

Åtgärder för att begränsa föroreningsspridningen från EKA-området

Möjligheter och risker

Rapport nr EKA 2002:4

Bengtsfors kommun

2003-12-05

Författad av

Jan Sundberg, Geo Innova AB¹

¹ Projektstöd Geologi, geoteknik och hydrogeologi

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	2
SAMMANFATTNING	4
1. BAKGRUND OCH SYFTE	5
1.1. BAKGRUND.....	5
1.2. SYFTE.....	5
2. ÖVERSIKT AV MARK- OCH SPRIDNINGSFÖRHÅLLANDEN	6
2.1. ALLMÄNT.....	6
2.2. OMRÅDESIKDELNING OCH FÖRORENINGSSITUATION.....	6
2.3. MARKFÖRHÅLLANDEN.....	7
2.4. GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN.....	8
2.4.1. Allmänt.....	8
2.5. FÖRORENINGSSPRIDNING.....	9
2.5.1. Spridningsmekanismer.....	9
2.5.2. Mängder.....	9
3. ÅTGÄRDER FÖR ATT BEGRÄNSA FÖRORENINGSSPRIDNING	10
3.1. ALLMÄNT.....	10
3.2. ÅTGÄRDER PÅ EKA-OMRÅDET.....	11
3.2.1. Begränsning av grundvattenflödet.....	11
3.2.2. Begränsning av föroreningsinnehållet i utströmmande grundvatten.....	12
3.2.3. Begränsning av erosionen vid strandkant.....	13
3.2.4. Begränsning av damning och annan erosion från överytan.....	13
3.2.5. Begränsning av gasavgången.....	13
3.3. SAMMANSTÄLLNING AV EFFEKTER AV NÅGRA ÅTGÄRDER.....	13
3.4. RISKER.....	14
3.4.1. Kemisk förändring.....	14
3.4.2. Förändrade grundvattenförhållanden.....	15
3.4.3. Mänsklig påverkan.....	15
3.4.4. Olyckor.....	15
3.4.5. Naturkatastrofer och förändring av klimat.....	15
3.5. RISKER MED ÅTGÄRDER.....	16
3.5.1. Beskrivning.....	16
3.5.2. Diskussion.....	17
3.6. TÄNKBARA SKYDDÅTGÄRDER UNDER UTFÖRANDET.....	18
3.7. KONTROLLERBARHET.....	18
3.8. EXEMPLIFIERING AV KOMBINATIONER AV ÅTGÄRDER.....	18
3.8.1. Exempel 1 (Begränsning av flöde och erosion).....	19
3.8.2. Exempel 2 (Begränsning av flöde, halt och erosion).....	20
3.8.3. Exempel 3 (Hög begränsning av flöde, halt och erosion).....	21
3.8.4. Sammanfattning av alternativ.....	22
4. SLUTSATSER	23
5. REFERENSER	24

FIGURFÖRTECKNING

Figur 2.1 Översikt över undersökningsområdet och dess olika delar.

Figur 2.2 Interpolerade grundvattennivåer från 2003-03-21 (från EKA 2002:3).

SAMMANFATTNING

EKA-området i Bengtsfors är svårt förorenat av bl.a. kvicksilver, dioxin och perkloretylen. Ett projekt startade sommaren 2002 med målet att sanera området. Föreliggande rapport behandlar möjliga åtgärder in-situ för att med barriärteknik begränsa föroreningsspridningen från EKA-området. Den nuvarande spridningen av föroreningar bedöms årligen uppgå till i storleksordningen 0.4 kg kvicksilver, 5 mg dioxin samt 40 kg perkloretylen.

Åtgärder för att begränsa föroreningstransporten kan huvudsakligen inriktas mot att begränsa en eller flera av nedanstående punkter:

- Begränsa grundvattenflödet
- Begränsa föroreningsinnehållet i grundvatten
- Begränsa erosionen vid strandkant och från ytan

Barriärer för att åstadkomma detta kan vara av olika typ:

- Hydraulisk barriär – Dränering.
- Tät barriär.
- Filtreerande barriär eller partikelbarriär.
- Sorptionsbarriär.
- Reaktiv barriär.

Genom kombinationer av olika barriärtekniker bedöms föroreningsspridningen kunna reduceras mellan 50 % och ca 90 % beroende på ambitionsnivå. Åtgärds kombinationerna reducerar också riskerna i varierande grad.

Följande slutsatser kan dras:

- Det är möjligt att effektivt motverka föroreningsspridningen från EKA-området och kraftigt reducera framtida risker
- Föroreningsspridningen är direkt proportionell mot grundvattenflödet som kan halveras med relativt enkla åtgärder
- Partikelfilter i strandkanten bedöms reducera spridning av kvicksilver med över 90 % samt är sannolikt även effektivt mot spridning av dioxin och metaller i allmänhet.
- För att motverka risk för framtida hög föroreningsspridning är erosionskydd nödvändigt.
- Alla åtgärder medför vissa risker som måste beaktas i genomförandet
- Kontrollerbarheten av åtgärder varierar mellan olika alternativ
- Osäkerheter finns i beräkningen av nuvarande föroreningsspridning varför dessa bör beaktas vid val av åtgärder och kontrollåtgärder.

1. BAKGRUND OCH SYFTE

1.1. BAKGRUND

EKA-området i Bengtsfors är svårt förorenat av bl.a. kvicksilver, dioxin, PAH och perkloretylen. Ett projekt startade sommaren 2002 med målet att sanera området. För att öka kunskapen och förståelsen för området har en rad utredningar genomförts. Dessa utredningar kommer att bilda underlag för en förnyad riskbedömning och riskvärdering samt utgöra underlag för val av åtgärder.

Föreliggande rapport behandlar möjliga åtgärder in-situ för att begränsa förorenings spridningen från EKA-området med grundvatten, ytvatten i området, erosion, damm och gas. Rapporten grundar sig främst på rapport EKA 2002:3, Förorenings spridning från EKA-området samt EKA 2002:1, Mark och grundvattenförhållanden vid EKA-området.

1.2. SYFTE

Syftet är att exemplifiera, värdera och kvantifiera effekten av några in-situ åtgärder för att begränsa förorenings spridningen från EKA-området. Vidare ingår bedömning av risker för dessa åtgärder.

I rapporten behandlas inte källtermsbegränsande åtgärder, t.ex. bortgrävning av förorenade massor eller rivning av byggnader. Vidare behandlas ej heller hälsorisker associerade med åtgärder.

