

## PROJEKTRAPPORT 3

Komplettering av miljö- och hälsoriskbedömning samt  
åtgärdsutredning med riskvärdering av åtgärdsalternativ



**Rapport nr EKA 2005:5**

Bengtsfors kommun

**2005-11-11**

## **FÖRORD**

Denna rapport - som tillsammans med projektrapporterna 1 och 2 utgör EKA-projektets huvudstudierapport - ger en samlad bild av huvudstudien och ska kunna läsas som en fristående rapport. För fördjupade studier hänvisas till projektrapporterna 1 och 2 samt underlagsrapporter (EKA-rapporter, se referenslista).

Rapportens del I omfattar en vetenskaplig genomlysning samt gjorda bedömningar beträffande rådande förutsättningar och föroreningssituation (noll-alternativet), miljö- och hälsorisker, förslag till åtgärds mål, lämpliga åtgärder som reducerar risker, åtgärdsutredning, samt förslag till efterbehandlingsåtgärdens omfattning.

Del II beskriver genomförd riskvärdering, vilken riskreduktion som uppnås om det förordade alternativet genomförs och arbetet i efterföljande projektskeden.

I arbetet med denna rapport har deltagit Marie Arnér (Projektstöd Miljö- och hälsorisker), WSP Environmental AB, Therese Steinholtz (Projektledning), Empirikon AB, Jan Sundberg, Karsten Håkansson och Elke Myrhede (Projektstöd Geologi och hydrogeologi), Geo Innova AB, Niklas Törneman (Projektstöd Organiska miljögifter), Lunds Universitet, Olof Regnéll (Projektstöd Oorganiska miljögifter), Lunds Universitet, samt Göran Nilsson och Bo Carlsson (Delprojekt Projektering), Envipro Miljöteknik AB.

Vallentuna i November 2005

Kjell Hansson (Projektledare för EKA-projektet)  
Empirikon AB

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### DEL I – SAMMANFATTNING AV MILJÖ- OCH HÄLSORISKBEDÖMNING SAMT ÅTGÄRDSUTREDNING

<b>1. ARBETSPROCESSEN .....</b>	<b>5</b>
1.1 BAKGRUND .....	5
1.2 STRATEGISKA ÖVERVÄGANDEN .....	6
1.2.1 <i>Processen - sammanfattning</i> .....	6
1.2.3 <i>Miljö- och hälsoriskbedömning och åtgärdsutredning</i> .....	7
<b>2. KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR.....</b>	<b>11</b>
2.1 ÅTGÄRDSFÖRBEREDANDE UNDERSÖKNINGAR .....	11
2.2 HYDROGEOLOGISKA STUDIER.....	11
<b>3. AVGRÄNSNING AV ÅTGÄRDSOMRÅDET .....</b>	<b>11</b>
<b>4. MOTIV TILL ÄNDRADE BEDÖMNINGAR.....</b>	<b>12</b>
<b>5. MILJÖ- OCH HÄLSORISKBEDÖMNING.....</b>	<b>12</b>
5.1 FÖRORENINGSSITUATIONEN .....	12
5.1.1 <i>Kviksilver och dioxiner</i> .....	12
5.1.2 <i>Klorerade alifater</i> .....	15
5.1.3 <i>Beräkning av mängden övriga föroreningar inom området</i> .....	15
5.2 SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR .....	16
5.3 TRANSPORT AV FÖRORENINGAR FRÅN EKA-OMRÅDET .....	17
5.3.1 <i>Kviksilver</i> .....	17
5.3.2 <i>Dioxiner</i> .....	18
5.4 SPRIDNING AV KVICKSILVER OCH DIOXIN VID FÖRÄNDRADE BIOGEOKEMISKA FÖRHÅLLANDEN .....	18
5.5 MILJÖ – OCH HÄLSORISKBEDÖMNING.....	19
<b>6. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDSMÅL.....</b>	<b>21</b>
<b>7. ÅTGÄRDER FÖR ATT REDUCERA RISKER .....</b>	<b>22</b>
<b>8. REVIDERAD ÅTGÄRDSUTREDNING .....</b>	<b>23</b>
8.1 SAMMANFATTANDE BESKRIVNING AV ÅTGÄRDSNIVÅERNA 1-7 SAMT N1-N5 .....	23
8.2 PRINCIPIELLA SKILLNADER MELLAN ÅTGÄRDSNIVÅERNA .....	24
8.3 BESKRIVNING AV DET SLUTLIGA ÅTGÄRDSFÖRSLAGET N5 .....	25
<b>9. RISKER OCH SKYDDSÅTGÄRDER UNDER ENTREPRENADARBETEN .....</b>	<b>28</b>
<b>DEL II –RISKVÄRDERING AV ÅTGÄRDSALTERNATIV SAMT BESKRIVNING AV EFTERFÖLJANDE PROJEKTSKEDEN</b>	
<b>10. RISKVÄRDERINGEN .....</b>	<b>30</b>
10.1 FÖRANKRINGSPROCESSEN .....	30
10.2 ASPEKTER I RISKVÄRDERINGEN .....	31
10.3 METODIK FÖR RISKVÄRDERINGEN .....	31
10.4 RISKVÄRDERINGSMATRIS.....	31
10.5 SAMMANFATTNING AV RISKVÄRDERING .....	32
10.6 RISKVÄRDERING – RESULTAT.....	34
<b>11. ÅTGÄRDSNIVÅ N5.....</b>	<b>34</b>
11.1 DETALJPROJEKTERING - FRAMTAGANDE AV N5 .....	34
11.2 REDUKTION AV FÖRORENINGSSPRIDNING OCH RISK I FÖRSLAG N5 .....	35
11.2.1 <i>Källtermsreduktion</i> .....	35
11.2.2 <i>Åtgärdernas initiala effektivitet avseende reduktion av föroreningstransport</i> .....	36
11.2.3 <i>Riskreduktionsanalys</i> .....	37
11.3 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDSKRAV FÖR N5 .....	43
11.4 BELASTNING I ANDRA OMRÅDEN P.G.A. SANERING AV EKA - OMRÅDET .....	45

<b>12.</b>	<b>VAL AV ÅTGÄRD.....</b>	<b>45</b>
12.1	FÖRSLAG TILL BESLUT .....	45
12.2	MOTIV TILL FÖRSLAG TILL BESLUT.....	45
<b>13.</b>	<b>EFTERFÖLJANDE PROJEKTSKEDEN .....</b>	<b>46</b>
13.1	PROJEKTDIREKTIV .....	46
13.1.1	<i>Nuläge och kommande projektskeden .....</i>	<i>46</i>
13.1.2	<i>Organisering .....</i>	<i>46</i>
13.1.3	<i>Tidplan .....</i>	<i>48</i>
13.1.4	<i>Kalkyl .....</i>	<i>49</i>
13.1.5	<i>Genomförandeskedet.....</i>	<i>51</i>
13.1.6	<i>Uppföljningsskedet.....</i>	<i>54</i>

#### Bilageförteckning

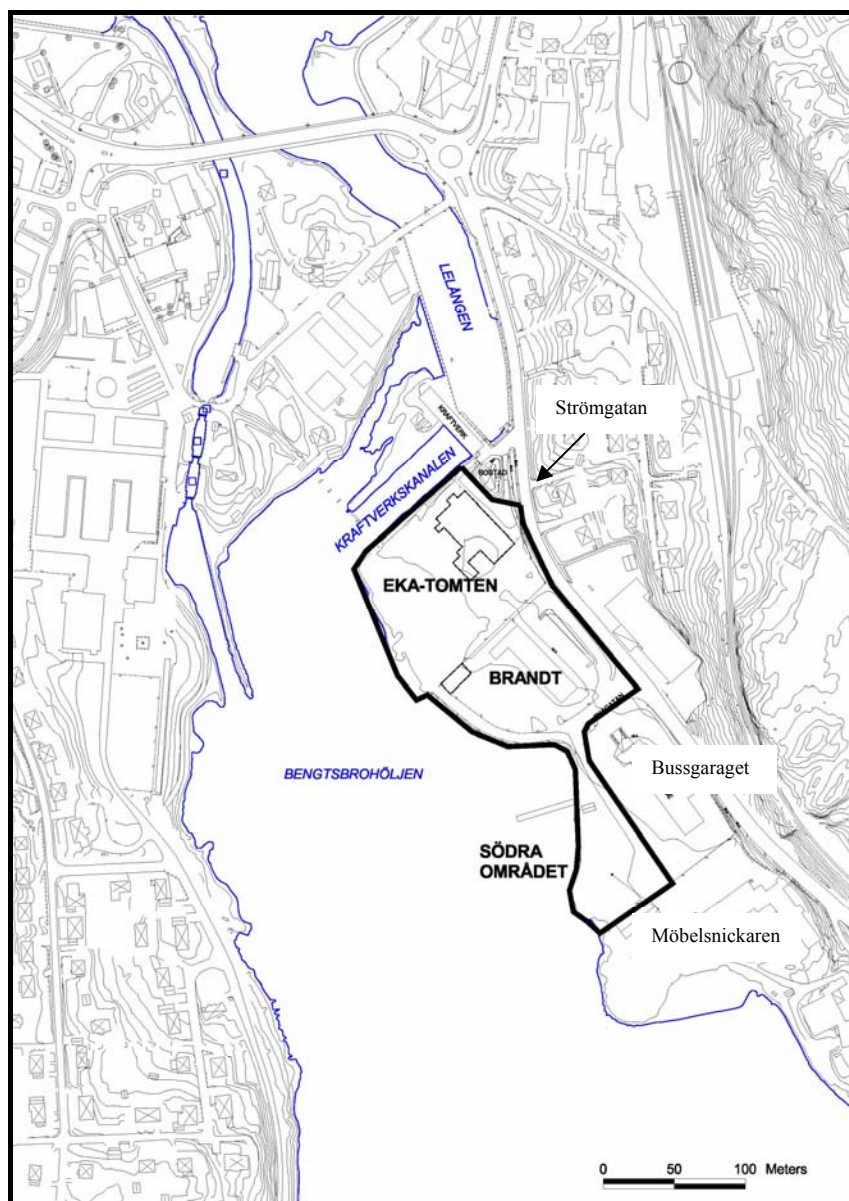
Bilaga 1	Förklassificering och mängdberäkning av jordmassor för grävsanering inom EKA-området
Bilaga 2	Beräkning av övriga metaller samt PAH och dioxiner baserat på alternativ N5
Bilaga 3	Beskrivning av framtagna åtgärdsförslag i EKA-projektet
Bilaga 4	Plan för åtgärder, EKA-projektet
Bilaga 5	Riskvärderingsmatris (EKA 2002:18)
Bilaga 6	Metodik för Riskreduktionsanalys
Bilaga 7	Områdesindelning (A-E)
Bilaga 8	Dioxin under schaktbotten för N5
Bilaga 9	Kviksilver under schaktbotten för N5
Bilaga 10	Detaljtidsplan

## DEL I – SAMMANFATTNING AV MILJÖ- OCH HÄLSORISKBEDÖMNING SAMT ÅTGÄRDSUTREDNING

### 1. ARBETSPROCESSEN

#### 1.1 BAKGRUND

Tidigare verksamhet inom EKA-området i Bengtsfors har bidragit till att mark och byggnader har förorenats. Åtgärdsområdet utgörs av EKA-området (EKA-tomten och Brandts) och det södra området (figur 1.1). Området avgränsas av Strömgatan, bussgaraget, Möbelsnickaren, Bengtsbrohöljen och kraftverkskanalen.



Figur 1.1 Översiktskarta över EKA-området.

Föroreningarna domineras av kvicksilver och dioxiner som härrör från tiden då en kloralkalifabrik var i drift i området. Senare verksamheter med bland annat träimpregnering och kemtvätt har också bidragit med föroreningar såsom tungmetaller, polyaromatiska kolväten (PAH) samt perkloretylen (PCE) och dess nedbrytningsprodukter. Det förorenade området har tidigare kartlagts genom flera undersökningar inom Länsstyrelsens utredningsram. Hösten 2001 inleddes arbeten inom åtgärdsramen med kompletterande utredning och förprojekteringsarbeten; EKA – projektet. Dessa kompletterande utredningar är nu färdigställda.

Bengtsfors kommun (i resterande delar av rapporten kallad kommunen) har funnit att ingen kan hållas ansvarig enligt gällande miljölagstiftning. Kommunen har, trots avsaknad av eget ansvar, åtagit sig att som huvudman för projektet administrera och genomföra efterbehandling av EKA-området för att förhindra att föroreningarna orsakar framtida skador och olägenheter för människors hälsa och miljön (EKA-projektet).

Projektarbetet inleddes under hösten 2001 med upphandling av projektledning och under 2002 bemannades projektet med konsulter inom expertområden. EKA-områdets komplexitet gällande föroreningssituationen och områdets känsliga läge vid sjön Bengtsbrohöljens strand och dess omedelbara närhet till kraftverket med dess regleringsmagasin och utloppskanal blev styrande för projektets organisering och utredningar. EKA-projektet finansieras av Bengtsfors kommun och staten, via Naturvårdsverket och länsstyrelsen.

## **1.2 STRATEGISKA ÖVERVÄGANDEN**

### ***1.2.1 Processen - sammanfattning***

Utrednings- och förberedelsefasen i projektet har präglats av utredande processinriktat arbete (se figur 1.2).

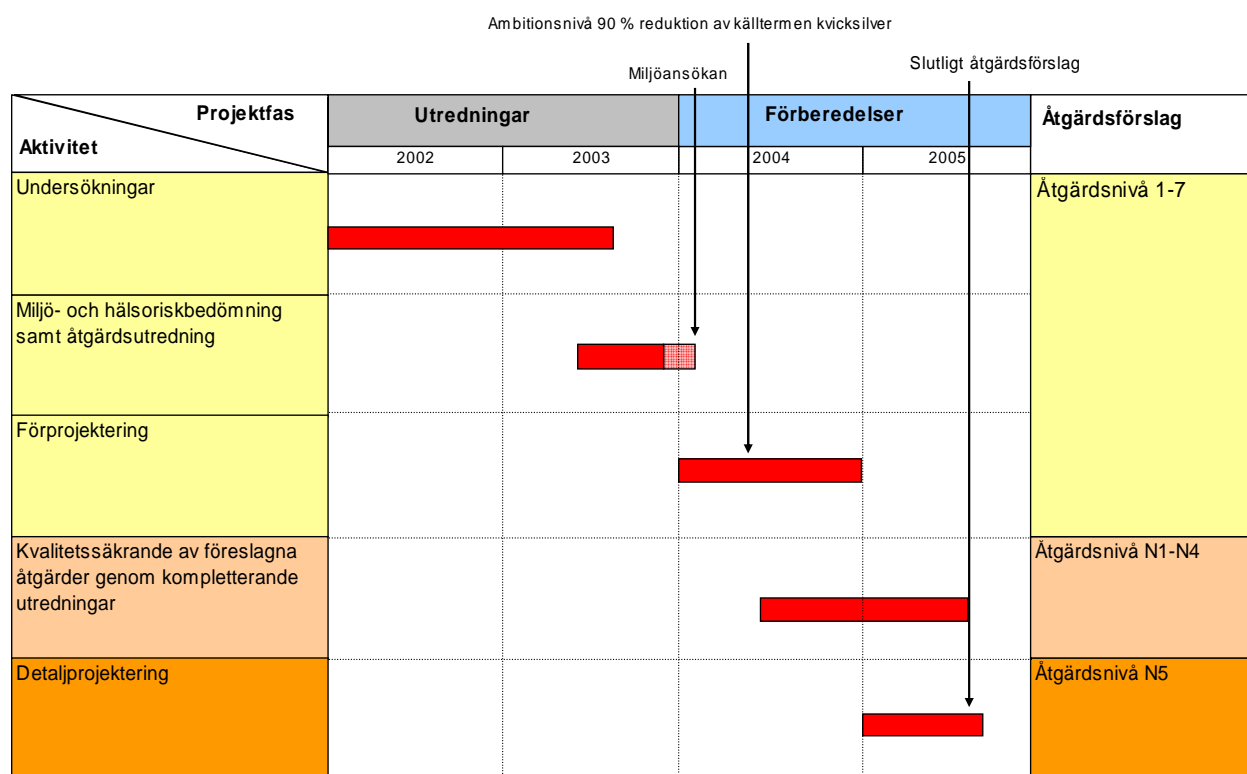
Flera åtgärdsförslag har stegvis utvärderats och under processen har nya förutsättningar såsom reduktion av källtermen<sup>1</sup> kvicksilver samt ökad kunskap om biokemiska och hydrogeologiska förhållanden<sup>2</sup> haft betydelse för utformning och omfattning av åtgärder. Stor vikt har lagts på att kvalitetssäkra föreslagna åtgärder som har analyserats och värderats utifrån bedömda risker, effekter och resultat. De olika aktiviteterna beskrivs under 1.2.2 – 1.2.9.

Arbetet har resulterat i ett förslag som på ett kostnadseffektivt sätt uppfyller Bengtsfors kommuns åtgärds mål, miljödomens villkor och Naturvårdsverkets ambitionsnivå avseende reduktion av kvicksilvermängd.

---

<sup>1</sup> Minskning av den totala föroreningsskällan (kvicksilver) inom EKA-området.

<sup>2</sup> Aktivitet *kvalitetssäkring av föreslagna åtgärder* i figur 1.2.



**Figur 1.2** Beskrivning av projektets aktiviteter och åtgärdsförslag som resultat av successivt ökad kunskap och förståelse för föreslagna åtgärders effekter.

### 1.2.2 Undersökningar

Markundersökningar visade tidigt att betydande föroreningar finns inom ett stort område. Projektgruppen bedömer att urgrävningen av föroreningar var förknippade med stora risker p.g.a. EKA-områdets lokalisering invid Bengtsbrohöljen och att omfattande urgrävning och omhändertagande av förorenade massor är förenade med stora projektkostnader. En fullständig urgrävning av jordmassor skulle innebära stora kostnader i förhållande till den ytterligare miljöeffekt ett sådant alternativ medför. Vid utvärdering av resultat från undersökningar framkom också att spridningen från EKA-området är begränsad i förhållande till föroreningsmängd och – koncentration inom området samt spridning från uppströms liggande vattendrag.

Projektet antog därför en strategi under utredningsfasen med inriktning mot att undersöka möjligheten till immobilisering av föroreningar i undersökningsområdet. Motivet till vald strategi var att undvika omfattande, riskfyllda och komplicerade utgrävningar inom EKA-området med dess känsliga läge intill Bengtsbrohöljen och kraftverkskanalen. Planerade åtgärder inriktades mot att kraftigt reducera risken för framtida spridning och exponering av föroreningar genom kombination av källtermsreduktion och barriärer.

Utredningsarbetet försvårades initialt av att tillgängligheten till området var begränsad. Uppgörelser med fastighetsägare för att kunna undersöka hela området drog ut på tiden och medförde att vissa undersökningar fick forceras fram samt förläggas till helger för att inte störa pågående verksamhet. Detta fördröjde och försenade det inledande utredningsarbetet.

### 1.2.3 Miljö- och hälsoriskbedömning och åtgärdsutredning

Baserad på genomförd miljö- och hälsoriskbedömning upprättades en översiktlig åtgärdsutredning. Utredningen redovisade kända tillgängliga och tillämpbara



efterbehandlingsmetoder. En kombination av åtgärder med urgrävning och immobilisering av kvarlämnade massor bedömdes vara intressant. Därmed kunde en stor positiv miljöeffekt åstadkommas till en betydligt rimligare kostnad jämfört med en total urgrävning av föroreningarna. Kombinationsalternativet innebar rivning av cellhallsbyggnaden, urgrävning av de mest förorenade områdena, reduktion av grundvattenflöde och nivåvariationer samt immobilisering av kvarlämnade föroreningar (horisontella och vertikala barriärer, inklusive filter). Utredningarna fokuserade på att lokalisera de största föroreningsmängderna och metoder för immobilisering av kvarlämnade föroreningar. En viktig aspekt var att de risker som uppstår vid omfattande schaktningsarbeten under grundvattenytan i anslutning till strandlinjen skulle undvikas.

För att skapa stabila grundvattenförhållanden med små nivåvariationer innebar åtgärdsförslaget även förhöjt grundvattenstånd inom området. Projektgruppen bedömde att det återstod osäkerheter om barriärfunktioner och negativa biogeokemiska förhållanden som kan uppstå på grund av förhöjd grundvattenyta och minskad vattenomsättning (t.ex. syrefria förhållanden).

#### **1.2.4 Förprojektering samt ansökan till miljödomstolen**

Utredningsarbetet fördes fram till ett åtgärdsförslag innebärande inneslutning av förorenad jord bakom barriärer i form av slitsmurar. Förslaget redovisades i ansökan till miljödomstolen i januari 2004. På grund av osäkerheter om barriärfunktioner och biogeokemiska förhållanden framställdes åtgärdsförslaget i ansökan till miljödomstolen mera som exempel på åtgärder men med redovisad åtgärdsinriktning. Efterbehandlingen planerades att genomföras i etapper med successiv uppföljning och vid behov korrigerings.

#### **1.2.5 Kvalitetssäkring av åtgärder**

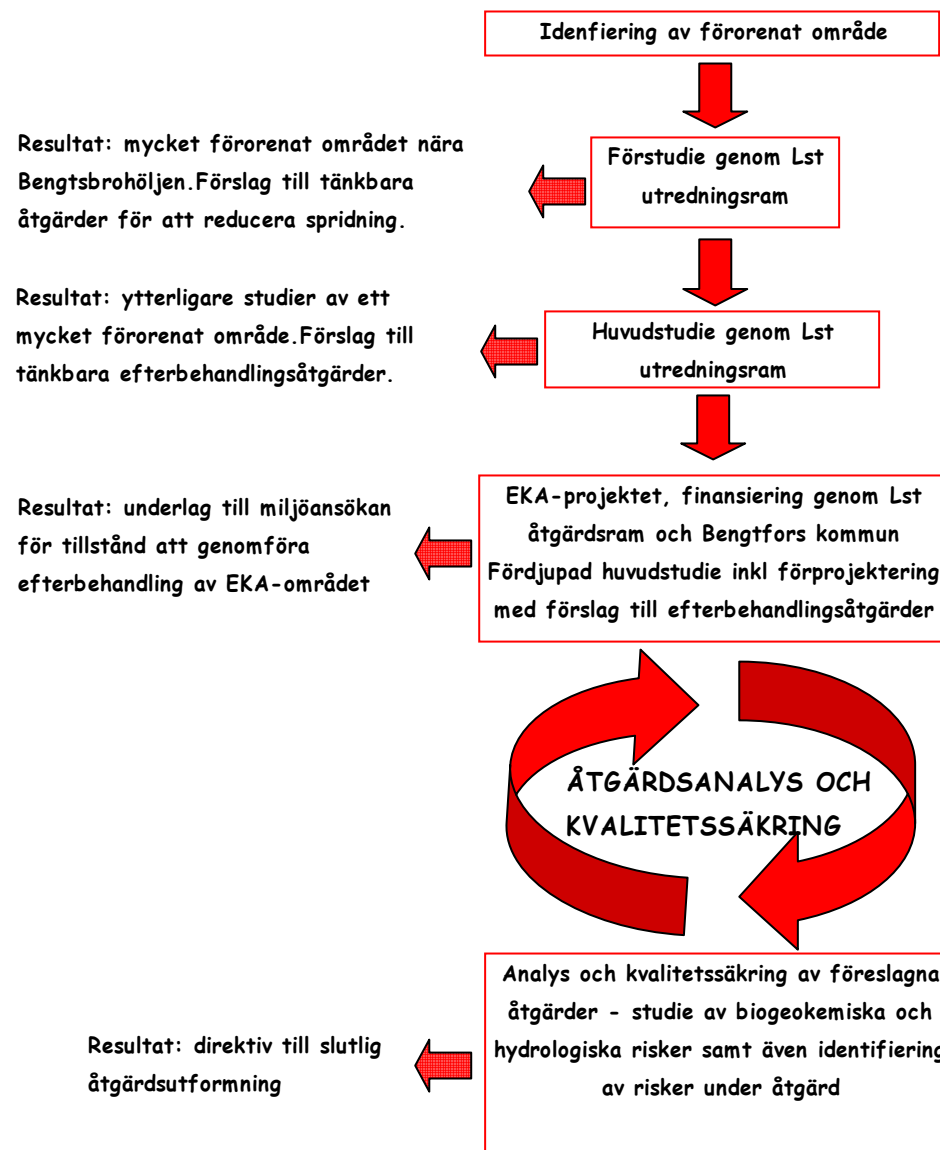
För att kvantitativt och kvalitativt säkerställa åtgärdsförslaget anlätades experter på organiska och oorganiska miljögifter från Lunds Universitet. I samverkan med projektets hydrogeologiska expert har expertstöd från Lunds Universitet sedan våren 2004 arbetat med att klargöra hur spridning av kvicksilver och dioxiner påverkas av förändringar i komplexa biogeokemiska processer och grundvattenförhållanden. I enlighet med ansökan till Miljödomstolen var undersökningsstrategin inledningsvis att löpande inför och under genomförandeskedet studera biogeokemiska och hydrologiska förhållanden som skulle ligga till grund för en stegvis utveckling av åtgärderna. Utredningsdirektiv och de resultat som framkommit har sammanfallit med frågeställningar som kom att aktualiseras under miljöprövningen.

Inledande analyser visade att vald åtgärdsstrategi för att reducera miljö- och hälsorisker i huvudsak var lämplig men åskådliggjorde ett behov av att delvis ändra inriktning på åtgärdsförslaget som utarbetats inför miljöprövningen. Detta berörde särskilt planerade barriärers inverkan på framtida grundvattennivåer samt utformning av vertikala barriärer mot kraftverkets utloppskanal och mot sjön Bengtsbrohöljen. Föreslagen barriärkonstruktion bedömdes leda till svårprognostiserade förändringar i grundvattenflöden inom området samt ökad kontakt mellan kvarvarande föroreningar och grundvattnet genom höjning av grundvattennivån. Täta barriärers beständighet över tid och dess möjlighet att effektivt reducera grundvattenflöden bedömdes som en osäkerhet. Konstruktionen av den planerade inneslutningen behövde således ändras på ett sådant sätt att områdets nuvarande grundvattensituation och markkemi så långt möjligt förblir oförändrad.



Identifiering av varje åtgärds betydelse och omfattning har utretts ytterligare samtidigt med pågående detaljprojektering.

Utredningsarbetet från identifiering till slutligt åtgärdsförslag förtydligas i figur 1.3. Den iterativa åtgärdsanalysen och kvalitetssäkringen av åtgärder ligger till grund för och dimensionerar detaljprojekteringen av det slutliga åtgärdsförslaget.



*Figur 1.3* Beskrivning av projektets aktiviteter och åtgärdsförslag som resultat av successivt ökad kunskap och förståelse för föreslagna åtgärders effekter.

### **1.2.6 Direktiv gällande saneringens omfattning**

I maj 2004, efter lämnad tillståndsansökan, meddelade Naturvårdsverket sin syn på föreslagna åtgärder och meddelade verkets ambition för saneringen. Naturvårdsverket bedömde att källtermen kvicksilver ska reduceras i stor omfattning och lämplig ambitionsnivå är att kvicksilvermängden inom åtgärdsområdet reduceras med 90 %.

Motivet till detta är bl.a. att kvicksilver är ett prioriterat ämne både nationellt och internationellt. Ambitionen att fasa ur kvicksilver ur biosfären ska vara hög och huvudfinansiären anser att staten ska föregå som gott exempel. Dessutom ska statligt finansierade projekt visa vägen för tillsynsspåret.

Redovisat åtgärdsförslag uppfyllde inte denna ambitionsnivå. Urgrävningen måste utökas vilket medför omfattande arbeten under grundvattenytan.

### **1.2.7 Miljöprövning**

Miljödomstolen höll huvudförhandling i september 2004. Sökanden (kommunen) förklarade att identifierade kvarstående osäkerheter avsågs hanteras i projektet genom ett etappvis genomförande av åtgärder kopplat till samtidigt pågående undersökningar.

Miljödomstolen ansåg sig inte kunna bedöma ansökta åtgärder på redovisat underlag. Efter huvudförhandlingen ställde miljödomstolen genom föreläggande krav på redovisning av kvicksilvers rörlighet under rådande hydrogeokemiska förhållanden, mängden överskottsvatten under arbetstiden, vattenbalansen för det efterbehandlade området, sluttäckningar m.m.

Miljödomstolen tar i sitt föreläggande bl. a. upp frågan om vilka hydrogeokemiska förhållanden som skall eftersträvas. Den rådande grundvattenregimen blir således avgörande för placering och utformning av vertikala och horisontella barriärer. Miljödomstolen framhåller att valet av efterbehandlingsstrategi kan vara avgörande för tillåtligheten av de ansökta åtgärderna.

Därmed fastslogs att en stegvis utveckling av åtgärder under entreprenadtiden inte godtogs och att ett slutligt ställningstagande till val av efterbehandlingsåtgärd i princip måste ske innan tillstånd för åtgärderna slutligt kan prövas. Åtgärdernas genomförande ska också beskrivas mer detaljerat.

Under våren 2005 inkom kommunen till miljödomstolen med efterfrågade kompletteringar. Genom att forcera undersökningsprogrammet avseende biogeokemiska och hydrogeologiska studier kunde kommunen besvara de frågeställningar som framkommit under huvudförhandlingen.

Kommunen kom att beskriva fyra olika åtgärdsnivåer (N1-N4, se avsnitt 8) med motsvarande tekniska lösning för samtliga alternativ men med olika ambition av urgrävning. Åtgärdsförslagets tekniska lösning hade även optimerats, t.ex. med avseende på barriär- och filterutformning. Huvudförhandlingen avslutades i ett avstämningsmöte i april 2005 och kommunen erhöll miljödom den 4 juli 2005.

### **1.2.8 Riskvärdering**

Projektet genomförde riskvärdering av åtgärdsförslagen under våren 2005. Riskvärderingen förordade åtgärdsförslag N2. Riskvärderingen sammanfattas i avsnitt 10.

### **1.2.9 Detaljprojektering**

I avvaktan på dom inleddes arbetet med detaljprojektering av åtgärden. Resultat från nedan beskrivna kompletterande undersökningar under våren 2005 har utgjort underlag för de tekniska lösningarnas slutliga konstruktion samt styrning av entreprenad för omhändertagande av schaktmassor. Utvärdering av de kompletterande undersökningarna har resulterat i att projektet har tagit fram ett nytt förslag, N5, som innebär en teknisk/ekonomisk optimering av N1 och N2. Samtliga framtagna åtgärdsalternativ beskrivs i avsnitt 8.

