



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Per Olsson
Länsmiljöingenjör

RAPPORT
2008-08-12

Diarienummer:
577-107429-2007
1400-00210

Sida
1(25)

Bilaga 3. Förnyad riskvärdering inför kompletterande bidragsansökan för efterbehandlingsåtgärder vid fd. Bohus Varv i Ale kommun

Innehåll

1	Bakgrund.....	3
1.1	Tidigare bidragsbeslut.....	3
1.2	Nuläge.....	3
1.3	Projektorganisation	3
1.4	Hittills utförda arbeten	4
1.5	Planerade arbeten	4
2	Förhållanden inom området samt riskbedömning	5
2.1	Skredstabilitet.....	5
2.2	Utfyllnadsmaterialet	5
2.3	Föroreningsbilden	5
2.4	Hälsa- och miljörisker.....	6
3	Åtgärds mål	7
4	Utformning av saneringsåtgärder / åtgärdskrav	8
4.1	Skredstabilisering samt anläggande av erosionskydd / partikelfilter ..	8
4.2	Hydraulisk barriär.....	8
4.3	Sanering med konventionell schaktning	9
4.4	Alternativ sanering med frysschaktning.....	9
4.5	Masshantering och omhändertagande	10
5	Åtgärdsalternativ.....	10
5.1	Beskrivning av framtagna åtgärdsalternativ.....	10
5.2	Osäkerhetsbedömning, riskanalys.....	13
6	Värdering av åtgärdsalternativen.....	15
6.1	Skredstabilisering samt anläggande av erosionskydd / partikelfilter	15
6.1.1	Förutsättningar	15
6.1.2	Värdering.....	15
6.2	Urgrävning av massor med olika ambitionsnivåer	16
6.2.1	Förutsättningar	16
6.2.2	Värdering.....	17
6.3	Masshantering och omhändertagande av förorenade massor.....	22
6.3.1	Förutsättningar	22
6.3.2	Värdering.....	22
7	Länsstyrelsens rekommendation	23

Bilagor

Bilaga 1: Åtgärdsalternativ.

Bilaga 2: Teknisk beskrivning av åtgärder.

Bilaga 3: Riskanalys.

Bilaga 4: Förtydligande kommentarer.

Bilaga 5: Åtgärdsförslag enligt riskvärdering 2006 (karta).

Bilaga 6: Föroreningsbilden (karta).

1 Bakgrund

1.1 Tidigare bidragsbeslut

Projektet fördes in i åtgärdsramen genom beslut av Naturvårdsverket den 30 november 2006 (protokoll 159/06). Projektkostnaden beräknades då till 70 – 100 Mkr och Länsstyrelsen erhöll 3,5 Mkr för förberedelser inför åtgärd samt 50 Mkr i förskott för åtgärd. Länsstyrelsen tolkar avsiktsförklaringen i Naturvårdsverkets beslut som att fd. Bohus Varvprojektet kommer att erhålla resterande bidragsbehov i senare tilldelningsbeslut.

Det tidigare bidragsbeslutet baserades på riskvärdering 2006¹. Denna utgick huvudsakligen ifrån en riskbaserad åtgärdsstrategi, med avseende på hälsorisker (markanvändningen inom området) samt långsiktig föroreningsspridning till Göta älv (främst kontinuerlig partikelspridning samt skredrisk). Härvid gjordes en uppdelning av olika saneringsåtgärder i 6 olika delområden med olika åtgärdsnivåer, se bilaga 5. Åtgärderna utgjordes av helt och delvis urgrävning samt inkapsling. Även erosions- och spridningsförhindrande åtgärder, eventuellt kombinerat med skredstabiliserande åtgärder planerades (man avsåg att besluta efter fördjupad geoteknisk utredning). Urgrävda massors omhändertagande och/eller behandling på plats bedömdes inte som realistiska alternativ, utan externt omhändertagande förordades. Samordning med Bana Väg i Väst förutsågs bl.a. för omhändertagande av urgrävda förorenade massor, återfyllnad av rena massor, upphandlingar / entreprenadarbeten, projektledning.

1.2 Nuläge

Resultaten från nu utförda kompletterande undersökningar visar på delvis annorlunda förhållanden än vad som hade framgått tidigare inom huvudstudien 2005-06² (redovisas i avsnitten nedan). Detta innebär andra förutsättningar både vad gäller riskbedömning och åtgärdernas utformning. Sammantaget har den nya kunskapen medfört att projekteringen fick inledas med revidering av de tidigare (i huvudstudien) framtagna åtgärdsförslagen. Den bedömda totala projektkostnaden ökar, vid bibehållen ambitionsnivå. En förnyad kompletterande riskvärdering har därför utförts enligt nedan. Observera att denna rapport endast kompletterar tidigare riskvärdering från 2006 och gör således inte anspråk på att vara en fullständig riskvärdering. Ale kommun har till Länsstyrelsen inkommit med en kompletterande bidragsansökan.

1.3 Projektorganisation

Inom ramen för samordningsprojektet mellan Ale kommun/Länsstyrelsen Västra Götalands län och Bana Väg i Väst (Vägverket och Banverkets gemensamma projektorganisation för utbyggnad av E45/Norge-Vänernbanan) planerades tidigare en gemensam projektorganisation för Bohus Varvsprojektet. Ett gemensamt samarbetsavtal har även upprättats av de två parterna, daterat 2006-11-10. I samband med konsultupphandlingen för projekteringsetappen avträdde dock Bana Väg i Väst projektledarrollen.

¹ ”Riskvärdering av åtgärdsalternativ inför efterbehandling av fd. Bohus Varv, Ale kommun”, Länsstyrelsen 2006-07-14.

