

Miljöriskbedömning av föreslagna framtida utsläpp av processvatten från Högdalenverket till Mälaren alternativt Saltsjön

Prövotidsutredning enligt dom M 3067-09

För AB Fortum Värme samägt
med Stockholm stad

Erik Lindblom
Civ.ing.

Hanna Andersson
Fil.mag.

2011-04-01

Tony Persson
Fil.dr.

Jakob Malm
Civ.ing.

Arkivnummer: U3160

Rapporten godkänd:
2011-04-18

Åke Iverfeldt
Enhetschef

IVL Svenska
Miljöinstitutet

Box 21060, SE-100 31 Stockholm
Valhallavägen 81, Stockholm
Tel: +46 (0)8 598 563 00
Fax: +46(0)8 598 563 90
www.ivl.se

Box 5302, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44, Göteborg
Tel: +46 (0)31 725 62 00
Fax: + 46 (0)31 725 62 90

Sammanfattning

I Högdalenverket i södra Stockholm producerar AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad el och fjärrvärme genom avfallsförbränning. En restprodukt från processen är så kallat rökgaskondensat. Detta innehåller bland annat metaller. På senare tid har Högdalenverket genom förbättrad reningsteknik möjliggjort återanvändning av rökgaskondensatet vilket innebär att den årliga totala utsläppsvolymen minskas väsentligt. Den 8 mars 2010 föreskrev Miljööverdomstolen att Fortum bland annat skulle utreda lämplig utsläppspunkt för det vatten som ska avledas till recipient. Idag leds det rökgaskondensat som inte kan återföras till processen tillsammans med dagvatten från Högdalenverkets hårdgjorda ytor via Älvsjö-Mälartunneln ut i Mälaren. Alternativet är att leda om vattnet från Högdalenverket till Östbergatunneln som förutom dagvatten också transporterar vattnet från Henriksdals reningsverk ut i Saltsjön.

Föreliggande rapport är resultatet av denna utredning. Med hjälp av spridnings- och spädningsberäkningar har IVL Svenska Miljöinstitutet jämfört om det finns några tydliga miljömässiga fördelar med att välja något av de båda utsläppsalternativen. De teknisk-ekonomiska aspekterna av att ett flyttat utsläpp till Saltsjön kräver nya ledningsdragningar har inte beaktats.

Den samlade bedömningen är att fortsatt utsläpp till Mälaren inte innebär större ekologiska risker för recipienten än en flytt av Högdalenverkets utsläppspunkt. Det föreligger ingen risk för lokal ackumulation av miljögifter, varken i vatten eller i sediment i Mälaren, till följd av Mälarens höga strömhastighet vid utsläppspunkten. Av samma skäl hotas inte heller Mälaren dricksvattenförsörjningen. Samtliga fyra vattenverk i östra Mälaren ligger på betydande avstånd norr eller väster om – uppströms – dagens utsläppspunkt i Mälaren. Älvsjö-Mälartunnelns placering kan därmed sägas vara gynnsam ur ett mälarperspektiv. Riskbedömningen är tillräckligt robust för att omfatta kända osäkerheter.

Vattnet från Högdalenverket är av dagvattenkaraktär. Inblandningen av renat rökgaskondensat tenderar till att späda dagvattnets föroreningshalter, med undantag för kvicksilver som bedöms föreligga i något högre halter. Högdalenverket utgör en liten del av den totala yta som avvattnas via Älvsjö-Mälartunneln. Tillflödet är mindre än 20 %. Skulle flödet ledas om till Östbergatunneln blir andelen mindre än 1 %. Dagvattenvolymerna styrs av nederbörden medan mängden rökgaskondensat styrs av processen i Högdalenverket. Inblandningshastigheten styrs i sin tur av förhållandena i recipienten. Dessa förutsättningar varierar med olika intervall. För att täcka in detta har två fall betraktats, dels normala driftförhållanden och genomsnittliga utspädningsförhållanden i recipienten, och dels ett hypotetiskt extremfall där orenat rökgaskondensat släpps ut i kombination med ogynnsamma utspädningsförhållanden samt att inga partikulärt bundna förorenande ämnen lämnar utsläppsrecipienten. I rapporten presenteras beräknade halter som förorenande ämnena uppträder i på olika avstånd från utsläppspunkten. Vidare redogörs för sedimentationen av tungmetallernas partikulärt bundna fraktion. På grund av strömförhållandena i recipienten och den nuvarande utsläppspunktens placering i Mälarens östligaste del några kilometer från dess utlopp i Saltsjön, beräknas huvuddelen av föroreningarna transporteras med strömmar vidare ut i Saltsjön.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	3
2	Bakgrund.....	4
2.1	Vattenhantering vid Högdalens kraftvärmeverk.....	4
2.2	Utsläppsalternativ A: Mälaren	5
2.3	Utsläppsalternativ B: Saltsjön	7
3	Material och metoder.....	10
3.1	Betraktade scenarier	10
3.2	Spridningsmodellering.....	11
3.3	Sedimentationsberäkningar.....	12
3.4	Ekotoxikologiska bedömningsgrunder	12
4	Resultat.....	14
4.1	Nollalternativets halter i vatten och sediment.....	14
4.2	Föroreningstransporter.....	16
4.3	Föroreningsspridning vid utsläpp i Mälaren.....	17
4.4	Föroreningsspridning vid utsläpp i Saltsjön	20
4.5	Miljöriskbedömningar.....	21
5	Slutsatser	24
6	Referenser	26

1 Inledning

AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad (Fortum) producerar el och fjärrvärme genom avfallsförbränning vid sin anläggning Högdalenverket i södra Stockholm. Verksamheten är tillståndspliktig. Den 8 mars 2010 föreskrev miljööverdomstolen följande utredningsvillkor för Fortum i sin dom M 3067-09: *"AB Fortum värme samägt med Stockholms stad ska utreda de tekniska, ekonomiska och miljömässiga förutsättningarna att genom membrantechnik återföra kondensat från rökgaskondenseringen på pannorna P1-P3, P4 och P6 [i Högdalens kraftvärmeverk] till processen. (...) AB Fortum värme samägt med Stockholms stad ska också utreda föroreningsinnehåll och -mängder i de delflöden som inte kan återvinnas i processen samt föreslå lämplig utsläppspunkt för det vatten som ska avledas till recipient."* Fortum har därför uppdragit åt IVL Svenska Miljöinstitutet AB (IVL) att utreda de ekologiska riskerna för olika alternativa utsläppspunkter.

Målet med utredningen är att utgöra ett beslutsunderlag för utredningsvillkorets avslutande frågeställning, genom att:

- Utreda hur stora föroreningstransporter den framtida verksamheten förväntas kunna ge upphov till
- Beskriva hur dessa föroreningar kommer att spridas i recipienterna
- Bedöma vilka ekologiska risker som den förändrade föroreningssituationen kan ge komma att ge upphov till

Studien har genomförts i enlighet med praxis för miljökonsekvensbeskrivningar (MKB), där potentiella konsekvenser för olika recipienter beskrivs genom systematisk jämförelse av olika alternativ. De tre huvudalternativen är:

0. Dagens miljösituation (jämförelsealternativ)
 - A. Fortsatt utsläpp i Mälaren via befintlig anslutning till Älvsjö-Mälartunneln
 - B. Flyttat utsläpp till Saltsjön via ny anslutning till Östbergatunneln

Miljöriskerna för respektive alternativ utförs schematiskt i tre steg; *påverkan, effekt och konsekvens*. Påverkan besvarar frågan *på vilket sätt* riskerar verksamheten att störa omgivningen. I det här fallet är påverkan avgränsad till Högdalenverkets bidrag till förorening av vatten och sediment. Effekterna, *hur stor* påverkan blir, kvantifieras genom matematisk spridningsmodellering. Konsekvenserna, *vilken betydelse* påverkan har på naturvärdena, bedöms i huvudsak utifrån Vattendirektivet och tillhörande direktiv om prioriterade ämnen. På grund av recipienternas storlek begränsas miljöriskbedömningen till övergripande konsekvenser och inte bedömningar för samtliga skyddsvärda arter och habitat.

2 Bakgrund

2.1 Vattenhantering vid Högdalens kraftvärmeverk

I Högdalens kraftvärmeverk (KVV) produceras el och fjärrvärme från Stockholmarnas brännbara hushållsavfall och industriavfall. Produktionen sker i fyra avfallseldade rosterpannor, benämnda P1, P2, P3 och P4. Dessutom finns en CFB-panna som eldar returbränsle (byggavfall) som benämns P6 och en oljepanna P5. P4 och P6 har egna våta rökgasreningar men det finns en gemensam våt rökgasrening för pannorna P1, P2 och P3 som benämns P0. Idag finns det även två olika rökgaskondensatreningar, en för P4 och en gemensam för rökgaskondensaten från P0 och P6. Efter reningssteget förs det renade kondensatet via dagvattensystemet till Mälaren. I april 2010 fick Fortum en miljödom som innebär att Fortum ska utreda förutsättningarna att återföra rökgaskondensat tillbaka till processen.