## **2. KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR**

### **2.1 ÅTGÄRDSFÖRBEREDANDE UNDERSÖKNINGAR**

Under våren 2005 genomförde projektet åtgärdsförberedande undersökningar. Dessa undersökningar omfattade provborringar, provschakt, siktning, tvättning och analyser<sup>3</sup>. Syftet med undersökningarna var att ta fram ett detaljerat underlag för slutlig schaktplan samt att utreda vilka mängder av grövre fraktioner som kan sorteras ut för återvinning inom området. Resultatet kompletterade tidigare provtagningar och analyser för beräkningar av totala mängden förorening innan åtgärd och kvarvarande mängder efter genomförd sanering samt utgör underlag för att följa upp och styra planerade entreprenader.

### **2.2 HYDROGEOLOGISKA STUDIER**

Under 2004 – 2005 kompletterades kartläggningen av de geologiska och hydrogeologiska förhållandena inom EKA-området. Syftet var inledningsvis att bekräfta tidigare resultat angående moränens tätande egenskaper mot djupet, som underlag för projektering av åtgärder. I flera punkter påträffades emellertid betydligt mer vattenförande lager än förväntat på djupare nivåer varför undersökningarna utökades med geotekniska undersökningar samt spårämnesförsök. Syftet var att ta fram en utvecklad konceptuell modell av markförhållandena och grundvattnets rörelser. I denna modell ingår delar av betydelse för att bedöma föroreningsspridningen via grundvatten till Bengtsbrohöljen. Dessa delar innefattar lokalisering av tätare lager, beskaffenhet vad gäller djupare lager samt beskrivning av grundvattnets flödesbanor. Under sommaren 2005 har även långtidspumpning genomförts i några brunnar i den nordöstra delen av undersökningsområdet.

## **3. AVGRÄNSNING AV ÅTGÄRDSOMRÅDET**

Åtgärdsområdet redovisas i Figur 1.1. Åtgärderna koncentreras till byggnader och jord och omfattningen styrs av risken för exponering av höga kvicksilver och dioxinkoncentrationerna samt risken för spridning av föroreningar till recipienten. Föroreningshalterna i jord och grundvatten i södra området, nedströms Bussgaraget, är väsentligt lägre än inom EKA-området och motiverar därför inga andra åtgärder än terrassering och avjämning av ytan. Inom Bussgaraget är fastighetsägaren ansvarig för åtgärder för att minska ev. förekommande miljö- och hälsorisker.

---

<sup>3</sup> Undersökningsprogrammet utgår från åtgärdsförslag med urgrävning om ca 2 meter under grundvattenytan på EKA-udden, ned till grundvattenytan inom EKA-tomten samt generellt schakt om 0,5 m på Brandts-tomten. Borrningar utfördes i varje hörn i ett rutsystem om 10 x 10 m. I varje provpunkt togs samlingsprover för varje 0,5 m ned till planerad schaktbotten och avslutade med samlingsprover från schaktbotten ner till nivån 1 m under planerade schakt. I vissa punkter har djupare samlingsprover tagits.

Åtgärder i Bengtsbrohöljen har övervägts men inte bedömts prioriterade i relation till insatser inom landområdet p.g.a. följande:

- Föroreningsmängderna i sjön (ca 150 kg kvicksilver och 6 g dioxin) är väsentligt mindre än inom landområdet samt fördelade på en större yta. Detta medför en högre kostnad per reducerad mängd förorening jämfört med åtgärder inom landområdet.
- Ytliga sediment har lägre föroreningshalt, vilket tyder på en långsam förbättring av bottenförhållandena.
- I delar av närområdet (området runt ångbåtsbryggan som är lokaliserad på det södra området, se figur 1.1), där föroreningshalterna i sediment är högre, indikerar datering och analyser att sedimenten är relativt opåverkade av erosion och omblandningsprocesser och att en överlagring genom nysedimentation sker.
- Miljöstörande effekter har noterats på subcellulär- och individnivå, men det akvatiska systemets struktur bedöms inte avvika från jämförbara sjöar med väsentligt lägre föroreningshalter. Sannolikt kan därmed även ekosystemets processer upprätthållas på en acceptabel nivå.
- Inflödet av kvicksilver och dioxiner från uppströmskällor är i samma storleksordning eller större än beräknad tillförsel till sjön från landområdet.
- De höga föroreningshalterna och stora mängderna inom landområdet utgör risk för spridning över lång tid samt för stora momentana tillskott av föroreningar till recipienten, te.x. vid erosion vid standnära områden. Detta leder till bedömningen att åtgärder inom landområdet är prioriterade.

#### **4. MOTIV TILL ÄNDRADE BEDÖMNINGAR**

De utredningsarbeten som initierades under våren 2004 har utvärderats och resulterat i att tidigare upprättad miljö- och hälsoriskbedömning (EKA 2002:15) har kompletterats. Vidare har frågeställningar som framkommit i miljöprovningen främst beträffande kvicksilvrets utbredning och mobilitet legat till grund för ytterligare studier och nya bedömningar. Till detta ska även nämnas att ytterligare motiv till ändrade bedömningar kan härledas till de synpunkter som Naturvårdsverket har delgett projektet angående saneringens ambitionsnivå för reduktion av källtermen kvicksilver.

#### **5. MILJÖ- OCH HÄLSORISKBEDÖMNING**

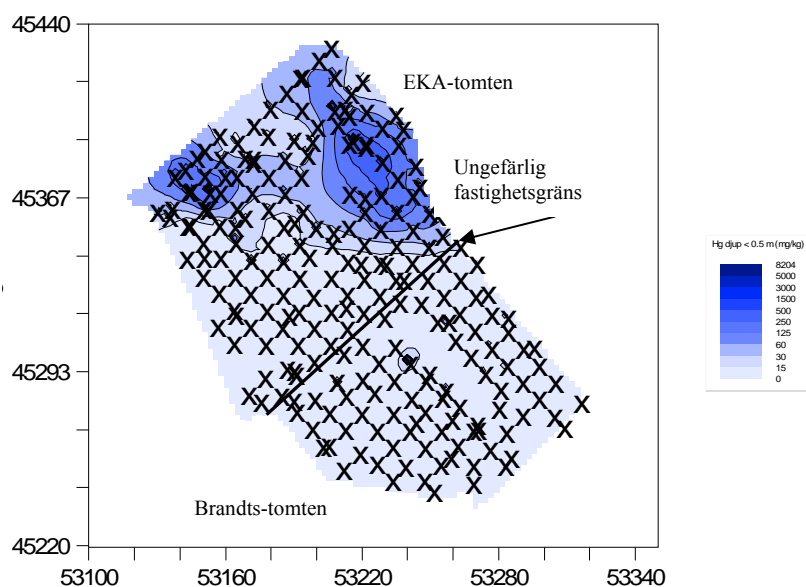
##### **5.1 FÖRORENINGSSITUATIONEN**

###### **5.1.1 Kvicksilver och dioxiner**

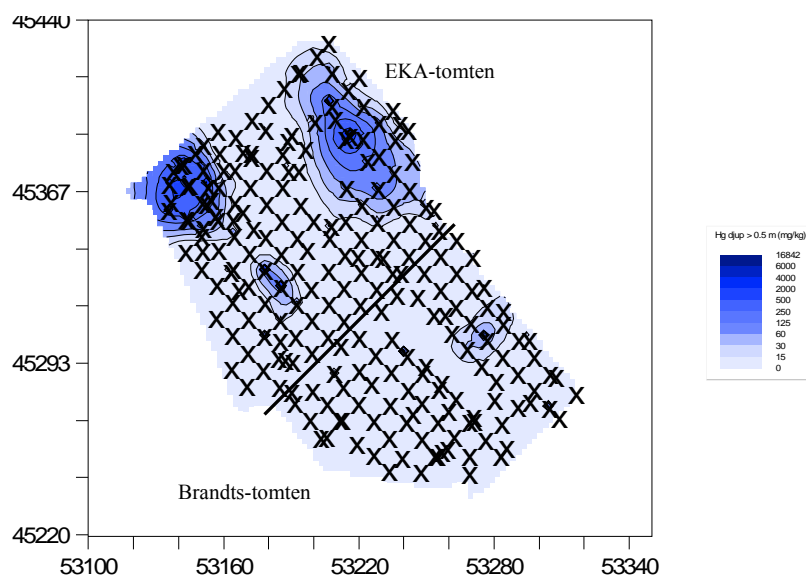
Den utökade provtagningen av jord som genomfördes hösten 2004 och våren 2005 bekräftade och gav en mer detaljerad bild av utbredningen av kvicksilver och dioxiner.

Mängden kvicksilver har beräknats uppgå till ca 8,5 ton. Beräkningen har gjorts genom interpolering, se bilaga 1. Kvicksilver bedöms huvudsakligen föreligga som elementärt kvicksilver och som lösliga kvicksilversalter.

Resultat från förnyade analyser av grundvatten visar att halterna av total- och metylkvicksilver ligger i nivå med tidigare mätningar och, liksom tidigare, att huvuddelen är partikelbundet. Undersökningarna har förbättrat bilden över kvicksilvrets utbredning (figur 5.1 och 5.2). För orientering, se även figur 1.1. Med de kompletterande mätningarna har en tidigare identifierad stenkista med extremt höga kvicksilverhalter kunnat avgränsas mer i detalj.

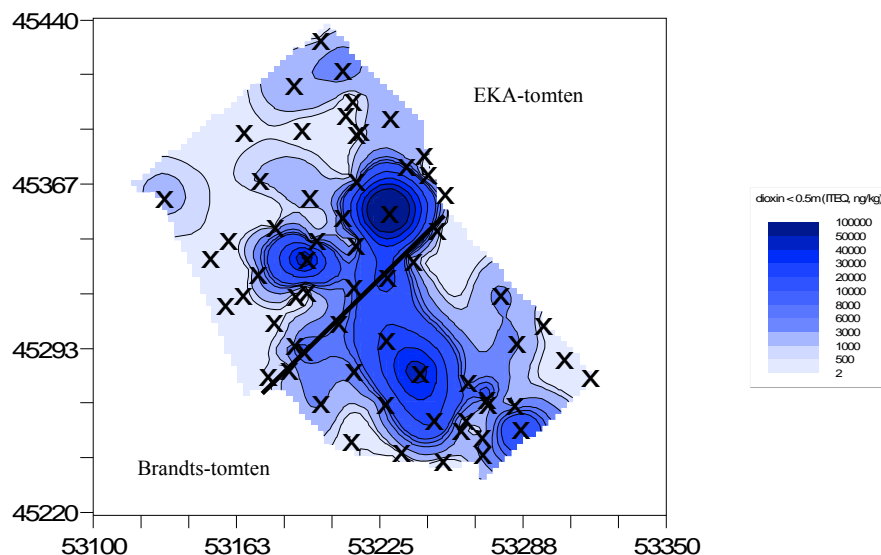


**Figur 5.1** Interpolerade halter av kvicksilver i jord  $< 0.5\text{ m}$  u my, baserade på provtagning t.o.m. maj 2005. Enhet mg/kg TS. Bilden avser EKA.-tomten och Brandts-tomten. Siffrorna på x- och y-axeln utgör koordinater.

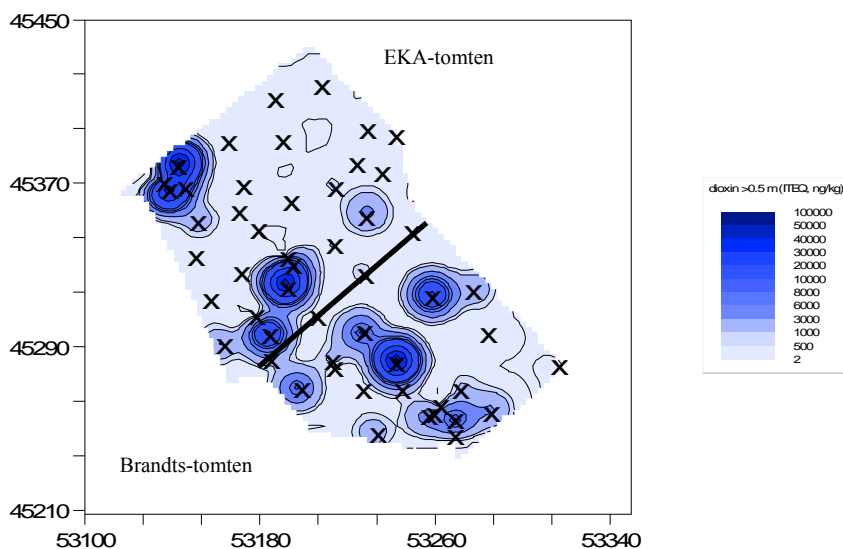


**Figur 5.2** Interpolerade halter av kvicksilver i jord  $> 0.5\text{ m}$  u my, baserade på provtagning t.o.m. maj 2005. Enhet mg/kg TS. Bilden avser EKA.-tomten och Brandts-tomten. Siffrorna på x- och y-axeln utgör koordinater.

Ett mer detaljerat underlag för bedömning av dioxinutbredningen i djupled har erhållits. Dioxinmängden inom området har beräknats uppgå till 255 g I-TEQ. I den ytliga jorden framträder mer utbredda "hot spots" än i djupare lager (Figur 5.3 och 5.4).



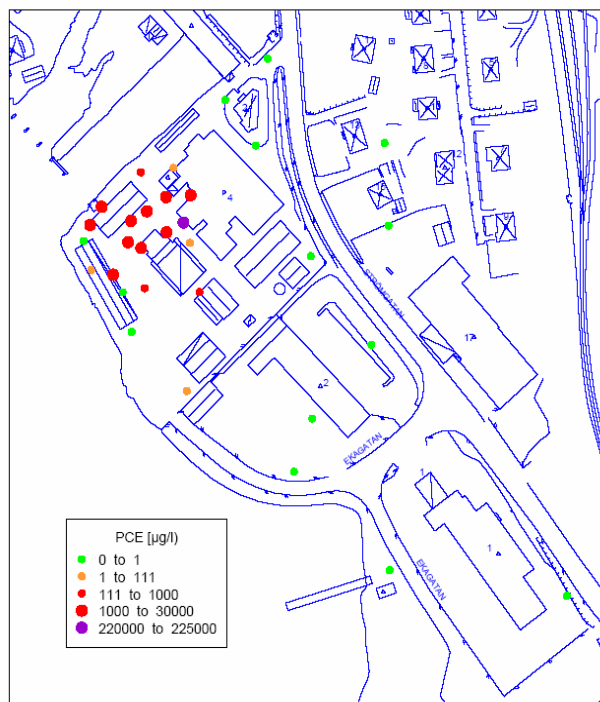
**Figur 5.3.** Interpolerade halter av dioxiner i jord < 1 m u my, baserade på provtagning t.o.m. maj 2005. Enhet ng TEQ/kg TS. Bilden avser EKA.-tomten och Brandts-tomten. Siffrorna på x- och y-axeln utgör koordinater.



**Figur 5.4** Interpolerade halter av dioxiner i jord > 1 m u my, baserade på provtagning t.o.m. maj 2005. Enhet ng TEQ/kg TS. Siffrorna på x- och y-axeln utgör koordinater.

### 5.1.2 Klorerade alifater

Klorerade alifater har sitt ursprung i den kemptvätt som hade sin verksamhet i Cellhallen och plymens utbredning visas i Figur 5.5. En grov överslagsberäkning pekar på att mängden klorerade alifater uppgår till 1-10 ton. PCE-föreningen befinner sig nära ytan vid den f.d. kemptvätten och har på större avstånd påträffats ner till ett djup av 3-9 m. Förekomst av trikloreten, dikloreten och vinylklorid visar att nedbrytning av klorerade alifater sker inom området. Uppmätta halter i grundvatten redovisas i figur 5.5.



Figur 5.5 Koncentrationen av PCE (perkloreten) i grundvatten, baserad på mätningar t.o.m 2003.

### 5.1.3 Beräkning av mängden övriga föroreningar inom området

Inom området finns andra föroreningar än kvicksilver och dioxiner. En översiktlig beräkning av mängden tungmetaller och PAH redovisas i tabell 5.1 med fördjupning i bilaga 2.

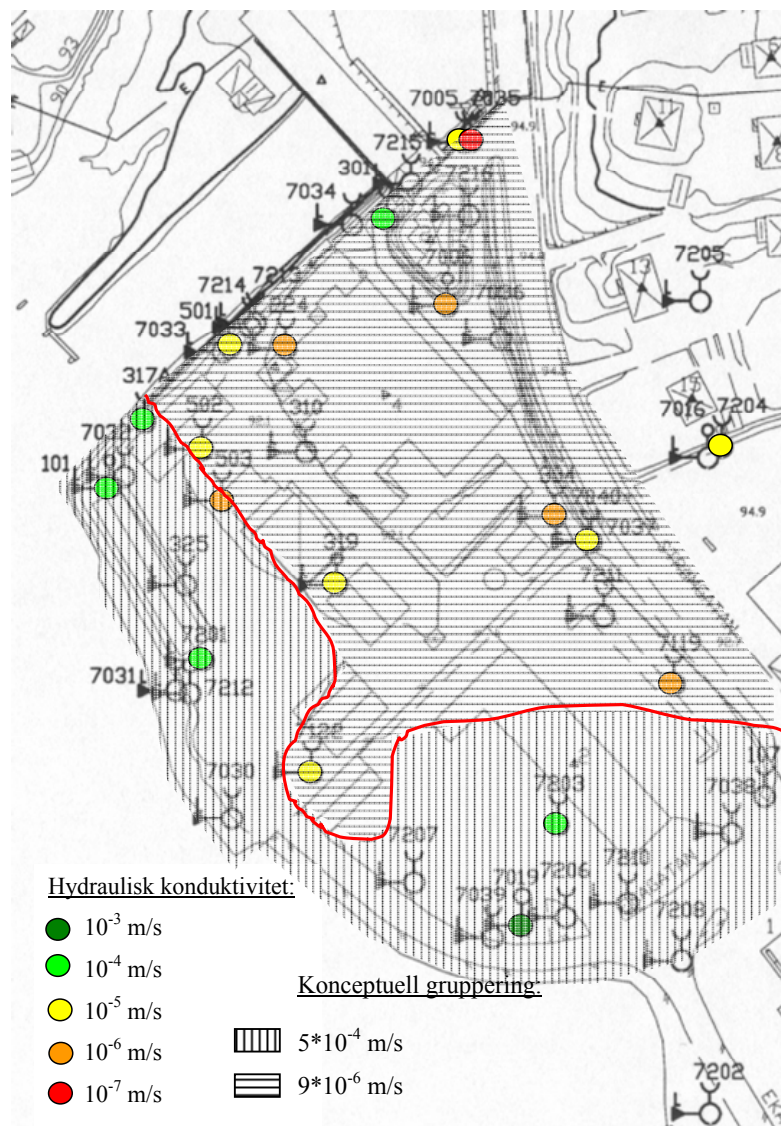
Tabell 5.1 Beräknad föroreningsmängd för övriga ämnen.

Förorening	Total mängd (kg)
As	460
Cd	20
Co	940
Cu	6 300
Ni	15 000
Pb	1 500
Sn	8 300
V	840
Zn	6 500
PAH canc	360
PAH övr	520



## 5.2 SPRIDNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

De kompletterande hydrogeologiska undersökningarna har legat till grund för en utvecklad konceptuell modell (se även avsnitt 2.2). Modellen visar att ytliga fyllningsmassor utanför den ursprungliga strandlinjen har hög hydraulisk konduktivitet, se figur 5.6. Det ytliga jordmaterialet innanför den tidigare strandlinjen är mindre genomsläppligt. Något djupare (5-8 m u my) finns ett tätare material som bedöms minska vertikala flöden inom området. Skiktet är tätast i den södra delen, medan det främst i den östra delen av området är osäkert om lagret har andra egenskaper än den överliggande moränen/fyllnaden.



**Figur 5.6** Konceptuell klassificering av Eka-området map hydraulisk konduktivitet i ytliga jordlager, mindre än 4.5 m djup. Tidigare strandlinje är indikerad med rött streck.

På större djup finns ett grovsorterat material med betydligt högre genomsläpplighet. Spårämnesförsök visar ett snabbt flöde trots relativt små gradienter, vilket tyder på en kontinuitet i materialet. Grundvattenmätningar visar på flera platser ett högre tryck på större djup, vilket styrker förekomsten av ett ovanliggande tätande skikt och indikerar ett uppåtriktat flöde mot det övre förorenade lagret med fyllnadsmaterial.

De heterogena förhållandena och närheten mellan de två sjöarna Lelång och Bengtsbrohöljen medför att det finns en betydande osäkerhet i det bedömda årliga grundvattenflödet som kan vara i storleksordningen 15 000-30 000 m<sup>3</sup>. Baserat på grundvattenmodellering bedöms det mest sannolika flödet genom den förorenade delen i jordprofilen till 22 000 m<sup>3</sup>/år.

### 5.3 TRANSPORT AV FÖRORENINGAR FRÅN EKA-OMRÅDET

#### 5.3.1 Kvicksilver

Kvicksilvret kan spridas från EKA-området på flera sätt. Utöver grundvattentransport (partikulär eller löst fas) och erosion av strandlinjen sprids kvicksilver med damm och i gasform (EKA-rapport 2002:3 och 2002:15). De senare transportvägarna är mycket svåra att kvantifiera men är troligen av mindre betydelse än grundvattentransport och erosion. Översiktliga skattningar visar att avgång via gas kan utgöra ca 1 % av den totala emissionen från EKA-området.

Den partikulära transporten av kvicksilver bedöms utgöra mer än 90 % av total ca 400 g kvicksilver som årligen beräknas uttransporteras från EKA-området till Bengtsbrohöljen. Undersökningar under 2004-2005 indikerar att mängden kvicksilver via grundvattentransport kan vara överskattad. Erosion av strandlinjen har stor potential att orsaka kraftig spridning av kvicksilver till sjön. Skillnaden i erosion mellan låga och höga flöden kan vara upp emot en faktor 100, vilket kan motsvara spridning av kvicksilver i storleksordningen 16 g – 1600 g /år<sup>4</sup>.

Transporten av metylkvicksilver från EKA-området till Bengtsbrohöljen beräknas som liten jämfört med den mängd metylkvicksilver som når sjön från ovanliggande sjön Lelång och även i jämförelse med den totala spridningen av kvicksilver från EKA-området (Tabell 5.2). Risken för signifikant ökade metylkvicksilvermängder i Bengtsbrohöljen och nedströms sjöar och vattendrag p. g. a. spridning av metylkvicksilver från EKA-området bedöms liten. Spridning av kvicksilver från EKA-området, oavsett form, utgör en större risk. När kvicksilvret sprids till sjöar och vattendrag ökar risken att det metyleras, i synnerhet om det ackumuleras i sediment, anaerobt bottenvatten och åbankar.

**Tabell 5.2.** Beräkning av årlig transport av metylkvicksilver från EKA-området till Bengtsbrohöljen från olika källor.

	Årsflöde (m <sup>3</sup> )	Metyl-Hg (ng Hg/l)	Mängd metyl-Hg (g metyl-Hg/år)
<b>Från Lelång (ytvatten)</b>	630 · 10 <sup>6</sup>	0,09 <sup>1</sup>	57
<b>Från EKA (erosion)<sup>2</sup></b>	--	--	0,005
<b>Från EKA (grundvatten)</b>	22 000	10 <sup>3</sup>	0,22

<sup>1</sup> 75.percentilen i ytvattenprover.

<sup>2</sup> Beräknad från lakförsök där halten metylkvicksilver uppskattades till ca 3·10<sup>-4</sup> av totalkvicksilverhalten.

<sup>3</sup> Högsta uppmätta halt i grundvatten.

<sup>4</sup> Antagen kvicksilverkoncentration i eroderat material 100 mg/kg. Erosion vid låg- och höglöden bedömd till 0- 0,1 m<sup>3</sup>/år (motsvarande ca 0-16 g kvicksilver/år) respektive 5-10 m<sup>3</sup>/år (motsvarande ca 800-1600g kvicksilver/år) För detaljer se EKA 2002:3, 2002:15.

Vid högflöde kan erosion av kvicksilverhaltiga massor potentiellt utgöra en stor risk, medan erosion av metylkvicksilver inte bedöms innebära något större påslag.

Slutsatsen är att erosion av högkontaminerat material i strandzonen är den typ av spridning som är mest angelägen att förhindra på grund av potentiellt stora mängder som kan erodera i ett strandnära område vid ett enstaka tillfälle. Partikulär transport av kvicksilver via grundvatten svarar emellertid för en stor del av totaltransporten under normala förhållanden varför partikelfilter kan reducera en stor del av denna transport

### 5.3.2 Dioxiner

Dioxiner sprids i huvudsak partikulärt via grundvatten. Kompletterande lakteter och analys av fältdata visar att dioxinkoncentrationerna i vatten var betydligt lägre än den teoretiska vattenkoncentrationen. Detta kan tyda på att systemet ej är i jämvikt och att det finns en potential för en ökad mobilitet.

Kompletterande undersökningar visar inget signifikant samband mellan koncentrationen av dioxiner i jord och grundvatten. De högklorinerade kongenerna är hårt fastlagda till organiskt kol i jord och suspenderat material medan vattenlösligheten av de mer mobila lågklorinerade kongenerna ökar med ökad koncentration löst organiskt kol (DOC). Teoretiska resonemang och mätning av dioxinhalter i grundvatten och lakvatten leder till slutsatsen att ca 90 % av allt dioxin (räknat som toxiska ekvivalenter) är bundet till suspenderade partiklar medan resten förekommer som fria molekyler i lösning eller bundet till DOC. En ökning av DOC halten kan teoretiskt leda till att maximalt 50 % av allt dioxin skulle vara bundet till DOC.

Med ett antagande om 22 000 m<sup>3</sup> grundvatten/år som rör sig genom förorenade massor och utgående från mätningar av dioxin i grundvatten och ovanstående resonemang fås en uttransport av dioxin från EKA-området enligt tabell 5.3. I tabellen visas också den spridningsreducerande effekten vid val av partikelfilter, samt bedömd effekt av ökad DOC – halt. DOC halten har antagits öka med 100-200 %.

*Tabell 5.3 Skattad föroreningstransport via grundvatten av dioxin från EKA området i löst eller partikulär form vid olika DOC-halter samt med eller utan partikelfilter Enhet mg ITEQ/år. Halter under detektionsgräns har antagits vara lika med detektionsgräns.*

	Utan partikelfilter/nuläge	Med partikelfilter	
		Oförändrade DOC	Ökning av DOC
Dioxin bundet till suspenderade partiklar	3,2	0	0
Dioxin löst eller bundet till DOC	0,4	0,4	0,7-1,8
Dioxin totalt	3,6	0,4	0,7-1,8

## 5.4 SPRIDNING AV KVICKSILVER OCH DIOXIN VID FÖRÄNDRADE BIOGEOKEMISKA FÖRHÅLLANDEN

Med syfte att noggrannare klarlägga de biogeokemiska förändringar som skulle kunna bli en följd av vissa åtgärds kombinationer utfördes kompletterande lakförsök. Bedömningen var initialt att under syrefria förhållanden skulle mobiliteten av kvicksilver, men framför allt metyleringen av kvicksilver, kunna öka. Metyleringen förmodades kunna öka till följd av

anaerob mikrobiell aktivitet. Resultaten visade dock att halterna av metylkvicksilver var låga i förhållande till totalhalterna av kvicksilver. Metyleringspotentialen bedömdes inte räcka till för metylering av mer än en mycket liten del av den totala kvicksilvermängden. Den metylering som ändå ägde rum föreföll ske oberoende av anaerob aktivitet.

Sammanfattningsvis bedömdes risken för en omfattande metylering av kvicksilver inom EKA-området till följd av förändrade redoxförhållanden efter åtgärd som liten i förhållande till risken att totalkvicksilver som transporteras till Bengtsbrohöljen och metyleras där.

I övrigt visade lakförsöken som förväntat ett samband mellan höga halter av kvicksilver och hög transport av kvicksilver (mestadels i partikulär form), transport av dioxin med suspenderat material samt att dioxintransporten ökar vid ökade DOC-halter (se även 5.3.2).

## 5.5 MILJÖ – OCH HÄLSORISKBEDÖMNING

Utförda undersökningar och utredningar har visat att det inom EKA-området finns nuvarande och framtida miljö- och hälsorisker som är så stora att ett behov av riskreduktion föreligger. Akuta risker och risker på medellång och långsikt, kopplade till höga koncentrationer av kvicksilver och dioxiner, redovisas i Tabell 5.5. Övriga risker inom området redovisas i Tabell 5.6.

*Tabell 5.5 Risker kopplade till höga koncentrationer av kvicksilver och dioxiner.*

<b>Akuta risker</b>	Hälsorisker vid arbete eller tillfällig vistelse i delar av cellhallsbyggnaden. Risk för människors hälsa vid vistelse i området relaterade till höga föroreningskoncentrationer i yttlig jord. Hälsorisker vid markarbeten. Risk för spridning av föroreningar till Bengtsbrohöljen, framförallt via erosion.
<b>Risker på medellång till lång sikt</b>	Ökad spridning och exponering för föroreningar i cellhallsbyggnaden och underliggande jord, särskilt vid eftersatt underhåll eller rivning av byggnader och skyddande tätskikt Förändrad markanvändning som kan leda till ökad exponering och spridning. Brand och olyckor som medför ökad spridning (släckvatten, ledningsbrott inom eller uppströms området, oljeläckage från drivmedelscisterner och tankbilsolyckor) Fortgående spridning av föroreningar till recipienten under mycket lång tid p.g.a. de stora föroreningsmängderna. Ökad spridning av föroreningar till ytvattensystemet p.g.a. ändrade klimat- och vattenföringsförhållanden.

Tabell 5.6 Övriga risker inom området.