2. ÖVERSIKT AV MARK- OCH SPRIDNINGSFÖRHÅLLANDEN

2.1. ALLMÄNT

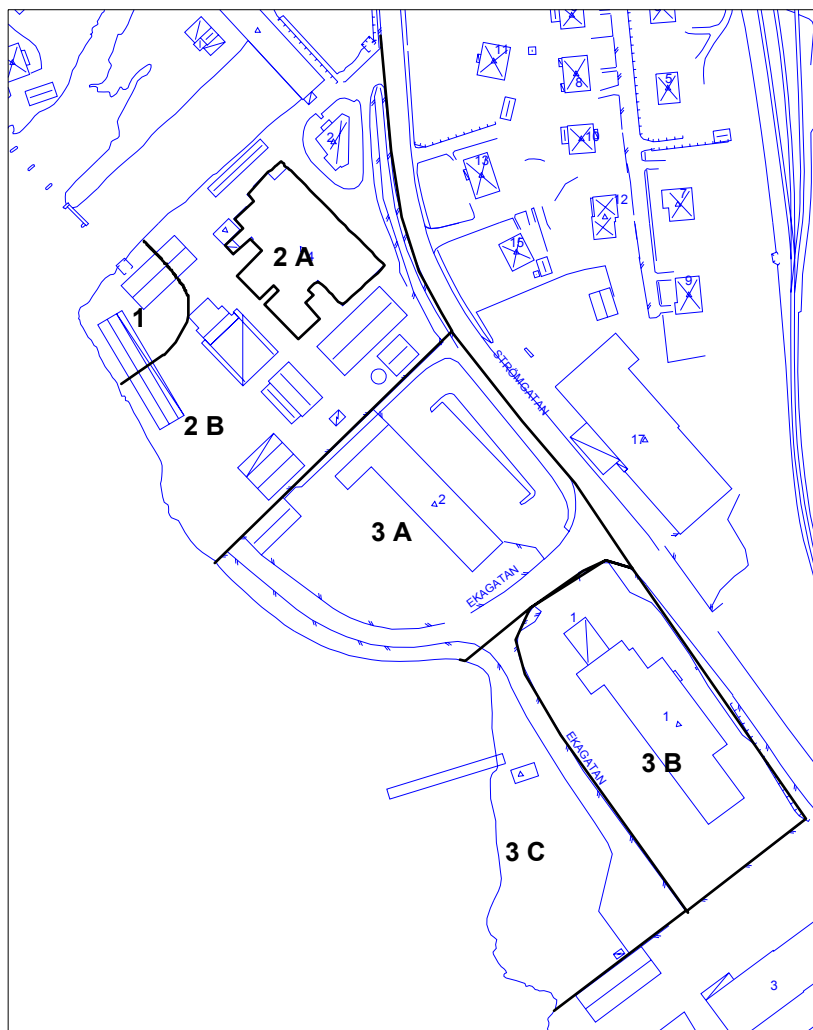
Eka-området ligger i en nord-sydlig sprickdal på nordöstra sidan av sjön Bengtsbrohöljen strand. Själva Eka-tomten gränsar till sjön Lelångens kraftverksdamm och utloppskanalen till Bengtsbrohöljen, se figur 2.1. Undersökningsområdet begränsas i norr av kraftverksdammen, i öster av Strömgatan (väg 172) och i söder fastighetsgränsen mellan Bussgaragens fastighet och Möbelsnickaren. I väster utgörs gränsen av sjön Bengtsbrohöljen men denna gräns är mer diffus eftersom undersökningar även skett i sjön. Topografiskt är själva undersökningsområdet relativt flackt och de största höjdskillnaderna finns vid norra delen intill kraftverksdammen där marknivån är ca 94,4 m ö h och i den lägsta delen vid ångbåtsbryggan 90,5 m ö h. Vattennivån i Bengtsbrohöljen varierar kring drygt 89 m.ö.h. Sjön Lelång har en vattennivå kring 93 m.ö.h. På andra sidan Strömgatan höjer sig bergsområdet kallat Majberget till drygt 160 m ö h.

2.2. OMRÅDESIDELNING OCH FÖRORENINGSSITUATION

Undersökningsområdet kan delas in i olika delområden baserat på fastighetsförhållanden, föroreningssituation och tänkbara åtgärder.

I Figur 2.1 finns en områdesindelning. De olika delområdena listas nedan med kommentarer om föroreningssituationen i marken. För en fullständig bild av föroreningssituationen i mark och grundvatten se rapport EKA 2002:2.

- 1 EKA-udden (främst svårt förorenad av kvicksilver och dioxin)
- 2A EKAs gamla fabriksbyggnad (främst svårt förorenad av kvicksilver)
- 2B Övriga delar av det gamla fabriksområdet (EKA-tomten) (främst förorenad av kvicksilver och perkloretylen)
- 3A Vexia, Bilhandel/verkstad (främst förorenat av dioxin)
- 3B Bussgaraget (förorenat av dioxin)
- 3C Ångbåtsbryggan mm



Figur 2.1 Översikt över undersökningsområdet och dess olika delar.

2.3. MARKFÖRHÅLLANDEN

De naturliga jordarterna i området består framförallt av morän. Moränen är sandig grusig men även siltig morän förekommer över hela området i skikt. Sand, grusig sand och sandigt grus bedöms förekomma som naturliga avlagringar framförallt på Eka-tomten i anslutning till kraftverksdammen och ner mot cellhallen. I moränen förekommer en hel del sten och block samt sand och grusskikt samt även mycket siltiga skikt.

Berg har påträffats på 10 m djup på östra sidan om Strömgatan. På Eka-tomten bedöms jorddjupet till berg vara mellan 20 m (Strömgatan) till 40 m i Bengtsbrohöljen. Vid sydöstra kanten av Bussgaraget kan berg påträffas på ca 3 m under markytan.

Fyllning täcker i stort sett hela undersökningsområdet. Fyllningens sammansättning varierar men består huvudsakligen av sandig grusig fyllning. Fyllningen är rik på sten och block. Området vid Vexia, Ångbåtsbryggan och i ett stråk längs Eka-tomtens strandkant bedöms vara särskilt rik på sprängsten. Från Eka-udden och i ett stråk söderut innanför en öppen lagerbyggnad finns fyllning med organiskt material bestående av bark och sågspån. Själva Eka-udden är utfylld med restproduk-

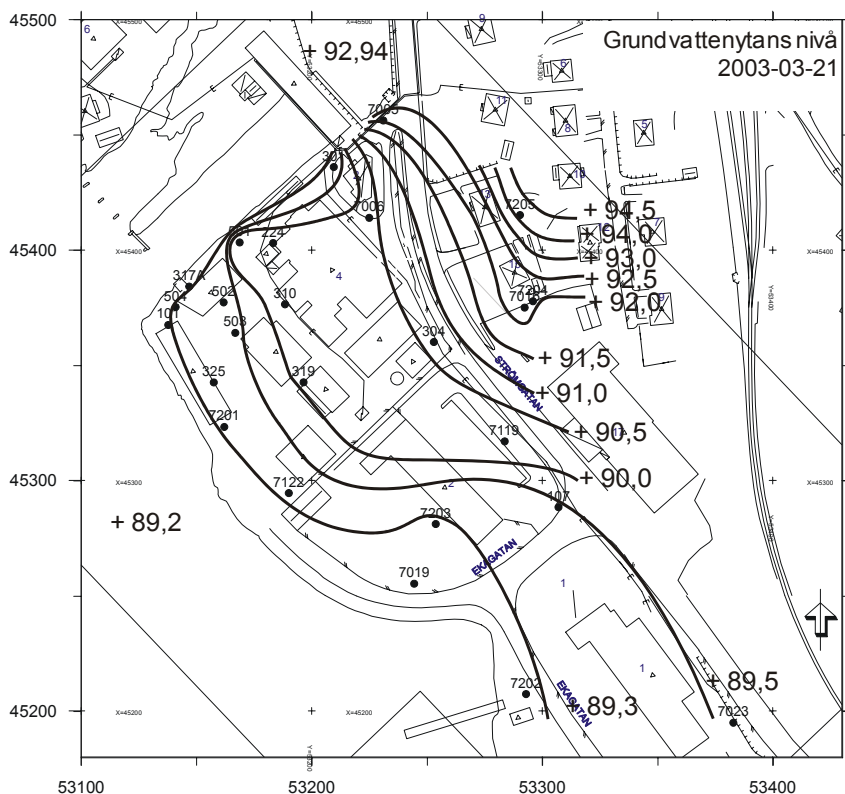
ter från kloralkalitillverkningen. Fyllningens djup varierar från över 7 m vid Ångbåtsbryggan och Vexia, ca 5 m vid Eka udden till någon halvmeter i de östra delarna av undersökningsområdet. En fullständig redovisning finns i EKA 2002:1.