Tidigare försök med att återvinna rökgaskondensat från befintliga reningsanläggningar orsakade kapacitets- och kvalitetsproblem i vattenreningsutrustningen till matarvattenreningen. En ny utformning av rökgaskondensatrening har tagits fram och testats och kvaliteten på det renade kondensatet bedöms vara tillräckligt bra för att kunna återföra det till matarvattenberedningen som är den stora vattenförbrukaren i anläggningen. Genom att kvaliteten på det renade kondensatet är tillräckligt bra för att användas i matarvattenberedningen kan utsläpp av kondensat till dagvattnet minska. Dimensionering av den nya rökgaskondensatreningen görs för att den ska kunna rena allt flöde av rökgaskondensat som uppstår. Den andel av kondensatet som kommer att kunna återföras till anläggningen motsvarar behovet av vatten till matarvattenberedningen. Detta behov varierar både över dygn och över året.

Det vatten som lämnar Högdalenverket består av en blandning av dagvatten från områdets hårdgjorda ytor samt rökgaskondensat som ej kan återföras till matarvattenberedningen. Proportionerna varierar över året. Tabell 1 redovisar halter för dessa delströmmar, tillsammans med halter för orenat rökgaskondensat.

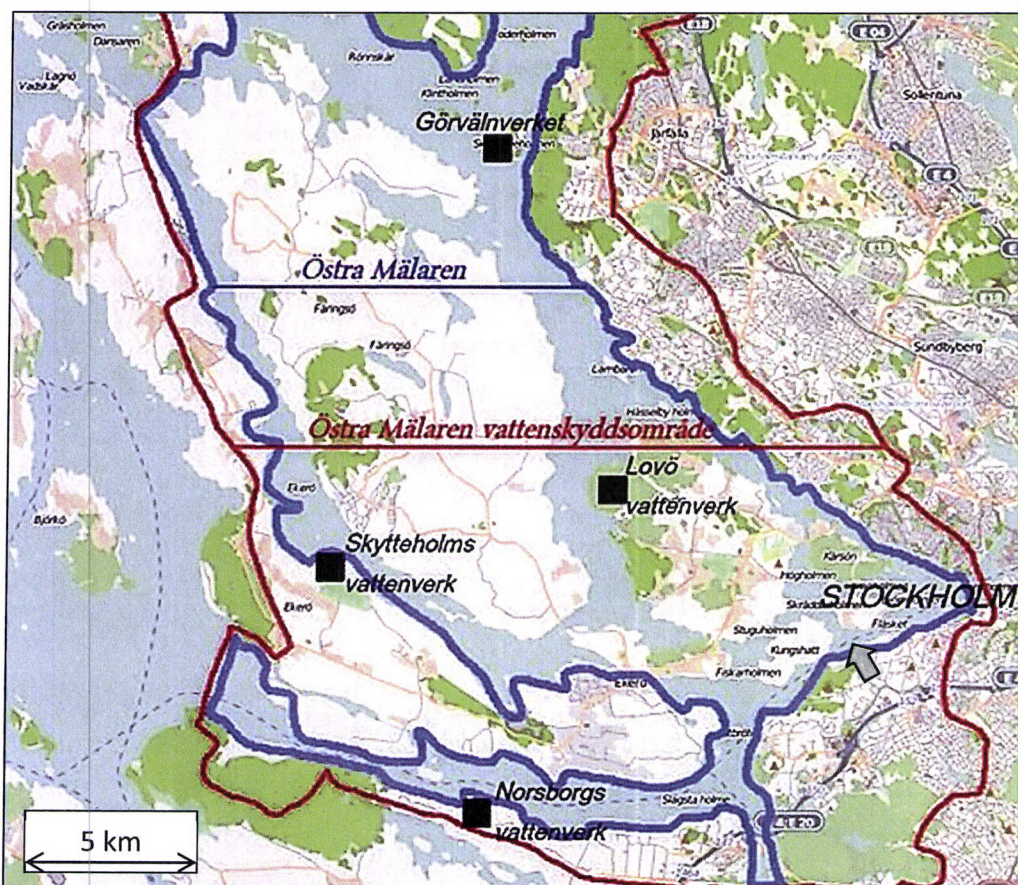
Dagvattnets innehåll av föroreningar har tidigare beskrivits utifrån mätningar utförda 2001, 2003 och 2006 (Lindgren och Fejes 2004; PM 2007). De ämnen som ingick i dessa undersökningar var metaller, dioxiner och furaner, bromerade flamskyddsmedel samt PAH-er. Resultaten från dessa mätningar visade uppmätbara halter av metallerna. 2003 uppmättes även enstaka kongener inom ämnesgruppen polybromerade difenyletrar, övriga organiska ämnens koncentrationer var under detektionsgränsen. 2006 förekom inga av dessa organiska ämnen i halter över detektionsgränsen.

Tabell 1. Koncentrationer för olika delflöden till Högdalenverkets utgående vatten. Orenat kondensat används enbart vid betraktelse av värsta fallet. Gällande villkor för ges för jämförelse (Fortum, 2011)

Ämne	Enhet	Normalfall			Värsta fall	Jämförelse
		Regnvatten, analys	Markav- rinning till dagvatten, beräknat	Renat kondensat ny anläggning	Orenat kondensat	Gällande villkor för utgående vatten
Hg	µg/l	0,18	0,3	0,4	1	0,5
Cd	µg/l	<1	0,2	0,05	1	1
Pb	µg/l	9	9	0,6	14	10
Cu	µg/l	26	15	1,9	8,5	30
Zn	µg/l	100	30	4	80	50
Ni	µg/l	4	4	0,6	3	10
Cr	µg/l	<2	3	0,9	4.	10
As	µg/l	<10	1	1	1	
Co	µg/l	<1	0,2	0,2	0.1	10
Ti	µg/l		0,1	0,01	0.05	
Susp	mg/l			0		10
NH ₄ ⁺	mg/l		5,5	7,5	16	15

2.2 Utsläppsalternativ A: Mälaren

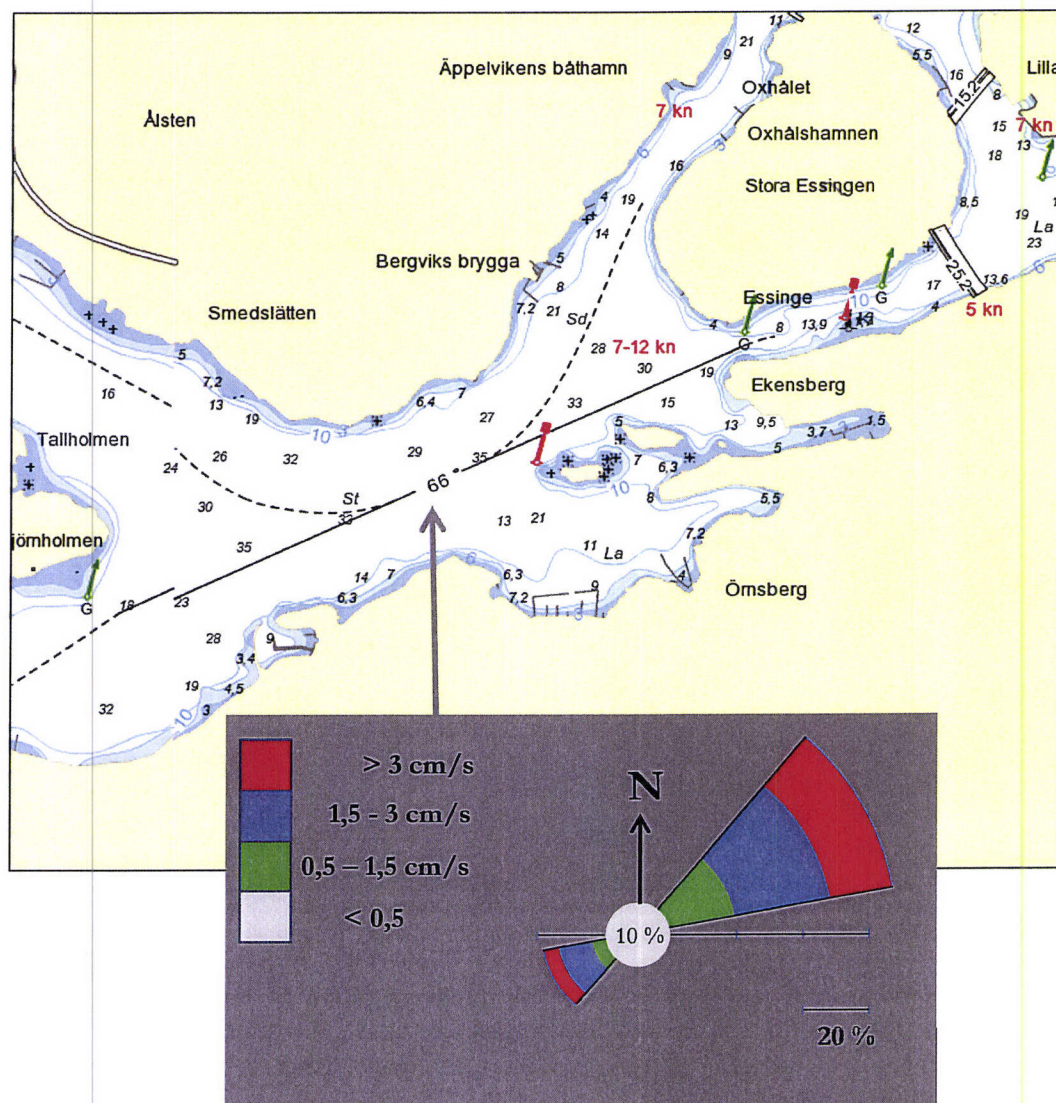
Mälaren beskrivs ingående i Vattenmyndighetens kartläggning och analys från 2008 (Vattenmyndigheten 2008a) och nedan ges endast en kortfattad beskrivning, baserad på nämnda rapport. Mälaren är Sveriges tredje största sjö, med ett avrinningsområde på 22 600 km² som domineras av skogsmark. Mälaren är dricksvattentäkt för mer än två miljoner människor. I östra Mälaren finns fyra olika vattenverk, belägna mer än fem kilometer väster och norr om utsläppspunkten i Klubben (Figur 1). Hela Mälaren är utpekad genom fisk- nitrat- och avloppsdirektivet och i och i anslutning till Mälaren finns tjugo vattenrelaterade Natura 2000 områden. Runt sjön finns en stor mängd badplatser. Mälaren är relativt hårt belastad av utsläpp både från pågående och historiska verksamheter. Dagvattentunneln mynnar i tätbebyggt område.