<b>Övriga risker</b>	<p><u>Kvicksilvermetylering</u> Spridningen av metylkvicksilver från landområdet till Bengtsbrohöljen är liten i jämfört med mängder från uppströms belägna sjön Lelången. Metyleringspotentialen inom landområdet är låg. Särskilda efterbehandlingsåtgärder för att minska metyleringen har därför inte prioriterats.</p> <p><u>Spridning av dioxiner</u> Spridningen av dioxiner är i dagsläget låg och i huvudsak partikulär. En ökad koncentration av löst organiskt kol (DOC) i grundvatten ökar spridningen av den fraktion som finns löst eller kan bindas till DOC. Teoretiskt kan en ökad DOC-halt öka den totala spridningen från området med ca 50%, om inga efterbehandlingsåtgärder vidtas, se tabell 5.3. Det finns i dagsläget inget som tyder på att framtida DOC-halter i grundvatten inom området kommer att förändras väsentligt.</p> <p>Risken för ökad framtida spridning av dioxiner genom förekomst av PCE i grundvatten har utretts genom provtagningar inom området och lakförsök. Det finns i dagsläget inget samband mellan uppmätta halter av PCE och dioxiner i grundvatten. Den framtida risken bedöms som liten, men är behäftad med osäkerheter.</p> <p><u>Perkloretylen</u> PCE med nedbrytningsprodukter förekommer på större djup i grundvatten inom åtgärdsområdet. Fri fas har påträffats i en brunn i anslutning till cellhallen. Föroreningsförekomsten kan medföra en miljö- och hälsorisk med nuvarande områdesutnyttjande, under saneringsarbetet och genom spridning av kvarlämnade föroreningar.</p> <p>Föroreningen bedöms i dagsläget utgöra en låg risk för recipienten. Analyserade ytvattenprover visar halter som väsentligt underskrider kriterier för skydd av akvatiskt liv. Den stora föroreningsmängden medför dock att spridning till recipienten kommer att ske under lång tid. Förekomst av PCEs nedbrytningsprodukter visar att en naturlig nedbrytning sker, vilket successivt kommer att minska källtermen. Risken för hälsofarlig exponering av gasformiga föroreningar vid framtida vistelse inom området bedöms som liten.</p> <p><u>Andra föroreningar</u> Inom EKA-området finns även andra oorganiska och organiska ämnen i koncentrationer som kan utgöra risk för miljö och hälsa. Dessa ämnen bedöms inte vara dimensionerade för en efterbehandlingsåtgärden men kommer att minska i mängd om sanering av föroreningarna kvicksilver och dioxin genomförs.</p>
----------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDSMÅL

Kommunens målsättning är att långsiktigt och hållbart minska befintliga och potentiella miljö- och hälsorisker relaterade till EKA-området. Baserat på ovan slutsatser och en 90% reduktion av kvicksilvermängden föreslås följande mätbara åtgärds mål:

<b>Skydd av människors hälsa</b>	<p>Området ska utnyttjas som parkområde och för lättare industriändamål. För skydd av människors hälsa ska normal vistelse i området inte innebära hälsofarlig exponering för föroreningar. För att uppfylla detta, har följande mål har definierats för EKA-området:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Människor ska ej komma i kontakt med förorenat byggmaterial och jord eller utsättas för emissioner därav.</li><li>• Föroreningskoncentrationen i yttlig jord ska inte överskrida Naturvårdsverkets generella riktvärde för känslig markanvändning.</li><li>• Kviksilver ska fasas ur biosfären och projektets bidrag är att kvicksilvermängden inom området ska reduceras med minst 90%.</li></ul>
<b>Skydd av omgivande miljö</b>	<p>Nuvarande och framtida spridning till Bengtsbrohöljen och vattensystemet nedströms ska reduceras, liksom risken för framtida skadehändelser. Åtgärderna i sig ska inte leda till långsiktigt ökade risker för föroreningsspridning. Följande mål har definierats för EKA-området:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Spridning från förorenat byggmaterial ska elimineras.</li><li>• Spridning av kvicksilver från området reduceras med minst 90 %.</li><li>• Spridning av dioxin från området reduceras med minst 85 %.</li></ul> <p>Spridning av kvicksilver (total och metyl) och dioxiner från EKA-området till Bengtsbrohöljen är i dagsläget låg i relation till bidraget från uppströms källor. Planerade åtgärder kommer ytterligare att minska spridningen. Kvantifiering av spridning i nuläge och efter planerade åtgärder (spridningsreduktion som konsekvens av källtermsreduktion, filter och reduktion i grundvattenflöde) är behäftad med osäkerheter, vilket medför att formulering av ett mätbart aggregerat åtgärds mål inte blir meningsfullt. Kontroll av måluppfyllelse ska göras genom besiktningar som säkerställer att åtgärderna genomförs korrekt. Rätt genomförda åtgärder uppfyller åtgärds målen.</p>

## 7. ÅTGÄRDER FÖR ATT REDUCERA RISKER

Projektets definierade övergripande och detaljerade åtgärds mål uppfylls genom att genomföra ett antal åtgärder som i olika grad reducerar risken för nuvarande och framtida exponering och spridning av föroreningar från EKA-området. Dessa åtgärder består av:

### Rivning av cellhallsbyggnaden

Rivning av den f.d. cellhallsbyggnaden reducerar hälsorisken och risken för spridning av föroreningar vid brand, förfall m.m.

### Schaktning

Vid urgrävning av förorenade jord ska kvicksilvermängden reduceras med minst 90 % . Åtgärden minskar mängden av övriga påträffade föroreningar (se tabell 11.1 ).

Riktad urgrävning av identifierade hotspots utförs i anslutning till Brandts (se figur 5.4).

### Dränering

Installation av avskärande dränering mot Strömgatan som främst syftar till att begränsa grundvattennivå fluktuationer men också att i begränsad omfattning minska inflödet av grundvatten till EKA-området. Åtgärden syftar också till att säkerställa att olyckor och spill på Strömgatan inte påverkar EKA-området.

### Filterfyllning

Ett partikel/sand filter mot Bengtsbrohöljen installeras för att reducera grundvattentransport av partikelbundet dioxin och kvicksilver.

Utförda försök visar att kvicksilverhalterna i grundvatten reduceras med 90-95 % vid passage genom sandfilter. Ett sorptionsfilter mot Bengtsbrohöljen nedanför Brandts reducerar ytterligare risken för spridning av löst dioxin och kolloidalt bundet dioxin (se tabell 5.3).

Filtret ska även ha en dämpande effekt för att minska fluktuationer av grundvattennivån i området till följd av korttidsvariationer i Bengtsbrohöljen. Modellering av ett filters flödesdämpande effekt vid en plötslig nivåhöjning i Bengtsbrohöljen visar att flödesminskning över filtret blir i storleksordningen ca 50 %.

### Erosionskydd

Om ingen urgrävning av strandlinjen skulle genomföras är det av central betydelse att förstärka erosionskyddet vid EKA-udden. Beräkningar visar att erosion av en mindre mängd högförorenad jord kan i dagsläget bidra med lika mycket kvicksilver som den totala transporten via grund-



och ytvatten under ett år. Om urgrävningar sker ska ett erosions skydd anläggas för att skydda filter och strandlinje.

#### Horisontella barriärer

För att ytterligare reducera risken för exponering och spridning av kvarlämnade föroreningar ska en täckning med tätskikt anläggas. Grundvattenmodelleringar indikerar emellertid att tätningen ger en begränsad effekt på grundvattenflödet eftersom reduktion av infiltration i stor utsträckning kompenseras av ökat grundvattenflöde från undre lager.

Åtgärderna ska vara stationära och för samtliga ska det finnas definierade åtgärdskrav. Utöver dessa åtgärder ska kommunen genomföra skyddsåtgärder under saneringen både för att säkra och förenkla arbetena t.ex. installation av spont utmed kraftverkskanalen och Bengtsbrohöljen. För att minska grundvattentrycket vid schaktarbeten kan flödesreducerande åtgärder installeras.

## **8. REVIDERAD ÅTGÄRDSUTREDNING**

### **8.1 SAMMANFATTANDE BESKRIVNING AV ÅTGÄRDSNIVÅERNA 1-7 SAMT N1-N5**

Kommande avsnitt är en beskrivning över de olika åtgärder som utretts och en orientering över vilka åtgärder som bör ingå i det slutliga åtgärdsalternativet.

I bilaga 3 beskrivs föreslagna efterbehandlingsåtgärder för respektive åtgärdsnivå 1-7 samt N1-N5 översiktligt. För detaljerad beskrivning av 1-7 samt N1-N4 hänvisas till projektrapport 1 (EKA 2002:15) samt projektrapport 2 (EKA 2002:18).

#### **8.1.1 Beskrivning av åtgärdsnivå 1-7**

Baserad på den utförda miljö- och hälsoriskbedömning presenterades initialt (år 2003) 7 olika åtgärdsnivåer som i olika grad reducerar risken för framtida exponering och spridning och som i huvudsak innebär successivt ökande insatser och kostnader.

##### Åtgärdsnivåerna

Sammanfattningsvis innebär åtgärdsnivå 1 upprättande av miljöriskområde. Åtgärdsnivå 2 innebär ett minimalalternativ för att uppfylla projektets åtgärds mål avseende hälsa och risken för spridning men uppfyller inte risken för potentiella skadehändelser eller Naturvårdsverkets krav på 90 % reduktion av kvicksilvermängden.

Åtgärdsnivåerna 3 till 6 innefattas av ett åtgärds paket med olika ambitionsnivåer för urgrävning av förorenade massor. Sammanfattningsvis ingår i åtgärdsnivåerna att anlägga bl. a. vertikala och horisontella barriärer samt avskärande dränering, utföra urgrävning av förorenad jord, anlägga filter längs strandlinjen och genomföra rivning av den förorenade cellhallsbyggnaden. Åtgärdsnivå 7 innefattar en fullständig urgrävning av samtliga föroreningar vilket innebär att åtgärder för skydd mot spridning av föroreningar endast krävs under genomförandet, se tabell 8.1.

**Tabell 8.1** Översiktlig beskrivning ingående efterbehandlingsåtgärder för alternativ 1-7

Åtgärdsnivå	1	2	3a	3b	4	5	6	7
Spont längs hela strandlinjen			X	X	X	X	X	X
Endast spont/slitsmur längs kraftverkskanalen		X						
Injekteringsmur längs med Strömgatan		X	X	X	X	X	X	
Avskärande dränering vid Strömgatan och mot Bengtsbrohöljen			X	X	X	X	X	
Slitsmur längs hela strandlinjen				X		X		
Slitsmur i EKA-gatan			X	X	X	X	X	
Rivning av förorenade byggnader		X	X	X	X	X	X	X
Urgrävning av förorenade massor			X	X	X	X	X	X
Muddring av sediment		X	X	X	X	X	X	
Filter och erosionskydd		X	X	X	X	X	X	
Horisontella barriärer, tätskikt		X	X	X	X	X	X	

### 8.1.2 Beskrivning av åtgärdsnivå N1-N5

Naturvårdsverkets synpunkt om ambitionsnivå för reduktion av källtermen kvicksilver samt resultat från den fördjupade analysen av biogeokemiska och hydrogeologiska förutsättningar inom området resulterade i att projektet tog fram nya åtgärdsförslag under våren 2005.

#### Åtgärdsnivå N1-N5

Inledningsvis tog projektet fram 4 olika nivåer, N1 till N4. Alternativen omfattas generellt av samma tekniska utformning men med olika detalj- och ambitionsnivåer för urgrävning av förorenade massor. Den stora förändringen mot tidigare förslag är bl.a. att planerade slitsmurar längs strandlinjen har exkluderats i åtgärdsförslagen och har ersatts med filterkonstruktion. Dessutom anläggs filter och erosionskydd innanför sponten vilket resulterar i att muddring inkl. skärmar som skyddsåtgärd för fyllningsarbeten inte behövs.

Efter utvärdering av kompletterande åtgärdsinriktade utredningarna samt ytterligare studier av hydrogeologiska förutsättningar i området har projektet tagit fram ytterligare ett alternativ. Alternativet är en optimering och viss modifiering av förslagen N1 och N2 och benämns N5. I N5 har samtliga slitsmurar (täta vertikala barriärer) utgått eftersom erhållna resultat har verifierat att de har liten eller ingen flödesreducerande effekt. Detta har bl. a. bidragit till att tidigare beräknade kostnader för entreprenaden har kunnat sänkas. Alternativet beskrivs i detalj i avsnitt 8.3.

## 8.2 PRINCIPIELLA SKILLNADER MELLAN ÅTGÄRDSNIVÅERNA

Den principiella skillnaden mellan åtgärdsförslagen 1-7 och N1-N5 är den åtgärdsstrategi som legat till grund för de olika förslagen.

Åtgärdsnivå 1-7 utgår från immobilisering av föroreningar, d.v.s. att i första hand att säkra området från framtida exponering och spridning utan omfattande urgrävningar.

Undersökningarna inriktades således bl.a. mot att avgränsa de mest förorenade områdena och att studera spridningsrisker för kvarlämnade föroreningar.

Sammantaget var de förväntade konsekvenserna och riskerna med de ursprungliga åtgärdsnivåerna (1-7):

- den kraftiga reduktionen av grundvattenflöden befarades medföra risk för syrefria förhållanden och ökad metyleringsrisk.
- de täta barriärerna förväntades leda till en höjd grundvattennivå i området vilket leder till ökad kontakt mellan föroreningar och grundvatten som kan innebära ökad spridning.
- det kunde inte uteslutas att täta barriärer skulle medföra förändringar i grundvattnets flödesriktning inom området med påföljande ökad risk för spridning av föroreningar bl.a. till mindre kontaminerade områden.
- slitsmurars beständighet över tid är begränsad vilket innebär en osäkerhet när föroreningar kvarlämnas.

För att minska dessa osäkerheter inleddes kompletterande studier. Resultat från undersökningarna och den ökande ambitionsnivån avseende kvicksilverreduktion gav ändrade förutsättningar för åtgärderna. Reduktionen av källtermen minskar behovet av skyddsåtgärder. Undersökningarna visade på vikten att bibehålla dagens gynnsamma biogeokemiska förhållanden men att metyleringspotentialen är mindre än befarad. Vidare visade hydrogeologiska data att större grundvattenflöden än förväntat sker på större djup, vilket innebär att effekten av föreslagna slitsmurar blir mycket liten. Källtermreduktion, målsättning att bibehålla dagens biogeokemiska förhållanden och de hydrogeologiska studierna medför att slitsmur inte får avsedd riskreducerande effekt.

Detta föranleder att åtgärdsnivå N1-N5 utgår från principen att källtermen inom området ska minska betydligt. Utöver detta har projektets fördjupade studie, enligt ovan, utgjort underlag för de avvägningar som ligger till grund för N1-N5.

### **8.3 BESKRIVNING AV DET SLUTLIGA ÅTGÄRDSFÖRSLAGET N5**

Fördjupade hydrogeologiska studier, förberedande åtgärdsinriktade undersökningarna och övriga tekniska överväganden i utredningsarbetet ligger till grund för det slutliga åtgärdsförslaget.

Åtgärd N5 omfattar bl. a. följande åtgärder:

- rivning av rena byggnader,
- installation av tillfällig spont under arbetstiden samt skyddskärm vid pågående spontningsarbete
- rivning av den förorenade cellhallsbyggnaden,
- grundvattenavskärande dränering och avledning av vatten,
- beredskap för vattenrening av förorenat vatten på området,
- urgrävning av förorenade massor,
- sortering och tvätt av utsorterade fraktioner
- omhändertagande av förorenade massor och rivningsavfall på godkänd anläggning,
- installation av partikel- och sorptionsfilter
- anläggande av erosionsskydd
- återfyllning med rena massor och utförande av horisontella barriärer (tätskikt),
- återställningsarbeten, samt
- administrativa föreskrifter för framtida markanvändning.

Nedan beskrivs planerade åtgärder (se bilaga 4, plan för åtgärder).

#### Rivning av rena byggnader

Efterbehandlingsentreprenaden inleds med rivning av rena byggnader. Rivningen utförs som en traditionell rivningsentreprenad.

#### Installation av tillfällig spont under arbetstiden.

Längs med strandlinjen installeras en tillfällig tätspont. Installationen sker innan sanering av förorenade byggnader och mark inleds. Sponten är en skyddsåtgärd vid utförandet och dess syfte är att förhindra att föroreningar sprids till Bengtsbrohöljen vid schaktningsarbeten på EKA-tomten. I det övriga åtgärdsområdet (Brandts och det södra området) kommer inte schaktarbeten att göras i direkt anslutning till Bengtsbrohöljen.

Sponten installeras längs med strandlinjen vid EKA-tomten för att vikas av mot stranden vid Brandts. Vid EKA-udden förstärks sponten med en inre spont för att ytterligare säkra att urgrävningen vid udden inte kommer att resultera i att föroreningar sprids till Bengtsbrohöljen. I entreprenadens slutskede avlägsnas sponten. Inför spontningsarbeten anläggs en skyddsskärm med minsta längd om 30 m i Bengtsbrohöljen. Skärmen utgör ett skydd för ev. uppgrulande bottensediment och jordmaterial vid installationen.

#### Rivning av den förorenade cellhallsbyggnaden

Rivning av cellhallen ställer högra krav avseende t.ex. arbetsmiljö och skyddsåtgärder för att förhindra spridning och kommer att ske i ett för ändamålet uppfört tält. Rivningsavfallet ska omhändertas vid godkänd anläggning.

#### Dränering och avledande av vatten.

Längs med Strömgatan anläggs en avskärande dränering på nivån som följer medianvärdet från grundvattennivåmätningar. Dränerat vatten leds dels till kraftverksskanalen och dels via Eka-gatan till Bengtsbrohöljen.

#### Beredskap för rening av förorenat vatten på området.

Inom området kan det uppkomma förorenat vatten till följd av saneringen. Därför ska det finnas beredskap för att rena förorenat vatten. Ett exempel som kan nämnas är den vattenspegel som kommer att bildas mellan strandlinjen och sponten. Om så erfordras kommer vatten att renas inför avlägsnande av spont.

#### Urgrävning av förorenade massor

Inom området kommer urgrävningarna att ske enligt en schakt- och klassningsplan som baseras på föroreningsnivå. Vid EKA-udden sker urgrävningen ca 2 meter under lägsta grundvattenytan. Inom övriga området sker utgrävning ned till olika nivåer beroende på föroreningarnas utbredning. Identifierade hotspots med mycket höga halter kommer att schaktas bort. Under cellhallsbyggnaden planeras schakt ned till lägsta grundvattennivå.

I samband med schaktarbetena kommer provtagning under cellhallen att genomföras för att kartlägga föroreningsutbredningen då provtagning inte kan genomföras i sin helhet före rivning av byggnader. Motsvarande kontroll kommer att genomföras längs med strandlinjen vid kraftverksskanalen eftersom fullständig provtagning inte har kunnat genomföras tidigare. Detta kan innebära ökad schaktvolym och ytterligare reduktion av kvicksilvermängden. Tillkommande mängd ingår ej i gjorda beräkningar.

Brandts-tomten kommer att schaktas till 0,5 m i större delen av området men inom de delar som projektet har funnit extremt höga dioxinhalter kommer schakten att utökas. Dessutom kommer ett avgränsat område intill nuvarande bilförsäljningshall schaktas ned till ca 1 m för att förbereda inför en utbyggnad som planeras. Detta för att förhindra framtida ingrepp i det sanerade området.

#### Sortering och eventuell tvätt av utsorterade fraktioner

De utgrävda jordmassorna kommer att sorteras och tvättas. Projektet planerar att kunna återföra rena fraktioner över 20 mm till området. Dessutom bedömer projektet att ca 40 % av urschaktade massor ska kunna återvinnas genom återfyllning i den omfattning som det är möjligt för att klara framtida krav på stabilitet i området.

#### Omhändertagande av förorenade massor och rivningsavfall på godkänd anläggning.

Utsorterade förorenade massor och rivningsmaterial kommer att omhändertas vid godkänd anläggning.

#### Installation av filter med avsedd funktion att begränsa in och utflöde längs Bengtsbrohöljen

Längs med strandlinjen planerar projektet att anlägga filter. Inom EKA-tomten installeras ett vertikalt partikelfilter bestående av sand en bit in från överkant strandslänt. Utmed Brandts-tomten installeras ett sorptions- och partikelfilter för att absorbera lösta dioxiner och filtrera partikelbundna dioxiner som kommer att kvarlämnas inom delområdet. Filtret dimensioneras för att ha en långsiktig beständighet och absorptionsförmåga. Sandfilter blandas med aktivt kol och installeras vertikalt en bit in från överkant strandslänt. Ett partikelfilter kommer även att installeras utmed strandlinjen i det södra området.

#### Återfyllning samt horisontella barriärer

Efter genomförda urgrävningar av EKA-tomten ska området återfyllas. Fyllningen kommer att ske med rena massor (bl.a. återföring av utsorterat grovt material). Inom EKA-tomten planeras installation av tätskikt som ska motsvara kraven för icke-farligt avfall deponi.

Inom Brandts återfylls området med rena massor (bl.a. återföring av utsorterat grovt material) och i avgränsningen mellan schaktbotten (kvarlämnat) och återfyllt material läggs en geotextil. Denna syftar främst att utgör gräns mellan rena och förorenade massor. Om det, trots grävförbud, sker urgrävningar i området i framtiden markerar således geotextilen när grävning i förorenade massor sker. Inom området kommer alla ytor att asfalteras och ytligt avledning av dagvatten anläggas.

I det södra området sker terrassering och en avjämning av ytan. Planerad mäktighet på terrasseringen är ca 0,3 m.

#### Återställningsarbeten.

EKA-tomten återställs till ett parkområde för rekreation

#### Administrativa föreskrifter

För att beskriva restriktioner för verksamheter, som kan påverka utförda skyddsåtgärder inom området, upprättas administrativa föreskrifter som biläggs detaljplanen för området. I åtgärden ingår att på området, genom miljörum eller liknande, informera om EKA-områdets historia och den saneringen som genomförts.

## **9. RISKER OCH SKYDDSÅTGÄRDER UNDER ENTREPRENADARBETEN**

Vid entreprenadarbetena kan arbeten och händelser medföra förhöjda risker för människa och miljö.

För att säkerställa att arbeten som kan innebära risker för arbetsmiljön förhindras och säkras har kommunen upprättat arbetsmiljöplaner, dels för kontrollverksamheten innan entreprenadarbeten inleds, dels som arbetsmiljöplan för entreprenadarbeten. I planen redovisas bl.a. vilka arbetsmiljöprovtagningar som ska genomföras, vilken skyddsutrusning som ska användas, vilka säkerhetsåtgärder som ska genomföras för att förhindra risker mm. Arbetsmiljöplanen ska finnas tillgänglig på arbetsplatsen och den ska vara känd för samtliga som verkar där. Kommande entreprenörer ska med stöd av kommunens arbetsmiljöplan ta fram en egen arbetsmiljöplan för arbetena.

För att säkerställa att risker för omgivande miljö förhindras kommer det under entreprenadarbeten genomföras egenkontroll enligt uppsatta krav i Miljöbalken, föreskrifter som meddelas med stöd av miljöbalken, domar och beslut rörande verksamhetens bedrivande och kontroll som beslutats med stöd av miljöbalken. Egenkontrollarbetet ska vara känt för samtliga på arbetsplatsen men även för övriga som är verksamma i EKA-projektet. I egenkontrollen ingår att bedöma risker, nedan kallad riskanalys, och att upprätta en åtgärdsplan för att avhjälpa risker (se även avsnitt 13.1.6).

Med risk menas bl.a. konsekvensen av en händelse som medför utsläpp av sådan omfattning att betydande påverkan utöver dagens situation kan uppstå. Observera att ”normala” avvikelser i entreprenadarbetena, där skyddsåtgärd snabbt kan sättas in, i allmänhet inte leder till utsläpp av betydelse. Ett sådant exempel är utsläpp av PCE i luft från t.ex. uppgrävda massor där utsläppet detekteras snabbt (om inte annat så genom lukt) och kan åtgärdas med exempelvis täckning. Om PCE påträffas i fri fas under t.ex. rivningsarbeten måste arbetsmiljöåtgärder genomföras.

Även om en risk bedöms som ”normal” avvikelse ska den kommenteras i riskanalysen. Riskanalysen i egenkontrollen är levande dokument och ingår som en del av det dagliga arbetet. I de fall som nya risker identifieras ska risken värderas och plan för skyddsåtgärder för respektive risk ska upprättas. Särskilt betydande risker ska anges och ska vara lätta att urskilja i analysen. Resultat från analysen med skyddsåtgärder ska förtecknas, delges samtliga berörda och ska förvaras så berörda kan ta del av informationen på arbetsplatsen. Arbeta med att ta fram underlag för riskanalysen pågår i projektet för närvarande.

Nedan förtecknas några händelser samt om har som identifierats som risker. Riskerna kommer att beskrivas i riskanalysen tillsammans med skydds- och korrigerande åtgärder för att förhindra att händelsen/risken inträffar.

Händelser som kan inträffa är bl.a.

- Tält rasar vid rivning av cellhallsbyggnaden
- Spontkran välter ut i Bengtsbrohöljen
- Spontkonstruktionen blir skadad under grävningsarbetena
- Överföringsledning för förorenat vatten går sönder
- Olycka vid transport av förorenade massor

#### Rivning av cellhallsbyggnaden

Cellhallsbyggnadens kvicksilver och dioxin kommer att finnas i damm från byggnaden. Risk för dammutsläpp av betydelse finns om t.ex. tältet rasar och större dammoln uppstår.

#### Spontkran välter ut i Bengtsbrohöljen

Spontningen kommer att ske med kran med lång (hög) mast. Om kranen välter ut i sjön kan sediment röras om så att ett tillfälligt utsläpp av betydelse (grumling) uppstår.

#### Spontkonstruktionen blir skadad under grävningsarbetena

Innanför sponten kommer förorenat vatten att finnas, främst vid grävning i yttre delen av EKA-tomten. En skada på sponten, t.ex. av extremt isläge och hård vind eller påkörning av båt, som medför att sponten blir otät, kan medföra ett utsläpp av betydelse (förorenat vatten läcker ut i Bengtsbrohöljen).

#### Överföringsledning av förorenat vatten går sönder

Förorenat vatten ska överföras från området till reningsverket. Om denna ledning går sönder under pumpning och övervakningen inte är tillfredsställande kan utsläpp av betydelse inträffa på det område som inte omgärdas av spont (främst södra området).

#### Olycka vid transport

Vid transport av förorenade massor kan en olycka inträffa på sådan plats (t.ex. intill sjö eller i tätort) och på sådant sätt att massornas föroreningar ger ett utsläpp av betydelse. Sannolikt krävs en rad samverkande faktorer, t.ex. ösregn och närhet till dike eller dagvattenledning.



## **DEL II – RISKVÄRDERING AV ÅTGÄRDSALTERNATIV SAMT BESKRIVNING AV EFTERFÖLJANDE PROJEKTSKEDEN**

### **10. RISKVÄRDERINGEN**

#### **10.1 FÖRANKRINGSPROCESSEN**

Inför val av lämplig åtgärd ingår i beslutsprocessen att genomföra en riskvärdering. I riskvärderingen ska aspekter som berör beslutet om åtgärd vägas samman och med detta som grund ska ett förslag till beslut tas fram. För att kunna sammanställa ett komplett beslutsunderlag är det viktigt att projektet utbyter synpunkter med företrädare för olika intressen på både lokal, regional och central nivå. Dialogen kan jämföras med den dialog som normalt sker vid samråd i miljöbalkens mening. I EKA - projektet har denna dialog skett i huvudsak före, under och parallellt med miljöprövningen.

EKA-projektet är ett saneringsprojekt som kan betraktas som komplext. Resultat från utredningsarbetet har krävt omorientering för att hitta nya lösningar. Ett utvecklande och ständigt förändrat angreppssätt som baseras på problemlösning kräver att det finns en väl fungerande kommunikation mellan projektet och intressenter samt att berörda ska ges möjlighet att ställa frågor.

I projektet har olika informationsinsatser används för att förankra arbetsresultat samt vilka förslag på åtgärder för EKA-området som tagits fram. I ett tidigt skede upprättades en informationsstrategi och en plan som underlag för projektets informationsarbete. Via kommunens hemsida har projektet fått en egen hemsida. På hemsidan har allmänheten och alla andra projektintressenter fått möjlighet att följa arbetet och kommunicera frågor. En annan central del i informationsarbete har varit att förankra projektets arbete direkt till kommuninvånarna. Via nyhetsbrev, som har skickats inför huvudhändelser, har projektet berättat om bl.a. pågående arbete, planerade åtgärder och nya utredningsresultat. Dessutom har det arrangerats öppet hus i Bengtsfors vid två tillfällen.

De särskilda projektintressenterna – finansiärer, huvudmän, beslutande i kommunen (KSU), styrgruppsmedlemmar, och de som är knutna till projektorganisationen – har haft access till det Internetbaserade projektnät (en webbaserad dataserver där projektet tilldelats utrymme för pågående och färdigställda arbeten, adressuppgifter till alla i projektet mm) som Empirikon AB ställt till projektets förfogande.

Projektet har genom dessa aktiviteter arbetat på ett mycket transparent sätt som gett stora möjligheter för alla att hålla sig informerade om vad som sker i projektet och vilka åtgärdsförslag som har presenterats under arbetets gång. Vid styrgruppsmöten som har hållits regelbundet har också utredningsresultat och åtgärdsförslag kommunicerats. I dessa möten har deltagit förutom KSU-ledamötena beställarens ombud, länsstyrelsens kontaktperson och projektledaren.

## 10.2 ASPEKTER I RISKVÄRDERINGEN

Riskvärdering av åtgärdsnivåerna (1-7 samt N1-N4) har genomförts och redovisas i projektrapport 2 (EKA 2002:18).

I riskvärderingen beaktas ett antal aspekter som inverkar på åtgärdsbeslutet. De aspekter som vägts samman är miljö, ekonomi, teknik, sektorintressen i samhället, allmänna och enskilda intressen.

## 10.3 METODIK FÖR RISKVÄRDERINGEN

Riskvärderingen har utförts stegvis och inleddes med en bedömning huruvida åtgärdsalternativen uppfyller följande kriterier:

1. Åtgärden uppfyller Bengtsfors kommuns övergripande åtgärds mål

*Området ska utnyttjas som parkområde och för lättare industriändamål. För skydd av människors hälsa ska normal vistelse i området inte innebära hälsofarlig exponering för föroreningar.*

*Nuvarande och framtida spridning till Bengtsbrohöljen och vattensystemet nedströms ska reduceras, liksom risken för framtida skadehändelser. Åtgärderna i sig ska inte leda till långsiktigt ökade risker för föroreningsspridning*

2. Åtgärden uppfyller ambitionsnivån om reduktion av kvicksilvermängden.

*Åtgärden ska uppfylla ambitionsnivån om 90 % reduktion av kvicksilver.*

De alternativ som uppfyller dessa kriterier har därefter kvalitativt värderats avseende på nedan aspekter. En minskning av antalet alternativ har skett successivt och i den avslutande värderingen har ekonomiska aspekter inkluderats.

- 3 Riskreduktion *spridning och källtermsreduktion*
- 4 Teknik *genomförbarhet, beständighet, reparerbarhet, kontrollerbarhet*
- 5 Allmänna intressen *markanvändning, lokala, regionala och nationella tillsynsmyndigheter*
- 6 Enskilda intressen *landskapsbild, natur-kultur-fritidsaspekter, näringsliv, markanvändning*
- 7 Andra överväganden *nationella miljömål, lagar och krav*
- 8 Ekonomi *totalkostnad, marginalkostnad*

## 10.4 RISKVÄRDERINGSMATRIS

I bilaga 5 sammanfattas åtgärderna med korta kommentarer för respektive kriterie.

## 10.5 SAMMANFATTNING AV RISKVÄRDERING

Nedan beskrivs alternativen ställd mot respektive aspekt i värderingen (för orientering i området, se figur 1.1).