² Fd Bohus Varv, Huvudstudie, Del 2 Åtgärdsutredning”, Sweco 2006-04-28.

len, främst på grund av resursbrist. Nuvarande projektorganisation innebär att Ale kommun fortsättningsvis ansvarar för hela projektet, med olika projektledningsstöd. Dock förutsätts att samordningsvinster även fortsättningsvis bevakas.

1.4 Hittills utförda arbeten

Under våren 2007 igångsattes förberedelsearbetet inför saneringsåtgärd. Upphandling av konsulter genomfördes under sommaren. Därefter har projektet arbetat med förberedelser. Häri har bl.a. ingått framtagande av miljödomsansökan för vattenarbeten, detaljerad geoteknisk studie, pilotförsök (m.a.p. schaktning, mass- och grundvattenhantering), viss detaljprojektering, utredande av omhändertagande-problematiken samt upphandling av omhändertagandeentreprenad. En projektriskanalys har även utförts, där genomföranderisker och osäkerheter i projektet bedöms.

Resultaten av utredningarna visar på ändrade miljömässiga och tekniska förutsättningar. Underlag har framtagits för en förnyad riskvärderingsprocess, vilken har genomförts i samarbete mellan Ale kommun samt Länsstyrelsen och SGU.

Befintligt underlag för förnyad riskvärdering samt föreliggande kompletterande bidragsansökan har tagits fram av Flygfältsbyrån AB under hösten 2007. Ale kommun har under februari 2008 till miljödomstolen inlämnat en tillståndsansökan för den vattenverksamhet som planeras. Man planerade att stoppa detaljprojekteringen i avvaktan på Naturvårdsverkets beslut om åtgärdsalternativ och bidrag, men av tidsskäl fortsätter arbetet tills vidare enligt kommunens åtgärdsförslag (B2).

1.5 Planerade arbeten

Förberedelsearbetet fortgår under 2008, huvudsakligen med fortsatt projektering, rutnätsprovtagning inom området, tillstånd för vattenverksamhet samt upphandling av omhändertagandet av de urgrävda förorenade massorna. Entreprenaderna planeras att upphandlas och påbörjas snarast efter att tillstånd erhållits från miljödomstolen, sannolikt i slutet av 2008. Stabiliseringsåtgärder avses att utföras vintern-våren 2009. Genomförandetiden totalt har beräknats till maximalt ca 3 år, beroende på villkoren i miljödomen. En utförlig tidplan redovisas i bilaga till bidragsansökan.

Även nu föreliggande åtgärdsförslag är riskbaserade samt delvis målstyrda (med olika ambitionsnivåer avseende kvicksilverreduktion). Det förorenade varvsområdet föreslås åtgärdas i tre steg:

- 1) Geoteknisk stabilisering med partikelfilter.
- 2) Hydraulisk avskärmning mot Göta älv följt av en grundvattensänkning för att möjliggöra torrschaktning.
- 3) Sanering genom urschaktning och borttransport av urgrävda massor, eventuellt kompletterande fysikalisk-kemisk stabilisering och immobilisering.

Åtgärderna redovisas i avsnitt 4 - 5 och motivering av metoder, teknik och omfattning redovisas i avsnitten 6 - 7.

2 Förhållanden inom området samt riskbedömning

2.1 Skredstabilitet

Släntstabiliteten mot älven inom varvsområdet har utretts i tidigare geotekniska utredningar och förstärkningsåtgärder har utförts för den södra delen av varvsområdet. Stabiliteten bedömdes enligt dessa utredningar vara tillfredställande för det södra förstärkta området och otillfredsställande i det norra oförstärkta området. Efter kompletterande geotekniska undersökningar och lodningar under 2007, visar det sig dock att de tidigare stabilitetsberäkningarna inte stämmer och nya bedömningen innebär att stabiliteten är otillfredsställande i den södra respektive mycket låg i den norra delen av området. Med hänsyn till stabiliteten innebär nuvarande rekommendationer att inga belastningar, d.v.s. inga saneringsåtgärder får ske i området närmast älven innan stabiliseringsåtgärder har vidtagits. För det södra förstärkta området får ingen belastning ske inom 30 m från släntkrön/älvkant respektive 60 m för det norra oförstärkta området.

2.2 Utfyllnadsmaterialet

Det fd. varvsområdet utgörs av kraftigt förorenade fyllnadsmassor (huvudsakliga sandiga) på underliggande lera. Mäktigheten är generellt sett mindre i norr och avtar även från strandzonen Göta älv (ca 3,6 m) mot öster (ca 0,5 m). Totalt beräknas fyllnadsmassornas volym uppgå till ca 85 000 m³.

Hösten 2007 genomfördes ett sk. praktiskt pilotprojekt, där följande framkom:

- Schakt under grundvattenytan: Svårt att genomföra praktiskt med så stora volymer.
- Länsvattenhanteringen: Mängden länsvatten måste minimeras. Det som ändå uppkommer bör återinfiltreras efter rening.
- Avvattning: Fungerar dåligt då massorna förlorar mindre vatten per tidsenhet än förväntat.
- Schakt i torrhet: Går att genomföra genom att temporärt anläggande av slitsmurar alternativt spontning.

Vidare har inom strandzonen förekomst av ett okänt antal sänkta pråmar konstaterats på ca 2-4 m djup i fyllnadsmaterialet längs strandlinjen. Dessa är fyllda av diverse avfall och utfyllnadsmaterial och troligtvis ditplacerade i strandstabiliserande syfte.