Figur 1: Östra Mälaren (blå linje) med de fyra vattenverken (svarta kvadrater), gränsen för vattenskyddsområdet (röd linje) samt Ålvsjö-Mälartunnelns utlopp (grå pil).

Genomsnittlig vattenföring genom ut ur Mälaren är omkring $160 \text{ m}^3/\text{s}$. Huvuddelen passerar genom samma sund som Ålvsjö-Mälartunneln mynnar i. Den dominerande strömriktningen är i ost-nordostlig riktning mot Saltsjön. Figur 2 visar riktning och hastighet för vattenströmmen.

Mälaren är indelad i flera olika så kallade vattenförekomster enligt Vattendirektivet. Utsläppspunkten ligger i vattenförekomsten Mälaren-Rödstenfjärden. 2009 bedömde Vattenmyndigheten att den ej uppnår god kemisk ytvattenstatus (VISS 2011) på grund av för höga halter av kvicksilver och tributyltenn. Kvalitetskravet som ställs är att god status ska uppnås 2015, för tributyltennföroreningar anges en tidsfrist till 2021. Däremot bedömdes Mälaren-Rödstenfjärden att ha god ekologisk status (VISS 2011). Statusen i en vattenförekomst får enligt vattendirektivet (2000/60/EG) inte försämrass.



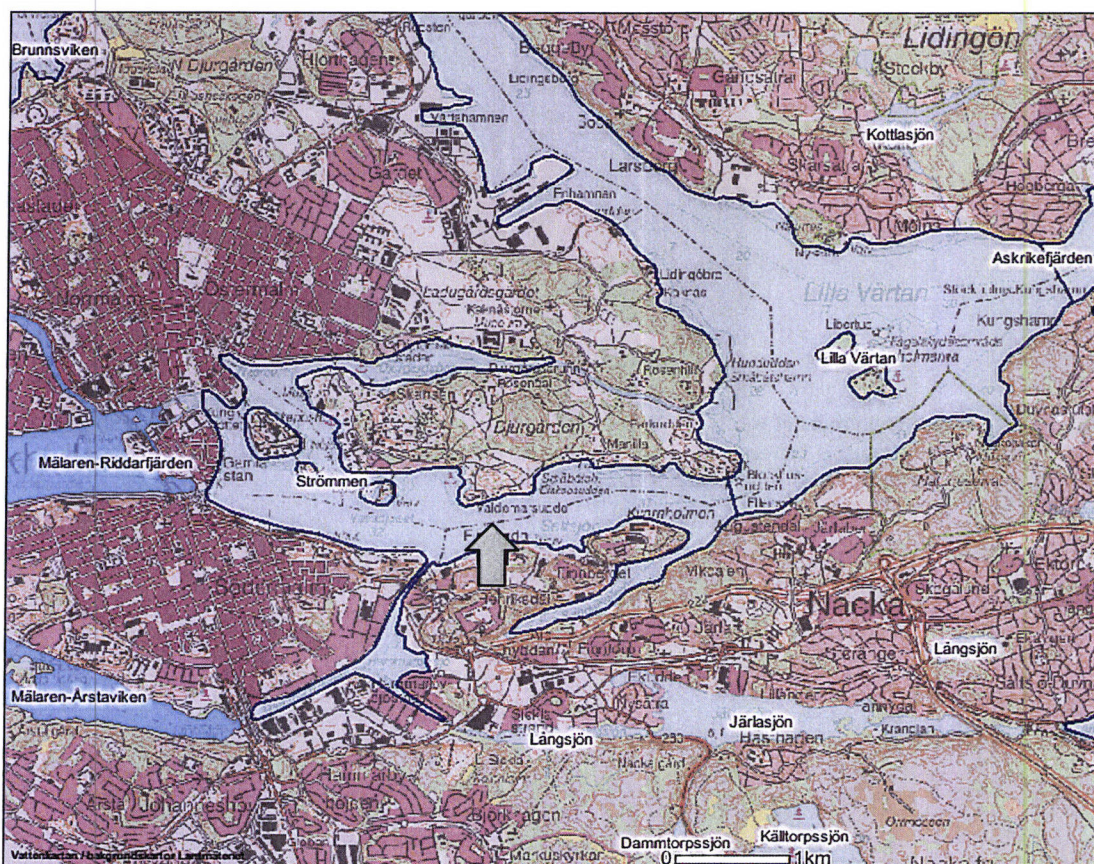
Figur 2. Älvsjö-Mälartunneln mynnar i Mälaren strax sydväst om Stora Essingen. Sundets djupförhållanden visas i sjökortet. Hastighet och riktning på vattenföringen anges i strömmrosen, som baseras på Hydrodynamisk Modellstudie av Mälaren, DHI Sverige AB åt Mälarens Vattenvårdsförbund, 2010.

2.3 Utsläppsalternativ B: Saltsjön

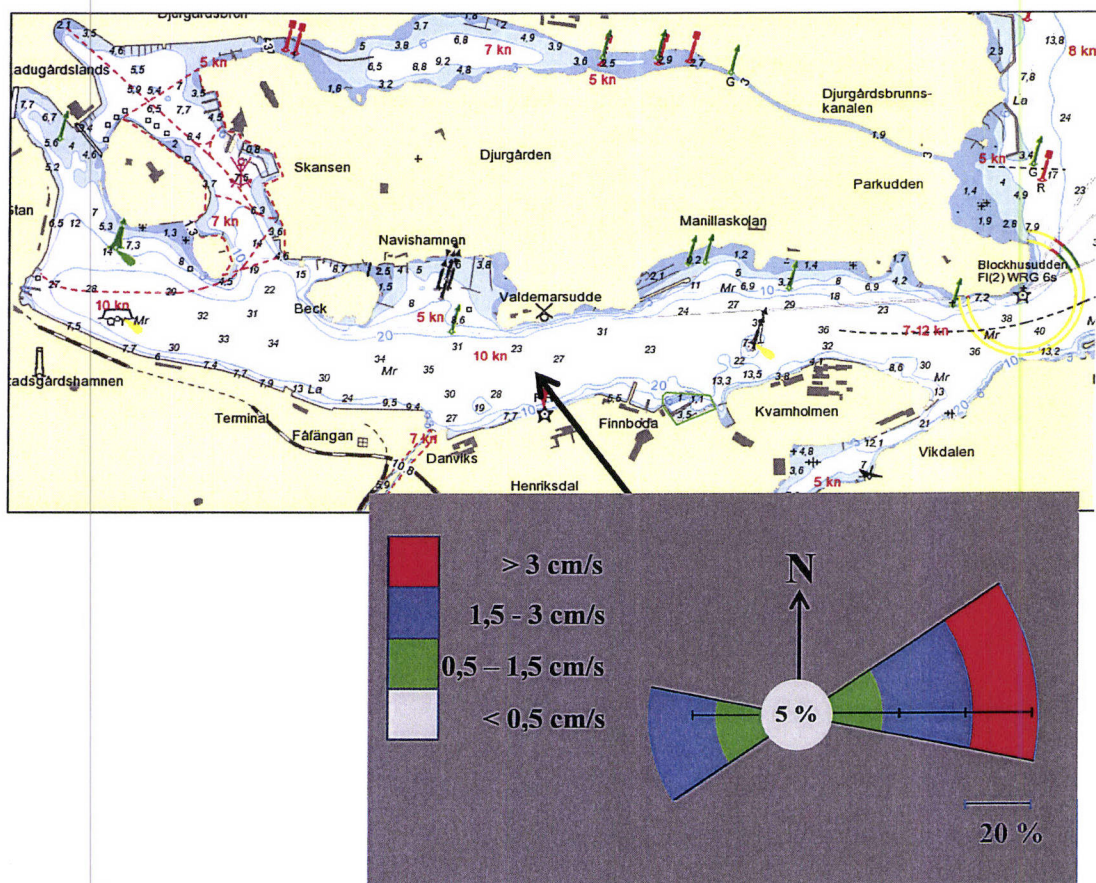
Saltsjön beskrivs ingående i Vattenmyndighetens kartläggning och analys från 2008 (Vattenmyndigheten 2008b) och nedan ges endast en kortfattad beskrivning, baserad på nämnda rapport. Saltsjön ligger i den inre delen av Stockholms innerskärgård (Figur 3) och påverkas mycket av sötvattenutflödet från Mälaren. I den händelse att vattnet från Högdalenverket leds om till Saltsjön är det tänkt att anslutas till den så kallade Östbergatunneln, som även transporterar bland annat vatten från Henriksdals reningsverk. Området kring Östbergatunnelns utsläppspunkt är, liksom för scenariot för Mälaren, tätbebyggt.

