eldningsolja. Det finns uppgifter om fem cisterner och den äldsta installerades 1904. En uppgift om grafisk och fotografisk verksamhet finns i ECOS med händelser tidigast från 1983. De kemikalier som använts är silverhaltiga fotobad.

I MIFO-registret finns uppgifter om fyra verksamheter i närområdet. Vid Saltsjön fanns en handelsbåtshamn som tillhör branschklass 3. En färgindustri, Stockholms hartzolfabrik startades på 1890-talet och lades ner någon gång innan 1917. Färgindustrin har använt ett stort antal farliga kemikalier genom historien och tillhör branschklass 2 (Länsstyrelsen i Stockholms län 2003). Vilka kemikalier som använts av just denna fabrik framgår inte exakt. Av namnet att döma har hartsolja framställts. Hartsolja kan framställas från barrträd (Kemikalieinspektionen 2009) och används som bindmedel i färg (Kemikalieinspektionen 2009, Länsstyrelsen i Stockholms län 2003). I MIFO-registret finns även två kemtvättar som ligger på västra sidan av Gamla stan. En lades ner innan 1967 och den andra är i drift. Kemtvätsbranschens vanligaste förorening är perkloretylen (Länsstyrelsen i Stockholms län 2005).

4.3.4 Bedömning

Både 1997 och 2003-2004 hade grundvattnet i Gamla stan höga halter av näringsämnen. I undersökningen 1997 förklaras de höga halterna med läckage från avloppsledningar. I en värdering av risken för avloppsläckage till grundvattnet konstaterades att risken för läckage är större för gamla ledningar. Eftersom Gamla stan är en gammal stadsdel finns avloppsledningar från olika tider och av skiftande material. I stadsdelen finns det ca 900 meter avloppsledningar där risken för läckage är stor (Meyer 2008). Enligt undersökningen 1997 är förekomsten av Clostridier svårtolkad eftersom de kan indikera fekala föroreningar men även andra typer av föroreningar. De kan dessutom överleva väldigt länge som sporer i vattnet.

Inga uppenbara källor till föroreningarna kunde hittas bland de verksamheter som funnits runt provpunkten. Stadsdelen är gammal och i MIFO-registret finns uppgifter om att äldre, miljöfarliga verksamheter funnits på platsen. De äldsta uppgifterna är från 1890-talet men stadsdelen är betydligt äldre. Många gator är smala och belagda med kullersten. Det kan misstänkas att föroreningar lättare tränger ner genom kullerstensbeläggningar eftersom de inte är lika täta som asfalt.

4.4 Ulvsunda (10C)

Ulvsunda ligger i Bromma, i nordvästra delen av Stockholm. Det är ett av Stockholms stads största industriområden och de äldsta industrifastigheterna uppfördes i slutet på 1800-talet (Stockholms kommun 1983). Provpunkten Ulvsunda (10C) ligger i de centrala delarna av industriområdet med Ulvsundavägen och Bromma flygplats i väster och Bällstaviken i öster. Anledningen till att provpunkten valdes vid undersökningen 1997 var det omgivande industriområdet.

4.4.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Vid provpunkten består marken av fyllnadsmaterial med en mäktighet på 1 m. De naturliga jordarterna under är framförallt lera men det finns även partier med morän och berg i dagen. Den underliggande leran har en mäktighet på 4 till 5 m.

Söder om provpunkten finns en lokal vattendelare och grundvattnet strömmar därför i nordlig riktning. Strax norr om punkten bedöms grundvattnet ha en trycknivå på 5 m.ö.h. som avtar norrut.

4.4.2 Föroreningssituation

I tabell 5 finns föroreningssituationen sammanfattad.

Tabell 5. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Ulvsunda (10C) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	NH ₄
Metaller	Co
Bakterier	E-coli
	Koliform
	Streptokock
	Kolifager
PAH	Clostridier
	Fluoranten
EGOM	Pyren
	EGOM
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
Näringsämnen	NH ₄
	Tot-P
Metaller	Ej över naturliga halter
Bakterier	E-coli
	Sulfitred. anaeroba
PAH	Acenaften
	Acenaftilen
	Antracen
	Krysen
	Benso(a)pyren
	Fluoranten
Bekämpningsmedel	Fluoren
	Naftalen
	Pyren
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

I undersökningen 1997 var bakterier den stora föroreningskategorin i Ulvsunda. E-colibakterier och Streptokocker är säkra indikatorer på fekala föroreningar och hittades bara på två platser i undersökningen 1997 och Ulvsunda var den ena. Undersökningens högsta uppmätta antal av E-colibakterier (650 st per 100 ml) och Koliforma bakterier (1 300 st per 100 ml) fanns i Ulvsunda. Av de organiska föreningar som analyserades detekterades PAH och EGOM. Alla halter av metaller var låga förutom Co som var över referensvärdet. Halten Cl var över riktvärdet och SO₄ och NH₄ visade halter över referensvärdet.

I undersökningen 2003-2004 var Ulvsunda den mest förorenade provpunkten. Anledningen till detta var antalet olika PAH som hittades, 8 av totalt 16 analyserade, vilket var fler än 1997. Färre bakteriesorter påvisades men antalet E-colibakterier (44 st per 100 ml) var undersökningens högsta. Inga förhöjda halter av metaller uppmättes. Konduktiviteten och Cl-halten hade minskat och var nu över referensvärdena. En ökning av näringsämnen skedde mellan undersökningarna, 2003-2004 hittades både NH₄ och Tot-P (0,33 mg l⁻¹) i högre halter än 1997.

4.4.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Beroende på områdets karaktär som industriområde finns det en stor variation av miljöfarliga verksamheter kring provpunkten. Den verksamhetstyp som det finns flest uppgifter om i registren rör handel, reparationer, tvätt mm av motorfordon samt försäljning av drivmedel. I ECOS finns uppgifter om åtta verksamheter av den här typen fram till 2004 eller med osäker verksamhetsperiod. De kemikalier som används av fordons- och drivmedelsbranschen är enligt ECOS bl.a. lösningsmedel (thinner) och avfettningsmedel. Dessutom tillkommer avfall i form av spillolja och eventuella utsläpp av fordonsbränslen och oljor. Den här typen av verksamheter kan åtminstone dokumenteras från och med 1939 då posten byggde en verkstad och förråd på fastigheten Induktorn 33 enligt ”gröna boken”.

Tre av fordons- och drivmedelsverksamheterna finns upptagna i MIFO-registret och tillhör branschklass 2. Ett ärende i ECOS rör en nedlagd bensinmack på fastigheten Stickkontakten 11 där en markundersökning gjordes av Sandström miljö och säkerhetskonsult AB (2003). Vid undersökningen hittades petroleumämnen i marken utanför byggnaden och förhöjda halter av PAH i ett grundvattenprov. Spridningsförutsättningarna bedömdes som små då jordarten på platsen var lera. Eftersom inga prover tagits under själva byggnaden var föroreningssituationen där fortfarande okänd. En fullständig riskklassning kunde därför inte göras.

I provpunktens närområde finns två verksamheter i ECOS som anses mer skadliga för miljön. Det är en oorganisk kemisk industri på Induktorn 27 som använt bl.a. arsenik, gallium, lösningsmedel, syror och natriumhypoklorit. Den andra verksamheten är en ytbehandlingsverksamhet där kemiska elektrolytiska ytbehandlingar och svartoxidering av stål ingår. Kemikalier som använts är enligt ECOS bl.a. natriumhypoklorit, fosforsyra och natriumcyanid. Ytbehandlingsverksamheten finns också med i MIFO-registret där den tillhör branschklass 2.

I ECOS finns även sex uppgifter om grafisk- och tryckeriverksamhet fram till år 2002 eller med osäker verksamhetsperiod. Den här typen av verksamhet har också bedrivits av posten på Induktorn 33. Enligt ECOS är de kemikalier som används framkallare, lösningsmedel och film innehållande silver.

Dessutom finns uppgifter om cisterner för eldningsolja i marken som använts från slutet av 1960-talet till en bit in på 2000-talet. I ECOS finns uppgifter om fyra lackeringsverksamheter med ärenden från 1983-84. De kemikalier som användes var lösningsmedel. Två uppgifter om metall- och verkstadsindustri där bl.a. hydraulolja och skärvätskor använts samt en uppgift om produktion av kemiska produkter finns i ECOS.

4.4.4 Bedömning

Runt provpunkten finns många miljöfarliga verksamheter som är potentiella källor till föroreningarna. Högt antal bakterier detekterades i båda undersökningarna men antalet hade gått ner 2003-2004. E-colibakterier tyder på fekala föroreningar och därför är läckage av avloppsvatten troligt. Enligt undersökningarna 1997 och 2003-2004 visar förekomsten av Clostridier och sulfidreducerande anaeroba bakterier på fekala men även andra föroreningar. Förekomsten kan indikera gamla föroreningar då dessa bakterier kan finnas i vattnet en lång tid.

Den största skillnaden mellan 1997 och 2003-2004 års undersökning är ökningen av antalet PAH. Att det var ett problem 2003 bekräftades av en miljöteknisk markundersökning gjord av Sandström miljö och säkerhetskonsult AB (2003). Den vanligaste typen av miljöfarliga verksamheter i provpunktens närområde rör motorfordon och drivmedel och är en potentiell källa till de PAH och EGOM som detekterats i grundvattnet. Trafiksektorn är även största källan till en del metaller i Stockholm (Bergbäck m.fl. 2001) och enligt grundvattenundersökningen 1997 var just metaller den vanligaste föroreningen i Stockholms grundvatten. I Ulvsunda hittas låga halter av metaller trots det stora antalet miljöfarliga verksamheter i närheten.

I den miljötekniska markundersökningen som gjordes av Sandström miljö och säkerhetskonsult AB (2003) bedömdes grundvattnets flödesriktning vara österut mot Bällstaviken. Den generella flödesriktningen enligt SGU (1997) är norrut. Marken vid provpunkten består av fyllnadsmaterial. Beståndsdelarna i fyllnadsmaterialet har varierat genom åren och därför också dess egenskaper (Hultén 1995). Grundvattenflödet kan påverkas lokalt av denna typ av onaturliga jordar.