2.4. GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN

2.4.1. Allmänt

Det aktuella undersökningsområdet ligger i den nedre delen av ett avrinningsområde som avgränsas av vattendelare belägen på höjdpartierna i öster samt Bengtsbrohöljen och Lelången i väster och norr. De högre liggande partierna öster om genomfartsleden består i huvudsak av morän och i viss mån berg. Väster om vägen ligger det aktuella undersökningsområdet som är delvis utfyllt under olika tidsperioder. En fullständig redovisning av grundvattenförhållandena finns i EKA 2002:1.

Området karaktäriseras av heterogena hydrauliska förhållande och den hydrauliska konduktiviteten varierar över ett relativt stort intervall, från ca 10^{-3} till 10^{-5} m/s som medelvärden för fyllning och ytlig morän till ca 10^{-7} m/s för djupare liggande morän. Grundvattnets strömning är storskaligt riktat mot strandkanten, se Figur 2.2, men lokalt kan avvikelser förekomma på grund av skillnader i markens egenskaper. Grundvattenströmningen från undersökningsområdet bedöms uppgå till ca 21000 m³/år med ett bedömt osäkerhetsintervall om 14500 - 26000 m³/år. En stor del av detta flöde bedöms också strömma in i området från högre liggande partier. En ansenlig del, ca 8000 m³/år, bedöms induceras av nivåskillnaderna mellan Lelång och Bengtsbrohöljen vid kraftverket. Osäkerheten i denna sistnämnda siffra är emellertid relativt stor. Snabb nivåhöjning i Bengtsbrohöljen kan orsaka kortvarig inströmning av sjövattnet i området allra närmast strandkanten. Mängdmässigt är detta bidrag emellertid mycket litet, kanske några promille av det totala flödet, och man kan därför bortse ifrån detta vid nuvarande flödessituation.



Figur 2.2 Interpolerade grundvattennivåer från 2003-03-21 (från EKA 2002:3).

2.5. FÖRORENINGSSPRIDNING

2.5.1. Spridningsmekanismer

Föroreningsspridningen från EKA-området finns rapporterad i EKA 2002:3. Mekanismer som styr föroreningstransporten är följande:

- Grundvattentransport
- Erosion i strandbrinken
- Damning och dagvattenerosion
- Gasavgång

Föroreningstransporten kan ske på följande sätt:

- Som *lösta ämnen* i yt- och grundvatten
- Som *gasavgång* från mark
- Som *partikeltransport* i yt- och grundvatten samt via damning

2.5.2. Mängder

I Tabell 2.1 sammanfattas den bedömda föroreningstransporten från EKA-området (EKA 2002:3). Osäkerheten i uttransporterad totalmängd är betydande och sannolikt större än ± 50 %.

Tabell 2.1 Sammanställning av uppskattade uttransporterade medelmängder föroreningar (kvicksilver, dioxin och PCE) från EKA-området. Inom parantes angivna värden är mycket osäkra. Med t.ex Hg tot avses total uttransport av partikulära och lösta ämnen medan Hg löst endast avser bedömd löst eller gasformig delmängd (modifierad från EKA 2002:3).

Transportväg	Hg, tot	Hg, löst	Dioxin	PCE
	g	g	mg	kg
Grundvatten	360	1.7	3.6	43
Erosion, damning	(40) ¹		(2) ¹	
Gas	(4)	(4)		?
Summa	400	5	6 ²	43

¹ Spridning via erosion kan vid högflöde vara betydligt större

² Vissa indikationer tyder på att spridningen kan vara åtminstone 5-10 gånger högre

Av tabellen framgår att den partikulära kvicksilvertransporten bedöms vara i storleksordningen större än 90 % av den totala transporten. Denna siffra bedöms kunna gälla även för dioxin eftersom dioxin är svårlösligt i vatten. Hela mängden av klorerade alifater bedöms emellertid vara löst i vatten.

3. ÅTGÄRDER FÖR ATT BEGRÄNSA FÖRORENINGSSPRIDNING

3.1. ALLMÄNT

Åtgärder för att begränsa föroreningstransporten kan inrikta sig mot att begränsa en eller flera av nedanstående punkter:

- Begränsa grundvattenflödet
- Begränsa föroreningsinnehållet i grundvatten
- Begränsa erosionen vid strandkant och från markytan
- Begränsa gasavgången

Barriärer för att åstadkomma detta kan ha olika funktion och vara förlagda på olika sätt. Nedan görs en kort och principiell genomgång av olika barriärtyper. I rapport EKA 2002:11 finns en genomgång över en rad olika behandlingsmetoder inklusive barriärteknik.

Hydraulisk barriär – Dränering. En dränering har en betydligt högre vattentransporterade förmåga jämfört med kringliggande mark och avleder därför vatten snabbare. Genom att anlägga en dränering i mark på viss nivå kan t.ex. grundvattenströmning in till ett område avledas eller flödet från ett område utökas och styras. Man kan därför säga att en dränering kan utformas som en (hydraulisk) barriär.

Tät barriär. En tät barriär har en betydligt lägre vattentransporterande förmåga än omgivande mark och motverkar därför vattengenomströmning. Funktionen kan under vissa omständigheter likna funktionen för en hydraulisk barriär. En tät barriär kan anläggas horisontellt eller vertikalt och därför t.ex. motverka infiltration eller vattenströmning till eller från ett område.

Filtrerande barriär eller partikelbarriär. Ett filter släpper igenom vatten men medföljande partiklar fastnar. Filter utgörs ofta av välgraderad sand. Filtertechnik används för rening av dricksvatten och förorenat vatten men kan också anläggas direkt i mark. Erosionsskydd är ett specialfall av filter som skall motverka att partiklar i strandnära områden transporteras bort (erosionsskydd kan också utgöras av en tät konstruktion). Ett annat specialfall är uppfyllnad av markytan för att motverka damning och exponering. Kraven på materialval i det sistnämnda fallet är relativt låga.

Sorptionsbarriär. Genom olika sorberande processer, bl.a. adsorption, kan lösta ämnen fås att fastna eller fördröjas. Sorption förekommer i naturlig jord och är delvis kopplad till förekomst av organiskt kol (jämför filter av aktivt kol). En barriär kan dimensioneras för att motverka att ett eller flera lösta ämnen transporteras genom densamma.

Reaktiv barriär. En reaktiv barriär påskyndar omvandling eller nedbrytning av oönskade föroreningar och kan placeras i mark tvärs vattnets strömningsriktning. En kemisk barriär kan också placeras så att den t.ex. ändrar pH eller kemisk sammansättning på inkommande eller infiltrerande vatten till ett område.