Figur 4 illustrerar riktning och hastighet på vattnet vid utsläppspunkten. Mälarens utflöde medför att den dominerande riktningen är österut, men det kan finnas motriktade strömmar på andra djup. Dessutom gör den större öppna vattenytan att vinden kan påverka vattenrörelserna i högre utsträckning.

Strömmen är utpekad som ett avloppskänsligt vatten för fosfor och kväve enligt Avloppsdirektivet samt som ett nitratkänsligt område (VISS 2011). Den del av Saltsjön som Östbergatunneln mynnar i utgörs av vattenförekomsten Strömmen. 2009 bedömde Vattenmyndigheten att den ej uppnår god kemisk ytvattenstatus (VISS 2011) på grund av för höga halter av kvicksilver och tributyltenn. Kvalitetskravet som ställs är att god status ska uppnås 2015, för tributyltennföroreningar anges en tidsfrist till 2021. Samtidigt klassades Strömmen att ha måttlig ekologisk status potential med kvalitetskravet att god ekologisk potential ska vara uppnådd 2021 (VISS 2011).



Figur 3: Saltsjön med dagvattentunnels utlopp markerat med grå pil. Idag transporterar Östbergatunneln bland annat vattnet från Henriksdals reningsverk. Bakgrundskarta från www.vattenkartan.se.



Figur 4. Östbergatunneln mynnar i Saltsjön. Djupförhållanden visas i sjökortet. Hastighet och riktning på vattenföringen anges i strömrosen, som baseras på Hydrodynamisk Modellstudie av Mälaren, DHI Sverige AB åt Mälarens Vattenvårdsförbund, 2010.

3 Material och metoder

3.1 Betraktade scenarier

Genomgående bedöms miljöriskerna av Högdalenverkets framtida utsläpp utifrån konservativa antaganden. Det innebär att normalfallet överskattar riskerna för större delen av året, men underskattar det för kortare tidsperioder. Därför görs bedömningarna för ett värsta fall som ska täcka in även dessa avvikelser från normalsituationen, till exempel årstidsvariationer, kraftiga regn, tillfälliga stopp i reningsanläggning med mera. Bedömningarna görs parallellt för utsläpp till Mälaren och Saltsjön, med fokus på Mälaren eftersom det är dagens utsläppspunkt och Mälaren allmänt anses vara en känsligare recipient än Saltsjön. Tabell 2 redovisar skillnaderna mellan betraktade fall för spridning till vatten.

- **Fördelning mellan löst och partikulär fas:** För vardera utsläppsalternativ betraktas dels spridning av löst fraktion i vatten, dels sedimentation av partikulärt bunden fraktion. I båda fallen görs riskbedömningarna på totalhalten, det vill säga först antas att alla föroreningar förekommer i lösning, därefter att alla föroreningar är partikulärt bundna. Den faktiska fördelningen utvecklas under Partikulärt bundna föroreningars spridning till sedimenten nedan.
- **Normalfall för spridning till vatten:** För normalfallet används årsmedelvärden för vattenvolymen från Högdalenverket och för recipienternas spädningsförmågor.
- **Värsta fall för spridning till vatten:** Det värsta fallet beskrivs med den mest ogynnsamma kombinationen av månadsmedelvärden; största förväntade flöde från Högdalen tillsammans med orenat rökgaskondensat och lägsta spädningsförmåga i recipienterna.
- **Värsta fall för sedimentation:** För sedimentationen görs enbart bedömningen utifrån det stränga antagandet att allt material sedimenterar inom recipienten och att inget transporteras vidare. Riskbedömningen begränsas till kvicksilver och bly som är de substanser som i störst utsträckning binds till partikulärt material.
- **Giltighet:** Bedömningarna gäller variationer i drift. Det värsta fallet täcker in lång tid (helt år) utan fungerande rening av rökgaskondensatet. Olyckor i form av bränder och liknande har ej beaktats.

Tabell 2. Beskrivning av normalfall och värsta fall för spridning till vatten

Parameter	Enhet	Normalfall	Värsta fall	Kommentar
Skillnad i temperatur i dagvattnet och recipienten, ΔT	°C	1	0	Skiktning gör att plymen blockeras från att röra sig i vertikalled med resultatet att den lagras in i ett smalt skikt på utsläppsdjupet
Recipientens strömhastighet, v	cm/s	1,5	0,5	Lägre strömhastighet ger lägre borttransport och därmed spridning av vatten från Älvsjö-Mälartunneln
Vattenföring från Högdalenverket, Q_{ut}	l/s	10	14	Maxvärdet är högsta uppmätta månadsflödet (november 2010)

3.2 Spridningsmodellering

Vid betraktandet av en avloppsvattenplym är det vanligt att denna delas in i två områden där olika omblandningsprocesser dominerar. Nära utsläppspunkten eller diffusorn påverkas utspädningen främst av den turbulens som genereras av rörelsemängden och eventuell flytkraft (buoyancy flux) i utsläppsflödet. Detta område kännetecknas av en relativt snabb utspädning och benämns det *primära omblandningsområdet*. I detta område ökar plymens tjocklek med avståndet till den punkt där turbulensen kollapsar varefter plymtjockleken förblir någorlunda konstant. Att turbulensen kollapsar betecknar också slutet på det primära omblandningsområdet. Längre bort från utsläppspunkten styrs utspädningen av en mängd svagare dispersiva mekanismer som till exempel att vatten tränger in i plymen via omgivande strömmar och vågornas omblandning. Utspädningen sker här betydligt långsammare och detta område benämns här det *sekundära omblandningsområdet*.

I följande spridningsberäkningar används simuleringsmodellen Visual Plumes (Frick et.al, 2003) för att beräkna utspädningen i det primära omblandningsområdet. Resultaten från dessa simuleringar används sedan i simuleringsmodellen MALMAK som används för att beräkna utspädningen i det sekundära omblandningsområdet.

3.2.1 Visual Plumes

För utsläppsberäkningarna har modellpaketet Visual Plumes använts. Visual Plumes består av flera modeller för spridningssimulering av utsläpp under eller vid vattenytan och modellerna som använts är den tre-dimensionella UM3 för jet-simulering och PDSW för simulering av plymspridning i vattenytan.

3.2.2 MALMAK

När det utgående dagvattnet lämnar avloppet kommer det initialt att blandas med omgivande vatten med hjälp av den turbulens som bildas av rörelsemängden i utsläppsflödet. Efter initial inblandning transporteras avloppsvattnet vidare av diffusion och vattenströmmar. Detta innebär att avloppsvattenplymen successivt tunnas ut allteftersom den transporteras bort från utsläppspunkten. För att förutsäga transportprocesserna används en modell benämnd MALMAK (Malm, 2010) som

uppskattar transport och utspädning via vattenströmmar. Modellen löses med finita element i två rumsdimensioner. Hänsyn tas till advektion av kylvatten från utsläppskällan samt till utspädning genom inblandning av omgivande vatten via vattenströmmar som transporterar kylvattnet längs strömriktningen.

3.3 Sedimentationsberäkningar

Ofta beräknas fallhastigheter för partikulärt material med hjälp av Stokes lag, som beskriver sambandet mellan friktionen på små sfäriska partiklar i en kontinuerlig viskös fluid. Det tenderar att överskatta fallhastighet då beräkningsmetoden bygger på antagandet att de krafter som verkar på partiklarna är i jämvikt under hela transporten ner till sedimenten. I denna utredning används istället resultaten från empiriska studier av tungmetallbelastning i urbana sjöar (Lindström och Håkanson, 2001), Tabell 3. Dessa fallhastigheter är mycket lägre än recipientens medelströmshastighet på ca 1 cm/s. Det ger att metaller bundna till partiklar transporteras flera kilometer i horisontalled för varje meter som de sjunker i vertikalled. Därför är det sannolikt så att merparten av partikulärt bundna tungmetaller från Högdalenverket inte hinner sedimentera i Mälaren utan transporteras vidare ut i Saltsjön. Av försiktighetsskäl har vi ändå antagit att all tungmetall från Högdalenverket, som inte är i löst fas, hamnar i sedimenten i Mälaren.

Tabell 3: Sjunkhastighet för partikulärt material (Lindström och Håkanson, 2001)

Variabel	Enhet	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Sjunkhastighet	m/år	100	50	50	50	100	50	100

Sedimentationshastigheten har uppskattats vara 1-3 mm/år. (Datering med kol-14 metoden av träbitar funna i sedimenten i Riddarfjädern indikerade en genomsnittlig sedimentationshastighet på ca 3 mm/år). Mätningar i sedimenten i Mälaren (vid Essingen) gav att andelen torrsbstans (*DW*) är 10 % varav 14 % utgörs av organiskt material (*LOI*). (Sternbeck et. al., 2003). Med hjälp av nedanstående ekvation beräknas sedimentens våtdensitet ρ till 1,06 kg/l, varav 10 % utgörs av torrsbstans.

$$\rho = \frac{260}{100 + 1,6 * \left((100 - DW) + LOI * \left(\frac{DW}{100} \right) \right)}$$

3.4 Ekotoxikologiska bedömningsgrunder

I EUs direktiv 2008/105/EG sätts gränsvärden (EQS) för 33 prioriterade ämnesgrupperna under vattendirektivet och 5 övriga ämnesgrupper. Med vissa undantag har gränsvärdena satts för vatten, totalvatten för de organiska ämnena och löst fraktion (filtrerat genom ett 0,45 μ m-filter) för metallerna. I bakgrundsdokumenterna (s.k. EQS substance data sheets) beskrivs också gränsvärden för sediment och biota (CIRCA 2011). För en del ämnen som inte har ett EQS satt i direktivet men som ändå kan vara aktuella som så kallade särskilda

förorenande ämnen (och därmed påverka en vattenförekomsts ekologiska status eller potential) har Naturvårdsverket tagit fram förslag till gränsvärden för vatten, sediment och biota (Naturvårdsverket 2008). Gränsvärden tas generellt fram för att skydda mot akuta effekter, det vill säga om tillfälliga koncentrationstoppar uppstår (dessa kallas MAC-EQS i direktiv 2008/105/EC) och mot kroniska effekter, det vill säga långtidsexponering (dessa kallas AA-EQS i direktiv 2008/105/EC). I föreliggande rapport finns inte utrymme att i detalj presentera alla förekommande gränsvärden. I Tabell 4 presenteras gränsvärden i vatten för långtidseffekter på akvatiska ekosystem för de ämnen halter har uppmäts i dagvattnet från Högdalenverket (i de fall gränsvärden funnits). I miljöbedömningen (se Resultat, nedan) görs i vissa fall även jämförelser med andra gränsvärden.