4.5 Laduviken (4)

Laduviken är en sjö i nordöstra Stockholm i närheten av universitetsområdet, Frescati. De båda provtagningarna är gjorda i olika rör men de ligger i närheten av varandra. 1997 togs provet ur ett rör placerat längs Frescativägen. Provet 2003-2004 togs längre västerut, längs Roslagsvägen vid infarten Frescativägen.

4.5.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Marken vid de båda provpunkterna består av fyllnadsmaterial. De naturliga jordarterna under är framförallt lera men även ett område med organiska jordarter sträcker sig österut mot sjön Laduviken. Provpunkten 2003-2004 ligger på gränsen mellan fyllnadsmaterialet i öster och naturlig lera i väster. Provpunkten från 1997 ligger helt inom området med fyllnadsmaterial men de naturliga, underliggande jordarterna övergår där från lera till organisk jord. Runt punkterna finns höjder av berg i dagen med morän på sluttningarna. Väster och söder om punkterna ligger en huvudvattendelare vilket leder till ett grundvattenflöde österut, ner mot Laduviken.

4.5.2 Föroreningsituation

Föroreningsituationen finns sammanfattad i tabell 6. I undersökningen 1997 ansågs Laduviken (4) vara en av de mest förorenade provpunkterna. Anledningen till den höga placeringen även i denna rapport's poängsystem var att fem olika PAH detekterades. Därtill fanns EGOM och Clostridier. Av metallerna var Hg, Cr, As och Co var över referensvärdena. Av huvudkonstituenterna var Cl-halten över utgångspunkten för att vända trend och konduktiviteten och SO₄-halten var över referensvärdena.

Skillnaden mellan föroreningsituationen 1997 och 2003-2004 är stor. Varken PAH, metaller eller bakterier fanns i grundvattnet 2003-2004. Halterna SO₄ och Cl var fortfarande förhöjda medan konduktiviteten minskat till nivåer under referensvärdet. Därtill hittades NH₄ i halter över referensvärdet.

Laduviken är en av sjöarna som finns med i vattenprogrammet för Stockholm stad (2006). Ett av problemen som formulerats där är att de förhöjda halterna av metaller och organiska miljögifter i grundvattnet riskerar att nå sjön.

Tabell 6. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Laduviken (4) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter	Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet	Huvudkonstituent	Cl
	Cl		SO ₄
	SO ₄	Näringsämnen	NH ₄
Näringsämnen	Ej över naturliga halter	Metaller	Ej över naturliga halter
Metaller	Hg	Bakterier	Ej funnet
	Cr	PAH	Ej funnet
	As	Bekämpningsmedel	Ej analyserat
	Co		
	Bakterier	Clostridier	
PAH	Antracen		
	Fluoranten		
	Pyren		
	Bensantracen		
	Krysen		
EGOM	EGOM		
Bekämpningsmedel	Ej analyserat		

4.5.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

I ECOS finns det uppgifter om tre verksamheter i närområdet som varit aktiva innan de båda grundvattenundersökningarna genomfördes. Det är två bensinstationer, en i drift med ärenden tidigast ifrån 1987, och en nedlagd. Båda finns även med i MIFO-registret. Den tredje verksamheten rör handel och service av motorfordon.

Vid en ombyggnad av den befintliga bensinstationen år 2000 upptäcktes en petroleum-förening i marken som sedan sanerades 2006. Enligt en rapport från Golder Associates AB (2006), som ansvarade för saneringen, sattes inga saneringsmål upp för grundvattnet eftersom det inte nyttjas till dricksvatten. Vid schaktningsarbetet trängde grundvatten upp i gropen och en övre grundvattennivå bedömdes till 2,5 meter under markytan. All petroleumförorenad jord kunde inte schaktas bort eftersom stabiliteten i marken inte kunde garanteras.

Väster om provpunkterna går en hårt trafikerad väg, Roslagsvägen, där över 20 000 fordon passerar varje dygn. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

4.5.4 Bedömning

Inga uppenbara källor till de förhöjda halterna av ämnen fanns bland verksamheterna i närområdet. Samtliga miljöfarliga verksamheter rör motorfordon och drivmedel och Roslagsvägen är en hårt trafikerad väg. Cl (SGU 1997), en del metaller (Bergbäck m.fl. 2001) och PAH (Stockholms stad 2008) kan ha sitt ursprung i trafiken. Vägen som går förbi provpunkten från 1997, Frescativägen, är mindre trafikerad än Roslagsvägen men fortfarande är det en hårt trafikerad väg. Dessutom är marken runt provpunkten 1997 är inte hårdgjord vilken kan leda till infiltration till grundvattnet.

Anledningen till att föroreningsituationen skiljer sig så mycket mellan undersökningarna kan bero på att olika rör provtogs. Macken som sanerades 2006 ligger mellan provpunkterna i vattnets flödesriktning. Föroreningen bedöms inte påverka provpunkten från 2003-2004 eftersom den ligger uppströms föroreningen. Däremot kan den ha haft påverkan på provpunkten från 1997 som ligger nedströms föroreningen.

4.6 Åsen Norrmalm (16A)

Provpunkten ligger på Norrmalmstorg i centrala Stockholm. Stadsbebyggelse har funnits här sedan slutet av 1500-talet och Norrmalm är därmed en av Stockholms äldsta stadsdelar (Ericson 2003). Provpunkten valdes ut till undersökningen 1997 eftersom den ligger i utkanten av Brunkebergsåsen som är Stockholms största grundvattentillgång. Denna punkt ingick inte i undersökningen 2003-2004.

4.6.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Marken vid provpunkten består av fyllnadsmaterial med en mäktighet på 4 till 5 m. Under fyllnadsmaterialet finns 4 till 5 m lera. Väst och nordväst om provpunkten ligger Brunkebergsåsen med mer grovkornigt material, sten, grus och sand. Öster om provpunkten finns en höjd med berg i dagen.

P.g.a. närheten till Brunkebergsåsen är grundvattentillgången vid punkten stor till måttlig. Ovanpå grundvattentillgången ligger ett svårgenomsläppligt lager av lera men nordväst om provpunkten finns ett viktigt infiltrationsområde. Strömriktningen är åt sydöst mot Nybroviken.

4.6.2 Föroreningsituation

Av de provpunkter som låg längst Brunkebergsåsen i undersökningen 1997 var Åsen Norrmalm (16) den som fick flest poäng i poängsystemet i denna rapport. Förorenings-situationen finns sammanfattad i tabell 7.

Tabell 7. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Åsen Norrmalm (16) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH_4 har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	2003-2004
Föroreningskategori	Platsen ej provtagen
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
Näringsämnen	NH_4
	Tot-P
	Tot-N
Metaller	Hg
	Cr
	Co
Bakterier	E-coli
	Koliform
	Streptokock
	Clostridier
PAH	Fluoranten
	Pyren
EGOM	Ej funnet
Bekämpningsmedel	Ej funnet

Bakterier var den föroreningskategori som förekom mest frekvent. Samtliga bakterier detekterades utom Kolifager. E-colibakterier och Streptokocker är säkra indikatorer på fekala föroreningar och hittades bara på två platser i undersökningen 1997 varav åsen vid Norrmalm var den ena. Störst antal bakterier hittades av E-coli (110 st per 100 ml) och Koliforma (400 st per 100 ml). Undersökningens näst högsta halter av NH_4 ($1,9 \text{ mg l}^{-1}$) uppmättes och det var över riktvärdet. Även övriga näringsämnen, Tot-N ($9,4 \text{ mg l}^{-1}$) och Tot-P ($2,8 \text{ mg l}^{-1}$), fanns i höga halter. Av metallerna var halterna av Hg, Cr och Co över referensvärdena. Två olika PAH hittades. Av huvudkonstituenterna var Cl och konduktiviteten över utgångspunkten för att vända trend.

4.6.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Den vanligaste verksamhetskategorin i ECOS är tandläkare. Uppgifter om ca femtio tandläkare finns i området. Majoriteten av dessa använder idag inte amalgam och en del är Hg-sanerade. Den därefter mest representerade branschen i ECOS är grafisk och fotografisk produktion. Det finns uppgifter om åtta olika verksamheter med ärenden från 1980 till 2000. De kemikalier som använts är framför allt silverhaltiga fixerings- och framkallningsbad. Belägg för att den här typen av verksamhet har längre historia i området finns i MIFO-

registret. Där finns uppgifter på ett tryckeri på fastigheten Bocken 39 som startade sin verksamhet 1905.

I MIFO-registret finns ytterligare verksamheter som vittnar om områdets historia. På fastigheten Kvasten 8 fanns en färgindustri under första hälften av 1900-talet. Färgindustrin tillhör branschklass 2 i MIFO-registret. Exakt vilken typ av verksamhet som skett framgår inte av materialet men färgindustrin har i allmänhet hanterat miljöfarliga kemikalier. Organiska föreningar finns i bindmedel och lösningsmedel och som pigment i färgen har en rad metaller använts. Vanligast är titanoxid, järnoxider och zinkfosfat men även Pb, Co, Cu, Cr, Zn och Cd har använts. (Länsstyrelsen i Stockholms län 2003)

På fastigheten Kvasten 9 fanns ett garveri, branschklass 2, från och med 1909. I mineralbearbetningen av skinn användes framför allt metaller som Cr, Pb och Hg, men även petroleumprodukter (Länsstyrelsen i Stockholms län 2006). På fastigheten Oxen större 21 startades två tungmetallgjuterier, branschklass 2, i början av 1900-talet. Det var gelbgjutare som arbetar med mässing och andra ”gula” metallegeringar. De metaller som användes var framför allt Cu och Zn (Länsstyrelsen i Stockholms län 2005).

I ECOS finns uppgifter om en markförorening på fastigheten Vildmannen 7. Anmälan gjordes 2006 efter att man hittat höga halter PAH och tungmetallhalter (Cu och Zn) i fyllnadsmaterialet under ett källargolv. Vid förstärkning av grunden grävdes den förorenade fyllningen bort. Prover tydde på att grundvattnet inte var påverkat av föroreningen.

I MIFO-registret finns uppgifter om sex kemtvättar i närområdet. Två lades ner innan 1969 och två av dessa finns med i ECOS med händelser från 1991 och 1997. Kemtvätsbranschens vanligaste förorening är perkloretylen (Länsstyrelsen i Stockholms län 2005).