2.3 Föroreningsbilden

Den tidigare konstaterade föroreningsbilden, se bilaga 6 kvarstår hittills. Det planeras dock även en kompletterande rutnätsprovtagning för att optimera mängden föroreningar som avlägsnas vid urgrävningen. Innehållet av olika typer av avfall är ställvis mycket stort. Föroreningspotentialen i jordmassorna är mycket hög. Förutom metallföroreningarna har ställvis även påträffats klorerade alifater, organiska tennföreningar, dioxin, m.m., men av betydligt mindre omfattning. Framförallt är dock massorna påverkade av oljerester, särskilt inom områdets centrala och södra delar. Halterna karaktäriserar materialet som farligt avfall.

Föroreningsbilden är mycket heterogen inom det aktuella saneringsområdet. Metallhalterna varierar inte i någon större grad med djupet inom området. Främst bly, men

även zink, koppar, arsenik förväntas även ha en relativt jämn horisontell utbredning, med undantag för den nordligaste delen där halterna avtar. Kvicksilver förekommer med större haltvariationer, från låga till mycket höga halter, även inom begränsade områden. Prover tagna vid strandzonen visade dock att kraftigt bly- och zinkförorenade massor förekommer i övre 0-2 m skiktet. Blyföroreningen kan anses vara representativ för övriga metallföroreningar, undantaget kvicksilver.

Tabell 1. Total mängd metallföroreningar i fyllnadsmassor, metalläckage till Göta älv samt metalltransport i Göta älv (Huvudstudierapport, SwecoViak 2006).

	Bly	Koppar	Zink	Kvicksilver	Arsenik
Total mängd medelhalter (kg)	585 000	275 000	345 000	9 000	9 000
Via grundvatten maxhalt (kg / år)	1	0,5	70	< 0,1	< 0,1
Via erosion 1 cm/år (kg)	50	20	30	1	1
Transport i Göta älv (kg/år)	2 000	6 900	22 500	15	1 700

Vissa förhöjda metallhalter i grundvattnet kan konstateras, men inte motsvarande jordhalterna. Detta förklaras med att metallerna sannolikt främst är partikulärt bundna. Särskilt kvicksilverhalten är anmärkningsvärt låg. Dock har påvisats metylkvicksilver som visar att metyleringsprocessen pågår i de förorenade massorna inom området. Sediment strax utanför det fd. varvsområdet indikerar dels ringa sedimentförekomst, dels relativt låga metallhalter.

2.4 Hälsa- och miljörisker

- Risk för människors hälsa och miljö inom fd. Bohus Varvsområdet:
Jordmassorna är mycket kraftigt påverkade av metaller. Medelhalterna i jordmassorna för samtliga förekommande tungmetaller motsvarar en nivå av ca 10 gånger värdet för MKM eller mer. Området är även starkt förorenat av oljeprodukter, där massorna ställvis är indränkta med olja. Dioxiner förekommer i låga halter. Även organiska tennföreningar förekommer, särskilt i områdets centrala delar. Föroreningshalterna för flertalet förorenande ämnen överstiger vida framtagna platsspecifika riktvärden. Styrande exponeringsvägar är direktintag av jord, hudkontakt och inandning av damm. Platsspecifika riktvärden finns framtagna inom huvudstudien (som låg till grund för riskvärdering 2006).
- Risk för miljöpåverkan är relaterad till markmiljön inom området:
Markmiljön inom området bedöms med nuvarande föroreningsgrad vara starkt påverkad, med såväl växtlighet och annan biologisk aktivitet som artrikedomen kraftigt nedsatt.

- **Risk för Göta älv:**

Risk för påverkan på Göta älv kan hänföras dels till ständigt pågående ”diffus” spridning, dels till ett eventuellt skred, i det fall förorenade massor dras med ut i älven och transporteras nedströms. En jämförelse av bedömd diffus spridning, via både erosion och lösta ämnen indikerar att främst kvicksilver, bly kan bidra till metalltransporten i Göta älv i beaktansvärd omfattning. Bildning och spridning av metylkvicksilver har konstaterats som visar att det föreligger en klar risk för miljöpåverkan. Den samlade mängden föroreningar innebär att utläckage kommer att pågå till älven under mycket lång tid. Förorenade sediment i anslutning till området bedöms således inte utgöra någon betydande risk. En mera utförlig beskrivning av Göta älvs skyddsvärde framgår av riskvärderingen i samband med bidragsansökan 2006.

Sammanfattningsvis utgörs föroreningarna främst av tungmetaller, PAH samt oljerester. På grund av den höga föroreningspotentialen av ett antal olika ämnen bedöms inget enskilt ämne vara dimensionerande, utan den samlade föroreningsmängden utgör miljö- och hälsoriskerna. Läckaget kommer att bidra till miljöbelastningen på älven under mycket lång tid. Även en stor risk för skred föreligger. Göta älv bedöms ha ett mycket högt skyddsvärde, särskilt som dricksvattentäkt för ca 700 000 människor och målsättningen bör vara att minska föroreningsspridning från området. Övriga risker och konsekvenser av föroreningarna är markfunktionen samt hälsorisker för personer som vistas inom området. Platsspecifika riktvärden har tagits fram. Sammantaget tillhör fd. Bohus Varv länets 30 högst prioriterade projekt i riskklass 1 och återfinns även bland de objekt som bedöms akuta enligt ”Miljömål 4 Giftfri miljö, delmål 6”.

3 Åtgärds mål

Målsättningen i projektet är att långsiktigt och hållbart minska befintliga och potentiella miljö- och hälsorisker relaterade till fd. Bohus Varvsområde. Samtidigt bidrar saneringen till den nationella målsättning att fasa ur prioriterade förorenande ämnen, främst genom en avsevärd kvicksilverreduktion. De övergripande åtgärds målen är vägledande för utarbetande av åtgärdsalternativen.