Tabell 4: Gränsvärden i vatten för långtidseffekter på akvatiska ekosystem

	<i>Inlandsvatten</i>	<i>Marina vatten</i>
Metaller (µg/l), löst fraktion		
Cd ^a	<0,08-0,25 ^e	0,2
Cr ^b	3	3
Cu ^b	4	-
Hg ^{a, c}	0,05	0,05
Ni ^a	20/1,7 ^d	20/1,7 ^d
Pb ^a	7,2	7,2
Zn ^b	3-8 ^e	8
Bromerade flamskyddsmedel, (µg/l), total halt		
Bromerade difenyletrar ^a	0,0005	0,0002
PAHer^a, (µg/l), total halt		
Benso[a]pyren	0,05	0,05
Benso[b+k]fluoranten	0,03	0,03
Benso[g,h,i]perylene och Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,002	0,002
Antracen	0,1	0,1
Fluoranten	0,1	0,1
Naftalen	2,4	1,2

- a) Vid utvärdering får hänsyn tas till de naturliga bakgrundshalterna av metaller samt vattnets hårdhet, pH och andra parametrar som påverkar biotillgängligheten (direktiv 2008/105/EG)
- b) Prioriterat ämne, gränsvärde är AA-EQS (direktiv 2008/105/EC)
- c) Särskilt förorenande ämne, gränsvärde är GVvatten (Naturvårdsverket 2008)
- d) Detta EQS får bara användas om också EQS för biota (20 µg/kg vv) tillämpas (direktiv 2008/105/EG)
- e) 20 µg/l är AA-EQS som avser dricksvatten, 1,7 µg/l är QS för skydd av pelagiska arter (CIRCA 2011)
- f) Gränsvärdet beror av vattnets hårdhet

4 Resultat

4.1 Nollalternativets halter i vatten och sediment

4.1.1 Mälaren

I Tabell 5 och Tabell 6 listas halter av metaller i vatten och sediment i Mälaren, i närhet av utsläppspunkten. Värdena indikerar sjunkande föroreningshalter i sedimenten.

Tabell 5: Totalhalter av metaller i vatten i Mälaren, i närhet av utsläppspunkten för dagvattnet

Ämne	Enhet	2001 ^a	2009 ^b
As	µg/l	0,6	NA
Cd	µg/l	0,004	<0,002
Cr	µg/l	0,28	NA
Cu	µg/l	2,7	NA
Fe	µg/l	52	NA
Hg	µg/l	0,002-0,005*	<0,002
Ni	µg/l	3,0	2,4-16
Pb	µg/l	0,15	0,01-0,07
Zn	µg/l	2,3	NA
a) Uppmätta halter vid Klubben (medelvärden Lithner m.fl. 2003)			
b) Uppmätta halter vid Klubben (SWECO 2009)			
* Uppströms Södertälje, Mälarens utlopp			

Tabell 6: Koncentrationer av metaller i ytsediment i Mälaren, i närhet av utsläppspunkten för dagvattnet

Ämne	Enhet	1998 ^a	2001 ^b	2002 ^c
As	mg/kg TS	5,8	5,6	5,4
Cd	mg/kg TS	2,5	2,0	1
Cr	mg/kg TS	75	97	77
Co	mg/kg TS	NA	NA	15
Cu	mg/kg TS	180	160	120
Hg	mg/kg TS	1,9	NA	0,55
Ni	mg/kg TS	44	52	47
Pb	mg/kg TS	220	130	98
Zn	mg/kg TS	480	410	320
a) Medelvärde för sedimenthalter (Östlund m.fl. 1998) i de punkter som presenteras i Lindgren och Fejes 2004.				
b) Uppmätta halter vid Klubben (Lithner m.fl. 2003)				
c) Uppmätta halter vid Essingen (Sternbeck m.fl. 2003)				

4.1.2 Saltsjön

I Tabell 7 och Tabell 8 listas halter av metaller i ytvatten och sediment från mätningar i tidigare undersökningar. Föroreningshalterna i sedimenten tycks ha minskat under det senaste decenniet, men bilden är inte entydig. Motsvarande bedömning går inte att göra för vatten eftersom tillgången på data är begränsad.

Tabell 7: Totalhalter av metaller i vatten i Saltsjön, i närhet av den tänkta utsläppspunkten för dagvattnet

Ämne	Enhet	2001 ^a	2009 ^b
Cd	µg/l	0,015	<0,05
Cr	µg/l		<0,9
Cu	µg/l	2,3	2,2-18
Fe	µg/l	0,7	
Ni	µg/l	1,5	1,7-13
Pb	µg/l	0,52	<0,6-1,5
Zn	µg/l	3,6	<4-19
a) Uppmätta halter vid Biskop/Waldermarsudde (medelvärden Lithner m.fl. 2003)			
b) Uppmätta halter vid Blockhusudden (Österås och Sternbeck 2010)			

Tabell 8: Koncentrationer av metaller och PAH i ytsediment i Saltsjön, i närhet av den tänkta utsläppspunkten för dagvattnet

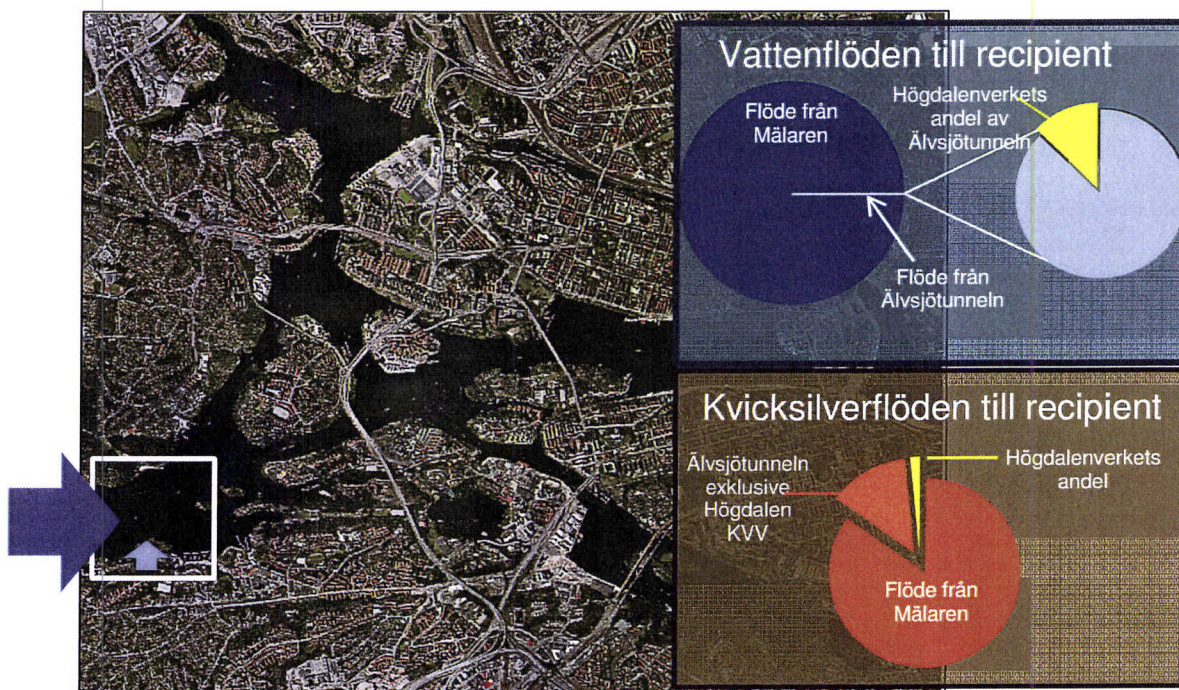
Ämne	Enhet	1998 ^a	2001 ^b	2002 ^c	2009 ^d	2010 ^e
As	mg/kg TS	13	12	10	17	
Cd	mg/kg TS	4,8	4,2	3	1,8	1,5
Cr	mg/kg TS	110	110	88	79	
Co	mg/kg TS			19	15	
Cu	mg/kg TS	540	400	300	220	150
Hg	mg/kg TS	11	N/A	3,2	2,8	2
Ni	mg/kg TS	40	46	34		
Pb	mg/kg TS	440	420	300	210	150
Zn	mg/kg TS	890	660	620	340	300
sPAH16	mg/kg TS			14		5
a) Aritmetisk medelvärde för sedimenthalter (Östlund m.fl. 1998) i de punkter som presenteras i Lindgren och Fejes 2004.						
b) Uppmätta halter vid Kastellholmen (Lithner m.fl. 2003)						
c) Uppmätta halter Strömmen 2002 (Sternbeck m.fl. 2003)						
d) Aritmetiskt medel av sedimentkoncentrationer på lokal Slussen och Blockhusudden. Resultat från mätningar av Stockholm Vatten (2010)						
e) Lokala bakgrundskoncentrationer som presenteras i Jonsson (2010).						