4.6.4 Bedömning

De två största föroreningskategorierna, bakterier och näringsämnen, är båda förknippade med avloppsläckage. Enligt grundvattenrapporten från 1997 är E-colibakterier och Streptokocker tydliga indikatorer på fekala föroreningar. De övriga bakterierna kan även indikera annan förorening och Clostridier kan överleva länge i sporform vilket kan tyda på gamla föroreningar. Enligt en riskvärdering för avloppsläckage till grundvattnet konstateras att risken för läckage är större för gamla ledningar. Runt Norrmalmstorg finns ledningar från mitten av 1900-talet och risken för avloppsläckage i området bedöms som medelstor. I ca 800 meter avloppsledning bedöms risken för läckage som stor. (Meyer 2008)

Inga uppenbara källor till föroreningarna i grundvattnet kunde hittas bland verksamheterna i närområdet. Däremot har de tungmetaller som hittades i förhöjda halter använts i området av olika verksamheter. Den största källan till Hg i Stockholm är användandet av amalgam (Bergbäck m.fl. 2001) och i området finns det uppgifter om ett stort antal tandläkare. Den färgindustri, de gjuterier och det garveri som var verksamma i området från början av 1900-talet har använt samtliga metaller som påträffats i förhöjda halter i grundvattnet.

4.7 Johannelundstoppen (30)

Johannelundstoppen ligger i nordvästra Stockholm. ”Toppen” är en gammal schaktmassedeponi från utbyggnaden av stadsdelarna Vällingby och Hässelby (Tyréns 1998). Det var p.g.a. den tidigare deponin som platsen valdes till undersökningen 1997. Den aktuella provpunkten ligger inom ett industriområde.

4.7.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Jordarten vid provpunkten består av lera med en mäktighet på 2 till 5 m. Längre från punkten finns höjder med berg i dagen med morän på sluttningarna. Nordväst om provpunkten ligger Johannelundstoppen som tidigare var schaktmassedeponi och jorden består därför av fyllnadsmaterial. De naturliga jordarterna under är lera, morän och berg.

Grundvattenströmmen till punkten kommer från nordväst. Det betyder att grundvattnet kommer från Johannelundstoppen med dess deponimaterial. Både yt- och grundvattnet dräneras mot sydöst.

4.7.2 Föroreningssituation

Johannelundstoppen provtogs både 1997 och 2003-2004 och fick höga poäng i båda undersökningarna. Föroreningssituationen sammanfattas i tabell 8.

Tabell 8. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Johannelundstoppen (30) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	Ej över naturliga halter
Metaller	Hg
	Co
Bakterier	Clostridier
PAH	Fluoren
	Fenantren
	Antracen
	Fluoranten
Pyren	
EGOM	EGOM
Bekämpningsmedel	Ej funnet

2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	Ej över naturliga halter
Metaller	Cd
	Co
	Cr
Bakterier	Ej analyserat
PAH	Benso(a)pyren
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

Främsta orsaken till höga poäng 1997 var att fem olika PAH detekterades men även andra föroreningskategorier var representerade. Av metallerna hade Hg och Co halter över referensvärdena. Konduktivitet och Cl var över värdena för att vända trend och SO₄ fanns halter över referensvärdet. EGOM detekterades och av bakterierna påvisades Clostridier.

2003-2004 hade föroreningsituationen vid Johannelundstoppen förändrats i jämförelse med 1997. Av PAH hittades bara en sort och av metallerna hade Cd, Co och Cr halter över riktvärdena. Konduktiviteten hade ökat jämfört med 1997 och var nu över riktvärdet. Cl hittades fortfarande i halter över värdet för att vända trenden. Även SO₄ hade värden i samma storleksordning som 1997. Bakterier analyserades inte i undersökningen 2003-2004.

4.7.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Ett stort antal verksamheter i skilda branscher finns inom industriområdet vid provpunkten. I ECOS finns det uppgifter om elva verksamheter inom fordons- och drivmedelsbranschen där bl.a. drivmedelsförsäljning, biltvätt samt lackering, service och skrotning av fordon ingår. Ärendena är tidigast från 1982. En bensinmack på fastigheten Skutkrossen 13 finns med i MIFO-registret och är i branschklass 2. Enligt ECOS är de kemikalier som använts av denna bransch glykol, avfettning, färg/lack och thinner och verksamheternas avfall är i form av spillolja och övrigt oljeavfall. En bilskrot fick klagomål på oljeutsläpp år 1992.

På fastigheterna Johannelund 4 och Singeln 14 finns uppgifter i ECOS om ytbehandlingsverksamheter med ärenden tidigast från 1981. Ett av företagen hade släppt ut för höga halter av cyanid år 2000 och ärendet anmäldes till åklagare året därpå. Andra kemikalier som användes av verksamheterna är bl.a. nickelsulfat, kopparcyanid, nickelklorid, anoder av Cu och silver, syrabad, avfettning samt klorerade lösningsmedel. Detta leder till avfall bl.a. i form av tungmetallhaltigt slam och tungmetallhaltiga filter och lösningsmedel med cyanid.

Det finns uppgifter om elva verksamheter inom tillverknings- och verkstadsindustrin. Det tillverkas bl.a. gummi, radioapparater och metallprodukter och dessa verksamheter hanterar bl.a. metaller, metallbearbetningsolja och färg/lack. I ECOS finns dessutom uppgifter om fem grafiska verksamheter och två verksamheter som hanterat farligt avfall. Avfallshanteringsverksamheterna finns också med i MIFO-registret. Där finns också uppgifter om en organisk kemisk industri på fastigheten Singeln 10 som är i branschklass 2.

4.7.4 Bedömning

I SGU:s grundvattenundersökning 1997 togs ytterligare tre prover runt deponin. De provpunkterna analyserades bara på metaller. Samtliga metaller utom Zn hittades i förhöjda halter och Hg-halten vid de andra provpunkterna runt tippen var betydligt högre än vid Johannelundstoppen (30). En undersökning av deponins påverkan på yt- och grundvattnet gjordes av Tyréns (1998) och då togs grundvattenprover i samma rör som vid SGU:s undersökning 1997. I den undersökningen hittades tre PAH, naftalen, fluoranten och pyren, i grundvattnet. Föroreningsituationen gällande metaller bekräftade i stort SGU:s resultat från 1997 med undan tag för Pb som hittades i högre halter.

Skillnaden mellan Johannelundstoppen (30) och de prover som tagits runt deponin är stor när det gäller metallföroreningar. Det tyder på att föroreningarna vid provpunkten Johannelundstoppen (30) har andra källor än deponin. Det är troligare att källorna finns inom det omgivande industriområdet. Eftersom det har pågått och pågår många olika miljöfarliga verksamheter i närheten av provpunkten finns många potentiella källor till föroreningarna. PAH är kopplat till ofullständig förbränning (Stockholms stad 2008) och i området finns det många verksamheter inom fordons och drivmedelsbranschen.

4.8 Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B)

Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B) provtogs i undersökningen 1997. Den närmaste provpunkten 2003-2004 heter Gubbängen (72). Provpunkterna ligger i sydöstra delen av Stockholm, längs Nynäsvägen. Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B) ligger söder om Tyresövägen medan Gubbängen (72) ligger norr om densamma. Platsen valdes 1997 eftersom den ligger nära en grundvattentillgång och eftersom den ligger vid en hårt trafikerad väg.

4.8.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Vid provpunkterna är jordarten växellagrad lera med en mäktighet på mellan 1 och 9 m. Leran är växellagrad med grövre material, sten, grus och sand, från Brunkebergsåsen i nordöst.

En huvudvattendelare ligger norr om provpunkterna och en lokal vattendelare ligger till öster. Grundvattenflödet är mot syd-sydväst. Ett mindre område i väster och ett större område i öster är viktiga för infiltration av grundvatten. Närheten till Brunkebergsåsen gör att de grovkorniga materialen utgör en grundvattentillgång, men tillgången bedöms som liten.

4.8.2 Föroreningssituation

I tabell 9 finns föroreningssituationen sammanfattad. I undersökningen från 1997 fick Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B) framför allt höga poäng för att tre olika bekämpningsmedel hittades. De fanns i halter över riktvärdet och totalhalten av samtliga analyserade bekämpningsmedel var undersökningens högsta.

Tabell 9. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Tallkrogen/O Nynäsvägen (46B) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997

Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	NH ₄
	Tot-P
Metaller	Pb
	Hg
	Cu
	Co
Bakterier	Ej funnet
PAH	Ej funnet
EGOM	EGOM
Bekämpningsmedel	Atrazin
	Atrazin-desetyl
	BAM-diklorbensamid

2003-2004

Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	Ej över naturliga halter
Metaller	Cd
	Co
	Hg
Bakterier	E-coli
	Sulfitred. anaeroba
PAH	Ej funnet
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

Av metallerna uppmättes 1997 års näst högsta halt av Pb ($3,8 \mu\text{g l}^{-1}$) vilket var över utgångspunkten för att vända trend. Hg, Cr och Co fanns i halter över referensvärdena. Provpunkten hade några av undersökningens högsta värden för konduktivitet ($122,5 \text{ mS m}^{-1}$) och Cl (473 mg l^{-1}). Halterna SO_4 var över utgångspunkten för att vända trend. Av näringsämnen hade NH_4 halter över referensvärdet och Tot-P ($0,2 \text{ mg l}^{-1}$) fanns i förhöjda halter. Därtill detekterades EGOM.

I undersökningen från 2003-2004 utgjorde fortfarande konduktiviteten (424 mS m^{-1}) och halten Cl ($1\ 300 \text{ mg l}^{-1}$) ett problem. För både konduktiviteten och halten Cl var värdena undersökningens högsta och Cl-halten var flera gånger högre vid Nynäsvägen än det näst högsta uppmätta värdet (Engelbrektsplan, 420 mg l^{-1}). För båda parametrarna hade värdena ökat sedan undersökningen 1997. Halterna SO_4 var lägre än 1997 men var fortfarande över riktvärdet. Av metallerna var halterna av Cd, Co och Hg över referensvärdet. 2003-2004 hittades E-colibakterier och sulfidreducerande anaeroba bakterier vid Gubbängen (72).