3.2. ÅTGÄRDER PÅ EKA-OMRÅDET

3.2.1. Begränsning av grundvattenflödet

Föroreningstransporten styrs av produkten av grundvattenflödet och föroreningsinnehållet i grundvatten. Grundvattenflödet kan delas in i tre olika delflöden:

1. Grundvatten som strömmar lateralt in mot området från uppströms liggande områden
2. Infiltrerad nederbörd inom området som bildar grundvatten
3. Inducerad grundvattenbildning på grund av nivåskillnad mellan Lelång och Bengtsbrohöljen

Dessa tre delflöden bidrar var och ett med en väsentlig del av totalflödet ut från området. Åtgärder för att begränsa totalflödet kan riktas in mot en eller flera av dessa flöden. Dessa kan delas in i:

- Tätande åtgärder
- Avledande (dränerande) åtgärder

1. Lateralt strömmande grundvatten från uppströms liggande områden

Tätande eller dränerande åtgärder kan genomföras efter områdets östra rand (Strömgatan). Tätande åtgärder, i kombination med dränering, är effektivast men enbart en dränering kan minska flödet i stor utsträckning. Svårigheter förknippade med tätande åtgärder är att med hänsyn till markförhållanden utföra en effektiv tätning till tillräckligt djup. Svårigheter med dränerande åtgärder är främst att ansätta dräneringsnivån på sådant djup att önskad strömning erhålls.

2. Infiltration inom området

Åtgärder för att motverka infiltration kan delas in i två delar, en del som omfattar upphörande av nuvarande avsiktlig infiltration i stenkistor samt åtgärder som kan liknas med dem som görs vid efterbehandling (täckning) av deponier. Vid den senare åtgärden installeras en tätning som sedan täcks med dränerande och skyddande massor av tillräcklig kvalitet och tjocklek. Olika täthet kan uppnås genom detta förfaringssätt.

3. Inducerat flöde pga. nivåskillnad Lelång-Bengtsbrohöljen

Detta inducerade grundvattenflöde styrs av det aktuella markområdets genomsläpplighet (permeabilitet eller hydraulisk konduktivitet) samt förekomst av eventuella kulvertar eller ledningar. Genom att skära av flödesbanorna med en tätning och/eller dränering vid kraftverket så nära Lelång som möjligt minskas flödet kraftigt.

Ett fjärde sätt att minska grundvattenflödet är att kombinera ovanstående åtgärder med tätning mot Bengtsbrohöljen enligt följande:

4. Minskning av inflöde i kombination med dämning nedströms

Ett mycket lågt grundvattenflöde kan erhållas genom en kombination av minskning av inflödet genom åtgärder enligt punkterna 1-3 ovan tillsammans med tät barriär i utströmningsområdet mot Bengtsbrohöljen. Den täta barriären bör placeras utanför släntföt mot Bengtsbrohöljen för att komma utanför markföroreningarna och utfyllnad utförs mellan barriär och landområdet. Om flödet från omgivningen, enligt punkterna 1 och 2, kan motverkas effektivt styrs flödet helt av infiltrerad nederbörd inom området. Grundvattnets nivå och strömningsriktning kan dock komma att ändras. Risken för ändrad strömningsriktning och nivå kan dock begränsas (eller helt elimineras) av dränerande åtgärder på insidan av tätningen mot Höljen där den dränerande nivån anpassas på lämpligt

sätt till Bengtsbrohöljens nivå och grundvattennivån uppströms (på detta sätt ”ersätts” Höljens nivå av dräneringen). Om inströmmande lateralt grundvatten i den östra delen enligt punkt 1 begränsas även genom tätning istället för enbart dränering elimineras risken att vatten från området strömmar ut ”bakvägen” via dräneringen.

Vattenutbytet mellan markområdet och Bengtsbrohöljen pga. nivåvariationer i sjön har visats vara väldigt lågt i dagsläget (se rapport EKA 2002:1). Om grundvattenflödet reduceras kraftigt kan detta vattenutbyte öka. Åtgärder enligt punkt 4 eliminerar dock ett sådant utbyte.

Eventuella åtgärder måste ta speciell hänsyn till förekomsten av ledningar, både till sådana som är kända men också till eventuell förekomst av framförallt äldre ledningar som av olika skäl inte upptäckts i undersökningarna. T.ex. finns misstanke om äldre kulvert från kraftverksdammen i Lelång in till EKA:s gamla fabriksbyggnad.

Grundvattenflödets olika delkomponenter kan reduceras i varierande omfattning. Det lateralt strömmande grundvattnet (punkt 1) från uppströms liggande områden bedöms kunna minskas avsevärt genom dränerande eller tätande åtgärder i området östra övre del (efter Strömgatan). En minskning av detta delflöde med 50-90 % beroende på åtgärd bedöms som fullt rimlig. Infiltrationen inom området (punkt 2) bedöms kunna minskas i betydande omfattning genom enkla åtgärder som omledning av dagvatten som man idag låter infiltrera och bilda grundvatten inom delar av området (EKA-tomten och Vexia). I kombination med tätning av vissa delområden bedöms infiltrerad nederbörd inom området kunna minska med 30-50 % utan omfattande åtgärder och betydligt mer om området tätas effektivt. Grundvattenflödet på grund av nivåskillnad mellan Lelång och Bengtsbrohöljen vid kraftverket (punkt 3) bedöms kunna minskas högst väsentligt genom tätning av mark (slitsmur eller motsvarande) och eventuell äldre kulvert nära dammen, eventuellt i kombination med dränering. En sådan åtgärd bedöms kunna reducera det inducerade flödet med mer än 80 %.

Den sammantagna effekten av dessa åtgärder beror givetvis av hur effektiva de görs. Utan alltför omfattande åtgärder bedöms emellertid grundvattenflödet kunna minska med 60 % till 40 % av det ursprungliga flödet. Genom mer omfattande åtgärder kan flödet minska med 70-80 %. Om effektiva flödesbegränsande åtgärder kombineras med tätning i strandlinjen enligt punkt 4 kan flödet minskas ytterligare, kanske med upp till 90-95 % gentemot dagsläget. I detta sistnämnda fall elimineras också som tidigare nämnts vattenutbytet med Bengtsbrohöljen, som i dagsläget är litet men kan öka om grundvattenflödet minskas radikalt.

3.2.2. Begränsning av föroreningsinnehållet i utströmmande grundvatten

Enligt rapport EKA 2002:3 bedöms en del av föroreningsinnehållet i grundvattnet inom EKA-området vara i form av partiklar och kolloider. Den övriga delen består av lösta komponenter i vatten. De genomförda filterförsöken (EKA 2002:5) visar att sandfilter ger en kraftig reduktion av föroreningar. Försök visar att utgående halter av kvicksilver kan reduceras till <0.5 µg/l efter filter vilket innebär en reduktion av den skattade medelhalten (17µg/l) med > 97 %. Sandfilter som förläggs som en barriär i randområdet mot Bengtsbrohöljen torde således kunna minska föroreningsinnehållet i grundvattnet högst påtagligt. Om dioxin kan reduceras i samma omfattning är ej undersökt men är inte osannolikt eftersom transporten av dioxin, i likhet med kvicksilver, till stor del bedöms vara kolloid- eller partikelbunden.

Det är möjligt att omledning av det dagvatten som idag avsiktligt infiltreras och bildar grundvatten kan innebära att kolloid- och partikelbildning i grundvattnet reduceras med minskat föroreningsinnehåll som följd.

Mängden lösta komponenter i grundvatten kan minskas genom sorptionsbarriär (kvicksilver/dioxin) eller reaktiv barriär (PCE). En sorptionsbarriär kan utgöras av inblandning av organiskt material, t.ex. höghumifierad torv, i en granulär matris. En reaktiv barriär, för att motverka spridning av PCE, kan erhållas genom tillsats av järn. Sådana barriärer kan också anläggas i randzonen mot Bengtsbrohöljen. Effektiviteten för en sådan barriär kan vara hög men är starkt beroende på markförhållanden och hur den installeras. Ett rimligt intervall har antagits till 50-90 % beroende på effektivitet.