4.2 Föroreningstransporter

Flödena av vatten och föroreningar från Högdalenverket är små jämfört med såväl flödena i dagvattentunnlarna och recipienterna. Figur 5 illustrerar proportionerna mellan Högdalenverkets bidrag, flödet i Älvsjö-Mälartunneln och flödet i Mälaren.

Dagvattentunnelns vattenföring är försumbar jämförd med Mälarens flöde, men föroreningsandelen blir större på grund av dagvattnets högre metallhalter. Figuren exemplifierar detta med kvicksilver. Högdalenverkets andel av kvicksilvertransporten genom dagvattentunneln är liten. För övriga metaller bedöms andelen bli ännu mindre. Föroreningshalterna från Högdalenverket är jämförbara med övrigt dagvatten. Figuren avser normalfallet och ger en förenklad bild av Högdalenverkets bidrag.

Den totala årstransporten av metaller och ammonium från Högdalenverket har beräknats för normalfallet och det värsta fallet. De redovisas i Tabell 9. Mängderna är beräknade utifrån halter i vatten från hårdgjorda ytor och rökgaskondensat (Tabell 1). För värsta fallsberäkningen används halter för orenat kondensat. Högdalenverkets bidrag är detsamma oavsett utsläppspunkt.



Figur 5. Jämförelse mellan storleksordningarna för vatten- och kvicksilvertransporter från Högdalenverket (gula segment), Älvsjö-Mälartunnelns övriga dagvatten och Mälaren. Alla flöden är uttryckta som årsmedelvärden.

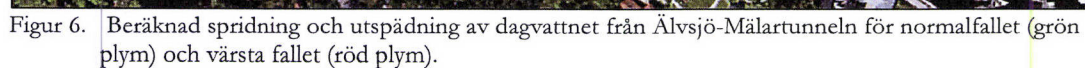
Tabell 9: Transport av metaller och ammonium från Högdalenverket, beräknad för dels normalfallet, dels det värsta fallet. Masstransporterna för 2006 redovisas som jämförelse

	<i>Enhet</i>	<i>2006</i>	<i>Normalfall</i>	<i>Värsta fall</i>
Flöde	m ³ /s	0,010	0,010	0,014
Hg	kg/år	0,021	0,094	0,12
Cd	kg/år	0,18	0,053	0,21
Pb	kg/år	2,6	2,3	2,8
Cu	kg/år	3,2	3,9	4,9
Zn	kg/år	15	7,8	12
Ni	kg/år	0,57	1,0	1,8
Cr	kg/år	0,63	0,80	2,4
As	kg/år	0,54	0,30	0,30
Co	kg/år		0,06	1,0
Ti	kg/år		0,026	0,028
NH ⁴⁺	kg/år		1,7	3,8

4.3 Föroreningsspridning vid utsläpp i Mälaren

4.3.1 Lösta föroreningars spridning i vattnet

Dagvattenplymens utbredning och inblandning i recipienten har beräknats med hjälp av Visual Plumes och MALMAK för de två betraktade fallen. Figur 6 illustrerar resultaten. I normalfallet har dagvattnet en högre temperatur än recipienten vilket gör att vattnet initialt stiger från utsläppsdjupet (18 meter) och blandas i ett tjockare skikt än i värsta fallet där samma temperaturer antas för båda flödena. Det ger en mycket tunnare ”instängd” plym med lägre inblandning av Mälervatten. Det högre flödet i normalfallet ger en snabbare borttransport av dagvattnet vilket också bidrar till utspädningen. Utspädningen sker nästan fyra gånger så snabbt i normalfallet. Även denna utspädning är beräknad med konservativa antaganden. Ofta kommer utspädningen att vara ännu snabbare.

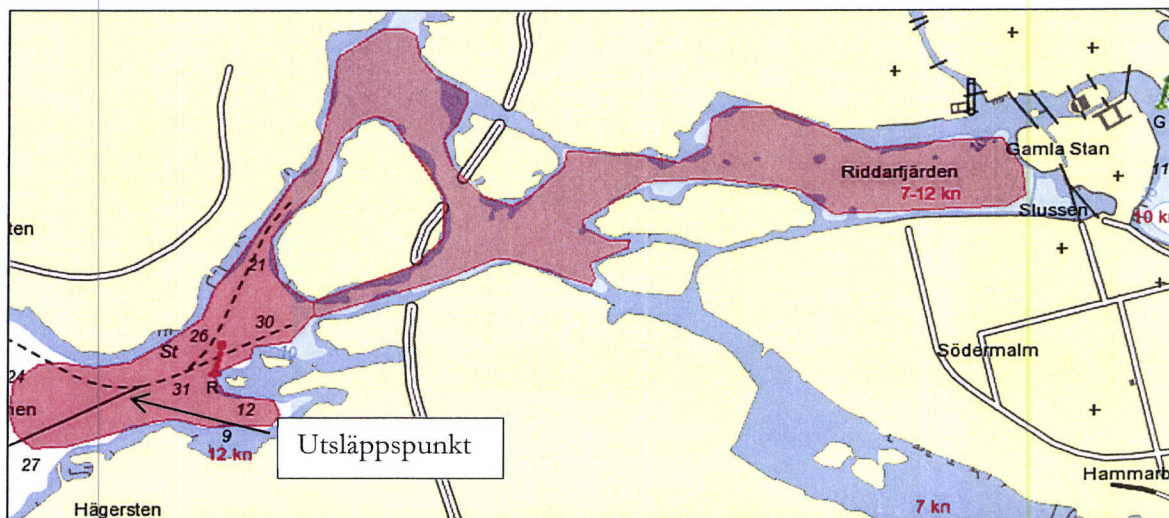


Metaller binder i olika stor utsträckning till partikulärt material suspenderat i vattnet. Med hjälp av fördelningsfaktorer framtagna av Lindström och Håkanson (2001) har metallmängder i löst i vatten respektive bundet i sedimenten skattats (Tabell 10). Det är främst kvicksilver som i mycket stor utsträckning kommer fördelas till sediment, men även bly har stor affinitet för partiklar. Den lösta fraktionen är tillgänglig för organismer som lever fritt i vattenmassan (så kallade pelagiska organismer) medan den partikelbundna fraktionen påverkar koncentrationen i sedimenten samt kan tas upp via födan för sedimentlevande organismer.

Tabell 10: Fördelning av utsläppt mängd mellan löst och partikulär fas. Metall i partikulär fas antas sedimentera. Beräkningen baseras på faktorer för löst fas (DF) i sjöar från Lindström och Håkanson (2001)

	Vatten (kg/år)		Sediment (kg/år)	
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Cd	0,045	0,045	0,0079	0,0079
Cr	0,60	0,79	0,0080	0,20
Cu	2,8	3,8	0,12	1,1
Hg	0,0019	0,013	0,081	0,092
Ni	0,70	1,0	0,010	0,34
Pb	0,92	1,7	0,55	1,4
Zn	5,4	7,1	0,62	2,3