### Uppfyllelse av Bengtsfors kommuns och Naturvårdsverkets mål:

Alternativ 1 och 2 uppfyller inte kommunens åtgärds mål.

Nivå 3 – 7, liksom N1 – N4, bedöms uppfylla samtliga åtgärds mål avseende hälsorisker och spridning av föroreningar i dagsläget samt reducerar risken för potentiella skadehändelser. Alternativ N3 har i miljöprövningen inte bedömts som ett lämpligt alternativ.

Alternativ 6, 7, N1, N2 och N4 bedöms ge en kvicksilverreduktion som överskrider 90 % och har därför värderats ytterligare.

### Riskreduktion

Urgrävning av föroreningar, med extern deponering, leder i alternativen till olika grad av permanent reduktion av föroreningskällan, med störst reduktion i alternativ 7. Med minskad källterm följer också minskad risk för potentiella skadehändelser efter åtgärd.

Skillnaderna i kvicksilver reduktion mellan alternativ 6, N1, N2 och N4 är små.

Dioxinreduktionen i alternativ 6 är ca 1/3 av reduktionen i övriga alternativ.

	<u>Åtgärdsalternativ</u>
<b>Kvicksilver</b>	7 > N4 ≈ N1 ≈ N2 ≈ 6
<b>Dioxiner</b>	7 > N4 ≈ N1 ≈ N2 > 6

Med undantag för alternativ 7, total urschaktning av förorenade massor, kommer föroreningar att kvarlämnas inom området. Spridningen från dessa föroreningar påverkas av kvarvarande mängder och koncentrationer, men också av vilka hydrogeologiska och biogeokemiska förhållanden som åtgärderna resulterar i. Under gynnsamma betingelser, som i dagsläget, kan utläckaget från jordmassor med höga föroreningskoncentrationer vara lågt. På motsvarande sätt kan utläckaget under ogynnsamma förhållanden men lägre koncentrationer och mindre mängder vara högt eller öka jämfört med dagsläget.

De fördjupade utredningarna har visat att lägre grundvattenflöde, i kombination med sänkt högsta grundvattennivå, minskade nivåfluktuationer och filter i strandkant leder till mindre risk för utläckage av kvarvarande föroreningar. I alternativ N1, N2 och N4 tillgodoses i huvudsak de tre sistnämnda aspekterna. Kombinationen av vertikala och horisontella barriärer i alternativ 6 leder till en konstant grundvattennivå några decimeter högre än i dagsläget. En ökad möjlig kontaktyta mellan grundvatten och föroreningar i alternativ 6 bedöms medföra en större risk för ökad rörlighet av föroreningar. Filterfunktion i alternativ 6, N1, N2 och N4 bedöms likvärdiga. Den dämpande effekten avseende fluktuationer bedöms större i alternativ 6 p.g.a. slitsmuren.

Omfattning och lokalisering av schakt påverkar risken för spridning av föroreningar under entreprenaden, särskilt vid de omfattande arbetena under grundvattenytan och i strandnära områden. Den totala schaktvolymen i de olika förslagen kan därmed i viss mån spegla riskerna under åtgärd. Schaktvolymen i åtgärdsalternativ 7 är mer än tre gånger så hög som i nästkommande alternativ. Alternativ N4 medför ca 15 % större schaktvolym än alternativ N1 och N2.

	<u>Åtgärdsalternativ</u>
<b>Schaktvolym</b>	7 >> N4 > N1 ≈ N2 > 6

Sammanfattningsvis så leder alternativ 7 till den största reduktionen av källterm och att risken för spridning efter åtgärd elimineras. Den totala utskiftningen av förorenade massor medför att alternativet utgör den största risken för spridning av föroreningar och störningar (luktlägenheter, arbetsmiljö) under entreprenadtiden. Alternativ N1, N2 och N4 leder till ungefär lika stor reduktion av föroreningsmängderna och bedöms ha motsvarande reducerande effekt med avseende spridningsrisken. Risken för spridning under entreprenaden bedöms som störst för alternativ N4 med hänvisning till mer omfattande schaktningsarbeten.

Alternativ 6 leder till en mindre reduktion av dioxinmängden. Genom utformningen av horisontella och vertikala barriärer medför alternativ 6 högre grundvattennivå, vilket bedöms ge en jämförelsevis större risk för spridning av föroreningar efter genomförd åtgärd. Alternativ 6 har därför uteslutits i den fortsatta värderingen.

#### Teknik

Alternativ N1, N2 och N4 medför att föroreningar kommer att kvarlämnas inom området. Åtgärderna bedöms vara av engångskaraktär genom den kraftiga reduktionen av föroreningskällorna och föreslagna vertikala och horisontella barriärers beständighet. Vald teknik är beprövad vilket leder till minskade osäkerheter under utförande. Åtgärderna är kontrollerbara bl. a. genom förbesiktningar under byggskedet. Området kommer i framtiden inte att kunna utnyttjas utan restriktioner och vid vissa markarbeten måste särskilda skydds- och kontrollåtgärder vidtas. Den planerade markanvändningen hindrar inte korrigerande åtgärder och reparationer om sådana behov uppstår.

Oberoende av alternativ kommer uppföljande övervakning av effekterna i recipienten att ske.

#### Allmänna och enskilda intressen

Alternativ 7, N1, N2 och N4 innebär samtliga att industri- och kulturhistorisk intressanta byggnader (bl. a. Cellhallen) kommer att rivras. En detaljerad kulturhistorisk dokumentation av område och byggnader har genomförts. En avveckling av trävaruhandeln inom EKA-tomten är en förutsättning för alternativen. Åtgärderna kommer att ha en positiv inverkan på landskapsbilden och öka allmänhetens tillgång till området. Den totala utschaktningen i alternativ 7 innebär en åtgärd av engångskaraktär och innebär att framtida markutnyttjande kan ske utan restriktioner. Intrånget i befintliga verksamheter blir omfattande, med bl. a. omlokalisering och återetablering av Brants bilar samt störningar för Ångbåtstrafiken i Bengtsbrohöljen och verksamheter söder om åtgärdsområdet.

#### Andra överväganden

Området är mycket förorenat med kvicksilver och dioxiner. Åtgärder som resulterar i reduktion av dessa ämnen i vår miljö bidrar till uppfyllelsen av det nationella miljömålet Giftfri miljö. Kviksilver och dioxiner är prioriterade i svensk och internationell lagstiftning (OSPAR, Vattendirektivet, POP-förordningen). Föreningarna tillhör utfasningsämnena i svensk lagstiftning och kemikaliepolitik p.g.a. persistenta, bioackumulerbara och toxiska egenskaper.

#### Bedömda kostnader

Bedömda kostnader för åtgärdsalternativ 7, N1, N2 och N4 varierar mellan ca 155 och 600 Mkr (Rapport EKA 2002:18).

<b>Alternativ</b>	<b>7</b>	<b>N4</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>
Totalkostnad (Mkr)	600	ca 180	ca 158	ca 155

## 10.6 RISKVÄRDERING – RESULTAT

Värderingar av miljö- och hälsorisker, tekniska aspekter, kostnader, allmänna och enskilda intressen samt övriga överväganden visar att av ovan redovisade alternativ uppfyller alternativ N2 Bengtsfors kommuns och Naturvårdsverkets åtgärds mål med störst kostnadseffektivitet.

## 11. ÅTGÄRDSNIVÅ N5

### 11.1 DETALJPROJEKTERING - FRAMTAGANDE AV N5

Genomförda kompletterande undersökningar i projekteringsarbetet (beskrivs i avsnitt 2, del I) har visat att utveckling av N1 och N2 till ett nytt alternativ N5 är ett lämpligare alternativ och en mer kostnadseffektiv åtgärd. Som tidigare har nämnts förde projektet fram alternativ N2 till Naturvårdsverket genom rapport EKA 2002:18 och som inlaga i miljöprövningsärendet. I inlagan beskrivs alternativen och länsstyrelsen lämnar synpunkten att N1 och N2 är en rimlig omfattning av åtgärder och som uppfyller ställda åtgärds mål och av Naturvårdsverket ställda åtgärds krav.

Vid arbetsmöte med Naturvårdsverket den 19 januari 2005 redovisar projektet resultaten av projektets genomförda riskvärdering. Vid mötet framför Naturvårdsverket i egenskap av finansiär direktiv om att genomföra åtgärds förberedande utredningar i syfte att sänka projektkostnaden för alternativen N1 och N2.

Projektet genomförde åtgärds förberedande undersökningar, se avsnitt 2.1, som färdigställdes och slutligt utvärderades under juni 2005. En utvärdering av det nya faktaunderlaget från undersökningarna visar att förorenings situationen i stort överensstämmer med tidigare undersökningar som ligger till grund för riskvärderingen i februari 2005. Däremot finns en avgörande skillnad i kvicksilvrets och dioxinets lokalisering där nya hotspots har identifierats. För att säkerställa att utredningarna inte förändrar den tidigare genomförda miljö- och hälsoriskbedömningen genomförs i projektet en översyn av bedömningen. Resultaten av översynen är att miljö- och hälsoriskbedömningen fortfarande är aktuell.

De nya undersökningarna ger sammantaget en mer detaljerad förorenings bild som kräver att projektet reviderar åtgärds förslaget med avseende på urgrävning. Dessutom visar undersökningarna, som genomfördes försommaren, 2005 att N1, N2 och N4 inte uppfyller Naturvårdsverkets åtgärds krav om 90% reduktion av källtermen kvicksilver. En ny schaktplan baserad på de nya undersökningarna togs fram och benämndes N5. N5 uppfyller således Naturvårdsverkets åtgärds krav.

Som upplysning bör nämnas att alternativen N1, N2 och N5 ligger i stort sett i samma nivå vad avser mängden urgrävda massor och således alternativens kostnader. Skillnaden består i att en mer riktad urgrävning mot högre föroreningshalter möjliggörs i N5.

Omfattning av urgrävning i ton för alternativen N1 – N5:

Alternativ	N1	N2	N4	N5
Omfattning (ton)	53.000	49.000	69.000	51.000

Parallellt i projektet pågick hydrogeologiska studier, se avsnitt 2.2, vars resultat visade att planerade slitsmurar och injekteringsmurar (vertikala täta barriärer) ger mycket liten effekt. I projektet fattades därför beslut, i samråd med länsstyrelsen, att åtgärden med slitsmurar uppströms tas bort och slitsmuren vid strandlinjen ersätts med en fördjupad filterkonstruktion. Denna förändring skulle också krävas för alternativen N1, N2 och N4.

Övriga detaljprojekterade åtgärder är desamma för alternativen N1, N2, N4 och N5.

Under ett avstämningsmöte med Naturvårdsverket, länsstyrelsen, kommunen och projektet den 29 juni 2005 redovisade projektet alternativ N5. Vid mötet gav Naturvårdsverket direktiv om att ytterligare dioxinanalyser på sparade prover ska utföras, samt att projektet ska beräkna kostnaden för att avlägsna ytterligare hotspots på EKA och Brandts-området. I alternativ N5 ingår dessa urgrävningar av dioxin vilka uppgår till storleksordningen 5.000 ton. Detta gör att den totala urgrävningen för alternativen ökas i motsvarande mån. Den kompletterande urgrävningen av dioxin uppgår i storleksordningen till 4 Mkr.

I samband med detaljprojektering av N5 och pågående upphandling av entreprenader har en tydligare kostnadsbild erhållits. Inom ramen för detaljprojektering av alternativ N5 har ett mer detaljerat kalkylunderlag erhållits i form av bl a mängdbeskrivningar, miljökontrollprogram, arbetsmiljömätningar och krav på skyddsåtgärder från arbetsmiljöverket, länsstyrelsen m fl. Detta har medfört att kostnader har tillkommit. Dessa tillkommande kostnader är lika för samtliga alternativ N1, N2, N4 och N5.

I samband vid upphandling av rivning av byggnader inkluderat skyddsåtgärder uppmärksammas att arbetena är dyrare att utföra än vad som beräknats inom ramen för kalkyl 1 inom ramen för huvudstudien och projekteringen initialt. Denna fördyring av kostnader är lika för samtliga alternativ N1, N2, N4 och N5. Förändrade entreprenadkostnader står för ca 85% av den totala kostnadsökningen.

En förnyad beräkning av alternativ N1, N2, N4 och N5 med ovan redovisade förutsättningar att kostnaderna för projektet i Mkr enligt nedan:

<b>Alternativ</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N4</b>	<b>N5</b>
Totalkostnad (Mkr)	176,7	173,3	189	170
Varav entreprenad- kostnader inkl. reserv	108,7	105,3	121	102

För ytterligare underlag, se redovisning av projektkostnader se avsnitt 13.1.4. Övriga projektkostnader är gemensamma för samtliga alternativ N1 – N5.

## **11.2 REDUKTION AV FÖRORENINGSSPRIDNING OCH RISK I FÖRSLAG N5**

### **11.2.1 Källtermsreduktion**

En överslagsberäkning av källtermsreduktionen för alternativ N5 visar att totalmängden av andra föroreningar inom området minskar mellan 55 och 95 % (Tabell 11.1).

I kvarlämnade massor för N5 bedöms föroreningskoncentrationen (medel-) ligga i nivå Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning för samtliga påträffade föroreningar utom dioxiner. I tabell 11.1 jämförs reduktionen av föroreningar mot

total föroreningsmängd. Uppschaktningen i N5 bedöms leda till en reduktion av kvicksilver och dioxinmängden med mer än 90 %.

**Tabell 11.1** Alternativ N5. Översiktlig beräkning av reduktion av föroreningsmängden av oorganiska och organiska ämnen som påträffats i halter över nationella bakgrunds nivåer. Jämförelse med Naturvårdsverkets generella riktvärden samt i parentes, generella riktvärden redovisade i remissutgåva hösten 2005. Medelresthalter som överskrider båda riktvärdena markeras med fet stil.

	Nuläge	Alternativ N5		Beräknad resthalt	MKM
	Total mängd (kg)	Reduktion (kg)	Reduktion %	mg/kg TS	mg/kg TS
As	460	420	92	3	40 (30)
Cd	20	17	86	0,2	12
Co	940	860	92	5	250
Cu	6 300	5 800	92	37	200
Ni	15 000	12 000	79	<b>230</b>	200
Pb	1 500	900	61	42	300
Sn	8 300	8 000	96	24	-
V	840	570	67	19	200
Zn	6 500	5 600	86	63	700
Hg	8 450	7 800	92	<b>15*</b>	7
PAH canc	360	220	62	10	7 (30)
PAH övr	520	290	55	16	40
Dioxin	255**	242	95	<b>895***</b>	250 (200)

\* Medianen för kvicksilverhalter i jord är 1,38 mg/kg TS. Några få prover, främst på Eka-udden, med högre halter påverkar medelvärdet. Urgrävning på Eka-udden i N5 sker i den omfattning som det är tekniskt möjligt. Dagens medelhalt är beräknad till 139 mg/kg TS och maxhalten uppgår till 16 842 mg/kg TS.

\*\* Dioxiner anges i g (I-TEQ)

\*\*\*Halterna uttryckta i ng/kg (I-TEQ)

### 11.2.2 Åtgärdernas initiala effektivitet avseende reduktion av föroreningstransport

Den nuvarande föroreningsspridningen från EKA-området är i stor utsträckning kopplad till partikulär transport.

Erosionsskydd hindrar föroreningstransport via erosion och filterkonstruktion bedöms minska partikulär transport med grundvatten med ca 90 % (Tabell 11.3). Erosionsskyddets bedöms initialt reducera erosionen med ca 90 %. Vidare minskas transporten genom det reducerade grundvattenflödet (ca 10 %).

Därutöver minskar föroreningstransporten, både löst och partikulärt bundet, av borttagning av föroreningar från området. Det är emellertid inte givet att en reduktion av källtermen ger en motsvarande minskning av utlakningen. Lakningen påverkas av en rad andra faktorer som t.ex. lokalisering i plan och vertikalled av de föroreningar som tas bort.

Översiktliga skattningar, baserade på lakförsök, indikerar att 90 % av källtermen ger en reduktion av kvicksilverspridningen i storleksordningen 50 %. En överslagsmässig beräkning visar att den resulterande föroreningstransporten av kvicksilver efter åtgärder (partikelfilter, källtermsreduktion, flödesminskning) blir mindre än 5 % av den ursprungliga (0.1·0.5·0.9), d.v.s. 95 % reduktion (Tabell 11.3).

### 11.2.3 Riskreduktionsanalys

För att bedöma hur varje åtgärd i alternativ N5 reducerar miljö- och hälsorisker har en detaljerad riskreduktionsanalys genomförts enligt Bilaga 6. Riskreduktionsanalysen beskriver den procentuella riskreduktionen som varje åtgärd leder till på mycket lång sikt (1000 år). Analysen behandlar endast dioxin och kvicksilver och är riktad mot de styrande risker som har identifierats inom projektet. Riskreduktionsanalysen har utförts i två delar reduktion av 1) transportrisker och 2) hälsorisker

#### Reduktion av transportrisker

Riskreduktionsanalysen skiljer sig från den bedömningen av reduktionen av föroreningstransport genom att:

- Risker ses på mycket lång sikt (1000 år)
- Den totala risken för spridning via erosion och grundvatten beaktas i varje punkt
- Risker och riskreduktion beräknas med en hög rumlig upplösning (8\*8 m) så att riskreduktionen inom olika delområden kan beräknas
- Grundvattensspridning med partiklar och i löst form beaktas separat

**Tabell 11.2** Andel av totala spridningsrisken av kvicksilver och dioxiner som enskilda parametrar står för.

Parameter	Andel	Kommentar
Källterm	50 %	Konservativt antagande utifrån lakförsöken för Hg. Inget samband mellan fastfaskoncentration och dioxinutlakning i lakförsök. På <u>lång</u> sikt bör dock ett sådant samband existera.
Erosion	1% el. 25%	Endast viktig nära strandkanten (=25%) annars 1%. Räknat på 1000 år med 10 st 100 årsflöden och ett extremt 1000 årsflöde fås att erosionen bidrar med ca 1/3 så mycket föroreningar som grundvattensspridning under denna period. Eftersom ett plötsligt påförande av stora mängder föroreningar vid en tidpunkt (=erosion) kan ge påtagligt större effekter än en kontinuerlig spridning (=grundvatten) görs ändå antagandet att grundvattensspridning och erosion är av samma vikt vad gäller föroreningstransport i området nära strandkanten.
Grundvattensspridning med partiklar	23 % el. 46%	Grundvattentransport utgör 25% av risken nära strandkanten där erosion också är viktigt annars utgör den 50% av risken. Förhållandet mellan spridning med partiklar och i löst form är baserat på resultat från lakförsöken och mätningar i GV.
Grundvattensspridning i löst form eller bundet till löst organiskt kol	2% el. 4%	

För att beräkna riskreduktionen måste den totala risken först beräknas utifrån de faktorer som antas styra föroreningstransporten. Antaganden måste också göras om hur viktiga dessa



faktorer är i förhållande till varandra vad gäller deras påverkan på föroreningstransporten vilket redovisas i tabell 11.2.

För riskreduktionen på lång sikt (1000 år) görs en bedömning av vilken effektivitet de olika åtgärderna har på längre sikt (Tabell 11.3). Bedömningen baseras på antagande om en 50% reduktion av effektiviteten på lång sikt och ett linjärt avtagande av effektiviteten. Detta gäller dock ej källtermsreduktion som antas ha samma effekt på reduktion av föroreningsspridning sett över hela perioden.

Ett annat viktigt antagande för riskreduktionen är att den totala risken beror både på föroreningarnas koncentration och på deras exponering eller deras spridning till omgivningen. Fördelen med detta angreppssätt är att risker kan reduceras utan att ta bort föroreningar vilket harmoniserar med den föreslagna strategin för efterbehandlingsåtgärder på EKA-området.

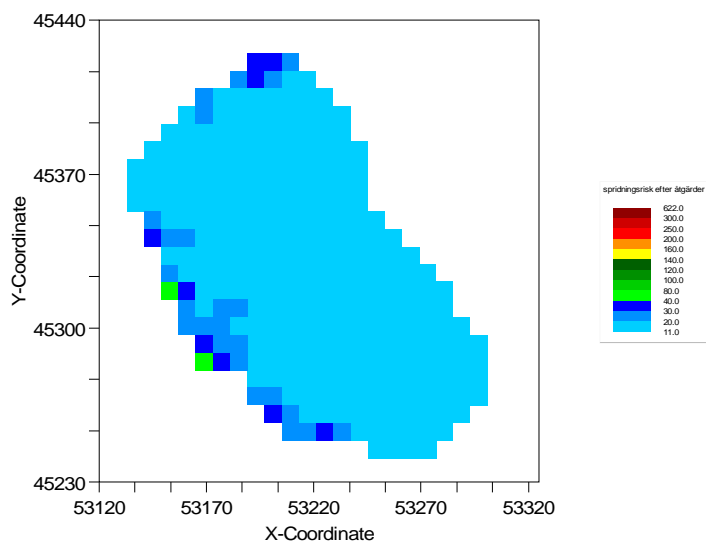
*Tabell 11.3. Åtgärdernas bedömda effektivitet över tid.*

Åtgärd	Åtgärdens effektivitet	
	Initialt	1000-års perspektiv
Erosionsskydd och täckning	ca 90 %	ca 60%
Partikelfilter	ca 90 % <sup>5</sup>	ca 70%
Sorptionsfilter		ca 70%
Källtermsreduktion <sup>6</sup>	ca 50 %	ca 50%
Minskat grundvattenflöde pga tätning	ca 10 %	ca 7,5%

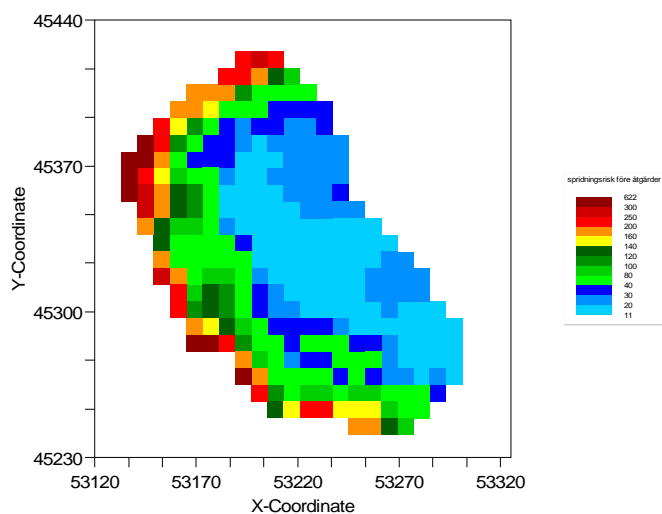
Risken för föroreningstransport via erosion (ovan grundvattenytan) och via grundvatten (under grundvattenytan) beräknas separat varefter de adderas inom varje areaenhet. För vidare beskrivning av metodik, se bilaga 6.

<sup>5</sup> Baserat på filterförsök

<sup>6</sup> Beräkningen av källtermreduktionens effekt på spridning baseras på lakförsök.



**Figur 11.1** Den totala spridningsrisken (Hg + dioxin) inom EKA området efter åtgärder. Skalan är enhetslös och relaterad till den semikvantitativa modell som använts



**Figur 11.2** Den totala spridningsrisken (Hg + dioxin) inom EKA området före åtgärder. Skalan är enhetslös och relaterad till den semikvantitativa modell som använts

Den totala reduktionen av spridningsrisker enligt N5 blir ca 90 % för Hg och ca 80 % för dioxin (Tabell 11.5). Figur 11.1 och 11.2 påvisar också det faktum att spridningsrisker reduceras mycket kraftigt inom hela området. I ett fåtal punkter kvarstår något förhöjda spridningsrisker, framförallt för att måttligt – låg förorenade massor kvarstår nära ytvatten. I jämförelse med situationen innan åtgärder är dock spridningsriskerna närmast obefintliga.

Tabell 11.4 påvisar riskreduktion inom olika delområden enligt N5. Den viktigaste observationen är att riskreduktionen per m<sup>2</sup> är jämbördig mellan de olika områdena. Det faktum att riskreduktionen på område D är i samma härad som i övriga delområden visar att det är ett

korrekt ställningstagande att ej ta bort förorenade massor där. Den högsta riskreduktion per m<sup>2</sup> sker på område A (EKA udden) vilket också är förväntat eftersom de mest fullständiga schakten och de mest förorenade massorna förekommer i ett område som kan karaktäriseras som mycket spridningsbenäget.

**Tabell 11.4.** Procentuell reduktion av spridningsrisker på EKA området inom olika delområden (se vidare i bilaga 6). För områdesbeskrivning, se bilaga 7.

	<b>Reduktion av föroreningstransport inom olika delområden enligt N5</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E+F</b>
<b>riskreduktion (%)</b>	10	12	18	18	43
<b>riskreduktion (% per m<sup>2</sup>)</b>	0.0061	0.0058	0.0051	0.0052	0.0053

Tabell 11.5 redovisar vilken grad av riskreduktion som de olika åtgärderna leder till. Observera att rivning av byggnader ej är med som en åtgärd eftersom effekten av denna på spridningsrisker är besvärlig att kvantifiera och inkludera i modellen för riskreduktion. Observera också att den totala spridningsrisken i Tabell 11.5 utgår från både erosionsspridning och olika typer av spridning via grundvatten såväl som det faktum att erosionsrisken endast är viktig nära strandkanten. Därför får varje åtgärd ett lägre värde på sin effektivitet än vad t.ex. lakningsförsök anger. Trots att partikelfilter antas ha en 70% effektivitet sett över lång tid får den endast ett värde på 50-56% i tabell 11.5 för att denna åtgärd endast reducerar grundvattensspridning och inte erosionsspridning. Erosionsskydd får ett lägre värde för att den enbart reducerar erosionsspridning som dessutom endast är viktigt i den del av området som befinner sig nära strandkanten

Riskreduktionsanalysen visar att borttagande av förorenade massor och partikel/sandfilter är de överlägset viktigaste åtgärderna för att reducera spridningsrisker på området. Eftersom sandfilter är en betydligt billigare åtgärd blir denna 17 gånger mer kostnadseffektiv än borttagande av förorenade massor vad gäller spridningsrisker.

Kostnadseffektiviteten av de olika åtgärderna bör beaktas mot hänsyn tagen till att alla åtgärder ej har som ensamt syfte att minska spridningsrisken. Borttagandet av förorenade massor och anläggandet av horisontella filter har också som syfte att minska exponeringsriskerna. Samtidigt styrs omfattningen av utgrävningarna inte av graden av riskreduktion utan till stor del av ambitionen att minska kvicksilverkälltermen med 90 %. Resonemanget tydliggörs av att de två åtgärder med högst kostnadseffektivitet för reduktion av spridningsrisker (partikelfilter och erosionsskydd) har tillkommit med det enda syftet att just minska spridningen av föroreningar från området. Sorptionsfilter har en lägre kostnadseffektivitet vilket skall ses mot bakgrund av dess förhållandevis låga totalkostnad, att den säkerställer ett långvarigt skydd mot spridning av kvarlämnade lågmolekylära/högtoxiska dioxiner och att den utgör ett skydd mot spridning av dioxiner vid en olycka med spill av lösningsmedel, något som inte inkluderas i riskreduktionsanalysen.

**Tabell 11.5** Procentuell reduktion av spridningsrisker på EKA området. Total riskreduktion och riskreduktion fördelat på olika åtgärder redovisas. Effekten som varje åtgärd enskilt leder till redovisas. I modellen interagerar åtgärderna och därför är summan av de enskilda åtgärderna större än den totala riskreduktionen (se vidare i bilaga 6).

Reduktion av spridningsrisker till Bengtsbrohöljen (%)				
	Hg	Dioxin	Totalt	Per 1000 000 SEK
<b>Alla åtgärder tillsammans</b>	90	85	89	1.6
<i>Reduktion av spridningsrisk för enskilda åtgärder</i>				
<b>Borttagande av förorenade massor</b>	45	51	47	1.0
<b>Horisontella barriärer</b>	8.4	7.9	8.2	3.1
<b>Dränering Strömgatan</b>	1.4	1.2	1.1	2.2
<b>Partikel/Sand filter</b>	56	50	54	16
<b>Sorptionsfilter</b>	1.1	2.9	1.7	2.3
<b>Erosionsskydd</b>	16	21	18	5.1

#### Reduktion av hälso/exponerings –risker

De riskfaktorer som ger upphov till exponeringsrisker är framförallt förekomsten av föroreningar i mark och i byggnader. En riskreduktion innebär alltså i huvudsak att bortskaffa förorenad mark och förorenade byggnader och att anlägga horisontella barriärer.

I alternativ N5 grävs en stor del de förorenade massorna bort med ett schaktdjup på 0.5 till 6 m beroende på delområde. I område D sker ingen urgrävning pga. av de förhållandevis låga halterna av dioxin och kvicksilver. Urgrävningen i kombination med den horisontella marktäckningen bestående av fyllning, bentonit och asfalt innebär att inga förorenade massor kommer att befinna sig ytligare än 1 m.u.my. på område A-D medan förorenade massor som befinner sig 0.5 m.u.my. täcks med horisontella barriärer på område E+F. Eftersom direktkontakt med jord, inandning av damm och inandning av ånga bedöms vara försumbara om föroreningar befinner sig på större djup (>1 m) samtidigt som horisontella barriärer reducerar exponeringen kraftigt reduceras alltså exponeringsriskerna associerade med förorenad jord fullständigt. Dessutom rivs alla byggnader och fraktas bort vilket i praktiken innebär att inga exponeringsrisker kvarstår på EKA-området.

En riskreduktionsanalys handlar här istället om att bedöma vilka åtgärder som reducerar risker mest. Eftersom den totala riskreduktionen för exponering är känd, är det inte resursmässigt möjligt eller motiverat att beräkna interaktiva effekter av olika åtgärder, t.ex. samtidig bortgrävning, återfyllning och anläggande av tätskikt av bentonit. Istället kan man beräkna den riskreduktion som varje åtgärd enskilt leder till. Man kan då göra några grova antaganden; 1)

exponeringsrisken är direkt relaterad till föroreningskoncentrationen; 2) förekomsten av förorenade byggnader (=cellhallen) utgör en lika stor exponeringsrisk som 90:e percentilen för föroreningskoncentrationer i jord; 3) exponeringsrisken adderas från jord och byggnader inom en areaenhet där byggnader förekommer; 4) exponeringsrisk förekommer endast på ytligare djup (<1 m); 5) Effekten av bortgrävning och filterfyllning är direktrelaterat till djupet på åtgärden; En bortgrävning ner till 1 m djup och återfyllning eller fyllning med 1 m mäktighet ovanpå existerande massor leder då till en 100% riskreduktion medan en bortgrävning till 0.5 m djup leder till 50% exponeringsreduktion; 6) En horisontell barriär (asfalt eller bentonit) leder till en 50% exponeringsreduktion om förorenade massor på ett djup < 1m täcks; 7) Rivning av byggnader leder till en 100% reduktion av den risk som byggnaden utgör.