4.8.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Nynäsvägen är en av de stora in- och utfartslederna till Stockholm och över 20 000 fordon passerar varje dygn. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

I ECOS finns fem uppgifter om markcisterner med eldningsolja i närområdet. Den äldsta togs i bruk 1969. Ytterligare en markcistern finns på fastigheten Stora tallkrogen 2, i anslutning till den bensinmack som finns på fastigheten. Enligt ECOS hanteras avfettningsmedel och bensin på macken. Denna bensinmack finns även med i MIFO-registret och tillhör branschklass 2. På samma fastighet har även farligt avfall hanterats och lagrats enligt ECOS. Avfallet som hanterats består bl.a. av olja, lösningsmedel, bilbatterier, fotokemikalier, lysrör samt färg/lack.

Tre verksamheter rörande handel, reparationer och tvätt av motorfordon finns på fastigheten Förbrännaren 3, med ärenden i ECOS från 1987 och 1990. Enligt ECOS har spillolja, avfettning, thinner, tvättvätska, glykol och smörjolja hanterats av verksamheterna. Enligt grundvattenkartan går den lokala vattendelaren rakt genom fastigheten Förbrännaren 3. Beroende på vattendelarens exakta läge och verksamheternas placering på fastigheten kan dessa verksamheter ha en påverkan på grundvattenkvaliteten vid provpunkten.

4.8.4 Bedömning

Enligt undersökningen 1997 var de bekämpningsmedel som hittades flitigt använda av park- och kyrkogårdsförvaltningar. Nordväst om provpunkterna ligger Skogskyrkogården som kan vara en källa till de bekämpningsmedel som detekterats. Kyrkogårdens sydligaste hörn ligger inom provpunkternas tillrinningsområde. Eftersom detektionsgränsen för bekämpningsmedel var högre än riktvärdet i undersökningen från 2003-2004 kan inga slutsatser dras om dess förekomst.

Ingen tydlig källa till de förhöjda halterna kan urskiljas bland verksamheterna i närheten. Cl-halterna kan kopplas till saltning av vägarna i området (SGU 1997). Ökningen från 1997 till 2003-2004 beror troligtvis på olika förhållanden vid provtagningstillfällena och det faktum att olika rör provtogs. Även den del metaller, Pb, Cu och Co, kan ha sitt ursprung i trafiksektorn (Bergbäck m.fl. 2001). Trafiken är också den största källan till andra metaller som inte

uppmätta i förhöjda halter vilket tyder på att andra källor också finns. Vid avfallshanteringen kan flertalet metaller ha förkommit.

4.9 Kungsholmen NV (11B)

Kungsholmen är en ö i de västra, centrala delarna av Stockholm. Provpunkten ligger i den nordvästliga änden av Kungsholmen. I undersökningen 1997 låg två punkter 11A och 11B i närheten av varandra och båda fanns med bland de 20 mest förorenade provpunkterna i denna rapports poängsystem. Platsen valdes till undersökningen 1997 eftersom det är ett innerstadsområde med industrier. Platsen provtogs inte 2003-2004.

4.9.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Jordarten vid provpunkten är lera med en mäktighet på 8 till 10 m. Till söder, öster och väster finns partier med berg i dagen. En lokal vattendelare ligger sydöst om provpunkten vilket ger ett grundvattenflöde åt nordväst, mot Ulvsundasjön. Vid platsen är grundvattnets trycknivå 1 m.ö.h. och det finns en tryckgradient från vattendelaren. Vid vattendelaren är trycknivån över 5 m.ö.h. Ytorna är hårdgjorda så ingen infiltration sker på platsen.

4.9.2 Föroreningssituation

Föroreningssituationen sammanfattas i tabell 10. I undersökningen 1997 var metaller den största föroreningskategorin.

Tabell 10. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Kungsholmen NV (11B) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004
Föroreningskategori	Parameter	Platsen ej provtagen
Huvudkonstituent	Konduktivitet	
	Cl	
	SO ₄	
Näringsämnen	NH ₄	
	Tot-P	
Metaller	Hg	
	Ni	
	Zn	
	As	
	Co	
Bakterier	Ej analyserat	
PAH	Fluoranten	
	Pyren	
EGOM	Ej funnet	
Bekämpningsmedel	Ej analyserat	

Några av undersökningens högsta halter av Hg ($280 \mu\text{g l}^{-1}$) och Zn ($223 \mu\text{g l}^{-1}$) uppmättes vid 11B, vilka var över utgångspunkterna för att vända trend. I övrigt fanns Ni, As och Co i halter över referensvärdena. I grundvattnet vid den närliggande punkten 11A fanns dessutom Pb, Cd, Cu och Cr i halter över referensvärdena. Vid 11A uppmättes Stockholms högsta halter av Cu ($93 \mu\text{g l}^{-1}$) 1997. Förutom höga halter av metaller var konduktiviteten och Cl-halten över riktvärdena och SO_4 över värdet för att vända trend. Av näringsämnen var NH_4 -halten över referensvärdet och Tot-P ($0,3 \text{ mg l}^{-1}$) fanns i förhöjda halter. Därtill detekterades två olika PAH.

Grundvattnet från provpunkterna rinner mot Ulvsundasjön, som är en av sjöarna som finns med i vattenprogrammet för Stockholm Stad (2006). Ett av problemen som formulerats där är att de förhöjda halterna av metaller och organiska miljögifter i grundvattnet riskerar att nå sjön. De höga Cu-halterna vid provpunkt 11A nämns speciellt.

4.9.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

På fastigheten där prover är taget, Kristinebergs slott 10, ligger ett bussgarage för Stockholms lokaltrafik (SL). Uppgifter om verksamheten finns både med i ECOS och MIFO-registret. På området sker service, reparationer och tvätt av bussar och enligt ECOS är de kemikalier som använts avfettning, rengöringsmedel, petroleumbaserad olja och halogenerade kolväten. Verksamheten startade i början av 1930-talet och pågår fortfarande och idag är garaget uppställningsplats för ca 140 bussar (Mellander 2009). Enligt MIFO-registret sanerades 1995 en stor mängd dieselolja från grundvattnet.

Öster om provpunkten går Essingeleden där E4/E20 går genom staden. Vägpartiet är en hårt trafikerad in-, ut- och genomfart för trafiken i Stockholm och över 20 000 fordon passerar varje dygn. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

I ECOS finns det uppgifter om en grafisk och fotografisk produktion sydöst om provpunkten, i flödesriktningen. Ärenden är tidigast från 1980 och de kemikalier som använts är silverhaltigt film- och fixerbad.

4.9.4 Bedömning

Inga uppenbara källor till föroreningarna kunde identifieras bland de miljöfarliga verksamheterna vid provpunkten. Företeelser som kan förklara de höga halterna av metaller är trafiken i närområdet och verksamheter i SL:s bussgarage. Utsläpp till grundvattnet har konstaterats tidigare i form av dieselolja. De metaller som är förknippade med trafik och fanns i grundvattnet vid 11 B är Ni och Zn. Vid 11A uppmättes dessutom Cu, Pb och Cr. Även förekomsten av PAH kan kopplas till fordonens bensinförbränning (Stockholm stad 2008).

Essingeleden går på en viadukt över Kungsholmen. Trots att vägen inte ligger i marknivå kan den ha en påverkan på marken nedanför. Under torra förhållanden är de vanligaste spridningssätt för vägföroreningar på små partiklar med vinden (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003). Eftersom vägen är över marken kan föroreningarna spridas över ett större område än om vägen gick i markhöjd. Inte heller trafiken på marknivå är försumbar, inte minst p.g.a. SL:s bussgarage.

4.10 Tallkrogen/Sandemarsvägen (46A)

Sandemarsvägen ligger i södra Stockholm och platsen valdes att ingå i undersökningen 1997 p.g.a. eventuellt avloppsläckage. Platsen provtogs inte i undersökningen 2003-2004.

4.10.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Vid provpunkten är jordarten lera med en mäktighet på mellan 1 till 5 m. Runt punkten finns områden med berg i dagen som har morän på sluttningarna. Väster och söder om provpunkten ligger en huvudvattendelare. Grundvattenflödet är åt nordväst i en sänka mellan höjder med berg i dagen.

4.10.2 Föroreningsituation

Flera föroreningskategorier fanns representerade vid Sandemarsvägen i undersökningen 1997 och situationen finns sammanfattad i tabell 11. Det som gett mest poäng är kategorin bekämpningsmedel där tre olika detekterades. Två PAH hittades och halterna av Cu, Ni och Co var över referensvärdena. Samtliga huvudkonstituenten var över referensvärdena.

Tabell 11. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Tallkrogen/Sandemarsvägen (46A) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004
Föroreningskategori	Parameter	Platsen ej provtagen
Huvudkonstituenten	Konduktivitet Cl SO ₄	
Näringsämnen	Ej över naturliga halter	
Metaller	Cu Ni Co	
Bakterier	Ej funnet	
PAH	Naftalen Fenantren	
EGOM	Ej funnet	
Bekämpningsmedel	Atrazin Atrazin-desetyl BAM-diklorbensamid	

4.10.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Provröret ligger i ett villaområde och tillrinningsområdet består nästan uteslutande av bostäder. Uppgifterna om miljöfarliga verksamheter speglar detta. I ECOS finns uppgifter om 18 cisterner för eldningsolja. De installerades mellan 1966 och 1976 och merparten togs ur bruk en bit in på 2000-talet. Sju är fortfarande i bruk. Därtill finns uppgifter om ett litet kemiskt lager, ett tryckeri, en mindre energianläggning och en fordonsverkstad i provpunktens närområde.

4.10.4 Bedömning

De bekämpningsmedel som hittats är enligt undersökningen 1997 vanligt använda av villaägare. I övrigt finns inga direkta kopplingar mellan verksamheterna och föroreningarna i grundvattnet. PAH (Stockholms stad 2008), en del metaller (Bergbäck m.fl. 2001) och Cl kan kopplas till trafiken men inga större vägar finns i tillrinningsområdet. Saltning av privata uppfarter i villaområdet kan vara en bidragande orsak till Cl-halterna.

4.11 Södermalm V (21)

Provpunkten ligger på västra Södermalm, i norra änden av Tantolunden. Södermalm V (21) valdes till undersökningen 1997 eftersom punkten ligger i innerstaden. Platsen provtogs inte i undersökningen 2003-2004.