Tidigare åtgärds mål:

- Marken ska efter utförda saneringsåtgärder kunna användas för de ändamål som gällande planer anger, d v s som industrimark, trafikområde och naturområde.
- En långsiktig strävan bör vara att säkra skyddet av Göta älv. Orsak till detta är dels älvens betydelse som huvudvattentäkt för Göteborg, med råvattenintaget nedströms det förorenade området. Ett stärkt skydd möjliggör även ekologiskt hållbara och variationsrika livsmiljöer, samt minskar belastningen av förorenade sediment.

Förslag till kompletterande åtgärds mål:

- Kviksilver ska fasas ur biosfären och projektets bidrag är att kvicksilvermängden inom området ska reduceras med minst 90 %.
- Inom övervägande del av fd. Bohus Varvsområdet och dess närmiljö bör förutsättningarna finnas för en väl fungerande markfunktion.

4 Utformning av saneringsåtgärder / åtgärdskrav

I bilaga 1.2 redovisas en schematisk översikt av föreslagna saneringsåtgärder.

4.1 Skredstabilisering samt anläggande av erosionskydd / partikelfilter

Förutsättningen för att efterbehandlingsåtgärder kan utföras är att stabiliteten i området först måste förbättras med hjälp av förstärkningsåtgärder. Härvid erhålles även reduktion av kontinuerlig partikelspridning via erosion och grundvattentransport. Det bedöms inte finnas olika alternativa utförande för dessa åtgärder.

Projektet föreslår att:

- I det tidigare förstärkta området kompletteras befintlig stödfyllning i älvbotten med en stödfyllning, som läggs från nivå $-1,5\text{m}$ upp till släntkrön med en släntlutning på 1:12 ut mot den östra stranden. Motsvarande fyllning utförs även för det norra oförstärkta området med en släntlutning på 1:3 från nivån -1.5 och
- Stödfyllningen bör utformas som erosionskydd bestående av samkross.
- Ett partikelfilter för att minska spridning partikulärt bundna föroreningar till älven kan krävas. Filtret läggs i sådant fall ut på befintlig botten och innan den nya stödfyllningen läggs ut.

Alternativet med, t.ex. LECA-kulor som lätt återfyllningsmaterial efter urgrävning har beaktats, men ingår inte i förslaget p.g.a. kostnadsskäl samt att minskningen i pådrivande kraft/moment till följd av en lättare fyllning är liten.

4.2 Hydraulisk barriär

Utförda undersökningar, med bl.a. pilotförsök³ visar att schakt måste utföras på torrlagda massor för att kunna genomföras under kontrollerade former, främst på grund av att schakt i våta massor skapar sönderdelning av organiskt material. Detta innebär att grundvattnet i området ska sänkas samt att området avskärmas hydrauliskt mot älven med en vattentät barriär. Barriären har två syften som dels förhindrar att älvvatten strömmar in i området vid grundvattensänkning och torrläggning samt dels förhindrar att förorenat schaktvatten under saneringsarbetet läcker ut till älven.

Anläggning av en sådan hydraulisk barriär mot älven längs varvsområdets utsträckning kan alternativt ske med:

- En tät spont som placeras längs mot Göta älv, parallellt med och strax utanför strandlinjen. Sponten installeras strax utanför släntkrönet och befintlig träspontkonstruktion / underliggande hinder.
- En s.k. slitsmur parallellt med strandlinjen cirka 10 meter innanför släntkrönet mot älven. Slitsmuren, som består av ett vattentätt material anläggs ned till den underliggande glacialleran innanför underliggande hinder i marken, såsom stenfyllningar och sänkta pråmar etc. Installation av slitsmuren påbörjas först efter att stödfyllning är utförd.

Spont alternativt slitsmurar anläggs så att de når upp strax över högsta älvhögvattennivån. För att kunna schakta i torrhet föreslås att området indelas i delsektioner som avgränsas från Göta älv och omgivande grundvattenförande lager med vattentäta barriärer (slitsmurar), varefter grundvattensänkning och saneringsåtgärder görs stegvis i

³ ”Pilotförsök, Bohus varv 2007.08.28-09.05”, FB 2007-09-24.

sektion efter sektion. Sektionernas antal, utformning och gränser avses att under entreprenadskedet anpassas till rådande mark- och grundvattenförhållanden.

Utformningen av den hydrauliska barriären styr omfattningen av den strandnära urschaktningen, då schaktning ända ut till strandlinjen kräver spontning. Spont tillåter således större urgrävningmöjligheter än slitsmur.

Den hydrauliska barriären är en temporär åtgärd under saneringsarbetet. Efter avslutade åtgärder kommer barriärens funktion att upphöra genom i möjligaste mån avlägsnande (spont) eller genom att genombrytningar (slitsmurar) görs för fri genomströmning av grundvatten.

4.3 Sanering med konventionell schaktning

Den totalt antagna mängden massor beror på det slutliga åtgärdsbeslutet, men bedöms till ca 30 000 - 50 000 m³.

Efter att skredstabilisering samt vattenavskärmande åtgärder med grundvattensänkning har utförts föreslås de förorenade massorna åtgärdas genom urschaktning. Denna föreslås ske genom att urgrävningdjupet successivt ökar mot älven, från ca 0,5 m djup i den östra delen till 2 – 4 m västerut beroende på ambitionsnivå (de olika åtgärdsalternativen). Schaktningen avses ske under älvens högsta högvattennivå, men i torrlagda och avvattnade massor. Schakt i torrhet bedöms vara nödvändigt för att saneringen skall kunna genomföras under kontrollerade former. Arbetet planeras ske sektionsvis med början utmed älvstranden, där varje delsektion saneras och återfylls innan arbetet med nästa hydrauliskt avgränsad delsektion påbörjas.

Efterbehandlingen planeras att fördelas över en tidsperiod av upp till tre år.

En teknisk beskrivning med schaktning, grundvattenavsänkning, vattenhantering, avvattning av urgrävda massor, etc. beskrivs närmare i bilaga 2.