Resultat från beräkningar utförda inom rektangulära areaenheter på 8\*8 m i ett rutnät som täcker hela området redovisas i tabell 11.6. Detaljer i metodiken redovisas i bilaga 6. När man beaktar kostnadseffektiviteten för dessa åtgärder gäller samma resonemang som för reduktion av spridningsrisker.

**Tabell 11.6** Procentuell reduktion av exponeringsrisker på EKA området fördelat på olika åtgärder (se vidare i bilaga 6).

	Reduktion av exponeringsrisker (%)			
	Hg	Dioxin	Totalt	Per 1000 000 SEK
<b>Alla åtgärder tillsammans</b>	100	100	100	1.9
<i>Reduktion av spridningsrisk för enskilda åtgärder</i>				
<b>Borttagande av förorenade massor inkl. återfyllning</b>	85	61	75	1.6
<b>Fyllning ovanpå existerande ej borttagna massor</b>	30	14	23	8.4
<b>Horisontella barriärer (område E+F)</b>	6	22	15	10.0
<b>Rivning av byggnader</b>	11	11	11	2.2

### 11.3 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDSKRAV FÖR N5

För att uppfylla åtgärdsmålen har projektet har definierat följande förslag till åtgärdskrav för efterbehandlingen.

#### Rivning av cellhallsbyggnaden

Den förorenade cellhallsbyggnaden ska rivas.

#### Schaktning

Schaktarbeten skall utföras i enlighet med gällande schaktplan. Urgrävningen styrs av åtgärdskravet 90 % minskning av källtermen kvicksilver inom Eka-tomten och Brandts-tomten.

Åtgärdskravet för dioxin är att kvarlämnade hotspots inte får överstiga 90:e percentilen av bakgrundshalten inom området. Därutöver kommer områden intill Bengtsbrohöljen samt EKA-gatan med lägre halter än 90:e percentilen att grävas ur p.g.a. dess placering nära vatten och trafikerad väg. Urgrävning av kvicksilver kommer att resultera i dioxinmängden minskar med 95 %.

Styrande för bedömning av åtgärdsbehov på större djup (>1 m under planerad markyta) har varit Naturvårdsverkets nuvarande generella riktvärden för skydd av miljö vid mindre känslig markanvändning. Naturvårdsverkets generella ekotoxikologiska MKM-värde är högre än 90:e percentilen (nuvarande "lokala" bakgrundshalt för djupare belägen jord inom området). Med hänsyn taget till miljö- och hälsorisker och dessa jämförelser, bedöms 90:e percentilen av bakgrundshalten inom området vara ett rimligt åtgärdskrav för den riktade urgrävningen av hotspots. Den beräknade medelhalten av dioxiner inom området för urschaktning ligger under Naturvårdsverkets generella riktvärde för skydd av miljö för mindre känslig markanvändning.

*Tabell 11.7 Åtgärdskrav avseende dioxiner i jord på djup > 1m under planerad markyta vid sanering av hotspots. Enhet ng TEQ/kg TS.*

<b>Naturvårdsverkets generella ekotoxikologiska riktvärde MKM</b>	<b>90:e percentilen</b> Jord > 1 m under markytan (före åtgärd)	<b>Beräknad medelhalt i kvarlämnad jord efter åtgärd</b>	<b>Naturvårdsverkets generella riktvärde MKM</b>
Rapport 4639			
50 000	18 700	895	250

Se även bilaga 8 och 9 som visar halter i jord avseende kvicksilver och dioxiner efter sanering enligt åtgärdsförslag N5.

Åtgärdskravet för restmedelhalterna i kvarlämnad i jord för övriga ämnen ska ligga i nivå med Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning. Beräknad medelhalt i kvarlämnad jord efter åtgärd redovisas i tabell 11.1.

#### Filterfyllning

Filtret ska vara 1,0 m mäktigt horisontellt. Samtliga filter ska installeras ner till ursprungliga jordlager. Filtermaterialet ska vara enbart sand eller sand blandat med ca 3 viktsprocent aktivt kol (AquaSorb 1000 eller liknande).

Filtret med enbart sand ska fungera som partikelfilter och vara dämmande för inströmning (av lösta organiska föreningar) av sjövattnen och utströmning av grundvattnen (utströmning av partikelbundna föroreningar). Filtret med aktivt kol ska utöver partikelfiltrering fungera som

absorptionsmedium för bl.a. dioxin. Sandfiltret kommer att installeras innanför ök strandslänt utmed kraftverkskanalen och på en sträcka ca 80 m ök strandlinjen för Bengtsbrohöljen. Från läget där partikelfiltret avslutas ska absorptionsfiltret ansluta och byggas hela sträckan fram till dagens läge för ångbåtsbryggan. Från ångbåtsbryggan utanför södra området kommer ytterligare ett sandfilter att installeras.

#### Erosionskydd

Ett erosionskydd ska anläggas för att skydda filter och strandlinje.

#### Horisontella barriärer

Kvarlämnade föroreningar inom EKA-tomten har genom lakförsök bestämts vara av typen icke-farligt avfall, vilket enligt Naturvårdsverkets riktlinjer kräver en tätning av övertäckningen. EKA-tomten ska därför förses med ett tätskikt (Lergeomembran = bentonitmatta).

Bentonitmattan består av två geotextiler med ett skikt av bentonit (ca 5 kg bent/kvm) emellan. Bentonitmattan beräknas ha en hydraulisk konduktivitet på ca  $1 \times 10^{-10}$  m/s. Bentonitmatta rullas ut i våder med ca 4 m bredd. Ovan tätskiktet ska installeras ett dräneringsskikt ca 0,3 m mäktigt. Dränskiktet ska säkerställa en effektiv avledning av vatten ovan tätskiktet. Ca 1,3 m skyddstäckning kommer sedan att bredas ut på dräneringsskikt. Skyddsskiktet kommer att bestå av blandkorniga stabila massor. Täckningen av området ska begränsa inflödet av nederbördsvatten till  $50 \text{ l/m}^2$  år i befintliga jordmassor inom EKA-tomten.

#### Avskärande dränering

En grundvattenavskärande dränering ska installeras ovan EKA-området mot Strömgatan. Vattnet ska ledas både till kraftverkskanalen och till Bengtsbrohöljen via Ekagatan. Dräneringsledningen ska läggas på en beräknad nivå som motsvarar mediangrundvattennivån inom läget för dräneringen. Detta betyder att dräneringen kommer att ha varierande nivå utmed hela sträckningen samt att lutningen ska vara ca 0,5 %. Ledningen förses med spolbrunnar.

Dräneringen ska bestå av en plastledning med diametern 200 mm och ett dräneringsmaterial av makadam 16-32 mm. Makadam ska fungera som dränering på lång sikt då kanske plastledningen inte längre fungerar. Dräneringsledningen som ska avslutas i Bengtsbrohöljen vid Eka-gatan ska förses med sandfång och oljeavskiljare. Avsikten med dräneringsledningen ska vara begränsa grundvattennivån till ett högsta läge för att minska grundvatteninflödet till EKA-området.

#### Framtida markanvändning

Framtida markanvändning ska regleras genom administrativa åtgärder via detaljplan.

## **11.4 BELASTNING I ANDRA OMRÅDEN P.G.A. SANERING AV EKA - OMRÅDET**

En reduktion av miljö- och hälsoriskerna inom EKA-området ger ökad miljöbelastning inom andra områden. Omfattning av uppgrävning av förorenade massor och val av deponeringsalternativ påverkar energiförbrukning, transportbehov och emissioner i anslutning till transporter samt hushållning med naturresurser. Generellt kan sägas att belastningen står i proportion till uppschaktningens omfattning. Deponering av förorenat material kan medföra ökad belastning i anslutning till valda deponier.

## **12. VAL AV ÅTGÄRD**

### **12.1 FÖRSLAG TILL BESLUT**

Genomförd riskvärdering visar att åtgärdsalternativ N5 (optimerad N1 och N2) uppfyller samtliga åtgärds mål ävensom kommunens och Naturvårdsverkets åtgärds krav.

### **12.2 MOTIV TILL FÖRSLAG TILL BESLUT**

Miljö- och hälsoriskbedömningen har visat att det i dagsläget finns hälsorisker vid vistelse inom området och i cellhallsbyggnaden. Spridning av föroreningar till Bengtsbrohöljen pågår, vilket med tanke på de stora föroreningsmängderna är en process som kommer att pågå under mycket lång tid. Detta medför att miljö- och hälsorisker i dagsläget motiverar åtgärden inom landområdet.

Därutöver har flera potentiella skadehändelser identifierats vilka inom rimligt överskådbar framtid kan leda till ökade exponeringsrisker och väsentligt ökad spridning med påföljande miljörisker i recipient och nedströms vattenområden. Särskilt risken för metylering ökar väsentligt om kvicksilver når recipienten. En fortsatt spridning till recipienten medför att åtgärdsområdet, de ekologiska riskerna och kostnaderna ökar över tid vilket motiverar åtgärder i dagsläget.

Åtgärdsförslaget N5 reducerar identifierade risker enligt miljö- och hälsoriskbedömningen. Värderingen av åtgärdsförslaget visar att N5 är ett miljömässigt motiverat, tekniskt möjligt och ekonomiskt försvarbart alternativ. Åtgärdsförslaget uppfyller kommunens och Naturvårdsverkets formulerade åtgärds mål.

Åtgärdens omfattning motiveras även av den stora mängden av kvicksilver och dioxiner inom området och efterbehandlingen kommer avsevärt att reducera dessa mängder. Reduktionen kommer att bidra till uppfyllelsen av det nationella miljömålet Giftfri miljö samt att ämnena kvicksilver och dioxiner som är prioriterade ämnen i svensk och internationell lagstiftning åtgärdas i mycket stor omfattning. Åtgärden kommer även att resultera i att mängden av andra föroreningar såsom PAH och tungmetaller minskar inom området.



## 13. EFTERFÖLJANDE PROJEKTSKEDEN

### 13.1 PROJEKTDIREKTIV

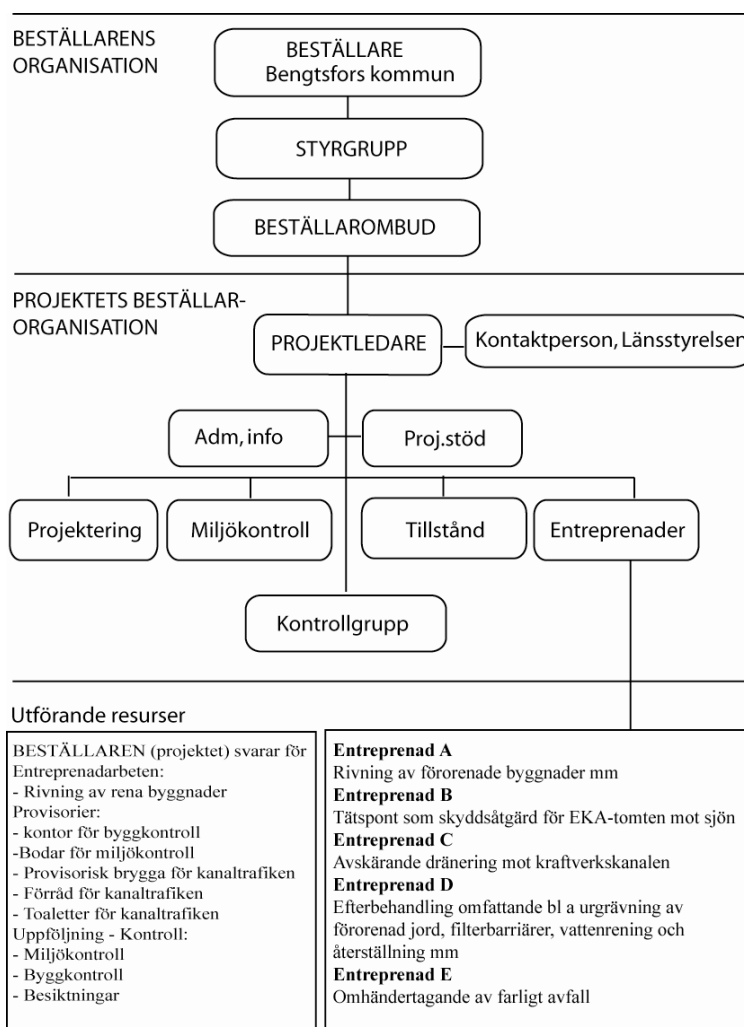
#### 13.1.1 Nuläge och kommande projektskeden

Kompletterande utredningar, för- och detaljprojektering inom åtgärdsramen är slutförda. I förberedelseskedet kvarstår att slutföra pågående arbete med upphandling av entreprenader för efterbehandling.

Genomförandeskedet, som beräknas inledas 2006, kommer bl.a. att omfatta spontning, installation av avskärande dränering, rivning av förorenad byggnad, urgrävning av förorenad jord, omhändertagande av förorenad jord och rivningsavfall, behandling av förorenat överskottsvatten som uppstår under arbetstiden, installation av filterkonstruktioner, återfyllning, täckning och återställning.

#### 13.1.2 Organisering

Huvudman för EKA-projektet är Bengtsfors kommun. Organisation för efterbehandlingen är sammansatt av beställarens organisation, projektets organisation och utföranderesurser, se figur 13.1.



Figur 13.1 Principskiss Projektets organisation

### Beställarens organisation

*Styrgruppen* beslutar i frågor om projektdirektiv, d.v.s. projektets organisation, genomförande, omfattning, utformning, tids- och kostnadsramar, samt om projektets avslutande.

*Beställarombudet* företräder beställaren inför projektet och anger projektdirektiven, samt utgör kommunens ombud i entreprenadärenden enligt AB92 och ABT94.

### Projektets organisation

*Projektledaren* ansvarar inför beställarombudet för projektet i dess helhet och leder arbetet i projektet.

*Projektadministrationen* ansvarar inför projektledaren för administration i projektet, samt deltar i projektarbetet med beslutsunderlag, mötesprotokoll m.m.

*Projektstöd* är specialister till projektgruppens förfogande. Projektstödet roll är rådgivande, inte beslutande. Projektstödet deltar vid behov i projektets kontrollgrupp och kan utgöra expertstöd vid besiktningar.

*Delprojektledare* ansvarar inför projektledaren för sina respektive delprojekt, samt leder och fördelar arbetet inom respektive delprojekt.

Delprojekten är Projektering, Miljökontroll, Tillstånd och Entreprenader. För samtliga kontroller bildas en kontrollgrupp.

- *Delprojekt Projektering* skall inom sitt fackområde medverka i projektets utredningar och med resultat från projektets undersökningar och utredningar som underlag svara för och utarbeta tekniskt underlag för upphandling av entreprenadtjänster.
- *Delprojekt Miljökontroll* ansvarar för att miljökontroll genomförs enligt beslutade miljökontrollprogram. Här ingår också dokumentation av data, samt sammanställning och distribution av rapporter avseende miljökontrollen.
- *Delprojekt Tillstånd* har till huvudsaklig uppgift att ansvara för miljöprövning, övriga tillståndsärenden och avtal med markägare.
- *Delprojekt Entreprenader* svarar för arbetsmiljö, byggledning och kontroll med syfte att säkerställa att goda förhållanden råder inom arbetsområdet, att arbetena med efterbehandlingen blir genomförda enligt fastställda planer, arbetshandlingar och upprättade kontrakt.
- *Kontrollgruppens* arbetsuppgifter omfattar besiktning och kontroll av efterbehandlingsarbetena, de kontroller som miljödomstolen och andra myndigheter föreskriver i domar och beslut, samt de kontroller som följer av arbetsmiljölagstiftningen.

### Utföranderesurser

*Entreprenadkontrakt*; entreprenörer upphandlas för saneringsarbetet, se organisation figur 13.1.

### Kvalitetsstyrning

Miljömässigt kvalitetssäkras projektets genomförande genom ett särskilt undersöknings- och uppföljningsprogram. Detta program för kvalitetssäkring leds av Jan Sundberg, Geo Innova AB, underställt projektledningen. Till arbetet knyts experter från forskarvärlden i den omfattning som erfordras.

### Informationsinsatser

EKA-projektet tillhör de större pågående efterbehandlingsprojekten i Sverige och därför är blickarna inom branschen riktade mot Bengtsfors. Det är av stor vikt att nå ut med information kring projektet, både för att hålla boende och andra berörda inom kommunen informerade samt fylla en central funktion för erfarenhetsåterföring och kunskapsuppbyggnad nationellt. För att nå ut till samtliga intressenter riktas informationen. Att ta emot besökande vid arbetsplatsen är en viktig informationsinsats. En varierande skara besökare t.ex. universitet, lokala skolor, kommunala tjänstemän, myndigheter och boende ska kunna tillgodogöra sig kunskap om projektet. Det gör man enklast genom bra informationsskyltar (utställning) samt kunniga guider på plats.

Nyhetsbrev är ett angeläget forum för att bl.a. informera om kommande arbeten och gällande säkerhetsföreskrifter för att bl.a. förebygga olyckor. Dessutom bör kommunens hemsida uppdateras kontinuerligt under det pågående saneringsarbetet.

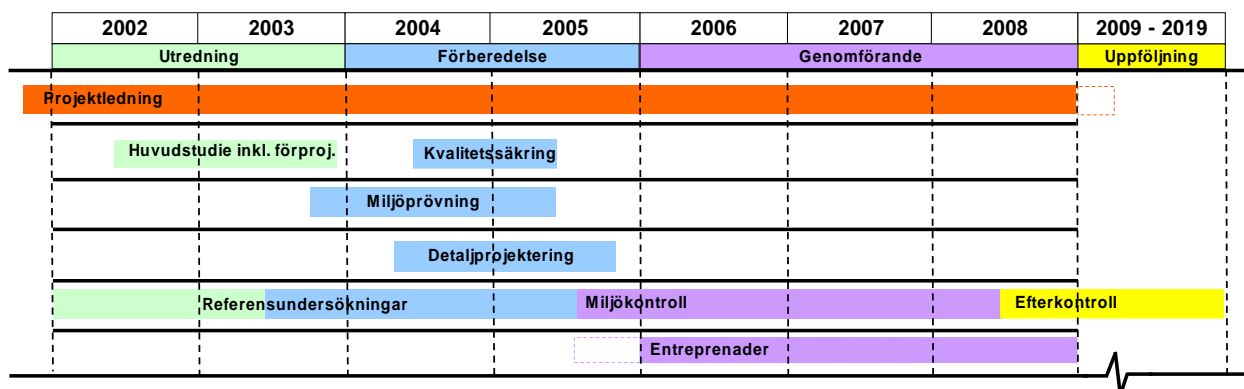
I projektet planeras att skapa ett Miljörum. Tanken är att genom Miljörummet förmedla följande tre viktiga saker; industrihistoria, kunskap kring efterbehandlingen och varaktig information till eftervärlden om vad som inte får göras inom området.

Miljörummet kan utformas på ett sådant sätt att karaktärsdrag från den gamla industribyggnaden gestaltas i rummets utformning. Till miljörummet tas det fram en permanent utställning som ger undervisning om efterbehandlingen och om industrihistorien.

### **13.1.3 Tidplan**

Enligt projektets huvudtidplan beräknas efterbehandlingsarbetena i dess helhet vara slutförda under år 2008 och preliminär slutrapport för projektet kommer att färdigställas under första halvåret 2009. Slutlig rapport med verifiering av måluppfyllelse beräknas bli klar under år 2010. Uppföljningsprogrammet med avseende på bl.a. provtagning av analys av fisk från Bengtsbrohöljen planeras att enligt miljökontrollprogrammet pågå till år 2019.

Översiktlig tidplan, figur 13.2, åskådliggör EKA-projektets samtliga projektskeden.



Figur 13.2 Översiktlig tidplan över samtliga projektskeden

### 13.1.4 Kalkyl

Enligt Kalkyl 2 daterad 2005-11-04 beräknas projektets kostnader uppgå till 170 MSEK.

Till grund för kostnads kalkylen ligger:

- Entreprenadkontrakt för omhändertagande av farligt avfall (SAKAB).
- Tecknade konsultavtal.
- Projekteringshandlingar och prissatta mängdbeskrivningar, Envipro Miljöteknik AB, status 2005-10-20.
- Arbetsmiljöplan med tillhörande kontrollprogram.
- Miljökontrollprogram.
- Program för hydrogeologisk undersökning.
- Förslag till återställning av EKA-tomten; Naturinformation Ramneverk AB, 2005-08-25.

Utgångspunkter för kalkylen är också att projektet i egen regi svarar för alla förekommande kontroller kopplade till myndighetskrav, lagar och förordningar.

Kalkylerade kostnader fördelat på aktiviteter i projektet framgår av Tabell 13.1.

*Tabell 13.1 Projektkalkyl samt nyckeltal i procent.*

<b>Aktivitet</b>	<b>Kalkyl MSEK avrundat</b>	<b>Nyckeltal i procent</b>
Projektledning, administration och Beställarens kostnader för deltagande i möten, kostnader för Beställarombud mm	13,1	7,7%
Information, utställningar, Web-sida, nyhetsbrev mm	1,5	0,9%
Kunskapsuppbyggnad, erfarenhetsåterföring och rapporter	1,0	0,6%
Upphandlingar av konsulttjänster, entreprenader mm	3,8	2,2%
Projektering, fältarbeten, analyskostnader, tekniskt underlag för upphandling av entreprenader mm	10,9	6,4%
Utredningar, komplettering av huvudstudie, utredningar under entreprenadtiden, måluppfyllelse mm	10,2	6,0%
Miljökontroll, personalkostnader, provtagning och analys, skyddsutrustning mm	17,9	10,5%
Tillstånd, arvoden och avgifter mm för miljöprovning	3,6	2,8%
Ersättningar till markägare, hyror mm	6,0	2,9%
Entreprenader inkl. kostnader för byggledning, kontroller och besiktningar, arbetsmiljömätningar, samt projektreserv	102,0	60,0%
<b>SUMMA</b>	<b>170,0</b>	<b>100,0%</b>

Kalkylen bygger på dels förutsättningar som är kända vid kalkyltidpunkten 2005-11-04, dvs. upparbetade kostnader per september 2005, à-priser för omhändertagande av farligt avfall enligt kontrakt med SAKAB, à-priser för upphandlade konsulter, samt à-priser för tjänstemän i kommunen och dels på bedömning av omfattning av återstående arbetsinsatser, beräknade mängder och antagna marknadspriser för planerade entreprenadarbeten.

Kalkylerade data har genom känslighetsanalys värderats och kvarstående osäkerheter har uppskattats. Sannolikt lägsta kostnad för projektet är beräknad till 155,7 MSEK och motsvarande högsta kostnad är beräknad till 170,2 MSEK. Troligt utfall är kalkylerat till 159,6 MSEK. Beaktat sannolik kostnadsspridning har 10,4 MSEK reserverats för oförutsedda kostnader.

Osäkerheter i projektet kan främst kopplas till rivning av förorenade byggnader och omfattning av urgrävning av förorenad jord, samt kostnader för omhändertagande. Av projektets totala osäkerhet skattad till 23,2 MSEK utgör 19,4 MSEK osäkerhet i kostnad för entreprenader. Denna kalkylosäkerhet kan visa sig vara underskattad beroende av behov av ändrade arbetsmetoder. Erfarenhetsmässigt kvarstår dylika osäkerheter till det att arbetena är slutförda.

EKA-projektet omfattar arbeten av stor svårighetsgrad i såväl tekniskt som miljö- och arbetsmiljöhanseende, vilket är prisdrivande och fördyrande på grund av de försiktighetsmått och skyddsåtgärder som krävs för att uppfylla krav som berörda myndigheter ställer.

Naturvårdsverket har genom länsstyrelsen framfört krav på att projektet ska optimeras och planeras till en lägre kostnad. Omfattande utredningar och undersökningar har utförts för att tillmötesgå kravet. Resultatet av dessa arbeten har minskat osäkerheter. En sänkning av projektets beräknade slutkostnad är, bortsett från marginella justeringar, endast förenlig med ändrad målsättning och ändrade åtgärdskrav.

Nyckeltal för projektets aktiviteter redovisas ovan. En jämförelse med nyckeltal i några andra genomförda och pågående efterbehandlingsprojekt redovisas i Tabell 13.2 nedan.

**Tabell 13.2 Jämförelse med nyckeltal i andra projekt**

Nyckeltal	Järnsjön GE *		Örserumsviken GE		Svartsjöarna TE **		EKA-projektet GE		Högsby-Ruda GE	
	MSEK	%	MSEK	%	MSEK	%	MSEK	%	MSEK	%
Projektleddning	3,5	7,6%	9,5	8,2%	7,1	6,4%	15,6	9,2%	5,7	7,6%
Upphandling	0,7	1,5%	0,8	0,7%	1,2	1,1%	3,8	2,2%	0,9	1,2%
Projektering	1,2	2,6%	3,8	3,3%	0,5	0,4%	10,9	6,4%	4,8	6,4%
Utredningar	0,0	0,0%	3,8	3,3%	3,7	3,3%	10,2	6,0%	6,0	8,0%
Miljökontroll	11,9	25,9%	16,8	14,5%	12,8	11,5%	17,9	10,5%	6,5	8,7%
Juridik	0,7	1,5%	2,0	1,7%	1,4	1,3%	3,6	2,1%	1,5	2,0%
Ersättningar	0,6	1,3%	0,0	0,0%	1,5	1,3%	6,0	3,5%	0,3	0,4%
Entreprenader	27,3	59,5%	78,8	68,2%	83,5	74,8%	102,0	60,0%	49,3	65,7%
Summa	45,9	100,0%	115,5	100,0%	111,7	100,0%	170,0	100,0%	75,0	100,0%

\* GE = Generalentreprenad, \*\* TE = Totalentreprenad

Projektet Järnsjön, Örserumsviken och Svartsjöarna är sjöuddringsprojekt med anläggande av interna deponier. Projekt Högsby-Ruda är rivnings- och marksaneringsprojekt med anläggande av intern deponi. Detta är omständigheter som bör beaktas vid jämförelse med EKA-projektet.

### **13.1.5 Genomförandeskedet**

Genomförandeskedet omfattar samtliga entreprenadarbeten som beskrivs i avsnitt 8, del I.

Genomförandet av dessa arbeten kommer att kontrolleras och besiktigas enligt utarbetade program och planer med syfte att säkerställa att arbetena uppfyller miljökraven samt att arbetena utförs enligt entreprenadhandlingar.

För att säkerställa att saneringen inte ger upphov till olägenheter för omkringliggande miljö och för att avhjälpa att identifierade risker inte uppkommer genomför kommunen egenkontroll enligt förordningen om verksamhetsutövarens egenkontroll.

Egenkontrollen omfattar bl. a. planer och dokument som ska garantera att entreprenaden genomförs i enlighet med gällande miljölagstiftning och att eventuella risker analyseras, kontrolleras och följs upp. Framtagna strategiska dokument och projektets arbetsätt ska medföra att projektet uppfyller gällande miljölagar och krav. I egenkontrollen ingår att kommunen genom provtagning och analyser ska visa och styrka att entreprenaden genomförs i enlighet med gällande villkor i meddelad dom. Riskanalys och miljökontrollprogram ingår som styrande dokument i egenkontrollen. Arbeten med egenkontrollen kommer fortlöpande att kommuniceras med tillsynsmyndigheten.

En arbetsmiljöplan för projektet har upprättats. Planen är ett levande dokument och uppdateras kontinuerligt under entreprenaden. Arbetsmiljöplanen gäller för samtliga personal som verksam inom området; kommunens egen personal, anlidade konsulter och entreprenörer. Varje anlidad entreprenör kommer att åläggas att komplettera arbetsmiljöplanen så att inga riskfyllda arbetsmoment blir åsidosatta.

Under arbetstiden kommer arbetsplatsen att vara bemannad med kontrollpersonal inom både miljökontroll och byggkontroll. I bilaga 10, detaljtidsplan, åskådliggörs den planerade samordningen mellan pågående entreprenadarbeten och kontroller inom arbetsmiljö och miljö.

#### Styrande villor för saneringen

Miljödomstolen har i sin dom 2005-07-04, Mål nr M 3015-04 meddelat Bengtsfors kommun följande villkor:

1. Om inte annat framgår av nedan angivna villkor skall verksamheten – inbegripet åtgärder för att minska vatten- och luftföroreningar samt andra störningar för omgivningen – utformas och bedrivs i huvudsaklig överensstämmelse med vad kommunen uppgett eller åtagit sig i målet.
2. Efterbehandlingsåtgärderna skall dimensioneras utifrån målsättningen att reducera minst 90 procent av kvicksilverföroreningarna inom EKA-området.
3. Kommunen skall innan rivningsarbetena påbörjas i samråd med länsstyrelsen dokumentera äldre byggnader inom EKA-området och redovisa dokumentationen till länsstyrelsen.
4. Slutlig utformning av barriärer till skydd mot föroreningsspridning (horisontella och vertikala) skall ske i samråd med länsstyrelsen.
5. Rivning av cellhallsbyggnaden skall ske i ett för ändamålet uppfört tält med filterförsedda frånluftskanaler. Utsläppet av gasformigt kvicksilver respektive damm från frånluftskanalerna får som riktvärde (se punkt 10) och veckomedelvärde inte överskrida 0,03 mg respektive 5 mg per normalkubikmeter luft. Vid rivning skall säkerställas att undertryck råder.

6. Skulle för omgivningen störande lukt uppkomma skall kommunen vidta effektiva motåtgärder.
7. Hantering och förvaring av jordmassor och rivningsavfall skall ske så att spridning av föroreningar och damm till omgivningen minimeras.
8. Mängden överskottsvatten skall minimeras.
9. Överskottsvatten skall avledas till tätad uppsamlings-, utjämnings- och sedimentationsbassäng där provtagning kan ske. Med ledning av resultaten från provtagningen skall förorenat överskottsvatten renas i en behandlingsanläggning. Denna skall utformas i samråd med tillsynsmyndigheten.
10. Utsläpp av överskottsvatten som uppkommer under entreprenadtiden får inte överskrida följande riktvärden\* :

Perkloretylen	1	mg/l
Kvikksilver	0,001	mg/l
Bly	0,01	mg/l
Koppar	0,01	mg/l
Dioxin	0,1	ng I-TEQ/l
Kadmium	0,005	mg/l
Zink	0,3	mg/l
Suspenderat material	20	mg/l

pH skall ligga mellan 6 och 9

\* Med riktvärde avses ett värde som vid överskridande medför skyldighet att vidta åtgärder för att förhindra att överskridandet upprepas.