Ökad naturlig nedbrytning av PCE kan också ske vid anaeroba förhållanden.

3.2.3. Begränsning av erosionen vid strandkant

Erosion är en källa till förorenings-spridning som kan variera kraftigt i tiden, från att vara liten vid en normal flödessituation till att vara potentiellt stor vid en högflödessituation. Den största risken utgörs av den svårt förorenade udden (delområde 1) i anslutning till kraftverkskanalen. Erosions-skydd efter strandlinjen, främst utefter kraftverkskanalen, kan närmast eliminera förorenings-spridningen via erosion och framtida risker inom överskådlig tid. Det är väsentligt att erosions-skyddet mot kraftverkskanalen utformas så att flödesarean i kanalen behålls i så stor utsträckning som möjligt. En begränsad reduktion av flödesarean erhålls med en slank konstruktion med låg råhet mot vattnet.

3.2.4. Begränsning av damning och annan erosion från överytan

En viss spridning av föroreningar bedöms ske genom damning och ytavrinning från de delar av markområdets överyta som ej är hårdgjorda. Minskning av denna spridning kan t.ex. ske genom uppfyllnad med rena massor. Enbart en uppfyllnad utan kombination med underliggande tätning kan dock leda till en ökad infiltration av vatten jämfört med dagsläget.

3.2.5. Begränsning av gasavgången

En viss gasavgång av främst kvicksilver och perkloretylen bedöms ske från markområdet. Gasavgångens storlek påverkas bl.a. av transportmöjligheten i jordmaterialet. En minskning av gasavgången bedöms kunna ske om täckning/tätning av överytan genomförs.

3.3. SAMMANSTÄLLNING AV EFFEKTER AV NÅGRA ÅTGÄRDER

I Tabell 3.1 har den uppskattade effekten redovisats av några enskilda åtgärder för att begränsa förorenings-spridningen. I kommande avsnitt exemplifieras kombinationer av dessa åtgärder.

Effekten är givetvis beroende av åtgärdernas effektivitet varför ibland intervall använts. Spridning av kvicksilver- och dioxinföroreningar bedöms kunna reduceras till en låg nivå med partikelfilter. Reaktiv barriär är tänkbar för att reducera halterna av klorerade alifater (PCE mm). Haltbegränsande åtgärder som ej är medtagna är t.ex. sorptionsfilter för lösta metaller som dock kan placeras i serie med partikelfilter för att ytterligare reducera lösta metaller.

Beträffande stranderosionen bedöms denna kunna reduceras i mycket hög grad. Detsamma bedöms vara fallet med erosion via damning eller ytvatten. Gasavgången är osäker men sannolikt liten. Denna bedöms kunna reduceras till i tabellen angiven mängd genom tätningsåtgärder. För närmare kommentarer kring valda reduktioner se beskrivningen av de olika åtgärderna ovan.

Tabell 3.1 Sammanställning av uppskattade uttransporterade mängder föroreningar från EKA-området efter några olika delåtgärder och beroende på dess effektivitet.

	Resterande andel	Kvicksilver totalmängd g/år	Dioxin mg/år	PCE Kg/år
<i>Total föroreningstransport i dagsläget (för delmängder se Tabell 2.1)</i>		400	6	43
Transportväg/Åtgärd				
<i>Grundvatten</i>				
Flödesminskning, 60-90 %	10 - 40 %	36 - 144	0.4 - 1.5	4 - 17
Haltminskning med partikelfilter, >95 %	5 %	18	0.2 ¹	-
Haltminskning med reaktiv barriär, 50-90 %	10-50 %	-	-	4 - 20
<i>Stranderosion, damning etc. (erosionsskydd, uppfyllnad)</i>	5 %	2	0.1	-
<i>Gas (tätning)</i>	25 %	1	-	?

¹ Reduktion av dioxin antagen till samma nivå som för kvicksilver

I tabellen har ej framtida risker beaktats eller risker på grund av åtgärder. Dessa behandlas i följande avsnitt. I avsnitt 3.8 exemplifieras kombinationer av åtgärder.

3.4. RISKER

I rapport EKA 2002:3 har ett antal framtida risker som kan påverka föroreningsspridningen framhållits. Dessa risker har tagits upp nedan med kommentarer om hur olika åtgärder kan minska dessa risker.

3.4.1. Kemisk förändring

Risk

Lakförsöken visar att en viss ökad spridningsrisk via vatten föreligger för metaller om pH sjunker i betydande grad. Detta innebär att spridningen kan öka på sikt om sur nederbörd infiltrerar och påverkar pH eller om ökat utbyte sker i framtiden med Bengtsbrohöljens då potentiellt försurade vatten. Lakförsöken har också visat att utlakningen kan öka om redoxpotentialen sänks, dvs. mot anaeroba förhållanden. Sådana förhållanden kan möjligen uppstå om t.ex. syrenivån kraftigt sänks i vattnet, kanske på grund av liten vattenomsättning. Anaeroba förhållanden kan också leda till en ökad metylering av kvicksilver men också till nedbrytning av PCE.

Åtgärd

Grundvattnets pH kan justeras genom att infiltrerande nederbörd får passera ett pH-höjande material, t.ex. krossad kalksten. Man bör av samma skäl också undvika att få ett påtagligt ökat utbyte av potentiellt surt vatten från Bengtsbrohöljen. Möjligen bör inte grundvattenytan höjas eftersom det är tänkbart att mer anaeroba förhållanden inträder. Troligare är att mycket liten omsättning av grundvatten kan leda till förhållanden med låg syrenivå i grundvattnet. Spridning pga ökad löslighet kan motverkas med t.ex. sorberande filter. Se även nästa avsnitt.

3.4.2. Förändrade grundvattenförhållanden

Risk

Ändrade strömningsriktning för grundvatten kan leda till ökad utlakning, t.ex. på grund av att PCE i ökad utsträckning kommer i kontakt med annat förorenat material. Grundvattenytans nivå påverkar också utlakningen och en höjning kan leda till ökad lakbar yta och lakning av tidigare i mindre omfattning lakat material.

Åtgärd

Strömningsriktningen för grundvatten bör bibehållas i så stor utsträckning som möjligt. Vidare bör man om möjligt tillse att grundvattenytans nivå inte tillåts höjas över normalt högsta nivå.

3.4.3. Mänsklig påverkan

Risk

Mänskliga ingrepp på området (schaktning eller liknande) på grund av att områdets höga föroreningsinnehåll har glömts bort, förbisetts eller underskattats.

Åtgärd

Mänsklig påverkan är svår att skapa effektiva skydd mot i ytnära konstruktioner. Det man kan göra är att försvåra för schaktning eller liknande vid en eventuell uppfyllnad av området. Framtida underhållsarbete i mark kan göras med betydligt lägre risk om t.ex. ledningar förläggs i sanerade zoner. Vidare kan man upprätta administrativa försiktighetsåtgärder för området, t.ex. ange förbud mot schaktning i plan eller upprätta ett miljöskyddsområde. I ett längre perspektiv kan det emellertid vara svårt att förutse effekten av dessa sistnämnda åtgärder.

3.4.4. Olyckor

Risk

Brand, brott på vattenledningar, tankläckage etc. är exempel på olyckor som kan öka förorenings-spridningen.