4.4 Alternativ sanering med frysschaktning

Som alternativ till konventionell schaktning har borttagande av förorenade massor medelst frysmetod beaktats, främst för att slippa schakt i torrhet (ej krav på barriär mot älven i form av slitsmurar / spont) samt för att undvika hantering och rening av dränerings-/ lakvatten.

Frysningen skulle föregås av en konventionell schakt till ca 0,5 m djup. En 10 m bred strandremsa lämnas kvar för senare schakt. Därefter skulle frysning ske i horisontella skikt om ca 0,5 m tjocklek. Det frusna skiktet bryts av i ”flak”, läggs i containrar för borttransport alternativt inom området för tining (avvattning) på tätad yta eller deponi. Frysning sker i horisontella rör nedgrävda några decimeter under marknivån (kapacitet är ca 500 m²/d, energiåtgång är maximalt 30 kWh/m³ jord).

Frysning på detta sätt skulle kunna ske till några meters djup, vilket skapar en vattenspegel innanför den kvarlämnade delen utmed strandlinjen. Sista delen för frysning skulle därefter vara strandlinjen, som bör kunna frysas på samma sätt (horisontella skikt). Vid frysning av djupare liggande jordmassor, ”hot spots” skulle frysning

via vertikala rör kunna användas. Dessa måste då borraras ned, vilket har förhållandevis låg kapacitet.

Metoden är inte ny, dock tämligen oprövad vid ett saneringsarbete som detta.

4.5 Masshantering och omhändertagande

Massorna planeras att schaktas upp för eventuell siktning och sortering samt transport till extern mottagare följt av återfyllnad med godkända massor. Alternativt sker stabilisering / immobilisering av massorna på plats. Vid borttransport till extern mottagare lastas massorna fortlöpande på lastbilar alternativt etappvis och i större kvantiteter om transporterna sker med tåg eller fartyg. Samtliga alternativ bedöms möjliga.

Då omhändertagandekostnaden utgör en stor del av den totala projektkostnaden är det, inför beslut om saneringsnivå viktigt att en uppskattning av såväl kostnad som osäkerhet av denna kan ske. Upphandling av omhändertagandet tidigareläggs därför i projektet och pågår för närvarande.

5 Åtgärdsalternativ

5.1 Beskrivning av framtagna åtgärdsalternativ

Riskbedömningen och åtgärdsmålen ligger till grund för framtagna åtgärdskrav enligt ovan. I bilaga 1.1 - 1.2 redovisas framtagna åtgärdsalternativ, som baseras på olika urgrävningstrategier. Tabell 2 nedan redovisar skillnaderna i de olika alternativen. Stabiliseringsåtgärder, inklusive erosionskydd och partikelfilter ingår i samtliga. Då schaktning i torrhet bedöms nödvändigt ingår även hydraulisk barriär. Bakomliggande diskussioner / värderingar redovisas i närmare i avsnitt 6 –7.

Åtgärdsalternativen beskriver olika ambitionsnivåer och indelas utifrån två strategier:

- Strandzonen indelas i tre (1-3) olika grader av urgrävning:
 1. Urgrävning av hela den förorenade fyllnadsvolymen till ca 4 m djup, däribland de pråmar som har konstaterats i djupare massor utmed älvkanten, innebär att slitsmur inte är möjlig som hydraulisk barriär utan spont krävs.
 2. Urgrävning till ca 2 m djup ned till pråmarna, innebär att spont krävs.
 3. Ingen urgrävning inom ca 10 m från strandlinjen, innebär alternativa möjligheter till hydraulisk barriär med spont eller slitsmur.
- Inom övriga området skiljer sig de tre åtgärdsalternativen A–C på olika grad av urgrävning och minskning av källterm (redovisas för Hg och Pb). Dessa har i de första projekteringshandlingarna från 2007 redovisats som olika stor yta som urgrävs till fullt djup. Det har dock framtagits ett alternativ som benämns ”Korrigerad B2”. Här har man utgått ifrån åtgärdsalternativ B2 (ambitionsnivå som projektet rekommenderar), men med begränsning av urgrävningdjupet. Syftet har varit att jämföra vad som erhålles för en mindre kostnad (100 Mkr).
 - A. Urgrävning motsvarande ca 80% reduktion av kvicksilverförekomsten (gäller oavsett strandzonens urgrävning, då den innehåller endast ca 1% Hg). I det tidigare åtgärdsförslaget (med horisontell avgränsning) motsvarade urgrävningen ca halva varvsområdet, enligt bilaga 1.3. Den senare framtagna verti-

kala avgränsningsmodellen (korrigerad B2) innebär en minsta yta motsvarande alternativ B, d.v.s. knappt 60% av varvsområdet. Ytavgränsningen enligt alternativ A är således inte längre aktuell. Volymer, kostnader, etc. enligt bilaga 1.2 är dock fortfarande giltiga för aktuella kvicksilverreduktioner.

- B. Urgrävning motsvarande ca 90% reduktion av kvicksilverförekomsten. Som nämns ovan gäller den vertikala avgränsningsmodellen en minsta yta motsvarande detta åtgärdsalternativ. Alternativ med lägre ambitionsnivåer gäller då som olika grader av alternativ B, beroende på olika urgrävningdjup.
- C. Urgrävning av hela det förorenade varvsområdet, motsvarande 100% av föroreningarna. Alternativet ska främst ses som en referens till övriga åtgärdsalternativ, då det inte bedöms som realistiskt att genomföra.

Exakt utformning av urgrävningen kommer att klargöras under projekteringskedet, avseende såväl urgrävning av strandzonen samt horisontell / vertikal begränsning.