11. Processvatten som uppkommer vid tvättning av jord- och rivningsmassor skall samlas upp i slutet system och därefter behandlas på sätt som tillsynsmyndigheten medger.
12. Lagring av förorenade massor och förorenat rivningsmaterial skall ske på material-avskiljande underlag och under nederbördsskydd om inte tillsynsmyndigheten medger annat. Massor och rivningsmaterial som är blöta skall förvaras på tätt underlag. Detta gäller inte rena, av tillsynsmyndigheten friklassade, färdigbehandlade jordmassor och icke-förorenat rivningsmaterial.
13. Tvättningsanläggningar för jord- och rivningsmassor skall placeras under nederbördsskydd eller på en tät yta från vilken överskottsvatten kan samlas upp för behandling.
14. Transport av förorenade massor skall ske i täckta fordon. Arbetsområdet skall för undvikande av föroreningsspridning delas upp i en ”smutsig” och en ”ren” del. Maskiner och fordon får inte passera från smutsig till ren del utan föregående rengöring av däck.
15. Hälsö- och miljöstörningar från transporter skall minskas i skälig utsträckning. Detta skall beaktas vid upphandling av transporter.
16. Buller från entreprenaden får inte utan medgivande av tillsynsmyndigheten överstiga de riktvärden som anges i Naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2004:15) om buller från byggplatser. För jordtvättsanläggning och fläktar inom saneringsområdet skall dock gälla att den sammanlagda bullernivån orsakad av dessa utomhus vid bostäder, som riktvärde\* inte får överskrida 50 dB(A), vardagar, dagtid (kl. 07.00 – 19.00)
17. Kemiska produkter och avfall skall hanteras på sådant sätt att risken för förorening av mark och vatten minimeras. Lagring av kemikalier och flytande farligt avfall får endast förekomma på nederbördsskyddad, invallad och tät yta. Invallningen skall inrymma det största förvaringskärlens volym samt 10 % av den samlade volymen av övriga

- förvaringskärl. Lagringen skall vara skyddad mot påkörning. Användning av kemikalier som tillsats vid tvättning av jordmassor får ske efter tillsynsmyndighetens godkännande.
18. Ett kontrollprogram för efterbehandlingsarbetena skall redovisas till tillsynsmyndigheten senast två månader innan dessa arbeten påbörjas.
  19. Kommunen skall tillse att okontrollerat tillträde till saneringsområdet förhindras i erforderlig omfattning.
  20. Efter arbetenas slutförande skall Bengtsfors kommun till Sjöfartsverket sända in de uppgifter som eventuellt erfordras för rättning av sjökort och nautiska publikationer.
  21. Arbetena skall vara utförda inom tio (10) år från det att domen vunnit laga kraft i tillståndsdelen.
  22. Anspråk i anledning av oförutsedd skada orsakad av vattenverksamhet får framställas inom fem (5) år från arbetstidens utgång.
  23. Kommunen skall installera pglar i kraftverksdammen, i kraftverkskanalens utlopp omedelbart nedströms kraftverket samt i Bengtsbrohöljen för bedömning av fallförlust i kraftverkskanalen i samband med arbeten i denna. Eventuella tvister i fråga om ersättning för minskad kraftproduktion till följd av ökad fallförlust i kraftverkskanalen får hänskjutas till Miljödomstolens prövning enligt reglerna om ersättning för oförutsedd skada.

#### Delegation till tillsynsmyndigheten

Tillsynsmyndigheten bemyndigas enligt 22 kap. 25 § tredje stycket miljöbalken att meddela villkor och föreskrifter om

- a) åtgärder, t.ex. anläggande av vertikala barriärer, för att minska vatteninträngning (bortleda upp till 60 000 m<sup>3</sup> inträngande grundvatten) från sjön Lelången (per år),
- b) detaljutformning av barriärer,
- c) skyddsåtgärder mot grumling av ytvatten vid spontning och schaktning i vattenområde,
- d) utformning av behandlingsanläggning för överskottsvatten,
- e) behandling av processvatten från tvättning av jord- och rivningsmassor,
- f) avsteg från Naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2004:15) om buller från byggplatser,
- g) försiktighetsmått i fråga om damning, lukt och avgång av klorerade alifater från EKA-området under entreprenadtiden,
- h) försiktighetsmått rörande hantering och förvaring av jordmassor och rivningsavfall,
- i) undantag från villkor 12 rörande lagring av förorenade massor och förorenat rivningsmaterial samt
- j) att i mindre omfattning medge ökad uppgrävning av förorenade massor.



### **13.1.6 Uppföljningsskedet**

Efter genomförd sanering sker uppföljning av åtgärden genom efterkontroll. Dessutom kommer projektet att dokumenteras i en erfarenhetsrapport.

#### Måluppfyllelse

Projektet avser genomföra en sammansättning av åtgärder för att klara uppsatta åtgärds mål. För att verifiera att projektet har uppfyllt de övergripande och detaljerade målen kommer projektet att följa upp målen med hjälp av ett antal aktiviteter; riskreduktionsanalys, besiktningar och efterkontroll.

Genom **riskreduktionsanalysen** kan varje genomförd åtgärd relateras till en procentuell reduktion av exponeringsrisker (åtgärds mål 1) och spridningsrisker (åtgärds mål 2). Några absolutkrav på i vilken grad målen skall uppfyllas finns ej. Istället redovisas riskreduktionen för varje åtgärd kopplat till de två åtgärds målen (se avsnitt 11).

För att säkerställa de riskreducerande egenskaperna hos de genomförda åtgärderna kommer den funktionella beskaffenheten hos varje åtgärd att kontrolleras genom **besiktningar** där det fastställs att de tekniska specifikationerna för varje åtgärd uppfylls (se åtgärds krav, avsnitt 11).

För att indikera i vilken grad åtgärderna leder till skydd av omgivande miljö (åtgärds mål 2) genomförs en utförlig **efterkontroll**. Programmet omfattar bl.a. provtagning med sedimentfällor, grundvattenprovtagning, provtagning i luft, ytvatten och av bottenfauna och fisk. Dessa mätningar ger ytterligare indikationer på i vilken grad spridningen av miljögifter till Bengstbrohöljen reduceras och ger därmed underlag för bedömning av måluppfyllelse på lång sikt.

## REFERENSRAPPORTER

Rapportnr	Företag	Titel
<b>2002</b>		
EKA 2002:1	Geo Innova AB	Mark - och grundvattenförhållanden vid EKA - området i Bengtsfors
EKA 2002:2	Geo Innova AB	Föroreningssituationen i mark och grundvatten
EKA 2002:3	Geo Innova AB	Föroreningsspridning från EKA-området i Bengtsfors
EKA 2002:4	Geo Innova AB	Åtgärder för att begränsa föroreningsspridning
EKA 2002:5	Geo Innova AB	Lakbarhet av jord, sediment och byggnadsmaterial.
EKA 2002:6	Studsvik Eco&Safety AB	Identifiering och kvantifiering av källor till kvicksilver och dioxiner i systemet Lelång - Bengtsbrohöljen
EKA 2002:7	Geo Innova AB	Sammanställning av resultat från fältundersökningar och laboratorieanalyser
EKA 2002:8	GF Konsult AB	Arbetsmiljöplan
EKA 2002:9	GF Konsult AB	Miljökontroll. Riktlinjer för provhantering och laboratorieanalyser för fördjupade undersökningar/referensundersökningar.
EKA 2002:10	Golder Associates AB	Miljöteknisk undersökning av klorerade alifater i grundvatten, porluft och ytvatten inom norra och nordvästra delen av EKA - området
EKA 2002:11	Envipro Miljöteknik AB	Efterbehandlingsåtgärder
EKA 2002:12	Empirikon AB	Projektstatus EKA - Bengtsfors 2001-2006, projektrapport nr 1
EKA 2002:13	Golder Associates AB	Kompletterande miljöteknisk undersökningar i byggnader
EKA 2002:14	Golder Associates AB	Kompletterande åtgärdsinriktad historisk inventering av EKA:s gamla industriområde i Bengtsfors
EKA 2002:15	WSP Environmental	Projektrapport 1, Miljö - och hälsoriskbedömning samt åtgärdsutredning
EKA 2002:16	WSP Environmental	Bottenfaunaundersökning samt föroreningsinnehåll i fisk och sediment i Bengtsbrohöljen
EKA 2002:17	WSP Environmental	Nätprovfiske i Bengtsbrohöljen
EKA 2002:18	WSP Environmental	Projektrapport II, Riskvärdering av åtgärdsalternativ se rapport 2005:5
EKA 2002:19	GF Konsult AB	Provtagningsmanual. Vägledning för kvalitetssäkrad provtagning.
EKA 2002:20	Studsvik Eco&Safety AB	Transporter av kvicksilver och dioxiner till, inom och från Bengtsbrohöljen
EKA 2002:21	Studsvik Eco&Safety AB	Föroreningar i Bengtsbrohöljens sediment - förekomst och spridningsförutsättningar
<b>2003</b>		
EKA 2003:1	GF Konsult AB	XRF - resultat jämfört med laboratorieanalyser
EKA 2003:2	GF Konsult AB	Provtagning i byggnader
EKA 2003:3	Mannheimer Swartling	Ansvarsutredning
EKA 2003:4	Geo Innova AB	Redovisning av flottjobb. Resultat och utvärdering

EKA 2003:11	Bengtsfors kommun	Fältlokalen för EKA - projektet i Bengtsfors. Bakgrund och framtida behov av lokalen i projektet.
EKA 2003:12	Empirikon AB	Projektstatus EKA - Bengtsfors 2001-2006, projektrapport nr 2
EKA 2003:13	Envipro Miljöteknik AB	Teknisk beskrivning (ingår i miljöansökan)
EKA 2003:14	Envipro Miljöteknik AB	MKB
EKA 2003:15	GF Konsult AB	Miljökontrollprogram
EKA 2003:16	Geo Innova AB	Kompletterande undersökning för avgränsning av föroreningar i EKA - området
EKA 2003:17	Mannheimer Swartling	Tillståndsansökan (inkl. Teknisk beskrivning och MKB)
<b>2004</b>		
EKA 2004:1	GF Konsult AB	Resultatrapport miljökontroll 2003
EKA 2004:2	Geo Innova AB	Modellering av grundvatten- och spridningsförhållanden vid olika åtgärdsalternativ
EKA 2004:3	Lunds Universitet	Kvicksilver
EKA 2004:4	Envipro Miljöteknik AB, Geo Innova AB	Lakförsök i kolonner - program och resultat
EKA 2004:5	Lunds Universitet	Dioxin
EKA 2004:6	Empirikon AB	Upphandlingsstrategier, reviderad 2005-05-19
EKA 2004:7	Empirikon AB	Egenkontrollplan
EKA 2004:8	GF Konsult AB	EKA- projektet i Bengtsfors. Beställarens arbetsmiljöplan för entreprenader
EKA 2004:9	Empirikon AB	Projektstatus EKA - Bengtsfors 2001-2007, projektrapport nr 3
EKA 2004:10	GF Konsult AB	Resultatrapport miljökontroll 2004
<b>2005</b>		
EKA 2005:1	Envipro Miljöteknik AB	Åtgärdsförberedande undersökningar - provtagningsprogram
EKA 2005:2	Envipro Miljöteknik AB	Åtgärdsförberedande undersökningar - provschakt, siktning, tvättning och analyser
EKA 2005:3	Bengtsfors kommun	Beredningsplan
EKA 2005:4	GF Konsult AB	Manual till schaktdatabas
EKA 2005:5	Envipro Miljöteknik AB, Geo Innova AB, Lunds Universitet	Projektrapport III, Komplettering av miljö- och hälsoriskbedömning samt åtgärdsutredning med riskvärdering av åtgärdsalternativ
EKA 2005:6	Geo Innova AB	Beskrivning av hydrogeologisk konceptuell modell
EKA 2005:7	Empirikon AB	Projektstatus EKA - Bengtsfors 2001-2010, projektrapport nr 4

## Förklassificering och mängdberäkning av jordmassor för grävsanering inom EKA-området.

Utförningen av den kompletterande provtagningen (apr-maj 2005) baserades på ett tidigare schaktalternativ (N4) än det som nu ligger till grund för beräkning av grävsanering, schaktalternativ N5. I N5 kommer ett par områden att schaktas djupare vilket gör att antalet tillgängliga provresultat minskar med djupet samt att de nedersta proverna är tagna som samlingsprover på 1 m. Analysresultat från samlingsprover på 1 m som jämnt överlappar 2 nivåer används på båda nivåerna.

Djupet (nivån) för den planerade enhetsvolym (saneringsenhet) är, oberoende ytans storlek, fastslagen till 0,5 m. För varje nivå ingår generellt analysresultat där provet i sin helhet är taget inom intervallet, ex 0-0,5 m. För prover som är tagna på ett större intervall än 0,5 m gäller att minst 50% av provet ingår inom intervallet.

### Metoder för visualisering av halter och beräkning av mängder

Den kompletterande provtagningen genomfördes i ett rutnät på 10x10 m. I varje hörn och på varje enhetsnivå togs generellt ett prov. Där det fanns ”säkra” analysresultat från tidigare provtagningar bedömdes det onödigt att ta ytterligare några nya. I den yttre strandzonen och under cellhallsbyggnaden begränsades provtagningen p.g.a. hinder att genomföra provtagning.

För att inte vara beroende av punkternas exakta placering i förhållande till en rutnätsindelning interpolerades halterna vilket ger möjligheten att visualisera en möjlig föroreningsutbredning på området. Interpoleringen ställdes in så att halten mitt i mellan två resultat ligger nära medelvärdet av dessa. Den interpolerade föroreningsutbredningen kan sedan överföras till vald rutnätsindelning och presenteras som en medelhalt för respektive enhetsvolym.

Som jämförelse mot en interpoleringsmetod har även provresultaten används för beräkning av medelvärden som används vid beräkning av medelhalten i varje 10x10 m ruta. För medelvärdesberäkning användes först och främst prover inom rutan (hörn och gamla prover inom rutan) och inom enhetsnivån. För att ”fånga” in prover som ligger ”strax” utanför rutan (gamla prover) valdes ett avstånd på 1,5 m runt rutan som sökkriterium. Antalet prover för beräkningen var 1-6 st. För ett 10-tal rutor fanns ingen punkt inom de valda kriterierna, för dessa användes istället medelvärdet från angränsande rutor (1-9 st).

Skillnaden mellan ett ”interpolerat” medelvärde och vanligt medelvärde är bl a att vid interpolering tas hänsyn till avståndet till provpunkten, d v s en närliggande punkt får större vikt (gäller i princip gamla punkter) och att ytor med få eller inga punkter i dess närhet bättre kan bedömas avseende klassificerande halt (interpolering och extrapolering). I tabell 1 nedan sammanfattas några för- och nackdelar med respektive metod.

Tabell 1. Några för- och nackdelar med olika klassningmetoder

	Fördelar	Nackdelar	Anm.
10 x 10 medelvärde	Mindre antal enhetsvolymmer  Mindre mängder med hög halt Hg	”Grövre” beräkning av föroreningsutbredning  Större mängder med ”mellanlåg” halt Hg  Svårare att kontrollera schaktade delar av stora rutor i en detaljerad schaktplan  1 st 10x10 ruta ger minst 4 containrar	Totalmängden Hg minskar avsevärt i förhållande till tidigare beräkningar.
10 x 10 medelvärde interpolerat	Bättre beräkning av föroreningsutbredning (och mängder) än med medelvärde	Kontrolleffekter med att schakta delar av stora rutor i en detaljerad schaktplan	Överensstämmer med tidigare totalmängder av Hg
5 x 5 medelvärde interpolerat	Bättre beräkning av föroreningsutbredning (och mängder) än med medelvärde  Större mängder med låg halt Hg  Bättre avgränsning av klassificering  Bättre kontroll av den detaljerade schakten  Lägre eller lika kostnad för omhändertagande	Större antal enhetsvolymmer  Större mängder med hög halt Hg	Överensstämmer med tidigare totalmängder av Hg

### Storlek av enhetsvolym

Det framtagna schaktalternativet N5 är ett resultat av att 90% kvicksilver och områden med höga dioxinhalter tas bort från området. För att minimera jordvolymen har områden med höga kvicksilverhalter primärt valts ut vilket gör att schakten blir uppdelad över flera ytor. Val av ytstorlek på schakten har stått mellan 10x10 m rutor och 5x5 m rutor. En bedömningseffekt som blir större vid schaktning med 10x10 rutor jämfört med 5x5 är när schaktgränserna ligger mitt i rutan. Behovet av kontroll blir större med större rutor för att avgöra (bedöma) hur stor del av enhetsvolymen som kvarlämnas, vilket även ska dokumenteras och föras in i databasen. En effekt med mindre rutor ökar mängden enhetsvolym som ska hanteras.

Entreprenörens administrativa arbete och omkostnader för schakt och containermärkning m m blir i stort densamma för de olika alternativen eftersom varje lastmängd är 1 st container (11 ton) som ska märkas oavsett enhetsvolymens storlek. Insatsen för att kontrollera fler rutor

(5x5) med t ex följesedlar mm bedöms inte blir större då hela hanteringen planeras ske genom en schaktdatabas.

### Containerkapacitet

Varje container kommer att kunna lastas med max 11 ton (alt max volym 15 m<sup>3</sup>) borttagna jordmassor. En enhetsvolym på 12,5 m<sup>3</sup> (5x5m) motsvarar ca 7,5 m<sup>3</sup> efter siktning. Materialvolymen ca 7,5 m<sup>3</sup> ger ca 11 ton (löst lagrat) utsorterat material mindre än 20 mm.

### Jämförelse med tidigare beräkningar av Hg-mängder inom EKA området

I rapporten "Föroreningssituationen i mark och vatten" (EKA 2002:2) som ligger tillgrund för bedömning av kvicksilvermängder inom området beräknades kvicksilvermängder utifrån det analysmaterial som fanns tillgängligt vid tidpunkten. Beräkningarna visade på att ca 15 ton kvicksilver fanns inom området med en spridningsfördelning på ca 85 % inom område A och B. Någon hänsyn till jordfraktioner togs inte med i beräkningen vilket gör att mängderna inte direkt går att jämföra med senare beräkningar.

De beräkningar som gjordes efter den kompletterande provtagningen är baserade på ett större material och utgår från en interpolerad utbredning på området. I beräkningen har hänsyn tagits till jordens densitet och fraktionsfördelning inom olika delområden. Totalmängden Hg i EKA-området är nu beräknad till ca 8,5 ton. Som jämförelse mot tidigare beräkningar så är fördelningen inom område A och B nu tillsammans ca 75% vilket stämmer bra eftersom några nya ytor utanför dessa, som innehåller höga halter, har påträffats.

### Val av metod för klassificering

Sammanfattningsvis valdes den interpolerade utbredningen för beräkning av jord- och kvicksilvermängder bl a för att inte undervärdera totalmängderna samt för att få en mer korrekt fördelning av höga och låga medelhalter. Beräkning av halter och mängder kommer att överensstämma med tidigare beräkningar av totalmängderna inom EKA-området eftersom dessa är baserade på samma material och metodik. När samma beräkningsmetodik används vid grävsaneringen är det lättare att avgöra när kravet på 90% reduktion av kvicksilvret är uppnådd.

Lämplig storleken på rutorna bedöms vara 5x5 m, bl a för att minska antalet "avskurna" rutor och därmed minska svårigheten att bedöma mängden samt för att bättre passa containerkapaciteten. Enhetsvolymen för marksaneringen blir därmed generellt 12,5 m<sup>3</sup>.

### Klassificeringsplaner

Klassificeringsplanerna är uppdelade för varje 0,5 m. Planerna följer schaktplanen och anger omhändertagandeklass för varje enhetsvolym. Enhetsvolymmer med samma klass kan slås

samman efter att tillhörande id-nummer registreras utifrån gällande rutiner. Klassificeringsplanerna ingår som bilagor till Genomförandebeskrivning marksanering, handling AFB.22.11.

## Beräkning av övriga metaller samt PAH och dioxiner baserat på alternativ N5

Tabellerna nedan utgår från fil/dokument *Ämnen i Jo; sammanställning; miljökontroll B-fors kommun* framtagen av Sabina Kołodynska, Miljökontrollant EKA-projektet. Dokumentet är en sammanställning av analyser som finns i EKA-projektets miljödatabas. Sammanställningen är kompletterad med analyser från provgropar till ”tunnförsöken”(rapport EKA 2004:4), samt med ett de senaste dioxinanalyserna från komplettering aug 2005. Samtliga resultat är inlagda i projektets miljödatabas.

Bakgrundsvärden för metaller togs fram på olika sätt, dels med hjälp av de analyser som utförts tidigare på prover representerande den lokala bakgrunden (7441 -7446), dels halter i matjord NV 5148 och dels värden som finns ansatta i remissversionen av riktvärden för förorenad mark (remissen har några justeringar jämfört med NV 4638). Efter det jämfördes max-värdena för alla data med bakgrundsvärdena och delades upp i halter som låg 0-2, 2 -10 eller mer än 10 ggr något av bakgrundshalterna. De ämnen där maxvärdet överskred 10 ggr av bakgrundshalten med något av jämförvärdena prioriterades och massbalansen är räknad på dessa: As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Sn, V, Zn.

En förenkling gjordes av den modell Envipro Miljöteknik AB använt. Ett försök att fördela data på delområden förkastades eftersom schaktalternativen numera inte har något tydligt samband med den tidigare delområdesuppdelningen. Dessutom är det svårt att låta ett fåtal analyser (gäller främst metaller och PAH) representera en stor volym jord. Trots att data har sammanslagits är det fortfarande möjligt att data inte är helt representativa. Provtagningen kan vara ”biased” eftersom den inriktats på att ta hand om ”hot spots” av kvicksilver, och inte gjorts i syfte att kartlägga områdets medelhalter. Andra ämnen kan, i den mån de följer kvicksilver, vara behäftade med samma fel. Uppskattningar av totalvolym jord och bortschaktad jord i föreliggande alternativ är gjord enligt filen: Volymberäkning N5 mod 3b.

I nedanstående tabeller återges ej värden för kvicksilver eftersom denna mängd har räknats ut separat med interpolering vilket ger ett mer tillförlitligt resultat. Interpoleringsmetoden beskrivs i bilaga 1.

Tabell 1. Beräkning av borttagen och kvarvarande mängd av några prioriterade ämnen vid schaktalternativen N5 mod 3b reviderad 051012. Beräkningsgången beskrivs i texten ovan.

	Totalt (kg)	N5 Bort N5 (kg)	N5 Andel bort %	N5 Kvar (kg)	Kvot borttrans/bakg.
As	461	422	92	39	5
Cd	20	17	86	3	2
Co	935	862	92	73	19
Cu	6324	5793	92	530	27
Ni	15331	12071	79	3260	122
Pb	1507	914	61	592	1
Sn	8292	7952	96	341	171
V	841	566	67	275	2
Zn	6519	5622	86	897	6
PAH canc	360	224	62	136	17
PAH övr	522	289	55	233	13
dioxin	254628	241959	95	12669	



\* Dioxinmängder angivna i mg i stället för kg (I-TEQ)

I den andra delen av analysen gjordes en jämförelse med bakgrunden och medelhalterna vid schaktalternativen jämfördes med dessa. Med denna uppskattning fås en uppdelning i prioritetsordning för de olika ämnena, som baseras på hur effektiv schaktningen är i förhållande till bakgrundshalter. Det framgår t.ex. av tabellen att Sn och Ni förekommer i stor omfattning på EKA-området. Lokal bakgrund av bly ligger nära medelvärdet för området vilket visar att effektiviteten vid schaktning med avseende på bly är låg.

Kvarvarande halter har jämförts med remissversionen av Naturvårdverkets Generella riktvärden genom att arsenikhalten är sänkt till 30 mg/kg och riktvärdet för halten cancerogena PAH har höjts till 30 i stället för som tidigare 7 mg/kg.

Tabell 2. Jämförelse mellan kvarvarande halter och riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM) enligt Remiss angående vägledningsmaterial för riskbedömning av förorenade områden 2005-07-04.

	Resthalter N5 rev mg/kg	MKM mg/kg
As	2,73	30
Cd	0,20	12
Co	5,16	250
Cu	37,45	200
Ni	230,21	<b>200</b>
Pb	41,83	300
Sn	24,06	
V	19,41	200
Zn	63,35	700
PAH canc	9,58	30
PAH övr	16,43	40
Dioxin*	894,64	<b>200</b>

\* Halterna uttryckta i ng/kg (I-TEQ)

## Allmänt

I projektet har olika åtgärdsförslag arbetats fram. Åtgärdsförslagen utgörs av åtgärdsnivå 1-7 samt åtgärdsnivå N1-N5.

## Åtgärdsnivå 1-7

Baserad på miljö- och hälsoriskbedömning presenterades initialt 7 olika åtgärdsnivåer som i olika grad reducerar risken för framtida exponering och spridning och som i huvudsak innebär successivt ökande insatser och kostnader.

### Åtgärdsnivå 1 och 2

Åtgärdsnivå 1 innebär att ett miljöriskområde skapas. Nuvarande och potentiella risker kvarstår, men via villkor som begränsar tillträde samt mark- och byggnadsutnyttjande kan hälsorisker och vissa spridningsrisker reduceras något. Risken för potentiella skadehändelser kvarstår.

Åtgärdsnivå 2 kan ses som ett minimalalternativ som genom rivning av byggnader, anläggandet av vissa horisontella och vertikala barriärer d v s endast vertikal barriär mot kraftverkskanalen uppfyller åtgärdsmålen avseende hälsa och risken för spridning av föroreningar i dagsläget. Alternativet reducerar inte riskerna för vissa potentiella skadehändelser, såsom t.ex. erosion utmed Bengtsbrohöljen.

### Åtgärdsnivå 3 - 7

Åtgärdsnivåerna 3a, 3b, 4, 5 och 6 innefattas av ett åtgärds paket med olika ambitionsnivåer för urgrävning av förorenade massor. *In situ* åtgärder för PCE, t.ex. ”pump and treat” och vacuumextraktion, har övervägts för att reducera källtermen. Tekniska svårigheter och osäkerheter i reningseffektivitet, bl. a. relaterade till föroreningens djuputbredning och områdets heterogenitet, i kombination med bedömningen av nuvarande och framtida miljö- och risker och en pågående naturlig nedbrytning, medför att inga ytterligare åtgärder föreslås för reduktion av PCE-källan. Risken för spridning av gas till byggnader kommer att elimineras genom planerad rivning.

Sammanfattningsvis ingår i åtgärdsnivåerna att anlägga bl. a. vertikala och horisontella barriärer samt avskärande dränering, utföra urgrävning av förorenad jord, anlägga filter längs strandlinjen och genomföra rivning av den förorenade cellhallsbyggnaden.

Det som skiljer åtgärderna åt är att det inte ingår slitsmurar i åtgärdsnivå 3a, 4 samt 6. Det resulterar kortfattat i att kontrollen av halter och flöden efter åtgärd bedöms kunna göras i ett kortare tidsperspektiv för åtgärd 3a och 4 jämfört med 3b och 5. Detta kan härledas till att planerad spont som bedöms inneha motsvarande effekter som slitsmurar inte är lika beständig. I åtgärdsnivå 6 bedöms inte någon långtidsbeständig barriär i form av slitsmurar vara nödvändig eftersom större delen av kvicksilverföroreningarna i detta alternativ är urgrävda. Åtgärdsnivå 7 innefattar en fullständig urgrävning av samtliga föroreningar vilket innebär att åtgärder för skydd mot spridning av föroreningar endast krävs under genomförandet.

I nordvästra delen området mot kraftverket anläggs en injekteringsmur vars syfte är att avleda inkommande vatten från Lelång. Längs Strömgatan anläggs en avskärande dränering för att bl. a. minska mängden inkommande vatten i området. Utmed med Strömgatan,

kraftverkskanalen, intill Bengtsbrohöljen anläggs slitsmurar var syfte är att ytterligare reducera spridningsrisken och eftersökt effekt är bl. a. att förlänga vattnets strömningsväg och att bibehålla en något förhöjd och stabil grundvattennivå inom området (gäller ej åtgärdsnivå 3a, 4 och 6). Slitsmuren medför att påverkan av vattenståndsvariationer i Bengtsbrohöljen, med resulterande fluktuationer i grundvattennivåer, blir mindre. Slitsmuren motverkar också inflödet av löst organisk kol (DOC) och närsalter från Bengtsbrohöljen. Ökade koncentrationer av dessa kan bidra till ökad rörlighet av dioxiner respektive metylering av kvicksilver. Mot Bengtsbrohöljen föreslås att en dränering anläggs. Dräneringsdiket mot Bengtsbrohöljen ger möjlighet att styra grundvattennivån.

Innan arbetena påbörjas anläggs en spont längs med kraftverkskanalen och Bengtsbrohöljen och denna föreslås även omfatta det södra området. Innanför sponten anläggs filter som syftar till att reducera spridningen av kvarvarande föroreningar. Filtret anläggs utmed hela strandlinjen. Utanför sponten anläggs erosionskydd. För att kunna anlägga erosionskydd utanför spont krävs att sedimenten i nära anslutning till området muddras.

Inom området rivs den förorenade cellhallsbyggnaden för att eliminera riskerna för hälsa och spridning från den förorenade byggnaden. Utgrävning av förorenad jord varierar mellan de olika alternativen och utgrävningen ökar med åtgärdsnivåerna vilket innebär att 3a och 3b har lägre ambitionsnivå än åtgärdsnivå 6.

När utgrävningen är färdigställd anläggs horisontella barriärer i området. De horisontella barriärerna har som funktion att minska risken för exponering för kvarlämnade föroreningar samt i viss mån minska infiltration. På Eka – tomten bedöms risken för exponering av föroreningar i jord som försumbar om den förorenade jorden finns på större djup än 1 m under markytan. Tätskiktet motsvarar kraven på icke-farlig deponi med en mäktighet om 1 m och den årliga infiltrationen i alternativen 2-6 beräknas till ca 10 l/m<sup>2</sup>. Inom Brants föreslås schakten att omfatta 0,5 m och schakten ersätts med rena fyllnadsmassor. Åtgärdsutredningen har visat att nivån på befintliga byggnader medför att barriärens mäktighet inte kan ökas utan ytterligare uppschaktningar. Barriärens mäktighet medför ett något lägre skydd mot exponering inom området, men bedöms med hänsyn till områdets nuvarande och planerade användning och föroreningssituationen utgöra en acceptabel skyddsnivå.

I södra området ligger föroreningshalterna på en låg nivå och i samtliga åtgärdsalternativ föreslås terrassering och avjämning med 0,3 m jord.

### **Åtgärdsnivå N1-N5**

Arbetet med att ta fram ett miljömässigt accepterad och optimala lösning har varit ett processinriktat arbete i vilken tidigare åtgärdsförslag och dess effekter har analyserats, utvärderats och konkretiserats. Syftet med analysen har varit att verifiera kraven på en slutlig åtgärdslösning och studier har visa att åtgärden nödgas medföra goda biokemiska förutsättningar och goda grundvattenförhållanden. Dessutom ska den slutliga åtgärden vara kostnadseffektiv. Kortfattat beskrivet har åtgärdsförslaget utvecklats allteftersom.