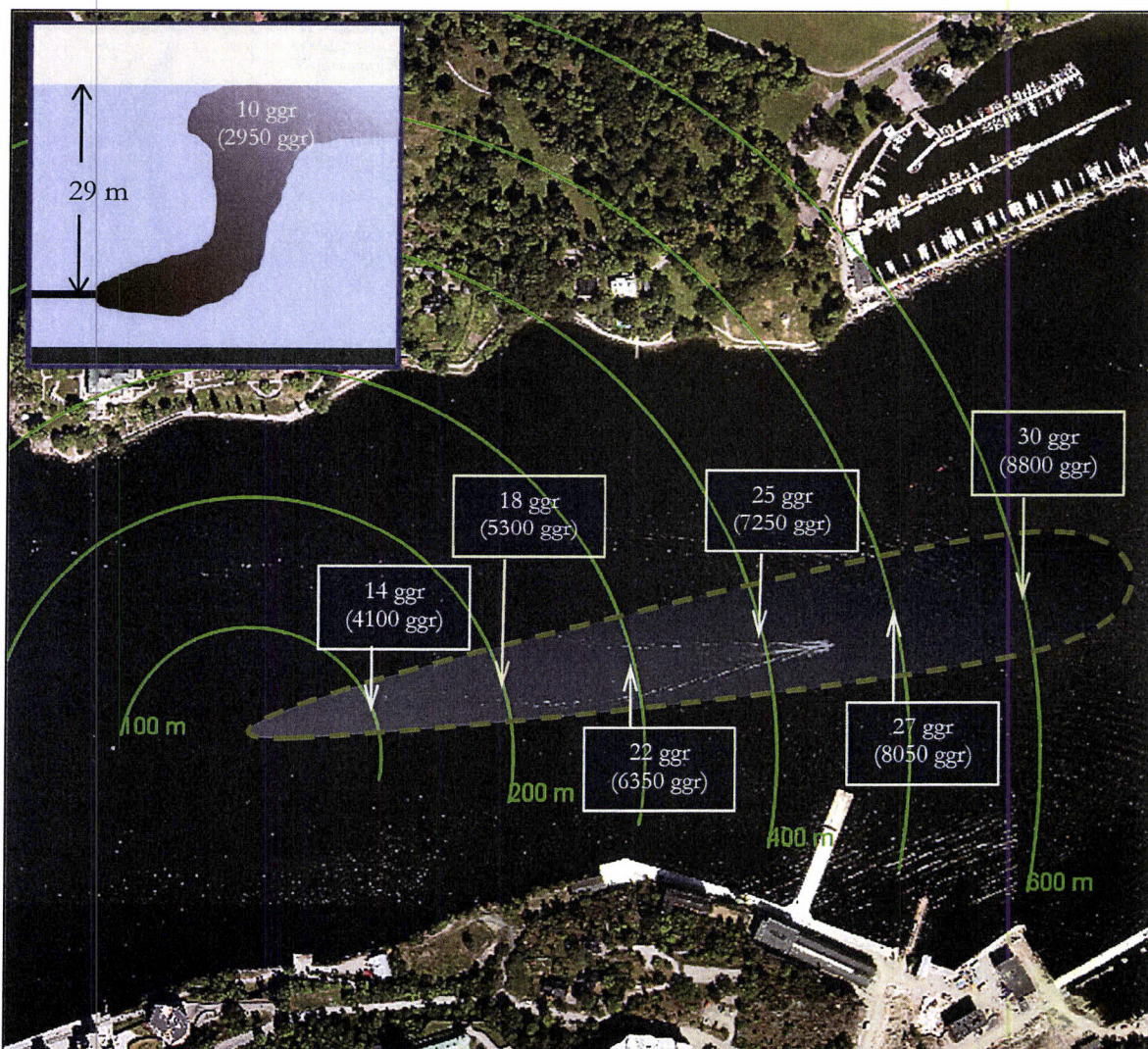
Vid bedömningen antas hela Högdalenverkets bidrag sedimentera i det 3,5 km² stora område som markeras i Figur 7, det vill säga i Mälaren. Detta trots att en stor andel kommer att föras ut i Saltsjön innan det sedimenterar. En sedimentationshastighet på 1–3 mm/år ger att mellan 370–1 110 ton torrsubstans sedimenterar inom det antagna sedimentationsområdet. Med dessa värden kan halten tungmetaller i sedimenten härrörande från Högdalenverket beräknas (Tabell 12).



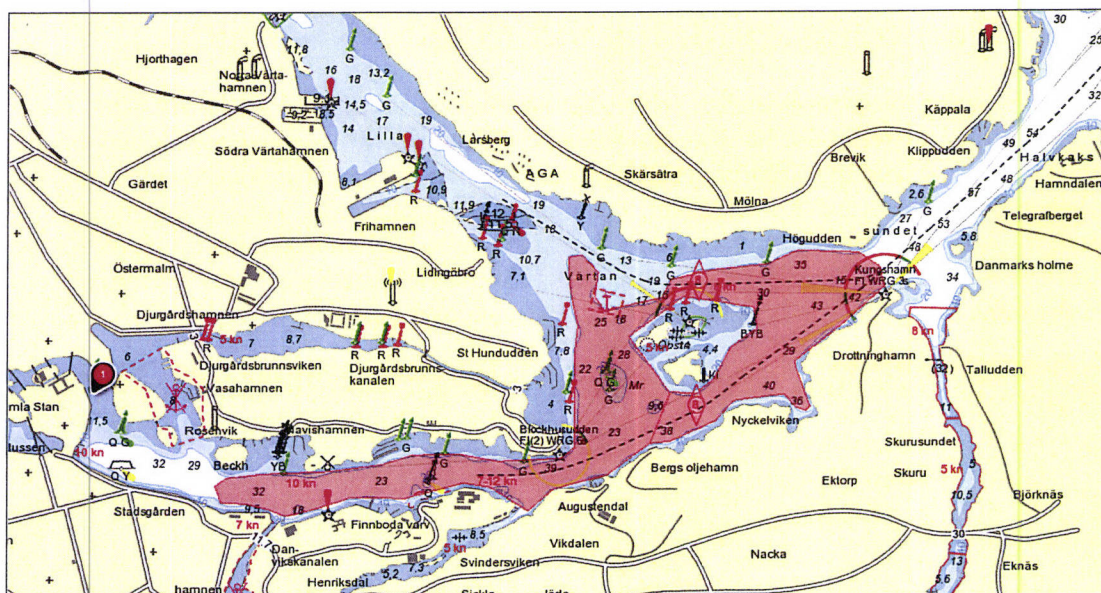
Figur 7. Antaget sedimentationsområde för partikulärt bundna föroreningar från Älvsjö-Mälartunneln.

4.4 Föroreningsspridning vid utsläpp i Saltsjön

Utsläppta mängder av metaller och organiska ämnen är desamma både i scenariot för Mälaren och i scenariot för Saltsjön. Spädning och spridning av utsläppet predikteras dock vara större i Saltsjön än i Mälaren. Bedömningen blir därmed i princip densamma; utspätt innehåller dagvattnet halter av metaller som överskrider gränsvärden men relativt snabbt efter att utsläppet skett är utspädningen så pass stor att så inte längre är fallet. Denna jämförelse säger dock ingenting om de faktiska riskerna för negativa effekter i recipienten då det finns många fler utsläppskällor till dessa metaller i Saltsjön.



Figur 8. Beräknad spridning och utspädning av dagvattnet från Östbergatunneln för normalfallet. På grund av skillnad i salthalt stiger dagvattnet snabbt mot ytan i stort sett oavsett årstid och temperaturskillnader (lilla bilden uppe till vänster). Denna stigning innebär en stor initial omblandning och utspädning.



bräckta vattnet i Saltsjön. Därmed stiger vattnet och breder ut sig i en tjockare plym oavsett temperaturgradient. Riskkvoterna blir lägre för Saltsjön än för Mälaren.

Tabell 11: Riskkvoter för uppmätta och predikterade halter (normalfallet) av metaller jämfört med gränsvärden (se Tabell 4, för Cd användes AA-EQS klass 3: 0,09 µg/l och för Zn användes GV_{vatten} för hårda vatten: 8 µg/l). Värdet är markerat med **röd fetstil** där halten överskrider gränsvärdet. Halten vid utspädning avser endast Högdalenverket/tunnels bidrag. Vid spädningsberäkningen ansattes att, för alla metaller, 100 % förekom i löst form.

	Dag- och processvatten utgående från Högdalenverket (normalfallet)		Dagvatten utgående från Älvsjö-Mälartunneln (normalfallet)	
	Outspätt	Spädning vid 100 m	Outspätt	Spädning vid 100 m
Hg	6,3	0,02	7,6	0,19
Cd	2	0,0063	6,1	0,15
Pb	1,1	0,0035	2,1	0,052
Cu	3,3	0,01	6,5	0,16
Zn	3,3	0,01	13	0,32
Ni	2	0,0066	4	0,1
Cr	0,89	0,0029	2,5	0,063

Även när Högdalenverkets bidrag adderas till halterna i recipienten (Tabell 5) och jämförs med gränsvärden (Tabell 4) är det endast för nickel som gränsvärdet överskrids (jämförelsen gjordes med det lägre gränsvärdet, QS_{vatten}). För kvicksilver är det dock så att EQS för vatten strikt endast får användas om också halter i fisk beaktas. Det är utanför ramarna för föreliggande studie att bedöma kvicksilverstatusen i Mälaren men det kan nämnas att halten kvicksilver i abborre är hög i vattenförekomsten Mälaren-Rödstensfjärden (VISS 2011).

För bly och kvicksilver är det också relevant att jämföra predikterade halter i sediment med gränsvärden eftersom dessa ämnen kan förväntas ackumulera i sedimenten. Genom att slå ut den utsläppta mängden (total mängd vilket ger en bedömning i analogi med den ovan där alla metaller förutsattes förekomma i löst fas) kan sedimentationen till följd av Högdalensverkets utsläpp skattas enligt Tabell 12. Gränsvärden för dessa metaller i sediment finns angivna i bakgrundsdokumentet till direktiv 2008/105/EG (CIRCA 2011). Till dessa gränsvärden läggs naturliga bakgrundshalter (Naturvårdsverket 1999). Betraktas enbart Högdalenverkets bidrag överskrider de inte gränsvärdena. Däremot är de ytliga sedimenten i östra Mälaren och Saltsjön förorenade. Riskkvoten för kvicksilver- och blyhalter i ytsediment i Mälaren och Saltsjön är 1–5, vilket betyder att det föreligger en risk för negativa effekter för sedimentlevande organismer. Högdalenverkets bidrag är i storleksordningen en till tio procent. Eftersom osäkerheterna är stora har strängt konservativa antaganden gjorts för att inte underskatta bidraget.