Tabell 2: Sammanställning av framtagna åtgärdsalternativ.

Åtgärdsalternativ		Förorening reduktion (%)	Schakt- volym (m ³)	Ytarea ⁴⁾	Kostnad (Mkr)
A1 ¹⁾	Urgrävning av område A till fullt djup, inklusive strandzonen 0 – ca 4 m (inkl pråmar). Spont.	Hg: 80 Pb: 75 ³⁾	ca 45 000 (ca 53%)	ca 49%	125
A2	Urgrävning av område A till fullt djup, inklusive strandzonen 0 – 2 m (exkl. pråmar). Spont.	Hg: 80 Pb: 73	ca 42 000 (ca 49%)	ca 49%	111
A3	Urgrävning av område A till fullt djup, exklusive strandzonen. Slitsmur.	Hg: 80 Pb: 61	ca 36 000 (42%)	ca 40%	97
B1	Urgrävning av område B till fullt djup, inklusive strandzonen 0 – ca 4 m (inkl pråmar). Spont.	Hg: 90 Pb: 87	ca 53 000 (ca 62%)	ca 58%	145
B2	Urgrävning av område B till fullt djup, inklusive strandzonen 0 – 2 m (exkl. pråmar). Spont.	Hg: 90 Pb: 85	ca 49 400 (ca 58%)	ca 58%	130
Korr B2	Urgrävning av område B med vertikal begränsning 0,5 – 2 m, ²⁾ inklusive strandzonen 0 – 2 m (exkl. pråmar). Spont.	Hg: 54 Pb: 51	ca 30 000 (ca 35%)	ca 58%	100
B3	Urgrävning av område B till fullt djup, exklusive strandzonen. Slitsmur.	Hg: 90 Pb: 75	ca 42 200 (ca 50 %)	ca 47%	110
C3	Urgrävning av hela det förorenade varvsområdet inklusive strandzonens förorenade massor och pråmar (till 4 – 5 m djup). Spont.	Hg: 100 Pb: 100	ca 85 000 (100%)	ca 100%	207

- Anm. 1) Ambitionsnivå A, B och C motsvarar 80% , 90% respektive 100% kvicksilverreduktion (Obs! Korr. B2).
 2) Urgrävningdjupet ökas successivt mot väster. Framtaget förslag utgår ifrån en totalkostnad av 100 Mkr. Exakt djup varierar beroende på föroreningsgrad (klarläggs i rutnätprovtagning).
 3) Övriga tungmetaller bedöms reduceras i motsvarande grad som bly.
 4) I % av total ytarea (ca 47 500 m²).

Beräkningar för de framtagna ambitionsnivåerna redovisas i bilaga 1.2. I åtgärdsalternativ B2 sker schaktning till fullt djup inom angivet område, till en kostnad av 130 Mkr (inklusive urgrävning av strandzonen till ca 2 m djup). Genom att reducera mängden schaktmassor med ca 40 % (åtgärdsalternativ ”Korrigerad B2”) reduceras den beräknade kostnaden för saneringsåtgärden till drygt 100 Mkr. I tabell 2 framgår att detta alternativ reducerar föroreningarna med ca 50% (jämfört med 85-90% föroreningsreduktion i åtgärdsalternativ B2). Dessa uppskattningar förutsätter att fördelningen av kvicksilver och bly är någorlunda jämnt fördelade i massorna enligt nedan. Den vertikala urschaktningen sker ner till i genomsnitt 1 m djup (jämför medeldjupet 1,7 m av fyllnadsmassorna). I den östligaste delen av saneringsområdet där fyllnadsmassorna är tunnast schaktas ett par decimeter av ytlagret bort. Mot väster

mot älven ökar generellt tjockleken av massorna och schaktdjupet ökas successivt för att gå ner till ca 2 m i strandzonen. Även om schaktning sker ner till begränsat djup i vissa områden bör dessa avgränsas hydrauliskt.

Tidigare åtgärdsalternativ A, som medför ca 80% kvicksilverreduktion innebär att ca 50% av massorna schaktas ur. Enligt den vertikala avgränsningsmodellen ökas urgrävningdjupet successivt mot väster, men exakt djup varierar beroende på föroreningsgrad. Detta kommer att kunna klarläggas i rutnätsprovtagning. Volym- och kostnadsberäkningarna som redovisas gäller dock.

Utförda undersökningar visar att främst bly och övriga tungmetaller samt PAH och olja kan förväntas ha en relativt jämn horisontell utbredning i det aktuella saneringsområdet. Kvicksilver förekommer med större haltvariationer, även inom begränsade områden. I vertikalled sammanfaller högre halter i både övre och undre lager. Detta innebär att tidigare beräkningar (horisontell avgränsning enligt åtgärdsalternativen A-B) i bilaga 1.2 är tillämpbara även för den vertikala avgränsningen.

5.2 Osäkerhetsbedömning, riskanalys

Framtagna volymer och kostnader för de olika delposterna i bedöms som tämligen exakta under förutsättning att inga oförutsedda händelser inträffar. Av erfarenhet sker dock i allmänhet kostnadsökningar, vilket har medtagits i kostnadskalkylen som en kostnadspost på 20% (benämns ”Oförutsett, osäkerhetsfaktor”). I bilaga 3 beskrivs närmare hur identifierade osäkerhetsfaktorer i projektet behandlas.

I projektet har en riskhanteringsplan tagits fram som omfattar riskidentifiering, riskvärdering samt förslag på säkerhetshöjande åtgärder. Syftet är att identifiera de aktiviteter som särskilt behöver bevakas vid projektets genomförandet. Riskanalysen utförs med avseende på tidplan, ekonomi, kvalitet och miljö.