Till att börja med tog projektet fram 4 olika nivåer, N1 till N4. Alternativen omfattas i allmänhet av samma tekniska utformning med olika detalj- och ambitionsnivåer för utgrävning av förorenade schaktmassor.

Den stora förändringen mellan tidigare förslag (åtgärdsnivå 1-7) är bl.a. att slitmuren mot kraftverkskanalen inte ingår i förslagen N1-N4. Slitmurens riskreducerade effekt att minska

spridningsrisken genom att förlänga och troligen fördröja grundvattnets strömning är svår att bedöma. Av den anledningen har slitsmuren uteslutits i de nya alternativen. Vidare utesluts även slitsmuren mot Bengtsbrohöljen vid EKA-tomten och ersätts med filter samt en djupliggande slits under planerat filter utmed strandlinjen vid Brants. I alternativ N1 - N4 ger den föreslagna filterlösningen en hydraulisk tröghet i systemet och minskar inflödet av DOC och närsalter. Trögheten dimensioneras genom val av filtermaterial. Filterkonstruktionen ersätter således tidigare förslagen slitsmur.

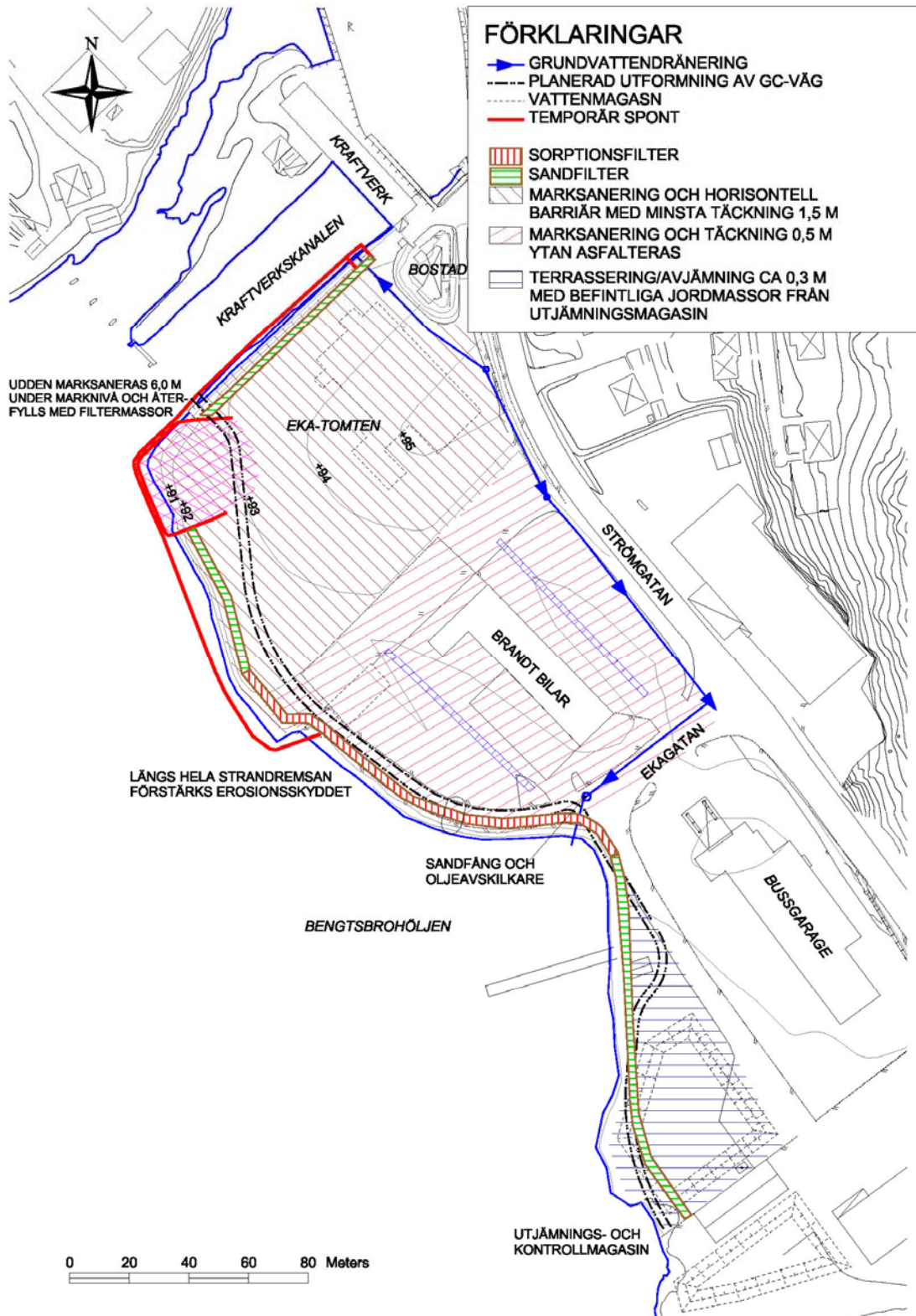
I de nya förslagen anläggs planerat filter och erosionskydd längs med strandlinjen innanför sponten vilket resulterar att ingen fyllning kommer att läggas utanför spont. Detta medför att risken för spridning av bottensediment blir obetydlig vilket resulterade i att muddring inkl. skärmar som skyddsåtgärd inför fyllningsarbeten inte behövs. Grumlingen när sponten vibreras ned är mindre än vid installation av skyddskärmar. Filterkonstruktionen har även anpassats till vilka föroreningar som dominerar inom olika delområden. Utanför Eka-området planeras motsvarande partikelfilter som i tidigare alternativ (åtgärdsnivå 1-7). Detta filter ska reducera eventuell spridning av kvarlämnade kvicksilvermängder. Skillnaden mot tidigare förslag är att i alternativ N1 - N4 sker inblandning av svårnedbrytbart organiskt material utmed strandlinjen vid Brants för att ytterligare minska risken för spridning av dioxiner, då dioxiner dominerar inom delområdet.

I likhet med för tidigare förslag installeras en spont under arbetstiden som skydd mot spridning av föroreningar under entreprenaden. Sponten är temporär och i de nya förslagen är sponten något kortare och anläggs längs strandlinjen vid EKA-tomten för att vikas av mot land i gränsen mellan Brandts och EKA-tomten. Vid EKA-udden förstärks skyddet mot spridning ytterligare med hjälp av att kompletterande sponten med en inre spont.

De planerade tätskikten har vid ytterligare granskning visades sig resultera i lägre infiltration vilket bedöms medföra en större påverkan på grundvattenförhållanden inom området (flöde, nivåer). För att inverka på rådande grundvattenförhållanden i minimal omfattning planeras en mindre tät barriär i alternativ N1-N4 med en beräknad årlig infiltration på 50 l/m<sup>2</sup>.

Efter utvärdering av kompletterande åtgärdsinriktade utredningarna samt fördjupade hydrologiska studier som genomfördes under hösten 2004 samt våren 2005 har projektet tagit fram ytterligare ett alternativ. Alternativet är en optimering och viss modifiering av förslagen N1 och N2 och det benämns N5. Kortfattat avviker åtgärdsförslag N5 mot N1-N4 främst i fråga om slitsmurar, vilka har utgått till följd av resultat som har framkommit i projektets fördjupade studie av hydrologiska förhållanden inom området. Motiven till dessa överväganden är bl. a. att eftersökta effekter, d v s reduktion av spridning av föroreningar från kvarlämnade massor, kan uppnås utan att installera samtliga planerade slitsmurar.

## Plan för åtgärder



Perspektiv	Miljö - Hälsa	Juridik	Kostnader	Teknik	Natur - Kultur - Fritid	Landskapsbild	Kommunikation	Närings	Övriga intressen
<b>Nollalternativ</b> Inga efterbehandlingsåtgärder	Exponeringsrisk relaterad till höga föroreningshalter i yttlig jord.  Exponeringsrisk vid vistelse i cellhallen.  Pågående förorenings spridning (nuläge och under lång tid). Det förorenade området ökar över tid. Potentiella skadehändelser (bl a erosion, brand, olyckor) ej säkrade och kan leda till spridning och exponering.	Ingen saneringsansvarig enl ansvarsutredning inom större delen av undersökningsområdet. Förvärv av Bengtsfors 4:49, EKA 2 och Möbelsnickaren 1 har skett efter införande av Miljöbalken.  Fastighetsägaren/ verksamhetsutövaren har arbetsmiljöansvar (cellhallen) och ansvarig för skyddsåtgärder.	Över tiden ökande kostnader för efterbehandlingsåtgärder.  Ökade underhållskostnader i cellhallen.	Tekniskt ökande underhållskrav på byggnader och anläggningar.  Saneringsomfattningen ökar över tiden, vilket leder till ökad omfattning, komplexitet och kostnader beträffande efterbehandlingsåtgärder.	Industrihistoriskt och kulturellt intressanta byggnader kan bevaras.  Landområdet kan inte utnyttjas utan restriktioner.  Friluftsliv och naturvärden i Bengtsbrohöjlen och nedströms vattenområden kan påverkas negativt.	Ingen förändring.	Nuvarande kommunikationsproblem kan inte lösas (bl a gång- och cykelväg, förbindelse båtbrygga - centrum).  Utbyggnad av infrastruktur försvåras.  Ev. begränsningar i framtida båtrafik.	Begränsningar för användningen av mark- och byggnader.  Risk för negativ påverkan på fritidsfiske/turism och fiskbestånd i Höjlen och nedströms.  Ökade underhållskostnader och skyddsåtgärder avseende arbetsmiljö i cellhallen. Samtliga reparationsåtgärder fördras pga föroreningar inom området.	Allmän oro för miljö- och hälsorisker inom EKA-området och spridning till Bengtsbrohöjlen.
<b>Åtgärdsnivå 1</b> Miljörisikområde bildas	Enligt nollalternativ, men ökad kontroll via villkor. Risker för hälsa kan begränsas via villkor.	Enligt nollalternativ.  Tillstånd enligt SFS 98:930.  Restriktioner för markanvändning och -arbeten enligt villkor.	Enligt nollalternativ.  Kostnad för tillstånd och administration.	Enligt nollalternativ och villkor.	Enligt nollalternativ och villkor.	Enligt nollalternativ.	Enligt nollalternativ.	Enligt nollalternativ och villkor.	Enligt nollalternativ.
<b>Åtgärdsnivå 2 (minimialternativ)</b> Rivning av byggnader inom område A-D och omhändertagande av material.  Horisontella barriärer (täckning) inom område A-F, H.  Filterbeklädnad av slänt utmed Bengtsbrohöjlen, utan erosionskydd.  Slitsmur eller spont mot kraftverkskanalen.  Upptagning och behandling av sediment.	Uppfyller åtgärds mål avseende hälso- och miljösituationen i dagsläget. Uppfyller ej åtgärds mål avseende potentiella skadehändelser. Spridning av kvarvarande föroreningar reduceras med filterinstallation. Åtgärden medför att föroreningar över tid koncentreras i partikelfilter nära sjön. Reduktion av källterm (byggnadsmaterial)	Tillstånd enligt PBL och MB, miljöprövning omfattar vattenverksamhet.  Avtal med fastighetsägare. På EKA 1, Möbelsnickaren 1, Bengtsfors 4:50 för tillträde/störningar under entreprenad.	Entreprenad 40 MSEK	Teknik och skyddsåtgärder mot exponering och spridning anpassade till föroreningssituationen i cellhallen.  Horisontella barriärer långtidsbeständiga (100-tals år), Kontrollerbara, åtkomliga och reparerbara.  Partikelfilter mindre beständigt genom avsaknad av erosionskydd och källtermsreduktion. Filter kontrollerbart och åtkomligt. Reparation erfordra skyddsåtgärder mot Bengtsbrohöjlen. Skyddsåtgärder (muddring och skyddssärmar) inför etablering av vertikal barriär.	Byggnader rivs, men industrihistoriskt och kulturellt intressanta byggnader dokumenteras.  Ett parkområde kan skapas inom området.  Förutsättningarna för det rörliga friluftslivet oförändrade eller förbättrade.	Förbättring.	Nuvarande kommunikationsproblem kan lösas (bl a gång- och cykelväg, förbindelse båtbrygga - centrum).  Utbyggnad/förändring av ledningsnät försvåras.  Risken för att båtrafik grumlar sediment minskar.	Begränsad markanvändning.  Risk för negativ påverkan på fritidsfiske/turism och fiskbestånd i Höjlen och nedströms minskar.  Omlokalisering av trävaruhandel nödvändig.	Huvudsakligen positiv respons från allmänheten för att åtgärder vidtas.  Omvandling till parkområde och möjligheten till gång- och cykelväg ger mervärde för kommunens invånare och ökad acceptans.
<b>Åtgärdsnivå 3a</b> Enligt åtgärdsnivå 2, <i>men med följande tillägg:</i> Dränering mot Strömgatan och Bengtsbrohöjlen. Tätning mellan Lelången och Bengtsbrohöjlen vid kraftverket.  Spont och slitsmur utmed kraftverkskanalen.  Filterfyllning och erosionskydd innanför och delvis utanför spont.  Kulvertering av ledningar.  Uppgrävning av massor ned till grundvattenytan i område A.	Enligt åtgärdsnivå 2, <i>men med tillägget:</i> Uppfyller kommunens samtliga åtgärds mål. Spridning av kvarvarande föroreningar reduceras med filterinstallation och viss källtermsreduktion.  Risk för höjd grundvattenyta med ökad kontaktyta mellan grundvatten och kvarvarande föroreningar. Reduktion av källterm med ca 3,8 ton Hg och 50 g dioxiner (ca 30 respektive 15 % av tot).	Enligt åtgärdsnivå 2.	Totalkostnad 126 Mkr.	Enligt åtgärdsnivå 2, <i>men med tillägget:</i>  Partikelfilter och erosionskydd beständiga 100-tals år. Sponten beständig ca 50-100 år. Filter kontrollerbara, åtkomliga och reparerbara. Uppsackning kräver beredskap för hantering av förorenat vatten i schakt.  Minskad källterm och reducerat flöde ger lägre belastning och längre beständighet av filter (i proportion till flödesreduktion). Möjlighet till kontroll av spridningsmängd (via mätning av flöde och förorenings-koncentration).	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2 <i>med tillägg:</i> Anläggande av ny ångbåtsbrygga underlättas.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2, <i>med tillägg:</i> Reduktion av risk för potentiella skadehändelser. Viss källtermsreduktion.
<b>Åtgärdsnivå 3b</b> Enligt åtgärdsnivå 3a, <i>men med tillägget:</i>  Slitsmur längs strandlinjen mot Bengtsbrohöjlen (område A-E).	Enligt åtgärdsnivå 3a, <i>med tillägget:</i> Slitsmur kan ge reduktion av spridning av lösta föroreningar genom att grundvattnet får förlängd strömningsväg.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Totalkostnad 128 Mkr.	Långtidsbeständig beständig barriär (slitsmur) mot inflöde från sjön.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a.
<b>Åtgärdsnivå 4</b> Enligt åtgärdsnivå 3a, <i>men med tillägget:</i> Uppgrävning av massor ned till grundvattenytan inom område A och B.	Enligt åtgärdsnivå 3a, <i>men med tillägget:</i> Reduktion av källterm med ca 8,5 ton Hg och 80 g dioxiner (70 respektive 25%).	Enligt åtgärdsnivå 2.	Totalkostnad 142 Mkr.	Enligt åtgärdsnivå 3a, <i>men med tillägget:</i> Mer omfattande schaktningsarbeten i anslutning till grundvatten. Större hantering av förorenat vatten i schakt.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a. Ytterligare reduktion av källterm.
<b>Åtgärdsnivå 5</b> Enligt åtgärdsnivå 4, <i>men med tillägget:</i> Slitsmur längs strandlinjen mot Bengtsbrohöjlen (A-E).	Enligt åtgärdsnivå 4 och 3b.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Totalkostnad 144 Mkr.	Enligt åtgärdsnivå 4 och 3b.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 4.
<b>Åtgärdsnivå 6 (Miljödomstolen)</b> Enligt åtgärdsnivå 5, <i>men med tillägget:</i> Uppgrävning av massor ned till grundvattenytan inom område A och B samt 2 m under grundvattenytan inom A.	Enligt åtgärdsnivå 5, <i>med tillägget:</i> Reduktion av källterm med ca 11,1 ton Hg och 100 g dioxiner (ca 90 respektive 30%).  Större risk pga schakt under grundvattenyta.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Totalkostnad 153 Mkr.	Enligt åtgärdsnivå 5, <i>men med tillägget:</i> Komplicerade entreprenader med bl a schakt under grundvattenytan inom delar av området.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 4. Uppfyller Naturvårdsverkets krav på 90% reduktion av kvicksilvermängden.
<b>Åtgärdsnivå 7 (totalsanering)</b> Spont utmed kanal och Bengtsbrohöjlen (skyddsåtgärd vid entreprenad). Inga övriga horisontella eller vertikala barriärer erfordras.  Uppsackning av all förorenad fyllning.	Eliminering av ursprunglig källterm (ca 12,3 ton Hg och 300 g dioxiner).  Större risk pga schakt under grundvattenyta.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Entreprenad 600 MSEK	Enligt åtgärdsnivå 4, <i>men med tillägget:</i>  Komplicerade entreprenader med bl a schakt under grundvattenytan inom stora delar av området.	Enligt åtgärdsnivå 2.  Inga restriktioner för markutnyttjande.	Enligt åtgärdsnivå 2.	Enligt åtgärdsnivå 3a.	Omlokalisering eller av- och återetablering av samtliga verksamheter.  Inga restriktioner för markutnyttjande.	Enligt åtgärdsnivå 6.  Oro pga åtgärdens storlek.

Perspektiv	Miljö - Hälsa	Juridik	Kostnader	Teknik	Natur - Kultur - Fritid	Landskapsbild	Kommunikation	Näringar	Övriga intressen
<p><b>Åtgärdsnivå N1</b></p> <p>Rivning av byggnader inom område A-D och omhändertagande av material.</p> <p>Horisontella barriärer (täckning) inom område A-F.</p> <p>Dränering mot Strömgatan.</p> <p>Tätning mellan Lelången och Bengtsbrohöjden vid kraftverket.</p> <p>Spont utmed kraftverkskanalen och strandlinjen (A-D).</p> <p>Schakt ned till lägsta grundvatten i strandlinje inom område A-D.</p> <p>Filterfyllning och erosionskydd innanför spont. Ingen muddring.</p> <p>Slitsmur med filterfunktion i område E, partikelfilter utmed södra området. Kulvertering av ledningar.</p> <p>Schakt ned till lägsta grundvattenyta eller bedömt ren jord i område A-C. Schaktning 0,5 m i område D, E. Schaktning 1 m i F.</p>	<p>Uppfyller kommunens samtliga åtgärds mål.</p> <p>Spridning av kvarvarande föroreningar reduceras med filterinstallation och viss källtermsreduktion.</p> <p>Högsta grundvattennivån inom området kommer ej att öka.</p> <p>Reduktion av källterm med 11,6 ton Hg och 260 g dioxiner (ca 95 respektive 80 % av tot).</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2. Vattenverksamhet (spontning) i Bengtsbrohöjden bedöms ge upphov till mindre påverkan på allmänna och enskilda intressen än muddring i alternativ 2-7.</p>	<p>Totalkostnad 158 Mkr.</p>	<p>Enligt åtgärdsalternativ 6.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 3a.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 6.</p> <p>Uppfyller Naturvårdsverkets krav på 90% reduktion av kvicksilvermängden.</p>
<p><b>Åtgärdsnivå N2</b></p> <p>enligt åtgärdsnivå N1 med skillnaden;</p> <p>Inom område C, D sker schakt till lägsta grundvattenyta i område mot kanal och Bengtsbrohöjden, i övrigt 0,5 m inom C, D.</p>	<p>Enligt N1, med skillnaden:</p> <p>Reduktion av källterm med 11,5 ton Hg och 260 g dioxiner (ca 95 respektive 80 % av tot).</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå N1.</p>	<p>Totalkostnad 155 Mkr.</p>	<p>Enligt åtgärdsalternativ 6.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 3a.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå N1</p>
<p><b>Åtgärdsnivå N3</b></p> <p>enligt åtgärdsnivå N1 med skillnaden;</p> <p>Schakt för filterfyllning sker i område mot kanal och strandlinje vid A och C. Schaktning 0,5 m i område B, C, D och E samt 1 m i område F</p> <p>Inga kontroll- eller uppföljningsinsatser.</p>	<p>Enligt N1, med skillnaden:</p> <p>Reduktion av källterm med 4,7 ton Hg och 50 g dioxiner (ca 35 respektive 15 % av tot).</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå N1.</p>	<p>Totalkostnad 120 Mkr.</p>	<p>Enligt åtgärdsalternativ 3a.</p> <p>Ingen möjlighet att optimera åtgärder under entreprenaderna pga av avsaknad av kontrollprogram. Uppfyllelse av åtgärds mål kan ej utvärderas. Mindre schaktningsarbeten i anslutning till grundvattenytan inom området.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 3a.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 3a.</p>
<p><b>Åtgärdsnivå N4</b></p> <p>enligt åtgärdsnivå N1 med tillägget</p> <p>Inom hela område D sker schakt till lägsta grundvattenyta.</p>	<p>Enligt N1, med tillägget</p> <p>Reduktion av källterm med 11,8 ton Hg och 300 g dioxiner (ca 95 respektive 80 % av tot).</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå N1.</p>	<p>Totalkostnad 180 Mkr.</p>	<p>Enligt åtgärdsalternativ 6.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 3a.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå 2.</p>	<p>Enligt åtgärdsnivå N1</p>



## Metodik för Riskreduktionsanalys

EKA-projektet

Bengtsfors kommun

**2005-06-15**

**Författad av**

Niklas Törneman, Sweco Viak, Södra Regionen<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Expertstöd



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<i>1.1 BAKGRUND</i> .....	<i>1</i>
<i>1.2 AVGRÄNSNING</i> .....	<i>1</i>
<i>1.3 METODER</i> .....	<i>1</i>
<i>1.3.1 GENERELL METODIK</i> .....	<i>1</i>
<i>1.3.2 SPRIDNINGSRISKER</i> .....	<i>3</i>
<i>1.3.3 EXPONERINGSRISKER</i> .....	<i>5</i>

## 1.1 Bakgrund

För att kunna verifiera nyttan med de saneringsåtgärder som alternativ N5 innebär behöver projektet dels bedöma den totala riskreduktionen och dels beskriva hur varje enskild åtgärd bidrar till riskreduktionen. Därför genomförs en riskreduktionsanalys med syftet att beräkna den totala riskreduktionen, riskreduktionen för varje åtgärd och riskreduktionen inom olika delområden. Dessutom beskrivs den rumsliga utbredningen av risker och riskreduktion inom EKA området. Generellt sett finns det inga färdiga metoder för en riskreduktionsanalys, speciellt inte när ett flertal parametrar med hög variation bidrar till riskerna. Den metodik som utarbetats här har till stor del hämtat sin inspiration från olika semikvantitativa metoder som används inom både teknisk och ekotoxikologisk riskanalys (Burgman 2005).

## 1.2 Avgränsning

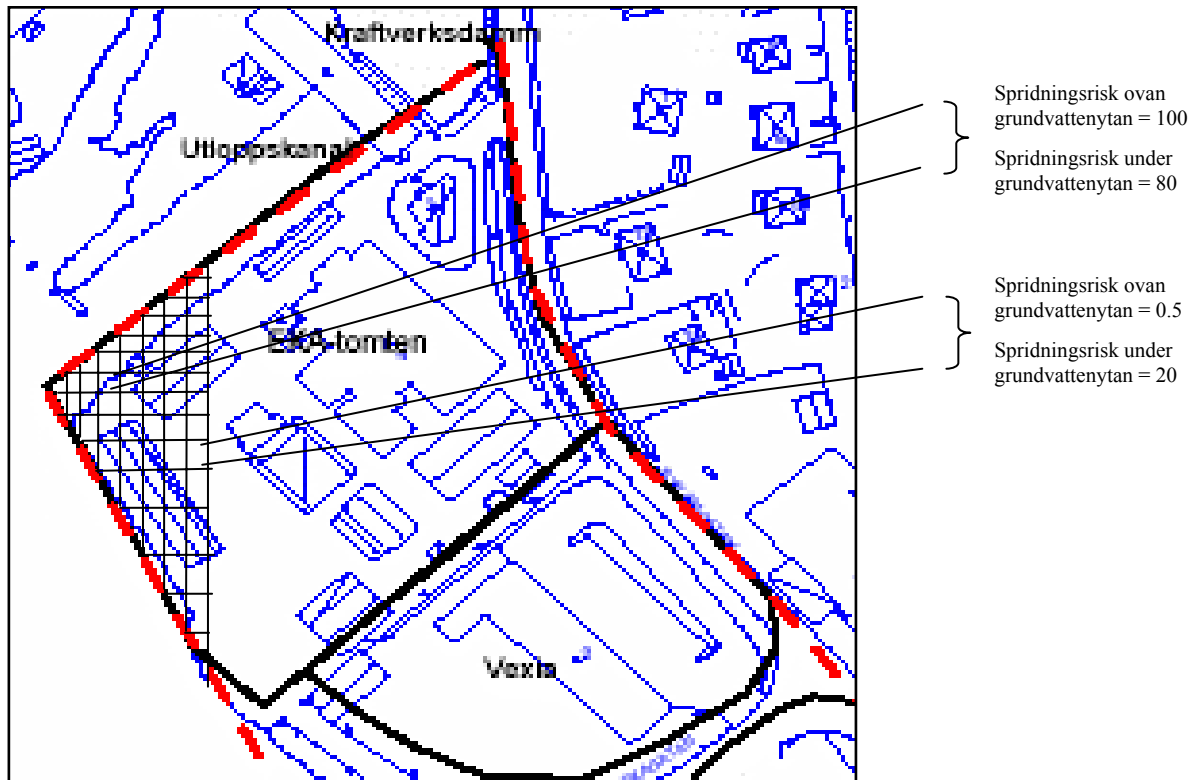
Analysen behandlar endast dioxin och kvicksilver och är endast riktad mot de viktigaste riskerna som har identifierats i projektet. Därmed utesluts framförallt en rad biogeokemiska risker som bedöms vara av mindre vikt. Endast de viktigaste riskreducerande åtgärderna är inkluderade i riskreduktionsanalysen. En viktig begränsning är också att riskreduktionsanalysen är semikvalitativ istället för kvantitativ. Det tillvägagångssätt som valts här, där hänsyn tas till den rumsliga variationen av riskparametrar och riskreducerande åtgärder, lämpar sig inte för en fullt kvantitativ modell. Dessutom skulle en fullt kvantitativ modellansats som på ett realistiskt sätt tog hänsyn till alla riskparametrar och hur åtgärderna reducerar dessa risker innebära ett mycket stort arbete. Detta anses inte vara resurs eller behovsmässigt motiverat. Trots detta är den riskreduktionsanalys som genomförs inom EKA projektet unik i sin omfattning och sitt både detaljerade och övergripande angreppssätt.

## 1.3 Metoder

### 1.3.1 Generell metodik

Initialt omvandlas alla kvantitativa parametrar till diskreta värden. Exempelvis så görs föroreningskoncentrationen om till ett värde  $n$  som är den  $n$ :e percentilen för koncentrationer av dioxin eller kvicksilver. Även parametrar som t.ex. grundvattenflöden, suspenderad halt i grundvatten och erosionsbenägenhet ges diskreta värden utifrån fältmätningar och/eller bedömningar. I modellen för spridningsrisk antas det att föroreningskoncentration och transportbenägenhet ger samma effekt på spridningen. Därför diskretiseras de olika parametrarna så att både föroreningskoncentration och transportbenägenhet varierar på en skala 1-9.

Det speciella med den valda metodiken är att den explicit tar hänsyn till den mycket stora rumsliga variation av både riskparametrar och riskreduktionsåtgärder (se figur 1). Detta är ett förhållandevis resurskrävande angreppssätt men det bedöms vara betydligt mer korrekt än en fullt kvantitativ modell som endast tar hänsyn till någon form av medelvärden och (i bästa fall) variationen kring dessa medelvärden. Den rumsliga komponenten i modellen uttrycks genom att alla parametrar och riskberäkningar genomförs separat i 329 stycken areaenheter med storleken  $8 \times 8$  m. Detta bedöms vara den resurs och behovsmässigt lämpligaste upplösningen. Genom att summera risken för alla 329 areaenheter fås den totala risken på området. Riskreduktion för spridningsrisker görs både i zonen ovanför grundvattenytan och i zonen nedanför grundvattenytan eftersom helt olika typer av risker föreligger inom dessa zoner.



**Figur 1.** Konceptuell bild av hur fördelningen av risker inom området beräknas. Eja skalenligt. I figuren visas att det föreligger en högre spridningsrisk inom en areaenhet som befinner sig nära ytvatten jämför med en areaenhet som befinner sig längre in på området.

Den nya risken efter åtgärder räknas ut separat inom varje areaenhet och summeras över hela området. Den totala risken före åtgärder minus risken efter åtgärder utgör då riskreduktionen.

De aritmetiska uttryck som används för att räkna ut risken utifrån de valda riskparametrarna har försökts göra så enkla som det är möjligt samtidigt som de skall uttrycka relevanta samband. Egentligen är de förenklingar av betydligt mer komplexa kvantitativa samband. Huvuduttrycket för transportrisk som säger att koncentration $\times$ transportbenägenhet ger risken för transport av föroreningar från området är t.ex. en konceptuell förenkling av avancerade transportmodeller.

Slutligen bör det poängteras att det som räknas ut är relativa risker som inte direkt går att översätta till kvantitativa värden. Detta är mer än nog tillräckligt eftersom syftet inte är att beräkna risker utan riskreduktion.

### 1.3.2 Spridningsrisker

Följande beräknas i  $8\times 8$  m areaenheter ovan grundvattenytan och nedan grundvattenytan. Nedan grundvattenytan är konservativt satt till 0-1 m.u.my.

#### Spridningsrisk över grundvattenytan

Den totala risken för spridning av föroreningar från EKA området till omgivningen via erosion ( $Risk_{spridning\_ovanGV}$ ) räknas ut enligt:

$$Risk_{spridning\_ovanGV} = C_{fast\_fas} \times Transport \quad (1)$$

Där koncentrationen i fast fas ( $C_{fast\_fas}$ ) =  $n$  =  $n$ :te percentilen (1-9) för koncentrationer på ett djup av 0-1 m.u.m.y. inom EKA området. Transportbenägenhet i detta fall är endast erosionsbenägenheten inom en specifik areaenhet:

$$Transport = Erosion \quad (2)$$

Eftersom erosionsrisken endast förekommer vid strandkant sätts  $Erosion = \text{maxvärde} = 5$  om areaenheten befinner sig vid strandkanten. Annars sätts  $Erosion = 0.1$ . Detta för att sett över en mycket lång period (500-1000 år) kan föroreningar transporteras av människor eller (reducerad) ytavrinning till nära Höljens kant. Därför blir erosionsrisken aldrig 0 för en areaenhet även om den befinner sig långt från strandkanten.