Åtgärd

Åtgärder som motverkar infiltration, damning och yterosion bedöms också kunna minska dessa risker. Dräneringar i uppströmsområdet kan också minska påverkan av tankolyckor och ledningsbrott.

3.4.5. Naturkatastrofer och förändring av klimat

Risk

Kraftig ökning av vattenföringen på grund av dammbrott eller klimatförändringar bedöms påtagligt kunna öka erosionen av förorenad jord från området. Exempelvis innehåller 5 m³ högkontaminerad

jord från udden ca 7 kg kvicksilver. Även grundvattenförhållandena kan förändras och höjd grundvattenyta kan leda till både ökad lakad volym jord och förändrad redoxpotential (förändrade lak-egenskaper).

Åtgärd

Rätt utformat erosionsskydd i strandkant bedöms kraftigt reducera riskerna vid högflöden. Genom uppfyllnad bedöms risken för erosion av områdets överyta reduceras. Dränerings- och tättningsåtgärder bör hålla grundvattenytan på avsedd nivå även om nederbörden skulle öka på sikt.

3.5. RISKER MED ÅTGÄRDER

3.5.1. Beskrivning

Det finns alltid en möjlighet att en åtgärd i sig utgör en risk eller att effektiviteten minskar på sikt. Nedan har några risker identifierats med olika typer av åtgärder:

- *Förändrade grundvattenförhållanden eller transportvägar för grundvatten.* Tätande åtgärder i utströmningsområdet mot Bengtsbrohöljen medför att grundvattennivån höjs och grundvattenflödet ändrar riktning med risker som beskrivits ovan som följd. Detta kan eventuellt motverkas av dränerande åtgärder direkt innanför tätningen. Dräneringar för uppströms kommande grundvatten kan installeras på för låg nivå och medföra att vatten dräneras åt fel håll. Om grundvattenflödet stryps i hög grad kan detta leda till lägre syrehalt i grundvattnet men också till ökat vattenutbyte med Bengtsbrohöljen.
- *Högre halter i grundvattnet i framtiden.* Om grundvattenflödet minskar genom området kan eventuellt halterna öka något om det inte råder jämvikt idag. Vidare är det tänkbart att lösligheten eller toxiciteten för föroreningar ändras om den kemiska eller, för vissa ämnen, den biologiska miljön förändras. Se även föregående punkt.
- *Ökad infiltration.* Om uppfyllnad och täckning sker av ett delområde utan tättningsåtgärder kan det komma att medföra att infiltrationen och grundvattenbildningen ökar.
- *Igensättning av eller kanalbildning i filter.* Filter i strandkant kan tänkas sätta igen. Detta skulle kunna innebära att en mindre dämning sker. Sannolikt så söker sig emellertid flödet andra vägar. Vidare kan kanalbildning uppstå så att den filtrerande effekten i filtret nedsätts. Effekter av kanalbildningar kan förvärras genom vissa åtgärder. Exempelvis kan en dränering som läggs uppströms ett filter, med syftet att motverka effekter av igensättning i detsamma, medföra att vatten får lättare att söka sig till områden med kanalbildning.
- *Minskad flödesarea i kraftverkskanalen.* Erosionsskyddet i kraftverkskanalen bör göras med så liten area mot strömningsriktningen som möjligt och med liten råhet för att inte vattenhastigheten och därmed erosionsbenägenheten skall öka. Minskad bredd bör kompenseras av ökat kanal djup så att flödesarean bibehålls.
- *Vatten går vid sidan om tätning, filter eller reaktiv barriär.* Om en tätning inte nedförs till tätt material eller om ett filter inte läggs i den aktiva flödesarean kan vatten passera förbi konstruktionen så att den inte får avsedd verkan. T.ex. filter i strandkant kan behöva läggas så att det inte bara täcker slänten utan även delar av botten.

- *Större andel lösta föroreningar.* Det är möjligt att den angivna fördelningen mellan partikulära och lösta föroreningar är felaktig och den lösta andelen är större, speciellt avseende kvicksilver. Ett partikelfilter skulle i sådana fall kunna förväntas ha en lägre reningsgrad. Filterförsöken visar emellertid att halterna är låga efter filter oavsett om ingående mängd består av lösta eller partikulära föroreningar (se vidare EKA 2002:3). Emellertid finns alltid en osäkerhet om labresultat direkt kan överföras till fältförhållanden.
- *Brister i utförandet.* För den aktuella typen av ”in-situ” åtgärder är det väsentligt att god kvalitet kännetecknar genomförandet för att avsedd funktion skall erhållas och eftersom brister kan vara svåra att kontrollera i efterhand. T.ex. kan brister i kornstorleksfördelning eller packning av filter medföra att funktionen nedsätts. Vidare kan bristande skyddsåtgärder under utförandet leda till en öka föroreningsspridning.
- *Brister i underhåll eller reparerbarhet.* Brister i underhåll av t.ex. dräneringar kan på sikt medföra nedsatt funktion. Åtgärderna bör därför i största utsträckning utföras så att underhåll inte är avgörande för funktionen, t.ex. genom att omgärda en dränering med grovt material. Ett visst underhåll kan emellertid komma att krävas. Vidare kan bristande reparerbarhet av en konstruktionsdel leda till att den ej kan åtgärdas med rimliga insatser trots att man är medveten om brister i funktionen.
- *Brister i beständighet.* En låg beständighet för ingående material och komponenter kan leda till att den avsedda funktionen avtar tidigare än beräknat och stort behov av reparation uppstår. Detta kan leda till att kostnaderna för underhåll/reparation blir stora eller att nyinvesteringar blir nödvändiga.

3.5.2. *Diskussion*

En del åtgärder som är tänkbara att genomföra är också behäftade med risker som t.ex. gör att effekten av åtgärden kan minska eller utebli. Exempel på en sådan åtgärd är t.ex. höjd grundvattennivå som kan orsakas av en tätning i strandkanten till Bengtsbrohöljen med ambitionen att grundvattenflödet ska minska. Om höjningen av grundvattennivån är måttlig och håller sig inom intervallet för tidigare nivåvariationer bör effekter av ökad lakad yta och kontakt med tidigare måttligt lakat material vara begränsad och kanske proportionell mot grundvattenhöjningen. Beroende på hur mycket den aktuella åtgärden minskar grundvattenflödet och hur stor nivåhöjningen blir, kan den sammanlagda effekten vara positiv och leda till minskad föroreningsspridning.

Ett lågt grundvattenflöde innebär att uppehållstiden för grundvattnet ökar inom området, vilket kan leda till allmänt lägre syrehalt. Under vissa förhållanden kan förhållandena i grundvattnet, företrädesvis på lite större djup, gå mot anaeroba förhållanden. Lakförsök antyder att lösligheten för metaller kan öka men det är svårt att utifrån försöken kvantifiera denna förändring. Vidare är det tänkbart att metyleringen av kvicksilver ökar. En positiv effekt är att nedbrytning av perkloretylen (PCE) bör öka men dess nedbrytningsprodukter kan ha en väl så hög giftverkan.