Dokumentet avses att fortlöpande uppdateras och följas upp på byggmöten. Hittills har 37 presumtiva skadehändelser identifierats med 77 tänkbara konsekvenser som har värderats med avseende på sannolikhet och konsekvens. De viktigaste i sammanhang med denna riskvärdering och bidragsansökan framgår av tabell 3 nedan.

Projektet har besvarat ett antal frågeställningar som SGU och Länsstyrelsen har ställt i samband med föreliggande riskvärderingsprocess. Huvudpunkterna i frågeställningarna finns införda i denna rapport, men framgår mera detaljerat i bilaga 4 samt via ovan beskrivna riskhanteringsplan.

Tabell 3: Exempel från analysprotokoll riskanalys. (Källa: "Riskhanteringsplan för genomförande av marksanering vid fd. Bohus Varv", FB Engineering AB)

Risk	Sannolikhet x Konsekvens ¹⁾	Effekt Åtgärd
Ansökt medel erhålls ej till fullo, prioriteringsproblem.	9	Förtroendefråga, miljökonsekvens. Prioriteringslista upprättas.
Projektet får ej miljötillstånd innan årsskiftet.	6	Stabiliseringsarbetet som skall utföras vintertid kan ej påbörjas, tidsförskjutning, ökade kostnader. Går ej att påverka.
Högt pris på anbud från entreprenörer.	4	På grund av rådande högkonjunktur, projektet löper under en längre tid. Projektet kan bli dyrare än förväntat. Krav på upphandling.
Sanering kan ej genomföras vid strandkanten.	6-9	Slitsmur används för avskärmning mot älven. Föroreningar längs med strandkanten blir kvar, miljöeffekt. Bör hitta incitament för att motivera mest kostnadseffektiva alternativet för avskärmning. Svårt att prissätta "förtroende".
Problem hydraulisk barriär: Spontning kan inte utföras som planerat, placering av spontar är osäker, sker genom förorenade massor. Gamla okända ledningar.	3	Okända hinder i marken, mycket material sten/större föremål/etc. i sedimenten. Mer massor att schakta, mer vatten att rena, Vattnet "väljer" rörgator/ledningarna och rensas ej, ökade läckage till älven, ökade kostnader. Förundersökning, geofysiska mätningar, bevakas i upphandling
Kan ej torrlägga "delområden".	4	Hög lerhalt, slam, brunnar fungerar ej, filter sätter igen, ej tät barriär. Tidsfördröjning, ökade kostnader. Tydlighet vid upphandling, försteg i vattenreningsprocess.
Rening uppnår ej de krav på reningsnivå som specificerats i ansökan, Krav på reningsnivå blir högre än vad som ansökts.	2-3	För höga partikelhalter. Andra reningsmetoder eller flera reningssteg, ökade kostnader. Kontrollprogram för vattenrening, öppet förfrågningsunderlag.
Problem med entreprenör ansvarsfrågor/befogenheter, uppnår ej de krav som ställs.	3-4	Arbetet blir inte rätt utfört, miljörisk. Tidsförskjutning, ökade kostnader. Viktigt med bra upphandling, byggkontroll.
Öppet förfrågningsunderlag, ospecificerade metoder, risk att förfrågningsunderlaget inte stämmer med verkligheten.	2	Önskvärt nyttja entr. problemlösning, oklart vilka metoder, massor, svårt för TM att ta beslut, ökade kostnader. Slutkrav tydliga och fastställda.

Anm. 1) För risker med risktal (sannolikhet x konsekvens) över 4 skall åtgärd för att minska risken tas fram. Vid risktal 3 skall värdering alltid göras.

6 Värdering av åtgärdsalternativen

6.1 Skredstabilisering samt anläggande av erosionskydd / partikelfilter

6.1.1 Förutsättningar

- Skredstabiliserande åtgärder bedöms nödvändiga att utföra för att överhuvudtaget möjliggöra sanering, bestående av anläggande av erosionskydd och partikelfilter samt urgrävning.
- Åtgärderna innebär krav på miljödom för vattenverksamhet, vilken har ansökts och beräknas erhållas i slutet av 2008.

6.1.2 Värdering

Den främsta prioriteringen i projektet är skyddet av Göta älv. Förberedande åtgärder som den geotekniska stabiliseringen samt hydraulisk avgränsning och torrläggning krävs därför oavsett den mängd massor som av kostnadsskäl kan grävas upp och tas bort. Särskilt om föroreningarna i strandområdet lämnas kvar bör stranden förses med ett erosionskydd, helst i form av solitt beständigt material där vattnet inte kan gräva sig ner och underminera skyddet, se anm. nedan.

Åtgärderna minskar spridningsförutsättningarna till älven, då erosion och urtvättning från högvattenstånd i älven samt skredrisken elimineras. Miljöriskerna för Göta älv reduceras härvid till stor del på kort – medellång sikt. Dock minskar inte nederbörd- och grundvattengenomströmningen genom området och spridning av vattenlösliga föroreningar kommer inte att påverkas. Enligt undersökningarna utgör dessa dock en mindre del av föroreningsspridningen. Riskbedömning och skyddsvärdet för Göta älv redovisas mera detaljerat i tidigare riskbedömning och bidragsansökan 2006. På lång sikt bedöms riskpotentialen kvarstå eller eventuellt öka om den stora källtermen föroreningar lämnas kvar, då åtgärdernas funktion långsiktigt inte kan garanteras. Hälsorisker kopplade till föroreningsspridning till Göta älv på grund av Göteborgs VA-verks vattenintag nedströms fd. Bohus Varvsområdet minskar i motsvarande grad som miljöriskerna. Betydelsen av förtroendet för Göteborgsregionens vattenförsörjning bör inte underskattas, utan bedöms som mycket viktigt.