4.11.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Marken vid platsen består av fyllnadsmaterial med en mäktighet på ca 10 m. Under utfyllnaden finns lera. Norr och söder om provpunkten finns berg i dagen med mindre områden av morän.

Öster om provpunkten ligger en lokal vattendelare som gör att grundvattnet strömmar västerut mot Årstaviken. Både norr och söder om provpunkten ligger höjder med berg i dagen. Grundvattnet strömmar i en sänka mellan dessa höjder. På platsen ligger grundvattenytan på 4 till 5 m.ö.h.

4.11.2 Föroreningsituation

Metaller är den vanligaste föroreningen vid provpunkten Södermalm V (21) och föroreningsituationen finns sammanfattad i tabell 12. Sju av nio analyserade metaller hade halter över referensvärdena. Två olika bakterier, koliforma och Clostridier hittades i förhöjt antal. Antalet Clostridier (260 st per 100 ml) var det högsta antalet i undersökningen. Konduktiviteten och Cl-halten var över utgångspunkterna för att vända trend samt SO₄ och NH₄ fanns i halter över referensvärdena.

Tabell 12. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Södermalm V (21) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004
Föroreningskategori	Parameter	Platsen ej provtagen
Huvudkonstituent	Konduktivitet	
	Cl	
	SO ₄	
Näringsämnen	NH ₄	
Metaller	Pb	
	Hg	
	Cu	
	Cr	
	Ni	
	As	
	Co	
Bakterier	Koliform	
	Clostridier	
PAH	Ej funnet	
EGOM	Ej funnet	
Bekämpningsmedel	Ej analyserat	

4.11.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Det finns uppgifter om två nedlagda bensinmackar i provpunktens tillrinningsområde. Den ena finns med både i ECOS och MIFO-registret och lades ner 1972. Bensinmackar tillhör branschklass 2. Vid en markundersökning av WSP Environmental (2003) konstaterades förhöjda halter av PAH i marken på fyra meters djup. En eventuell spridningsriktning vore västerut, i grundvattenriktningen. De gjorde bedömningen att ingen skadlig exponering skulle ske om de förorenade massorna lämnades.

Norr om provpunkten går Hornsgatan där över 20 000 fordon passerar varje dygn. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

I ECOS finns uppgifter om tre tandläkare som är Hg-sanerade i närheten av provpunkten. Dessutom finns två uppgifter om förorenad mark i kvarteret Krukamakaren där olja hittades i ett före detta pannrum.

I MIFO-registret finns uppgifter om en kemtvätt, som lades ner innan 1969, och ett plåtslageri, som upphörde innan 1989. I MIFO-registret finns också uppgifter om 2 färgindustrier, branschklass 2, på fastigheterna Pålen 3 och 4. Enligt grundvattenkartan går den lokala vattendelaren i öster rakt genom fastigheterna. Beroende på vattendelarens exakta läge och verksamheternas placering på fastigheten kan dessa verksamheter ha en obetydlig påverkan på grundvattenkvaliteten i provpunkten.

4.11.4 Bedömning

Inga uppenbara källor till föroreningarna kunde identifieras bland de miljöfarliga verksamheterna i närområdet. Metaller är den vanligaste föroreningen och ett flertal verksamheter är potentiella källor. Pb, Cu, Cr och Zn kan kopplas till trafiken (Bergbäck m.fl. 2001). Även andra metaller kan ha sitt ursprung i trafiksektorn vilket tyder på att också andra källor är möjliga.

4.12 Enskedefältet (22A)

Enskedefältet är ett grönområde i södra delen av Stockholm, sydväst om Globen. I undersökningen 1997 valdes denna provpunkt p.g.a. närliggande industrier öster om provpunkten. I båda grundvattenundersökningarna har totalt tre provpunkter med namnet Enskedefältet ingått. I avsnittet om material och metod, sektion 3.1, beskrivs varför Enskedefältet (22A) valdes till denna inventering.

4.12.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Jordarten vid provpunkten är lera med en mäktighet på 4 m men en mäktighet på mellan 3 och 20 m har noterats söder och väster om punkten. Nordöst om provpunkten finns berg i dagen med morän på sluttningarna.

Vid provpunkten flödar grundvattnet mot sydväst. En huvudvattendelare finns nordöst men undersökningsområdet begränsas till den höjd med berg i dagen i samma vädersträck. Det går även ett flöde från öster i de lägre områdena längst Enskedefältet

4.12.2 Föroreningsituation

Tabell 13. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Enskedefältet (22A) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004
Föroreningskategori	Parameter	Platsen ej provtagen
Huvudkonstituent	Konduktivitet	
	Cl	
	SO ₄	
Näringsämnen	NH ₄	
Metaller	Pb	
	Cu	
	Hg	
	Ni	
	Co	
Bakterier	Ej analyserat	
PAH	Naftalen	
EGOM	EGOM	
Bekämpningsmedel	Ej analyserat	

Föroreningsituationen finns sammanfattad i tabell 13. Metaller var den vanligaste föroreningskategorin i undersökningen 1997. Hg-halten var över utgångspunkten för att vända trend och Pb, Cu, Ni, och Co fanns i halter över referensvärdena. En PAH och EGOM detekterades. Av huvudkonstituenterna var konduktiviteten och Cl-halten över utgångspunkterna för att vända trend och SO₄-halten var över referensvärdet. Halten NH₄ var över utgångspunkten för att vända trend.

4.12.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Fastigheten Mejeristen 1 är en av de industrifastigheter som finns i närheten av provpunkten. Enligt ECOS finns där en biltvätt med ärenden från 1992 som använt bl.a. avfettnings- och lösningsmedel. Det finns en cistern i marken som togs i bruk 1981 och en verksamhet som gör hudvårdsprodukter med ärenden från 2000. Fastigheten har antagligen fått sitt namn av den livsmedelsproduktion, mejerivaror, som skett. De uppgifter i ECOS om kemikalier som använts vid produktionen är bl.a. avfettningsmedel, salpeter- och svavelsyra, Hg-sulfat, rengöringsmedel, freon och färg/lack.

Vid en ombyggnad av fastigheterna på Mejeristen 1 gjordes en miljöteknisk markundersökning av Envipro Miljöteknik AB (2004). Undersökningen konstaterade att marken innehåll förhöjda halter av oljor vilket ledde till en sanering av de påverkade jordmassorna. Inga förhöjda halter hittades i grundvattnet och därför bedömdes spridningsrisken som liten. Vid saneringen upptäcktes även förhöjda halter av PAH i den jord som schaktats bort (Envipro Miljöteknik AB 2006).

I kvarteret Ostmästaren finns uppgifter i ECOS om fem grafiska verksamheter och tryckerier med ärenden från mellan 1996 och 2004. I kvarteret finns även uppgifter om hantering och mellanlagring av farligt avfall med ärenden från 2002, en cistern med eldningsolja från 1980 och en fordonsverkstad med ärenden från 1994. Både i ECOS och i MIFO-registret finns uppgifter om tillverkning av operationsbord i samma kvarter. De kemikalier som använts är enligt ECOS bl.a. salpetersyra, lacknafta, trikloretylen och färg/lack. I närområdet finns dessutom uppgifter om två tandläkare i ECOS och en kemtvätt i MIFO-registret.

4.12.4 Bedömning

Inga uppenbara källor till föroreningar finns bland verksamheterna i närområdet. Det finns däremot flertalet potentiella källor. Hg har använts i livsmedelsproduktionen på fastigheten Mejeristen 1. I den markundersökning som gjordes på fastigheten (Envipro Miljöteknik AB 2004) detekterades PAH och oljor i marken. Markproverna analyserades också på metaller men inga förhöjda halter hittades. Detta tyder på att de organiska föroreningarna i grundvattnet inte kommer från Mejeristen 1 eftersom metaller generellt är mer mobila i vatten än organiska föreningar.

4.13 Djurgården (66)

Djurgården ligger i östra delen av Stockholm. Det är ett grönområde och i provpunktens tillränningsområde finns lövskog och öppen gräsmark. Vid undersökningen 1997 var Djurgården (66) en slumpmässigt utvald punkt.

4.13.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Jordarten vid provpunkten är lera men runt om finns berg i dagen och morän. Väster om provpunkten ligger ett större område med berg i dagen som är högre än omgivningen och fungerar som vattendelare. Också väster om provpunkten finns en huvudvattendelare vilket ger ett grundvattenflöde åt nordöst, mot Djurgårdsbrunnskanalen.

4.13.2 Föroreningssituation

Vid undersökningen 1997 hittades de flesta föroreningskategorier och situationen sammanfattas i tabell 14. Två PAH detekterades vilket gav den högsta poängen. En av undersökningens högsta halter av EGOM (1 400 µg organiskt kol per liter) uppmättes i grundvattnet på Djurgården. Av metallerna fanns Hg, Cu och As i halter över referensvärdena. Av huvudkonstituenterna var konduktiviteten och Cl-halten över utgångspunkterna för att vända trend och SO₄ var över referensvärdet. Också NH₄ fanns i halter över referensvärdet.

Tabell 14. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Djurgården (66) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet**, **Utgångspunkt för att vända trend**, **Över riktvärdet**. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter	Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet	Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl		Cl
	SO ₄		SO ₄
Näringsämnen	NH ₄	Näringsämnen	Tot-P
Metaller	Hg	Metaller	As
	Cu		
	As		
Bakterier	Ej analyserat	Bakterier	Ej analyserat
PAH	Fluoranti	PAH	Ej funnet
	Pyren		
EGOM	EGOM	Bekämpningsmedel	Ej funnet
Bekämpningsmedel	Ej funnet		

Platsen var mindre förorenad 2003-2004. Inga PAH hittades och av metallerna fanns bara As i halter över referensvärdet. As-halten var ungefär samma i de båda undersökningarna (1,8 och 1,9 µg l⁻¹). Konduktiviteten hade ökat till över riktvärdet medan Cl och SO₄ hittades i samma nivåer som 1997.

4.13.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

Inga miljöfarliga verksamheter hittades vid provpunkten.

4.13.4 Bedömning

Inga potentiella källor till de förhöjda halterna kunde identifieras.