3.6. TÄNKBARA SKYDDSÅTGÄRDER UNDER UTFÖRANDET

För att motverka förorenings-spridning under utförandeskedet kan följande åtgärder vidtas:

- Omhändertagande av yt- och grundvatten vid t.ex. schaktning
- Geotextilskärm eller spont för att motverka spridning i eller till ytvatten
- Omhändertagande av förorenade sediment i strandkant för att förhindra omrörning av dessa vid åtgärder i strandkant

3.7. KONTROLLERBARHET

Möjligheten till direkt långsiktig funktionskontroll är ofta begränsad när åtgärder genomförs nära en recipient. Grundvattenförhållandena kan emellertid kontrolleras genom grundvattennivåmätningar. Vidare kan föroreningshalter inom området mätas i dräneringar och grundvattenrör. Mätning av förorenings-spridning kan mätas indirekt genom mätning av sedimentationshastighet och halter i sediment samt genom provtagning vid Bengtsbrohöljens in- och utlopp. Direkt mätning av utgående halter/mängder förutsätter distinkta utsläppspunkter som kanske bara är möjligt att åstadkomma om en tät barriär installeras i strandkanten med utsläppspunkter.

3.8. EXEMPLIFIERING AV KOMBINATIONER AV ÅTGÄRDER

Nedan har tre kombinationer av åtgärder enligt ovan exemplifierats med redovisning av dess möjligheter och risker. I beräkningarna är vissa generaliseringar gjorda, t.ex. antas flödesreduktion av grundvatten vara lika för samtliga ämnen medan den i verkligheten sannolikt varierar. För PCE är exempelvis en generell reduktion av grundvattenflödet troligen ett konservativt antagande eftersom flödesminskningen troligen är större i anslutning till PCE-föroreningen.

Beskrivningarna, effekterna och riskerna av och med de beskrivna åtgärderna är ibland kortfattade. För mer information hänvisas till beskrivningar under avsnitt 3.

3.8.1. Exempel 1 (Begränsning av flöde och erosion)

- Avskärande dränering mot uppströms kommande grundvatten, dvs. i den östra delen av delområdet 2A, 3A och 3B i Figur 2.1 (mot Strömngatan) samt tätning mot kraftverksdammen i Lelång.
- Bortledning av idag infiltrerande dagvatten till stenkistor vid EKA-tomten, område 2, samt vid Vexia, område 3A.
- Uppfyllnad av EKA-tomten (delvis med kalksten) för att motverka yterosion och pH sänkning samt viss tätning av överytan i samband med detta.
- Erosionsskydd installeras i strandkanten mot Bengtsbrohöljen och mot kraftverkskanalen. Kraftverkskanalen fördjupas för att inte flödesarean skall minska.

Dessa åtgärder bedöms kunna minska den bedömda föroreningsspridningen per år enligt följande (beräkningar bygger på 60 % generell reduktion av grundvattenflödet, i verkligheten är dock reduktionen olika för olika ämnen):

- *Kvicksilver*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med ca 60 % till ca 150 g
- *Dioxin*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med ca 60 % till ca 2 mg
- *Perkloretylen (PCE)*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med ca 60 % till ca 17 kg

Åtgärderna bedöms översiktligt innebära följande möjligheter och risker detta avgörs avgörs slutligen av hur åtgärderna projekteras och genomförs.

Möjligheter	Risker
<ul style="list-style-type: none"> • Halvering av föroreningsspridningen men möjlighet att den är ännu lägre om nuvarande föroreningsspridning är överskattad • Dränering uppströms minskar framtida risk för grundvattenhöjningar • Små förändringar av grundvattenförhållanden i övrigt minskar risken för oönskade effekter • Begränsad risk för förändrad grundvattenkemi pga. måttlig förändring av flöde och installation av kalkstensskikt • Pågående erosion och effekter av framtida risk för naturkatastrofer är kraftigt reducerad. • Effekter av framtida olyckor är reducerade 	<ul style="list-style-type: none"> • Viss risk för att halter/toxicitet ökar något pga minskat flöde (om ej jämvikt) eller förändringar i kemiska/biologiska förhållanden • Viss risk för nedsättning av infiltrationsbegränsande åtgärder pga. uppfyllnad • Reduktionen av föroreningsspridningen blir mindre än förväntat om nuvarande föroreningsspridning är underskattad • Begränsad kontrollerbarhet, delvis indirekta mätningar i Bengtsbrohöljen (halt i vatten och ytsediment)

3.8.2. Exempel 2 (Begränsning av flöde, halt och erosion)

Tillkommande åtgärder gentemot föregående avsnitt är markerade med fet stil.

- Avskärande dränering mot uppströms kommande grundvatten, dvs. i den östra delen av delområde 2A, 3A och 3B i Figur 2.1 (mot Strömgatan) samt tätning mot kraftverksdammen i Lelång.
- Bortledning av idag infiltrerande dagvatten till stenkistor vid EKA-tomten, område 2, samt vid Vexia, område 2A.
- Uppfyllnad av EKA-tomten (delvis med kalksten) för att motverka yterrosion och pH sänkning samt viss tätning av överytan i samband med detta.
- Erosionsskydd **och partikelfilter** installeras i strandkanten mot Bengtsbrohöljen och kraftverkskanalen. Kraftverkskanalen fördjupas för att inte flödesarean skall minska.

Dessa åtgärder bedöms kunna minska den bedömda föroreningsspridningen per år enligt följande (beräkningar bygger på 60 % reduktion av grundvattenflödet och partikelreduktion med 95 %):

- *Kvicksilver*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med över 90 % till < ca 20 g (beräkningsmässig reduktion med 98 % men reducerad pga. antagen brist i effektivitet av åtgärd och något ökad risk).
- *Dioxin*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med över 80 % till < ca 1 mg (beräkningsmässig reduktion med 98 % men reducerad pga. kunskapsmässig brist om reduktion av dioxin i filter, antagen brist i effektivitet av åtgärd och något ökad risk).
- *Perkloretylen (PCE)*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med 60 % till ca 17 kg.

Åtgärderna bedöms översiktligt ha följande möjligheter och risker men bestäms slutligen av hur åtgärderna projekteras och genomförs.

Möjligheter	Risker
<ul style="list-style-type: none"> • Stor minskning av föroreningsspridning av flertalet komponenter • Dränering uppströms minskar framtida risk för grundvattenhöjningar • Små förändringar av grundvattenförhållanden i övrigt minskar risken för oönskade effekter • Begränsad risk för förändrad grundvattenkemi pga. måttlig förändring av flöde och installation av kalkstensskikt • Lågt flöde förlänger livslängden på filter • Pågående erosion och effekter av framtida risk för naturkatastrofer är kraftigt reducerad. • Effekter av framtida olyckor är reducerad 	<ul style="list-style-type: none"> • Brister i effekten av utförda åtgärder t.ex. ojämn flödesfördelning eller liten flödesarea • Liten risk för nedsättning av infiltrationsbegränsande åtgärder pga. uppfyllnad • Begränsad kontrollerbarhet, delvis indirekta mätningar i Bengtsbrohöljen (halter i ytsed) och låga tillskott i förhållande till bakgrunden

3.8.3. Exempel 3 (Hög begränsning av flöde, halt och erosion)

Tillkommande åtgärder gentemot föregående avsnitt är markerade med fet stil.

- Avskärande dränering/**tätning** mot uppströms kommande grundvatten, dvs i den östra delen av delområde 2A, 3A och 3B i Figur 2.1 (mot Strömgatan) samt tätning mot kraftverksdammen i Lelång.
- Bortledning av idag infiltrerande dagvatten till stenkistor vid EKA-tomten, område 2, samt vid Vexia, område 3A.
- Uppfyllnad av EKA-tomten (delvis med kalksten) för att motverka yterrosion och pH sänkning samt **omfattande tätning av överytan** i samband med detta.
- Partikelfilter, **reaktivt filter samt utanpåliggande tätning** och erosionsskydd installeras i strandkanten mot Bengtsbrohöljen och mot kraftverkskanalen. Innanför tätningen installeras dränering för ”simulering” av Höljens nivå och för avledning av grundvatten till en distinkt kontrollpunkt. Kraftverkskanalen fördjupas för att inte flödesarean skall minska.