Tabell 12. Högdalenverkets bidrag av kvicksilver och bly till de ytliga sedimenten i Mälaren (utsläppsalternativ A) eller Saltsjön (utsläppsalternativ B), jämfört med gränsvärden enligt EU och bakgrundshalt enligt Naturvårdsverket

Ämne	Enhet	Hg	Pb
Årligt bidrag från Högdalenverket	mg/kg TS	0,08–0,3	2–6
Ytsediment i Mälaren	mg/kg TS	0,5–2	100–200
Ytsediment i Saltsjön	mg/kg TS	2–3	150–300
Gränsvärde	mg/kg TS	0,5*	53,4
Bakgrundshalt Sjöar och vattendrag	mg/kg TS	0,08	5
Bakgrundshalt Kust och hav	mg/kg TS	0,04	25

4.5.2 Halter av organiska ämnen jämfört med gränsvärden

Inga nya data fanns tillgängliga för halter av organiska ämnen i det utgående dagvattnet. Data som presenteras i PM (2007) och i Lindström och Fejes (2004) ligger således till grund också för den bedömning som beskrivs här. 2006 togs ett prov på dagvattnet som analyserades avseende dioxiner, PAHer och bromerade flamskyddsmedel. Koncentrationen av samtliga analyserade substanser var under respektive detektionsgräns. Samma ämnesgrupper ingick i de mätningar som genomfördes 2003. Vid detta provtagningsstillfälle var halterna av PAHer och dioxiner under detektionsgränsen men tre kongener av polybromerade flamskyddsmedel kunde påvisas.

Att ett ämne inte kan detekteras vid mätningar innebär att koncentrationen av ämnet ligger någonstans mellan noll och detektionsgränsen. Det är alltså relevant att i detta fall jämföra detektionsgränser med gränsvärden för att bedöma ev. risk för negativa effekter i recipienten. Vid 2006 års mätningar av dioxiner låg detektionsgränserna för de olika kongenerna mellan 0,006 och 0,01 ng/l. Gränsvärden för jämförelse för dioxiner saknas för vatten. Jämför man motsvarande detektionsgränser för PAHer med EQS (se Tabell 4) överskrider gränsvärdet för benso[*b+k*]fluoranten och benso[*g,h,i*]perylene+indeno[1,2,3-*cd*]pyren, detsamma gäller för pentabromerade difenyletrar. Eftersom den faktiska halten av dessa ämnen i dagvattnet inte är känd kan någon vidare bedömning inte genomföras.

5 Slutsatser

Ett fortsatt utsläpp till Mälaren innebär inte större ekologiska risker för recipienten än en flytt av Högdalenverkets utsläppspunkt. En flytt av utsläppspunkten kommer att innebära marginellt minskad föroreningstransport genom Mälaren. Minskningen i metallsedimentation bedöms bli väsentligt mindre än dagens naturliga variationer. Det föreligger ingen risk för lokal ackumulation av miljögifter, varken i vatten eller i sediment. En omledning av hela Älvsjö-Mälartunneln, till skillnad från enbart Högdalenverkets utsläpp, skulle däremot minska tungmetallbelastningen på östra Mälaren, men då till priset av utebliven retention under transporten till Saltsjön, som redan idag är kraftigare belastad än Mälaren. Kvicksilver och bly är de metaller som binder till partikulärt material i högst utsträckning. Oavsett val av utsläppspunkt kommer Högdalenverket att ge ett litet bidrag till redan förorenade sediment.

Inte heller hotar Högdalenverkets utsläpp till Mälaren dricksvattenförsörjningen. Den helt dominerande strömningsriktningen genom Mälaren är från väster mot öster, ut till Saltsjön. Samtliga fyra vattenverk i östra Mälaren ligger på betydande avstånd norr eller väster om (uppströms) dagens utsläppspunkt i Mälaren. Älvsjö-Mälartunnelns placering kan därmed sägas vara gynnsam ur ett mälarperspektiv. Strömhastigheten är förhållandevis hög då hela Mälarens vattenföring passerar genom ett sund. Det gör att både löst och partikelbunden fraktion transporteras vidare ut i Saltsjön vid normala förhållanden. Samtidigt ges kvävet retentionsprocesser viss tid att verka varför kvävebelastningen till följd av ammonium blir lägre på Saltsjön (där kväve anses vara ett större ekologiskt problem än i Mälarens sötvatten) än om utsläppet leddes direkt ut i Saltsjön.

Genomgående används konservativa antaganden vilket betyder att även normalfallet överskattar föroreningsbelastningen för större delen av året. Även värsta falls-bedömning ger att utsläppet från Högdalenverket är ekologiskt acceptabelt. Underlagsdata tillåter endast miljöriskbedömningar för metaller. Spridningsberäkningarna är giltiga för alla substanser. Riskbedömningen bedöms med andra ord vara robust och omfatta kända osäkerheter. En sammanfattande jämförelse mellan de betraktade alternativen ges i Tabell 13 och Tabell 14.

Tabell 13. Ekologiska risker till följd av lösta föroreningar från Högdalenverket för de betraktade alternativen

	<i>Nollalternativ</i>	<i>Fortsatt utsläpp till Mälaren</i>	<i>Flyttat utsläpp till Saltsjön</i>
Normalfallet	Uppnår ej god kemisk ytvattenstatus: Båda recipienterna överskrider gränsvärdena för kvicksilver och tributyltenn. Samhället måste fortsätta vidta åtgärder för att uppnå fastslagna miljö kvalitetsnormer.	Oförändrat gentemot dagens situation. Belastningen från Högdalenverket har spätts till bakgrundshalt inom 100 meter från utsläppspunkten.	
Värsta fallet		Zink överskrider gränsvärdet 100 m från utsläppspunkten.	Det söta dagvattnets lyftkraft i saltvatten ger snabb omblandning, spädning under gränsvärde inom 100 m

Tabell 14. Ekologiska risker till följd av partikulärt bundna föroreningar från Högdalenverket för de betraktade alternativen

	<i>Nollalternativ</i>	<i>Fortsatt utsläpp till Mälaren</i>	<i>Flyttat utsläpp till Saltsjön</i>
Normalfallet	Dagens kvicksilver- och blyhalter överskrider gränsvärdena i båda recipienterna oavsett var Högdalenverkets utsläpp läggs. Saltsjöns ytliga sediment är starkare förorenade	Fallhastigheten för partiklar är väsentligt mycket lägre än vattnets strömhastighet. En stor del av det partikulärt bundna materialet kommer därför att transporteras ut ur primärrecipienten (östra Mälaren respektive Saltsjön) innan det sedimenterar.	
Värsta fallet		Antaget att allt partikulärt material från Högdalenverket sedimenterar kan bidraget uppgå till i storleksordningen tio procent.	

6 Referenser

- CIRCA (2011) Substance EQS Data Sheets
http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive&vm=detail&sb=Title (savage: Priority substances library, Supporting background documents 2006 Priority Substances proposal, Substance EQS Data Sheets). 2011-03-17.
- Fortum (2011) Rökgaskondensat i dagvatten. Internt PM. 2011-02-09.
- Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J., Baumgartner, D.J., George, K.P. (2003): Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). United States EPA/600/R-03/025 March 2003.
- Jonsson P. (2010) Spridning av föroreningar från Beckholmen - Sedimentundersökning i Stockholms hamn. JP Sedimentkonsult HB
- Lindgren C. och Fejes J. (2004) Utredning om Högdalenverkets bidrag till recipientpåverkan i Mälaren och i Saltsjön från utsläppen av dagvatten från anläggning. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Rapport U875.
- Lindström M. och Håkanson L. (2001) A model to calculate heavy metal load to lakes dominated by urban runoff and diffuse inflow. *Ecological Modelling* 137: 1-21
- Naturvårdsverket (2008) Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen Stöd till vattenmyndigheterna vid statusklassificering och fastställande av MKN. Rapport 5799 April 2008. ISBN 978-91-620-5799-2.
- Naturvårdsverket (2002) Metaller i stad och land. Miljöproblem och åtgärdsstrategier. Naturvårdsverket Förlag. Rapport 5184.
- Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913. ISBN 91-620-4913-5
- Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och hav. Rapport 4914. ISBN 91-620-4917-8 Rapport 5184. ISBN 91-620-5184-9, ISSN 0282-7298. 31 sid.
- PM (2007) – Uppdatering av studien ” Utredning om Högdalenverkets bidrag till recipientpåverkan i Mälaren och i Saltsjön från utsläppen av dagvatten från anläggning” 31 januari 2007. IVL Svenska Miljöinstitutet och SWECO.
- Stockholm Vatten (2010) Undersökningar i Stockholms skärgård 2009. Stockholm Vatten AB, 2010-03-27, Dnr 10SWV299, Stockholm, 218 sid.

Vattenmyndigheten (2008a) Preliminär kartläggning och analys i Norra Östersjöns vattendistrikt. Januari 2008. 61. Norrström-Mälaren. [www.vattenmyndigheterna .se](http://www.vattenmyndigheterna.se) (sökväg: Norra Östersjöns vattendistrikt, Kartläggning och analys, Norrström AB och C län)

Vattenmyndigheten (2008b) Preliminär kartläggning och analys i Norra Östersjöns vattendistrikt Januari 2008. Norra Östersjön – Stockholms inre skärgård och Hallsfjärden. [www.vattenmyndigheterna .se](http://www.vattenmyndigheterna.se) (sökväg: Norra Östersjöns vattendistrikt, Kartläggning och analys, Kustvatten)

VISS (VattenInformationSystem Sverige, 2011) <http://www.viss.lst.se/> (sökväg: vattenförekomst Mälaren-Rödstensfjärden och Strömmen (Saltsjön). 2011-03-17

Östlund, P., J. Sternbeck och E. Brorström-Lunden (1998) Metaller, PAH, PCB och totalkolväten i sediment runt Stockholm – flöden och halter. IVL-Rapport B 1297. Stockholm: IVL