4.14 Hjorthagen, norra kajen (8A)

Provpunkten ligger i hamnområdet i östra Stockholm, mellan Värtahamnen och Lidingöbron. I undersökningen 1997 valdes denna provpunkt p.g.a. närliggande industriområde. Platsen provtogs inte i undersökningen 2003-2004.

4.14.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Marken vid provpunkten består av fyllnadsmaterial med underliggande lera. I väster ligger en höjd med berg i dagen och morän.

Grundvattnets strömmingsförhållanden är osäkra. En huvudvattendelare ligger väster om provpunkten och en lokal vattendelare finns noterad söder om punkten. Lokala förhållanden gör att dessa troligtvis inte påverkar grundvattenflödet vid provpunkten. Eftersom punkten ligger mellan en höjd i väster och lilla Värtan i öster kan ett grundvattenflöde från väster till öster antas.

4.14.2 Föroreningssituation

Föroreningssituationen 1997 finns sammanfattad i tabell 15 och den stora föroreningskategorin var metaller. Cd, Hg, Cu, Zn, As och Co uppmättes i halter över referensvärdena.

Tabell 15. . Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Hjorthagen, norra kajen (8A) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet.** För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	2003-2004
Föroreningskategori	Platsen ej provtagen
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	Ej över naturliga halter
Metaller	Cd
	Hg
	Cu
	Zn
	As
	Co
Bakterier	Kolifager
	Clostridier
PAH	Ej funnet
EGOM	Ej funnet
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

Två olika bakterier detekterades. Samtliga huvudkonstituenterna hade förhöjda halter, konduktiviteten och halten SO₄ var över referensvärdena medan halten Cl var över utgångspunkten för att vända trend.

4.14.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

På fastigheten där provet är taget, Singapore 3, finns uppgifter om två miljöfarliga verksamheter som både finns med i ECOS och MIFO-registret. En verksamhet tillverkar smörjmedel och till det används stora mängder organiska lösningsmedel. Enligt "gröna boken" har brister konstaterats vid tillsynen. Den andra verksamheten är en bensinstation där även reparationer och tvätt av fordon skett. Verksamheten har sina första ärenden ifrån 1983. Det kemikalier som använts är enligt ECOS bl.a. bensin, olja, avfettning, rengöringsmedel och färg/lack.

På grannfastigheten, Port Said 1, finns enligt ECOS en oljedepå med ärenden från 1996. I oljedepån har bränsle, oljor och andra kemiska produkter lagrats. Dessutom finns det en uppgift i ECOS om en grafisk och fotografisk verksamhet med ärenden från 1980 och de kemikalier som använts är ferricyanid samt silverhaltigt fix- och fotobad.

På fastigheten Nimrod 7 finns uppgifter om ett kraftvärmeverk i både ECOS och MIFO-registret. I MIFO-registret finns också uppgifter om tre nedlagda kemtvättar. Kemtvättar är i branschklass 2 och den vanligaste föroreningen är perkloretylen (Länsstyrelsen i Stockholms län 2005). Det finns även uppgifter om en mekanisk verkstad i närheten av provpunkten.

Förbi provpunkten går en hårt trafikerad väg, Lidingövägen, med mer än 20 000 passerande fordon per dygn. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

4.14.4 Bedömning

Det har pågått miljöfarlig verksamhet i närheten av provpunkten men ingen som är uppenbar källa till de metaller som hittats. Metallerna Cu, Zn och Ni kan ha sitt ursprung i trafiken (Bergbäck m.fl. 2001) men att även andra metaller kommer från trafiken tyder på att det också finns andra källor.

4.15 Liljeholmen (3)

Liljeholmen ligger sydväst om de centrala delarna av Stockholm. I undersökningen 1997 valdes denna provpunkt p.g.a. närliggande industriområde. Olika rör provtogs i de båda undersökningarna. 2003-2004 ersattes det ursprungliga röret med ett intilliggande.

4.15.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Provpunkten ligger i en sänka som har en sydvästlig till nordöstlig riktning och består av fyllnadsmaterial med en mäktighet på 4 m. Under fyllningen finns det lera med en mäktighet på 6 m. På ömse sidor provpunkten finns berg i dagen med morän på sluttningarna.

En huvudvattendelare finns i sydväst och grundvattenflödet följer sänkan ut i Årstaviken. Vid provpunkten har grundvattenytan en trycknivå på ca 2 m.ö.h.

4.15.2 Föroreningsituation

I tabell 16 sammanfattas föroreningsituationen. 1997 detekterades en PAH och EGOM samt metallerna Hg och Co i halter över referensvärdena. Av huvudkonstituenterna var konduktiviteten och halten Cl över riktvärdena. Därtill var NH₄-halten över referensvärdet.

2003-2004 detekterades två PAH och metallerna Co, Ni och Cu i halter över referensvärdena. Halterna av Co (12 µg l⁻¹) var betydligt högre än 1997 och den högst uppmätta halten i båda undersökningarna. Både konduktiviteten och Cl-halten hade gått ner medan halten SO₄ ökat. NH₄-halter var fortfarande över referensvärdet

Tabell 16. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Liljeholmen (3) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet. För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997		2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter	Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet Cl	Huvudkonstituent	Cl SO ₄
Näringsämnen	NH ₄	Näringsämnen	NH ₄
Metaller	Hg Cu	Metaller	Co Cu Ni
Bakterier	Ej funnet	Bakterier	Ej analyserat
PAH	Fenantren	PAH	Fluoranten Naftalen
EGOM	EGOM	Bekämpningsmedel	Ej analyserat
Bekämpningsmedel	Ej analyserat		

4.15.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

På fastigheten Herbariet 3 finns en depå för SL:s tunnelbanevagnar och bussar. År 2007, när en ny tvätthall skulle byggas, gjorde Golder Associates AB (2007) en miljöteknisk markundersökning på en del av området. Det konstaterades att tidigare verksamheter orsakat förhöjda halter av As i marken i en provpunkt. Vid schaktarbetena under byggnationen togs fler prover och då hittades även förhöjda halter av Cu och PAH i varsin provpunkt (Golder Associates AB 2008).

På fastigheten Eremiten 2 finns uppgifter, i både ECOS och MIFO-registret, om en bensinmack. Ärenden i ECOS är tidigast från 1987 och de kemikalier som använts är olja och avfettningsmedel. I ECOS finns även uppgifter om att det hanterats och lagrats farligt avfall, bl.a. olja, lösningsmedel, bilbatterier, fotokemikalier, lysrör och färg/lack på fastigheten. När bostäder skulle byggas på fastigheten gjorde Tyréns (2006a) en markundersökning. Förhöjda halter av PAH, Pb och Zn hittades. Föroreningarna bedömdes komma från fyllnadsmaterialet. I en geoteknisk undersökning gjord av Carl Bro AB (2005) konstaterades förhöjda halter av PAH på ytterligare en fastighet i närheten av provpunkten, Arbetsledaren 1.

Övriga verksamheter från ECOS är en förbränningsanläggning, cistern med eldningsolja, lackering av metallkonstruktioner och en grafisk och fotografisk verksamhet. I MIFO-registret finns uppgifter om en färgindustri, branschklass 2, och mark som förorenats med Pb.

4.15.4 Bedömning

Inga uppenbara källor till föroreningarna kunde hittas bland de miljöfarliga verksamheterna nära provpunkten. Skillnaden mellan undersökningarna kan eventuellt förklaras med att olika rör provtogs. Cu har hittats i marken på Herbariet 3 och i förhöjda halter i grundvattnet. De övriga metaller som hittats i marken i området har inte återfunnits i grundvattnet vilket tyder på att SL:s depå troligtvis inte är källan till metallföroreningarna. As som hittats i förhöjda halter i marken har inte återfunnits i grundvattnet. SL:s depå torde ge upphov till trafik i området. Ni och Cu (Bergbäck m.fl. 2001) samt PAH (Stockholms stad 2008) kan ha sitt ursprung i trafiken.

4.16 Älvsjömässan (73)

Älvsjömässan ligger i sydvästra Stockholm. Där mässan ligger idag låg tidigare en sjö, Brännkyrkasjön. Den sänktes 1874 men förblev en mosse till och med utbyggnaden av området (SGU 1997). I undersökningen 1997 valdes denna provpunkt eftersom det är en topografisk lågpunkt. 2003-2004 sattes ett nytt grundvattenrör på platsen.

4.16.1 Geologi och grundvattenförhållanden

Jordarterna vid provpunkten är organiska med en mäktighet på 3 m. Området med organiska jordar sträcker sig nordöst och sydöst från provtagningsplatsen. Under den organiska jorden finns ett lerlager med en mäktighet på mellan 5 och 25 m. Väster om provpunkterna är det ett område med lera på ca 2 m med höjder av berg i dagen och morän.

Den mosse som bildades när Brännkyrkasjön sänktes hade ett stort tillrinningsområde, framför allt i norr och öster (SGU 1997). Utloppet var åt sydöst mot sjön Magelungen. När området senare byggdes ut dränerades istället det tillrinnande vattnet till en dagvattentunnel som mynnar ut i Mälaren. Norr om provpunkten ligger en huvudvattendelare men eftersom den tidigare sjön var en naturlig lågpunkt i området strömmar vattnet mot provpunkten från alla håll.

4.16.2 Föroreningssituation

Föroreningssituationen finns redovisad i tabell 17. 1997 analyserades provet från detta rör enbart på metaller. Samtliga metaller utom Zn uppmättes i förhöjda halter. Pb och Hg hade halter över utgångspunkterna för att vända trend och de övriga hade halter över referensvärdena. Pb-halterna var en av undersökningens högsta.

Alla föroreningskategorier analyserades i undersökningen från 2003-2004. Av metallerna hittades nu bara As och Cr i förhöjda halter. Konduktiviteten och Cl halten var över riktvärdet och SO₄ var över utgångspunkten för att vända trend. Halten NH₄ var över riktvärdet och Tot-P (0,93 mg l⁻¹) hittades i förhöjda halter.

Tabell 17. Föroreningskategorier som analyserats i de båda grundvattenundersökningarna. De ämnen som visar på förhöjda halter vid Älvsjömassan (73) i 1997 års respektive 2003-2004 års undersökningar, **Över referensvärdet, Utgångspunkt för att vända trend, Över riktvärdet.** För bakterier, PAH, EGOM och bekämpningsmedel har påvisad halt samma markering som halter över riktvärdet. Andra näringsämnen än NH₄ har tagits med i tabellen utan markering när halterna av dessa ämnen utpekats som förhöjda i undersökningarna från 1997 respektive 2003-2004.