Dessa åtgärder bedöms kunna minska den bedömda föroreningsspridningen per år enligt följande (beräkningar bygger på bl.a. 90 % reduktion av grundvattenflödet och partikelreduktion med 95 %):

- *Kvicksilver*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med över 95 % till ca <10 g (beräkningsmässig reduktion med 99 % men reducerad pga. viss antagen brist i effektivitet av åtgärd och ökad risk).
- *Dioxin*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med över 90 % till ca 0.6 mg (beräkningsmässig reduktion med 99 % men reducerad pga. kunskapsmässig brist om reduktion av dioxin i filter, antagen brist i effektivitet av åtgärd och något ökad risk).
- *Perkloretylen (PCE)*: reduktion av nuvarande bedömda mängd med 95 % till ca 2 kg (reduktion av PCE i reaktivt filter har antagits vara begränsad till 50 % pga. bristande effektivitet).

Åtgärderna bedöms översiktligt ha följande möjligheter och risker men bestäms slutligen av hur åtgärderna projekteras och genomförs.

Möjligheter	Risker
<ul style="list-style-type: none"> • Mycket stor minskning av föroreningsspridning av alla väsentliga komponenter • Tätning uppströms och nedströms ger möjlighet till ett styrt och lågt grundvattenflöde • Pågående erosion och effekter av framtida risk för naturkatastrofer är kraftigt reducerad • Begränsad risk för pH-förändringar genom installation av kalkstensskikt • Effekter av framtida olyckor är reducerad • Lågt flöde ger bedömd lång livslängd på filter • God kontrollerbarhet genom direkta mätningar av utgående grundvatten 	<ul style="list-style-type: none"> • Risk för förändringar av flödesriktningar och nivåer för grundvatten med följdverkningar om inte föreslagna dränerande åtgärder vidtas • Liten risk för nedsättning av infiltrationsbegränsande åtgärder pga. uppfyllnad • Brister i effektiviteten av utförda åtgärder t.ex. ojämn flödesfördelning eller liten flödesarea. • Viss risk för förändrad syreförhållanden med följdverkningar pga. lågt flöde

3.8.4. Sammanfattning av alternativ

I tabellen nedan görs en sammanfattande beskrivning med de viktigaste möjligheterna och riskerna med de olika åtgärdsalternativen enligt ovan.

Beskrivning	Exempel 1	Exempel 2	Exempel 3
Möjligheter			
Minskning av pågående föroreningsspridning	Relativt stor (ca 60 %)	Stor (60-90 % beroende av ämne)	Mycket stor (90-95% beroende av ämne)
Motverka erosion och kraftigt reducera framtida risk för naturkatastrofer	God möjlighet	God möjlighet	God möjlighet
Motverka försurning av grundvatten som kan påverka grundvattenkemi	God möjlighet	God möjlighet	God möjlighet
Kraftigt reducera effekter av framtida mänsklig aktivitet och olyckor	Viss möjlighet	Viss möjlighet	Viss möjlighet
Kontrollerbarhet	Relativt god, mätningar vid markområdet och i Höljen	Relativt god, mätningar vid markområdet och i Höljen	Mycket god, mätningar av utgående vatten
Risker med åtgärder			
Halter/toxicitet ökar pga minskat flöde eller förändringar i kemiska/biologiska förhållanden	Liten risk	Liten risk	Viss risk ¹
Nedsättning av infiltrationsbegränsande åtgärder pga. uppfyllnad	Liten risk	Liten risk	Liten risk
Förändringar av flödesriktningar och nivåer för grundvatten med ev ökad utlakning som följd	Liten risk	Liten risk	Liten risk (ökar om dränering ej läggs på insida tätning)
Nedsatt framtida funktion pga begränsad beständighet i material/konstruktion	Liten risk	Liten risk	Viss risk (t.ex. beroende av material för tätning)
Brister i effekter av utförda åtgärder t.ex. pga. ojämn flödesfördelning, igensättning eller liten flödesarea.	Liten risk (robusta och enkla åtgärder)	Viss risk	Liten risk (pga. lågt flöde)
Mängd och reduktion efter åtgärd²			
Kvicksilver, (mängd/reduktion)	150 g / 60 %	< 20 g / >90 %	<10 g / >95 %
Dioxin, (mängd/reduktion)	2 mg / 60 %	< 1 mg / >80 %	0.6 mg / >90 %
Perkloretylen, (mängd/reduktion)	17 kg / 60 %	17 kg / 60 %	2 kg / 95 %

¹ Risken kan reduceras om sorberande barriär installeras som minskar halten av lösta ämnen

² Se vidare beskrivning under respektive avsnitt

4. SLUTSATSER

Följande slutsatser kan dras:

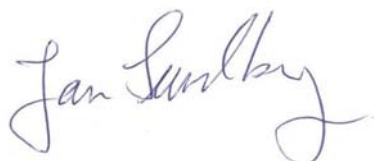
- Det är möjligt att effektivt motverka föroreningsspridningen från EKA-området och kraftigt reducera framtida risker
- Föroreningsspridningen är direkt proportionell mot grundvattenflödet som kan halveras med relativt enkla åtgärder
- Partikelfilter i strandkanten bedöms reducera spridning av kvicksilver med över 90 % samt är sannolikt även effektivt mot spridning av dioxin och metaller i allmänhet.
- För att motverka risk för framtida hög föroreningsspridning är erosionsskydd nödvändigt.
- Alla åtgärder medför vissa risker som måste beaktas i genomförandet
- Funktionen av åtgärder är beroende av utförande och beständighet för ingående material
- Kontrollerbarheten av åtgärder varierar mellan olika alternativ
- Osäkerheter finns i beräkningen av nuvarande föroreningsspridning varför dessa bör beaktas vid val av åtgärder och kontrollåtgärder.

Vid åtgärder bör bl.a. följande eftersträvas för att minska risker med dessa:

- Bibehållna grundvattenförhållanden.
- Bibehållen grundvattenkemi

Kompletterande laboratorieförsök rekommenderas för att närmare kunna värdera riskerna vid olika förändrade förhållanden.

Geo Innova AB



Jan Sundberg

5. REFERENSER

EKA 2002:1. Sundberg, J. & Myrhede, E., 2003. Mark och grundvattenförhållanden vid EKA-området. Bengtsfors kommun.

EKA 2002:2. Carling, M., Back, P-E., Myrhede, E. & Sundberg, J., 2003. EKA projektet i Bengtsfors. Föroreningssituationen i mark och grundvatten. Bengtsfors kommun.

EKA 2002:3. Sundberg, J., Arnér, M. & Östlund, P., 2003. Förorenings-spridning från EKA-området. Bengtsfors kommun.

EKA 2002:5. Arnér, M., Eriksson, M., Myrhede, E., Sundberg, J., & Östlund, P., 2003. Lak- och filterförsök. Lakbarhet av jord, sediment och byggnadsmaterial. Bengtsfors kommun.

EKA 2002:11 Carlsson, B, 2002. Efterbehandlingsåtgärder. Bengtsfors kommun.