### Riskreduktion över grundvattenytan

Den minskade risken för erosion inom en areaenhet efter åtgärder ( $reduceradRisk_{spridning\_ovanGV}$ ) beräknas enligt:

$$reduceradRisk_{spridning\_ovanGV} = C_{fast\_fas} \times R_{schakt} \times Transport \times R_{erosionsskydd} \quad (3)$$

Där  $R_{schakt}$  = reduktion av halter i en volym pga. av schakt; 50% reduktion (0.5) om schakt till 0.5 m, 100% reduktion (=0) om djupare schakt annars 0% reduktion (=1). Observera att andra reduktionsvärden används för riskreduktion under grundvatteytan.

Där  $R_{erosionsskydd} = 0.8 = 80\%$  reduktion sett över lång tid (100-1000 år) givet inga katastrofer eller större klimatförändringar. Med andra ord, sett över lång tid så minskar erosionskydden risken för spridning via erosion med 80%.

Den totala riskreduktionen för spridning av föroreningar ovanför grundvattenytan ( $Riskreduktion_{spridning\_ovanGV}$ ) beräknas enligt:

$$Riskreduktion_{spridning\_ovanGV} = \left( 1 - \frac{reduceradRisk_{spridning\_ovanGV}}{Risk_{spridning\_ovanGV}} \right) \times 100 \quad (4)$$

### Transportrisk under grundvattenytanytan

Den totala risken inom en areaenhet för spridning av föroreningar från området via grundvatten ( $Risk_{spridning\_underGV}$ ) sätts till:

$$Risk_{spridning\_underGV} = C_{fast\_fas} \times GV_{transport} \quad (5)$$

Där den totala transportbenägenheten via grundvatten ( $GV_{transport}$ ) är beroende av:

- grundvattenflödet ( $GV_{flöde}$ ) som alltid är en viktig parameter för grundvattentransport av föroreningar. Här har diskretiseringen (1-3) baserats på nyare och äldre modellering och mätningar genomförda av Geoinnova (Mossmark m.fl. 2005).
- Avståndet från areaenheten till ytvatten ( $Avstånd_{ytvatten}$ ). Grundvattentransport är viktigare för föroreningar som befinner sig närmare Bengstbrohöljen. Detta är speciellt viktigt utifrån antagandet om partikulär transport av föroreningar i grundvatten. Vid strandkant kan man ej separera erosion under GV ytan från transport av suspenderat material. Därför sätts denna faktor till 3 vid strandkant annars sätts den till 1 eller 2 beroende på avstånd till Bengstbrohöljen.

- $f_{DOC}$  = fraktion föroreningar som är bundet till DOC: 0.1 för dioxin, 0.05 för Hg; Baserat på fältmätningar och lakförsök.
- $DOC$  = indikation på DOC halt i grundvatten = 0.9 el 1. Högre värde vid högre uppmätta DOC koncentrationer. Viss spatiellt mönster kan urskiljas från begränsade mätningar. Stor osäkerhet ger liten skillnad mellan högt och lågt värde.
- $f_{susp}$  = fraktion föroreningar som är bundet till suspenderat material 0.9 för dioxin el. 0.95 för kvicksilver; Baserat på fältmätningar och lakförsök.
- $Susp$  = Indikation på susp halt i grundvatten = 0.8 el 1. Högre värde vid högre uppmätta susp halter. Spatiellt mönster kan urskiljas från mätningar. Förhållandevis stor osäkerhet ger rätt liten skillnad mellan högt och lågt värde.

Sambandet mellan dessa uttrycks enligt:

$$GV_{transport} = GV_{flöde} \times Avstånd_{bengtsbrohöljen} \times (f_{DOC} * DOC + f_{susp} * Susp) \quad (6)$$

### Riskreduktion under grundvattenytan

Den minskade risken för spridning via grundvatten inom en areaenhet efter åtgärder ( $reduceradRisk_{spridning\_underGV}$ ) beräknas enligt:

$$reduceradRisk_{spridning\_underGV} = C_{fast\_fas} \times R_{schakt} \times reduceradGV_{transport} \quad (7)$$

Där  $R_{schakt}$  = reduktion av halter i en volym pga av schakt; 0% reduktion (=1) om schakt ytligare än 1 m, 75% reduktion (=0.25) om schakt till 2m, 100% reduktion (=0) om djupare schakt.

Den reducerade grundvattentransporten efter åtgärder ( $reduceradGV_{transport}$ ) beräknas enligt:

$$reduceradGV_{transport} = GV_{flöde} \times Avstånd_{bengtsbrohöljen} \times R_{horisontell\_barriär} \times (f_{DOC} \times DOC \times R_{sorptionfilter} + f_{susp} \times Susp \times R_{partikelfilter}) \quad (8)$$

Där riskreduktionsåtgärderna beskrivs enligt:

- $R_{horisontell\_barriär}$  = reducerad grundvattentransport på grund av horisontella barriärer (asfaltering, bentonitmatta mm) = 10% enligt GeoInnovas senaste beräkningar och mätningar (Mossmark m.fl. 2005).
- $R_{sorptionfilter}$  = reduktion av spridning med lösta föroreningar och föroreningar bundna till DOC pga. sorptionsfilter = 90% (=0.1); Detta gäller endast de areaenheter vars grundvatten kan passera genom sorptionsfilter.
- $R_{partikelfilter}$  = reduktion av partikelbunden transport pga. av partikelfilter = 90% (=0.1) för dioxin och 95% (=0.05) för kvicksilver. Denna riskreduktion gäller alla areaenheter.

Den totala riskreduktionen för spridning av föroreningar nedanför grundvattenytan ( $Riskreduktion_{spridning\_underGV}$ ) beräknas enligt:

$$Riskreduktion_{spridning\_underGV} = \left( 1 - \frac{reduceradRisk_{spridning\_underGV}}{Risk_{spridning\_underGV}} \right) \times 100 \quad (9)$$

## Total reduktion av spridningsrisker

Den totala riskreduktionen för spridning av dioxin eller kvicksilver från EKA området till omgivningen ( $Riskreduktion_{spridning}$ ) ges av:

$$Riskreduktion_{spridning} = \left( 1 - \frac{reduceradRisk_{spridning\_underGV} + reduceradRisk_{spridning\_ovanGV}}{Risk_{spridning\_underGV} + Risk_{spridning\_ovanGV}} \right) \times 100 \quad (10)$$

Alla beräkningar görs separat för dioxin och kvicksilver varefter risk och riskreduktion adderas vilket ger den totala riskreduktion för både kvicksilver och dioxin tillsammans.

### 1.3.3 Exponeringsrisker

#### Generellt tillvägagångssätt

I huvudsak används samma angreppssätt som för spridningsrisker, dvs. diskretisering av riskparametrar och aritmetiska ekvationer i  $8 \times 8$  m stora areaenheter. Antagna exponeringsvägar på området har varit intag av jord, hudkontakt, inandning av damm och inandning av ånga inomhus och utomhus. De olika exponeringsvägarna är inte med i förekommande analys. Sådana beräkningar har gjorts tidigare i projektet. Här görs istället antagandet att den totala exponeringsrisken enbart beror på djupet som föroreningarna befinner sig på och föroreningskoncentrationen. Dessutom görs en ytterligare förenkling genom att sätta exponeringsrisken till 0 om föroreningen befinner sig djupare än 1 m vilket stämmer överens med tidigare bedömningar (EKA 2002:15).

#### Detaljerad beskrivning

De riskfaktorer som ger upphov till exponeringsrisker är framförallt förekomsten av föroreningar i mark och i byggnader. En riskreduktion innebär alltså i huvudsak att bortskaffa förorenad mark och förorenade byggnader och att anlägga horisontella barriärer.

I alternativ N5 grävs en stor del de förorenade massorna bort med ett schaktdjup på 0.5 till 6 m beroende på delområde. I område D sker ingen urgrävning pga. av de förhållandevis låga halterna av dioxin och kvicksilver. Urgrävningen i kombination med den horisontella marktäckningen bestående av fyllning, bentonit och asfalt innebär att inga förorenade massor kommer att befinna sig ytligare än 1 m.u.my på område A-D medan förorenade massor som befinner sig 0.5 m.u.my. täcks med horisontella barriärer på område E+F. Eftersom direktkontakt med jord, inandning av damm och inandning av ånga bedöms vara försumbara om föroreningar befinner sig på större djup ( $>1$  m) samtidigt som horisontella barriärer reducerar exponeringen kraftigt reduceras alltså exponeringsriskerna associerade med förorenad jord fullständigt. Dessutom rivs alla byggnader och fraktas bort vilket i praktiken innebär att inga exponeringsrisker kvarstår på EKA-området.

En riskreduktionsanalys handlar här istället om att bedöma vilka åtgärder som reducerar risker mest. Eftersom den totala riskreduktionen för exponering är känd, är det inte resursmässigt möjligt eller motiverat att beräkna interaktiva effekter av olika åtgärder, t.ex. samtidig bortgrävning, återfyllning och anläggande av tätskikt av bentonit. Istället kan man beräkna den

riskreduktion som varje åtgärd enskilt leder till. Man kan då göra några grova antaganden; 1) exponeringsrisken är direkt relaterad till föroreningskoncentrationen; 2) förekomsten av förorenade byggnader (=cellhallen) utgör en lika stor exponeringsrisk som 90:e percentilen för föroreningskoncentrationer i jord; 3) exponeringsrisken adderas från jord och byggnader inom en areaenhet där byggnader förekommer; 4) exponeringsrisk förekommer endast på ytligare djup (<1 m); 5) Effekten av bortgrävning och filterfyllning är direktrelaterat till djupet på åtgärden; En bortgrävning ner till 1 m djup och återfyllning eller fyllning med 1 m mäktighet ovanpå existerande massor leder då till en 100% riskreduktion medan en bortgrävning till 0.5 m djup leder till 50% exponeringsreduktion; 6) En horisontell barriär (asfalt eller bentonit) leder till en 50% exponeringsreduktion om förorenade massor på ett djup > 1m täcks; 7) Rivning av byggnader leder till en 100% reduktion av den risk som byggnaden utgör. Horisontella barriärer är endast med i uträkningen på område E+F eftersom de ligger under rena massor med en mäktighet större än 1 m på övriga området.

## Beräkningar

Exponeringsrisken inom varje areaenhet beräknas enligt:

$$Risk_{Exponering} = C_{jord} + Risk_{byggnad} \quad (11)$$

Där  $C_{jord}$  = föroreningskoncentrationen i jorden ner till 1 m djup =  $n$ :te percentilen (1-9) för koncentrationer på området.

Där  $Risk_{byggnad}$  = exponeringsrisker som byggnader utgör; Om förorenad byggnad förekommer inom en areaenhet = 9 annars 0.

Den reducerade exponeringsrisken inom varje areaenhet efter åtgärder beräknas enligt:

$$reduceradRisk_{exponering} = (C_{jord} \times R_{schakt} \times R_{fyllning} \times R_{horisontell\_barriär}) + (Risk_{byggnad} \times R_{byggnad}) \quad (12)$$

Där  $R_{schakt}$  = riskreduktion i en areaenhet pga av schakt; 100% (=0) reduktion om schakt djupare än 1 m, 50% reduktion (=0.5) om schakt till 0.5 m annars 0% reduktion (=1).

Där  $R_{fyllning}$  = riskreduktion i en areaenhet pga av fyllning ovanpå ej bortschaktade massor; 100% reduktion (=0) om sådan fyllning annars 0% reduktion (=1).

Där  $R_{horisontell\_barriär}$  = riskreduktion i en areaenhet pga av horisontella barriärer; 50% (=0) reduktion om horisontell barriär ovanpå förorenade massor på ett djup <1 m (område E+F) annars 0% reduktion (=1).

Där  $R_{byggnad}$  = riskreduktion i en areaenhet pga av borttagande av byggnader; 100% reduktion (=0) om byggnad tas bort annars 0% reduktion (=1).

Den totala riskreduktionen för exponering ( $Riskreduktion_{exponering}$ ) inom en areaenhet beräknas enligt:

$$Riskreduktion_{exponering} = \left( 1 - \frac{reduceradRisk_{exponering}}{Risk_{exponering}} \right) \times 100 \quad (13)$$

### **Referenser**

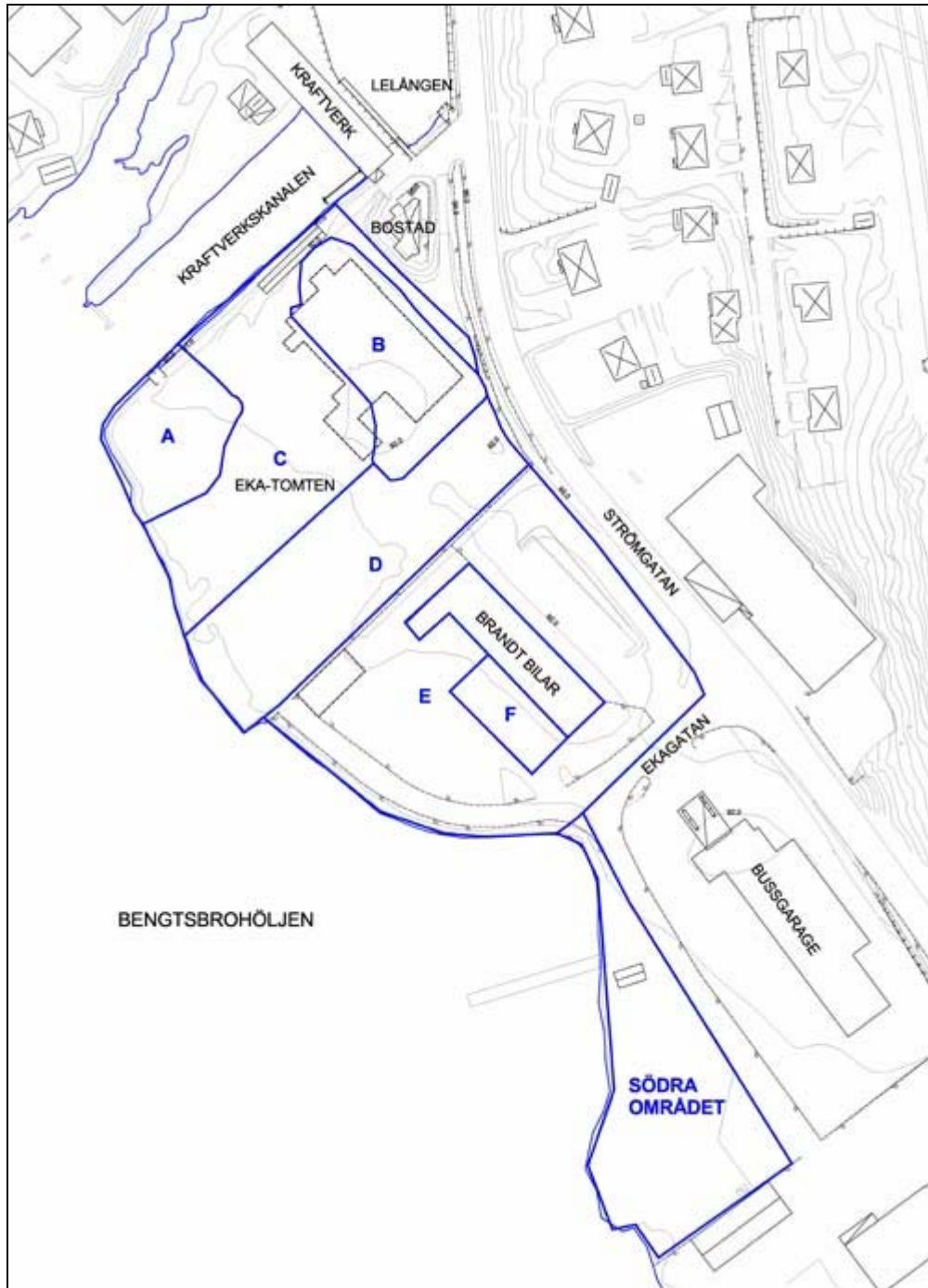
Burgman, B. (2005) Risks and decisions for conservation and environmental management. Cambridge University Press, New York.

EKA 2002:15 Projektrapport 1. Miljö- och hälsoriskbedömning samt åtgärdsutredning. Daterad 2004-02-20

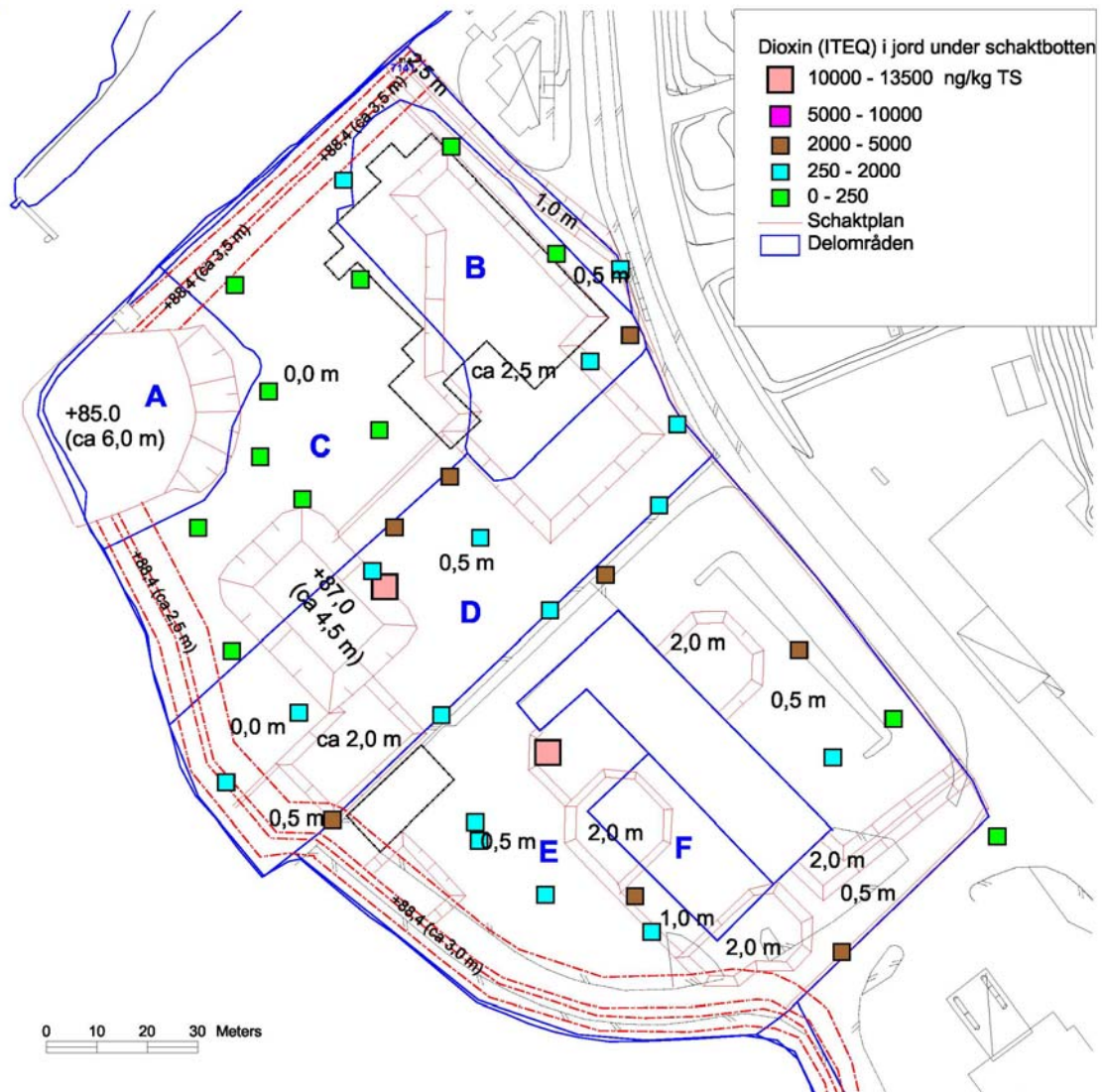
Mossmark F, Mrhede E, Sundberg J (2005) Hydrogeologisk konceptuell model; Sonderingar, spårämnesförsök och hydraultester. PM (förhandskopia), Bengtsfors kommun.



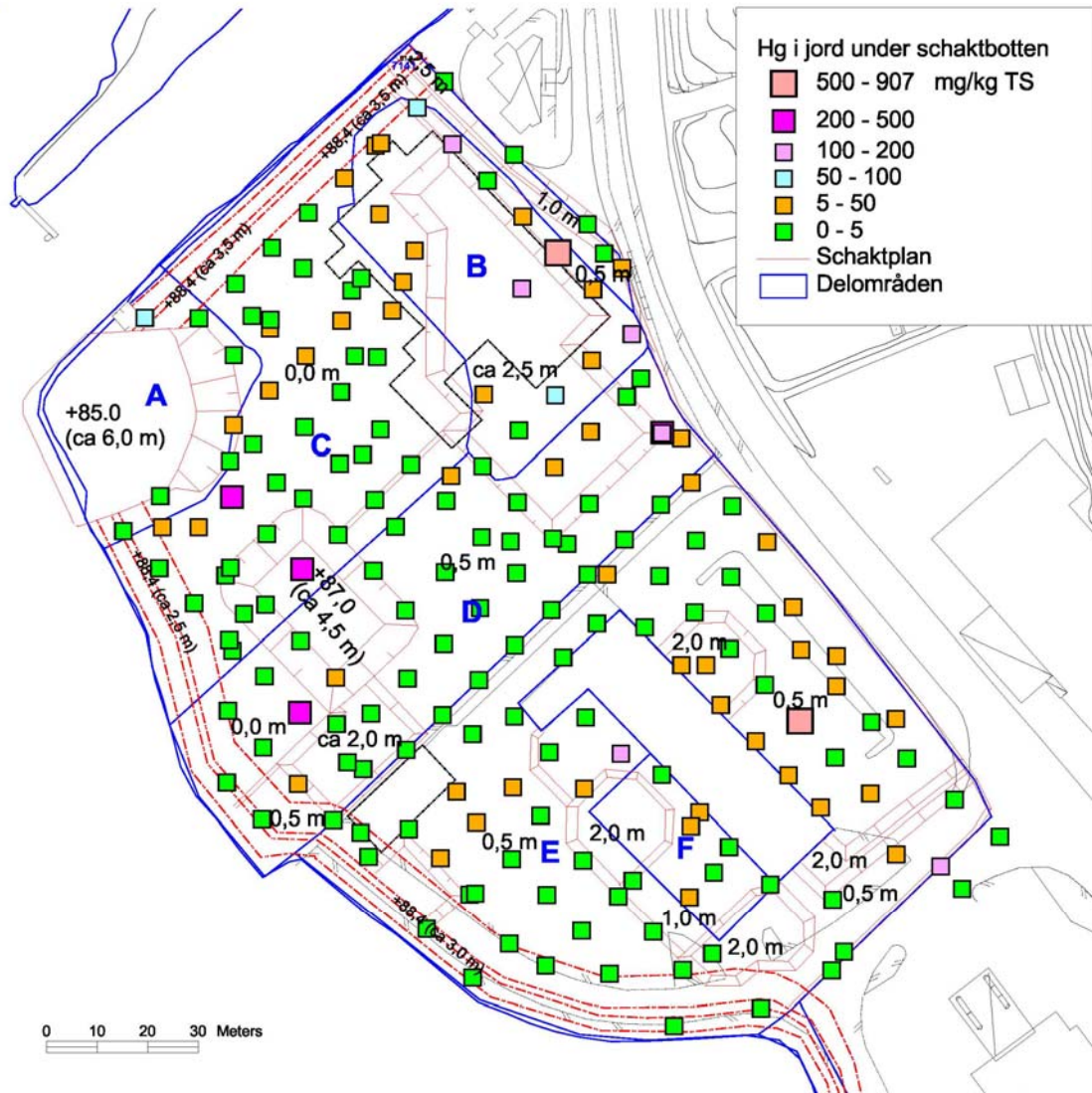
## Områdesindelning

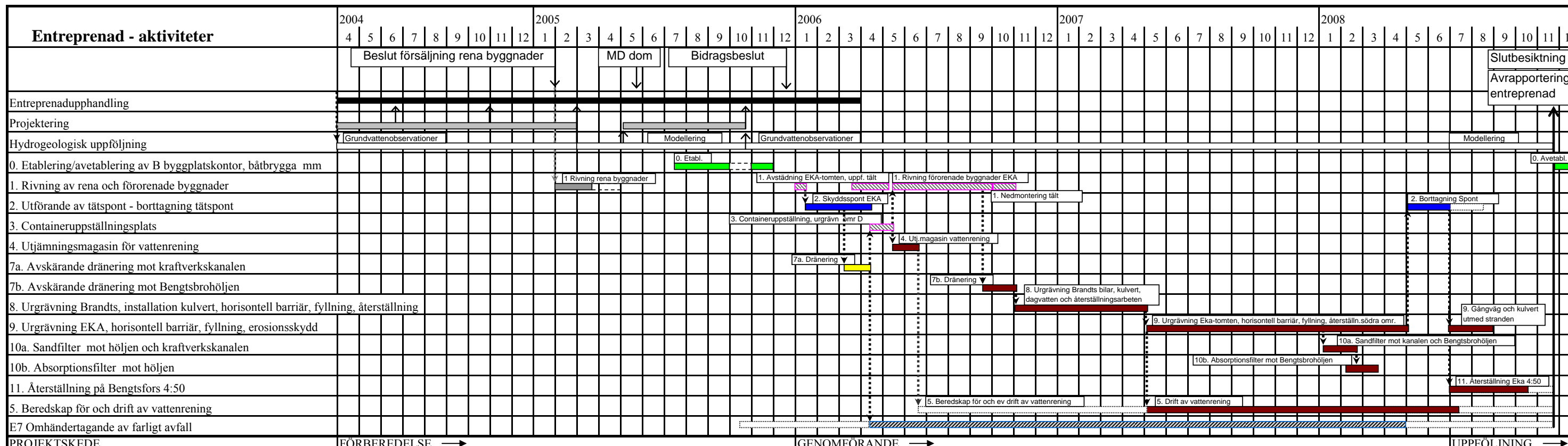


## Dioxin under schaktbotten för N5



### Hg under schaktbotten för N5





= B etabl/avetabl    
  = A, Rivningsentreprenad    
  = B, Tätspontentreprenad    
  = C, Dräneringsentreprenad    
  = D, Efterbehandlingsentreprenad    
  = E, Omhändertagandentreprenad (SAKAB)

Arbetsmiljö - aktiviteter					
Entreprenad 0 Inget specifikt	Entreprenad 1 A1 - A3	Entreprenad 2 Inget specifikt	Entreprenad 3 A2 - A3	Entreprenad 4 Inget specifikt	Entreprenad 5 Inget specifikt
Entreprenad 6 Planerad injektionsmur har utgått	Entreprenad 7 A1 - A4	Entreprenad 8 A1 - A4	Entreprenad 9 A1 - A4	Entreprenad 10 A1 - A4	Entreprenad 11 Inget specifikt, ev. A2 - A3

Miljökontroll - aktiviteter					
Entreprenad 0 M1, M8	Entreprenad 1 M1 - M5, M12, M13, M14, M15, M17	Entreprenad 2 M1, M6, M8, M14, M15, M16	Entreprenad 3 M1, M12	Entreprenad 4 M1	Entreprenad 5 M1 - M8, M10, M11
Entreprenad 6 Planerad injektionsmur har utgått	Entreprenad 7 M1, M6, M11	Entreprenad 8 M1 - M8, M11 - M16	Entreprenad 9 M1 - M8, M10 - M16, M18, M20	Entreprenad 10 M1, M2, M6, M8, M11, M16	Entreprenad 11 M1 - M8

Förklaringar till program för arbetsmiljö och miljökontroll					
<b>Arbetsmiljö</b>		<b>Miljökontroll</b>			
<b>Kod</b>	<b>Aktivitet inom arbetsmiljö (endast mätningar redovisas, skyddsåtgärder enl Arbetsmiljöplan)</b>	<b>Kod</b>	<b>Miljökontrollmoment</b>	<b>Kod</b>	<b>Miljökontrollmoment</b>
A1	Personburen mätutrustning: Entry RAE (kombinerad PID+LEL+syre-sensor), fungerar som explosimeter mm (larmande gasmätare) för indikation av: bensen, etylbensen, toluen, xylen m.fl.	M1	1. Grundvattennivåer	M11	11. Kontroll av avlett vatten under åtgärder
A2	Pumpad luftprovtagning med Dräger-rör för Hg alt. PCE => direkt kolorimetrisk avläsning mot skala på röret. Utföres som punktmätningar, t.ex. bredvid aktuellt arbetsställe. Kräver elmatning: 220 V.	M2	2. Grundvattenkvalitet	M12	12. Dammätning, stationär pump
A3	Dammätning i luft med Air Chek, pumpad personlig/stationär (på stativ el. annan anordning), filter analyseras på labb avseende: damm, dioxin, Hg+Pb och/eller PAH+oljekolväten (beroende på delområde). Resultat fås i efterhand => snabba analysvar är viktigt!	M3	3. Nedfallsmätningar, deposition av kvicksilver	M13	13. Luftmätning, klorerade alifater och vinylklorid under åtgärder, passiva provtagare
A4	Hg-sniffer: f.n. borttagen ur tidplan (ersättes av A2) men kan ev. hyras tillfälligt under korta perioder när många mätningar skall utföras under kort tid.	M4	4. Luftmätning, kvicksilver i gasfas (TGM)	M14	14. Bullermätning
		M5	5. Luftmätning, partikulärt bundet kvicksilver (TPM)	M15	15. Vibrationsmätning
		M6	6. Hydrologiska förhållanden i Bengtsbrohöljen samt meteorologiska förhållanden	M16	16. Kontroll av vatten mellan EKA-området och spont
		M7	7. Vattenkvalitetsundersökningar i Bengtsbrohöljen	M17	17. Kontroll av utgående luft från tält för rivning av cellhallsbyggnaden
		M8	8. Deposition av sediment, sedimentfallor	M18	18. Provtagning av jord under cellhallsbyggnaden
		M9	9. Ekologiska undersökningar och sedimentprovtagning i Bengtsbrohöljen	M19	19. Provtagning i dike
		M10	10. Fiskhälsundersökningar samt miljöfarliga ämnen i abborrmuskel i Bengtsbrohöljen	M20	20. Provtagning av vatten i schakt