1997	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Ej analyserat
Näringsämnen	Ej analyserat
Metaller	Pb
	Cd
	Cu
	Hg
	Cr
	Ni
	As Co
Bakterier	Ej analyserat
PAH	Ej analyserat
EGOM	Ej analyserat
Bekämpningsmedel	Ej analyserat

2003-2004	
Föroreningskategori	Parameter
Huvudkonstituent	Konduktivitet
	Cl
	SO ₄
Näringsämnen	NH ₄
	Tot-P
Metaller	As
	Cr
Bakterier	Ej funnet
PAH	Ej funnet
Bekämpningsmedel	Ej funnet

4.16.3 Miljöfarliga verksamheter i närområdet

I ECOS finns uppgifter om förorenad mark på tre fastigheter i närområdet. Enligt ett miljögeotekniskt PM gjort av Tyréns (2006b) hittades förhöjda halter av PAH i de övre jordlagren på fastigheten Sjöbotten 1. Enligt ECOS gjordes en miljöteknisk undersökning 2007 där det konstaterades trikloretylen och icke-klorerade lösningsmedel i marken på fastigheten Konsumenten 3. På fastigheten där grundvattenprovet är taget, Macken 2, finns en bensinmack med biltvätt enligt både ECOS och MIFO-registret. Ärendena i ECOS är från år 2000. Enligt ECOS finns ytterligare en biltvätt och en annan verksamhet med motorfordon i närområdet som använt bl.a. avfettningsmedel.

Förbi provpunkten går en hårt trafikerad väg, Huddingevägen, med mer än 20 000 passerande fordon per dygn. Trafiksektorn bidrar med föroreningar genom förbränningsprocesser i motorerna, nötning av fordon, vägbanor och andra föremål intill vägen, användningen av vägsalt samt läckage av olja och bensin (van Bohemen och Janssen van de Laak 2003).

I ECOS finns uppgifter om sex cisterner med eldningsolja i närområdet som togs i bruk mellan åren 1959 och 1979. På fastigheten Fabrikören 8 finns uppgifter i ECOS om hantering av avfall, bl.a. spillolja, blybatterier, olje- och bränslefilter samt lysrör, med ärenden från 1990.

4.16.4 Bedömning

I närområdet finns ingen uppenbar källa till föroreningarna i grundvattnet men det finns flera potentiella källor. Trafiksektorn kan ha bidragit till de förhöjda halterna av Cu, Cr, Ni och Pb (Bergbäck m.fl. 2001). I markundersökningen på Sjöbotten 1 analyserades tungmetaller men inga förhöjda halter hittades vilket tyder på att verksamheterna där inte bidragit med

föroreningar till grundvattnet. Vid avfallshanteringen finns uppgifter om att Pb-batterier hanterats. Olika rör provtogs i de båda undersökningarna vilket eventuellt kan förklara de skilda metallhalterna.

I undersökningen från 1997 anges saltning av vägar som den troligaste källan till höga Cl-halter. Förbi platsen går Huddingevägen som är hårt trafikerad. Eftersom bara metaller analyserats 1997 kan inget sägas om den övriga föroreningssituationen.

5 Diskussion

Att Stockholms grundvatten har förhöjda halter av ett antal ämnen har konstaterats i två tidigare grundvattenundersökningar (SGU 1997, SWECO VIAK 2004). Denna inventering visar att de potentiella källorna till föroreningarna är många.

5.1 Identifiering av de mest förorenade provpunkterna

Grundvatten är av betydelse för människors hälsa främst i form av dricksvatten och riktvärdena använda i denna rapport är framtagna i huvudsak för det ändamålet. Samma höga krav kanske inte behöver ställas på Stockholms grundvatten eftersom det inte används till dricksvatten men riktvärdena gäller också för grundvattenförekomster där betydande påverkan på ytvattenförekomster kan ske. Den möjligheten kan inte uteslutas i Stockholm och därför bör en så god grundvattenkvalitet som möjligt vara eftersträvarvärd. Dessutom saknas riktvärden för grundvatten som har andra användningsområden.

Beslutet att ge poäng för varje enskild PAH ledde till att extra fokus i poängsättningen hamnade på denna grupp av föroreningar. Detta ger delvis skev bild av föroreningsläget eftersom PAH bara detekterades i 32% provpunkterna 1997 och i 17% av provpunkterna 2003-2004. Samma sak gäller för poängsättningen av förekomsten av bakterier fast färre typer analyserades och därför gav bakteriepoängen inte samma utslag. Även om PAH finns representerad vid många utvalda provpunkter utgör de inte alltid den största föroreningskategorin. Vilken kategori som är mest framträdande vid en provpunkt varierar markant mellan punkterna och därmed har inte fokuset på PAH påverkat resultatet i någon större utsträckning.

Vid utformningen av poängsystemet testades en alternativ poängsättning på provpunkterna i undersökningen från 1997. Detta gjordes för att utesluta påverkan av ett enskilt ämne. Istället för poäng för varje ämne fördelades poängen utifrån föroreningskategorierna. De båda poängsättningarna gav liknande resultat. Av de båda graderingssystemens 20 översta provpunkter var 15 gemensamma. Poängsystemet som användes i rapporten valdes eftersom det var mer ”rakt på sak” och därmed lättare att upprepa.

5.2 Miljöfarliga verksamheter som källa till grundvattenföroreningar

Generellt kunde inga tydliga samband ses mellan miljöfarliga verksamheter i närområdet och föroreningar i grundvattnet. Antal och typer av verksamheter skiljde sig åt mellan de utvalda provpunkterna. Vid Djurgården (66) kunde t.ex. inga uppgifter om miljöfarliga verksamheter hittas i närområdet. Vid många andra provpunkter kunde ett ämne ha använts av många verksamheter men ingen enskild verksamhet kunde pekats ut som källa. En orsak till att samband saknas kan vara begränsningarna i undersökningsmaterialet. Det finns inte uppgifter

om alla potentiella källor i ECOS och MIFO-registret. Äldre verksamheter, små verksamheter som inte kräver tillstånd eller privat användning av produkter finns inte med i registren och därför inte heller i denna undersökning.

En annan orsak till att inget samband kan ses kan vara de komplexa grundvattenförhållandena i staden. Utgångspunkten har varit att identifiera ett tillrinningsområde genom den översiktliga grundvattenkartan som gjordes av SGU 1997. Grundvattenflöden i staden sker inte alltid på samma sätt som i naturliga marker utan är påverkade av bl.a. strukturen på fyllnadsmaterial (Hultén 1997) samt byggnationer ovan och under marken (Knutsson och Morfeldt 1993). En viss provpunkt kanske inte påverkas av den generella grundvattenriktningen utan av mer lokala flöden. Detta kan vara fallet vid provpunkten Ulvsunda (10C). Den generella grundvattenriktningen, enligt SGU:s kartering 1997, stämmer inte överrens med den bedömning om grundvattnets flödesriktning som Sandström miljö och säkerhetskonsult AB (2003) gjorde vid en markundersökning på platsen.

Ytterligare en aspekt är grundvattnets generellt långa omsättningstid. Den naturliga jordarten vid de flesta provpunkterna är lera vilket bidrar till ett ännu långsammare vattenflöde. Det kan därför dröja innan en förorening från en närliggande, befintlig verksamhet når grundvattnet vid en provpunkt. I MIFO-registret finns främst äldre verksamheter men det finns heller inga samband mellan dessa och föroreningarna i grundvattnet.

5.3 Diffusa källor

Även om det inte finns några samband mellan specifika verksamheter och föroreningarna i grundvattnet är antalet potentiella källor stort. En diffus källa till grundvattenföroreningarna som finns representerad på nästan samtliga inventerade provpunkter är trafik. Verksamheter som följer trafiken, t.ex. bensinmackar och biltvättar, är också vanligt förekommande. Flera miljögifter är kopplade till trafiksektorn bl.a. en del metaller (Bergbäck m.fl. 2001) och PAH (Stockholms stad 2008). PAH formas vid ofullständig förbränning av organiskt material, t.ex. fossila bränslen, och i stadsmiljö är trafiken den största källan (Naturvårdsverket 2007). Ytterligare miljöeffekter kopplade till trafik uppkommer vid saltning av vägar och de har varit kända sen 1940-talet (Vägverket 1995). Höga Cl-halter i grundvattnet är ett problem vid flera provpunkter. Höga salthalter kan dessutom leda till högre halter av metaller eftersom många metaller, bl.a. Zn, då lättare lakas ur (Norrström och Jacks 1998).

Stadens diffusa källor kan ses i dagvatten som kommer från gator och torg. StormTac (2009) är en modell för att beräkna halter av förorenade ämnen i dagvatten. I StormTac finns standardkoncentrationer beräknade för bl.a. metaller, näringsämnen och PAH. En jämförelse gjordes för dessa ämnen mellan standardkoncentrationerna i dagvatten och de uppmätta halterna i grundvattnet vid de undersökta provpunkterna. Halterna av metallerna och PAH i dagvatten är generellt högre än i grundvattnet. Halterna Pb var mycket högre i dagvattnet medan halterna Ni var jämförbara med grundvattenhalterna. Halterna av Tot-P och Tot-N i dagvatten var jämförbara med halterna uppmätta i grundvattnet förutom på ett par platser där halterna var betydligt högre i grundvattnet. En av dessa platser var åsen i Gamla stan.

Stora delar av Stockholms dagvatten har sjöar, vattendrag och vikar som recipient och eftersom dagvatten har högre halter än vad som generellt uppmätts i grundvattnet bör dagvatten föra med sig mer föroreningar än det utströmmande grundvattnet. Det kan också tänkas att dagvatten transporterar föroreningar till grundvattnet.

Kanske är orsaken till föroreningarna att så många verksamheter och människor är samlade på en och samma plats och att det så varit i flera hundra år. Material som ofta används på byggnader, t.ex. plåttak och målarfärg, avger metaller till regnvattnet (Person och Kucera 2001) som sedan kan nå grundvattnet. Under tiden detta examensarbete pågick kom en rapport från Naturskyddsföreningen (2009a) där det konstaterades höga halter av bl.a. Cd i läderskor. Tidigare har även miljögifter påträffats i plastskor (Naturskyddsföreningen 2009b) och t-skirts (Naturskyddsföreningen 2008). Detta är exempel på produkter som används av konsumenter varje dag och som innehåller miljögifter. Halterna kanske inte är så höga att grundvattenkvaliteten påverkas men om användarna är många blir mängden giftiga ämnen i samhället stor.

5.4 Fortsatt grundvattenövervakning

Den här inventeringen har bidragit med att öka kunskapen om närområdet till de 15 inventerade provpunkterna. En tredje grundvattenundersökning är planerad till 2011 och dessa 15 platser kan vara en grund för fortsatt övervakning. Det kan vara intressant att följa föroreningssituationen vid ett par platser under en längre tid men också efter tre undersökningar är det svårt att urskilja trender. Det försvåras ytterligare om inte undersökningsmetoderna och provpunkterna är helt överensstämmande i samtliga undersökningar, vilket var fallet i de två tidigare undersökningarna.

Det faktum att inga direkta samband kan ses mellan miljöfarliga verksamheter kring provpunkterna och de förhöjda halterna av olika ämnen kan ge vägledning om hur den fortsatta övervakningen kan läggas upp. För att få en mer heltäckande bild av Stockholms grundvatten kan helt nya platser undersökas. Det faktum att Djurgården (66) var en slumpmässigt utvald provpunkt 1997 och ändå var den 16:e mest förorenade provpunkten visar att grundvattenföroreningar förekommer på oväntade platser. Genom att undersöka helt nya rör kan bilden av föroreningssituationen i Stockholm kompletteras.

Att ta ett grundvattenprov från en punkt vart sjunde år är i det här fallet ett långt tidsintervall. En undersökning där nya punkter väljs ger därför bara en ögonblicksbild av grundvattnets föroreningar. Om slutsatser om trender ska kunna dras behövs en mer sammanhängande och längre mätserie. Variationen inom året kan eventuellt slätas ut om fler prover togs under året. Urbaniseringen kan också påverka nivåvariationerna i grundvattnet (Hultén 1997). Höjda eller sänkta grundvattennivåer kan i förlängningen påverka grundvattenkvaliteten (Knutsson och Morfeldt 1993). För att förstå kvalitetsvariationerna över tid behövs kunskap om nivåvariationerna. Eftersom grundvattenflödena är så påverkade av mänsklig aktivitet gäller inga generella flödesmodeller. Varje punkt måste således kartläggas individuellt för att få fram ett provtagningsintervall som ger en representativ bild.

Hur omfattande en kommande grundvattenundersökning blir styrs delvis av ekonomiska aspekter. Stadens resurser är begränsade och för att få ut mesta möjliga av varje skattekrone måste olika åtaganden ställas mot varandra. Behovet av övervakning av Stockholms grundvatten har hård konkurrens från yt- och dagvatten som människor och miljö möter direkt. Vattenflödet är emellertid ett kretslopp och även om miljöeffekter inte direkt kan kopplas till grundvattenföroreningar är det ett faktum att förhöjda halter av miljögifter finns i vattnet under markytan. P.g.a. grundvattnets långsamma omsättning kan det dröja innan dagens föroreningar kommer ut i sjöar och vattendrag. Det faktum att kunskapen om Stockholms grundvatten är så begränsad gör att området bör prioriteras.

6 Referenser

- Bergbäck, B., Johansson, K. och Mohlander, U., 2001: Urban metal flows – a case study of Stockholm. *Water, air and soil pollution*. Focus 1:3-24
- Carl Bro AB, 2005: Geoteknisk undersökning, Kv Årstaäng 2 och 3, Rev A. AB Stockholmshem. 3 sidor
- Envipro Miljöteknik AB, 2004: Kv. Mejeristen, Årsta – Miljöteknisk markundersökning. Stockholms Gatu- och Fastighetskontor. 6 sidor
- Envipro Miljöteknik AB, 2006: Kv. Mejeristen, Årsta – Miljökontroll av marksanering. Stockholms Gatu- och Fastighetskontor. 5 sidor
- Ericson, L., 2003: Stockholms historia – under 750 år. Historiska medier, Lund. Sidorna 9-61
- Golder Associates AB, 2006: Marksanering av bensinstationen Statoil Frescati, Roslagsvägen i Stockholm. Svenska Statoil AB. 4 sidor
- Golder Associates AB, 2007: Ny tvätthall Nyboda – Miljöteknisk markundersökning. Stockholm Lokaltrafik AB. 5 sidor
- Golder Associates AB, 2008: Ny tvätthall inom herbariet 3, Hägersten – Miljökontroller vid schaktningsarbeten. Heving och Hägglund AB. 9 sidor
- Hultén A.-M. 1995: De ytnära marklagrens uppbyggnad, sammansättning och hydrogeologiska egenskaper I urban miljö exemplifierade med förhållanden från Göteborg. Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen. 52 sidor
- Hultén, A.-M., 1997: Grundvatten i urban miljö – Grundvattnets variationer i de övre marklagren i Göteborg. Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen. sid 61
- Kemikalieinspektionen 2009: <http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/kolofonium.htm> 2009-11-20
- Knutsson, G. och Morfeldt, C.-O., 1993: Grundvatten – teori och tillämpning. Stockholm. 304 sidor
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2000: Förorenade områden i Stockholms län - kartläggning av områden som är eller misstänks vara förorenade 1999. 31 sidor
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003: Förorenade områden – färgindustrin. Rapport 2003:02. 46 sidor
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2005: Förorenade områden – inventering av kemtvättar i Stockholms län. Rapport 2005:16. 66 sidor
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2005: Förorenade områden – Inventering av gjuterier i Stockholms län. Rapport 2005:25. 63 sidor
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2006: Förorenade områden – Inventering av textilindustrier och garverier i Stockholms län. Rapport 2006:15. 53 sidor
- Länsstyrelsen i Stockholms län, 2006: Miljömål för Stockholms län. 49 sidor
- Mellander, C., 2009: Kristinebergs slott 10. Hornsbergs bussgarage – Kungsholmen, Stockholm. Byggnadshistorisk rapport 2009:11. Stockholms stadsmuseum. 57 sidor
- Meyer, A., 2008: Utläckage av spillvatten från avloppssystemet och risk för förorening av grundvatten – riskvärdering. Stockholm vatten. 24 sidor
- Miljöförvaltningen i Stockholm, 1992: Markföroreningar – sammanställning av misstänkta riskområden 1992. 153 sidor
- Naturskyddsföreningen, 2008: Tröjor med ett smutsigt förflutet. 17 sidor
- Naturskyddsföreningen, 2009a: Bad shoes stinks – product survey focusing on certain hazardous chemicals in leather shoes. 48 sidor
- Naturskyddsföreningen, 2009b: Kemikalier in på bara skinnet – plastskor från hela världen. 29 sidor
- Naturvårdsverket, 1999a: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – grundvatten. Naturvårdsverket Rapport 4915. Sidorna 40-46

- Naturvårdsverket, 1999b: Metodik för inventering av förorenade områden. Naturvårdsverket Rapport 4918. Sidorna 53-60
- Naturvårdsverket, 2005: En bok om svensk vattenförvaltning. Naturvårdsverket Rapport 5489. 78 sidor
- Naturvårdsverket, 2007: Oavsiktligt bildade ännens hälso- och miljörisker - en kunskapsöversikt. Rapport 5736. Sidorna 17-26
- Naturvårdsverket, 2009: Miljömålen - i halvtid. de facto 2009. 80 sidor
- Norrström, A. C. och Jacks G., 1998: Concentration and fractionation of heavy metals in roadside soils receiving de-icing salts. *The science of the total environment*. 218:161-174
- Persson, D. och Kucera, V., 2001: Release of metals from buildings, constructions and products during atmospheric exposure in Stockholm. *Water, air and soil pollution*. Focus 1:3-24
- Sandström Miljö och Säkerhetskonsult AB, 2003: Miljötaknisk markundersökning, SPI Miljösaneringsfond AB, Stickkontakten 11, Ulvsundavägen 134, Bromma, Stockholm kommun. SPI Miljösaneringsfond AB. 8 sidor
- SGU, 1997: Grundvatten i Stockholm. Tillgång, Sårbarhet, Kvalitet. 102 sidor
- SGU, 1999: Grundvatten av god kvalitet. Rapport. 78 sidor
- Stockholms kommun, 1983: Ulvsunda – Mariehälls industriområde. Undersökning av förhållandena i den yttre miljön. Miljö- och hälsoskyddsförvaltningen. 35 sidor
- Stockholms stad, 2006: Program för Stockholms vattenarbete 2006 – 2015. 83 sidor
- Stockholms stad, 2008: Stockholms väg mot en giftfri miljö. 70 sidor
- StormTac 2009: Standard concentrations, version 2009-09, http://www.stormtac.com/page2_stormtac.htm, 2009-12-01
- SWECO VIAK, 2004: Grundvatten i Stockholm. 35 sidor
- Tyréns, 2006a: Kv. Eremiten. Stockholms stad, Markkontoret, Miljö och teknik. 7 sidor
- Tyréns 2006b: Teknisk PM miljögeoteknik. AFA Sjukförsäkrings AB. 7 sidor
- Tyréns infrakonsult, 1998: Undersökning av nedlagda avfallsupplag i Stockholm
- van Bohemen, H. D. och Janssen van de Laak, W. H., 2003: the influence of Road Infrastructure and traffic on soil, water and air quality. *Environmental management*. 31:50-68
- Vázquez-Suñé, E., Sánchez-Vila, X. och Carrera, J., 2005: Introductory review of specific factors influencing urban groundwater, an emerging branch of hydrogeology, with reference to Barcelona, Spain. *Hydrogeology Journal*. 13:522-533
- Vägverket, 1995: Yt- och grundvattenskydd. Rapport 1995:1. 74 sidor
- WSP Environmental, 2003: Rapport: SPIMFAB - miljöteknisk markundersökning inom f.d. bensinstation Södermalm 1:1. SPI Miljösaneringsfond AB. 11 sidor



Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap (EMG)
901 87 Umeå, Sweden
Telefon 090-786 50 00
Texttelefon 090-786 59 00
www.umu.se