Varken hälsoriskerna eller miljöriskerna inom området påverkas, då åtgärderna endast reducerar spridningsförutsättningarna till Göta älv.

Anm. Idag sker ett kontinuerligt vattenflöde mellan älven och fyllnadsmassorna p.g.a. nivåförändringar i älven. Undersökningarna visar på att vattengenomströmningen syresätter fyllnadsmassorna. Sannolikt sker även syresättning via nederbörd och grundvatten österifrån. Om syresättning inte skedde skulle den rikliga förekomsten av organiskt material snabbt medföra syrebrist och reducerande miljöer, vilket är en förutsättning för bildning av metylkvicksilver. Ett tätt erosionskydd kan innebära en risk för ett minskat vattenutbyte mellan varvsområdet och älven, och därmed en minskad syresättning. Detta kan utgöra ett argument för urgrävning av strandzonen och avlägsnade av så stor del kvicksilver som möjligt.

6.2 Urgrävning av massor med olika ambitionsnivåer

6.2.1 Förutsättningar

- Föroreningshalterna för flertalet förorenande ämnen överstiger vida framtagna platsspecifika riktvärden. Styrande exponeringsvägar är direktintag av jord, hudkontakt och inandning av damm. I princip elimineras såväl de kort- som långsiktiga hälsoriskerna som är förknippade med kvicksilverföroreningarna samt övriga ämnen inom den delen av området som urgrävs. Hälsoriskerna och möjligheterna för framtida markanvändning blir goda eftersom området blir ”färdigsanerat” inom denna del.
- Markmiljön inom området bedöms med nuvarande föroreningsgrad vara starkt påverkad, med såväl växtlighet och annan biologisk aktivitet som artrikedomen kraftigt nedsatt. Åtgärderna medför att markmiljöfunktionen säkras inom de ytor och jordmassor som berörs av urgrävningen. Dessutom erhålls förbättrade förutsättningar för de ekologiska systemen i strandzonen intill Göta älv.
- De strandnära massorna medför den största risken för föroreningsspridning till Göta älv. Dessa innehåller en förhållandevis större andel zink och bly (ca 100 ton Pb av totalt 600 ton inom hela fd. Bohus Varvsområdet).
- De i strandzonen påträffade pråmarna komplicerar en strandnära urgrävning på större djup (>2 m), såväl tekniskt som miljömässigt. Innehållet varierar säkerligen och förutsätts vara förorenat motsvarande övrigt fyllnadsmaterial. Kompletterande undersökning av föroreningsbilden planeras.
- Krav på hydraulisk tätbarriär mot älven föreligger inför schaktning. Urgrävning av strandzonen medför då krav på spont. Om strandzonen inte åtgärdas kan alternativt slitsmur användas.
- För övriga området bedöms källtermsreduktion av främst kvicksilver vara proportionellt mot mängden urgrävd jordvolym, även om kvicksilverhalten varierar lokalt. För att mera i detalj kunna styra urgrävningsdjup och därmed källtermsreduktionen planeras en rutnätsprovtagning med 10x10m rutor att utföras inom detaljprojekteringen.
- Begränsad urgrävning enligt alternativen A-B kan ske antingen genom att horisontellt begränsa urgrävningssytan (urgrävning av hela fyllnadsprofilen) eller att vertikalt schakta ur grundare (inom hela området). Föroreningsreduktion förutsätts då lika proportionellt mot schaktvolym.
- Mängden och svårigheter att omhänderta länsvatten bedöms öka med ökat schaktdjup.
- Givetvis medför en större urgrävning mera omfattande transporter av massor. Vägtransportalternativet innebär stor förbrukning av drivmedel och därmed även emissioner till luft. Stora mängder avfall produceras som till största delen bedöms måste deponeras. En mera exakt modellering av indirekta miljökonsekvenser har inte utförts, men är möjlig i samband med upphandlingen av omhändertagandet.
- Exakt utformning och begränsning av urgrävningen kommer att klargöras under projekteringskedet, med bl.a. kompletterande rutnätsprovtagning. Härvid kan även hanteringen och omhändertagandet av massorna förberedas. Kostnadseffektiviteten kan härvid optimeras genom att åtgärderna inriktas på i första hand de mest förorenade massorna.

6.2.2 Värdering

Saneringsprojektet fd. Bohus Varv är komplicerat. De stora föroreningsmängderna som ligger älvnära bedöms utgöra en alltför stor långsiktig risk för att inte behöva åtgärdas och avlägsnas. Detta gäller även om stabiliseringsåtgärder m.m. enligt avsnitt 6.1 genomförs. Under utredningsarbetets gång har olika urgrävningsstrategier diskuterats. Föreliggande åtgärdsalternativ är både ”målstyrda” och ”riskstyrda” utgående dels ifrån riskreduktion samt dels avlägsnande av källterm, främst kvicksilver. Förutom alternativen med strandzonens urgrävning (liksom hydraulisk barriär) har även alternativa schaktningsvolymen betraktats för hela övriga området. Övriga värderingsfaktorer är främst kostnader, allmänhetens förtroende (framförallt för Göteborgsregionens vattenförsörjning) samt det långsiktiga miljöarbetet (miljömål, tillsynsmyndighetens förutsättningar, mm.).

- Urgrävning av strandzonen:

Av ca 1 000 ton metaller inom strandzonen finns ca 200 ton (varav ca 50% utgörs av bly) i fyllnadsmassornas övre 2 meter närmast älven. Kvicksilverförekomsten här är dock mindre än inom övriga området (utgör ca 1%). Underliggande utfyllnadslager innehåller ett antal pråmar med föroreningar, som kan vara mera omfattande än vad som framgått tidigare. Osäkerheten av innehållet innebär, att föroreningsspridning från dessa massor till älven är osäker.

Under nuvarande förhållanden kan (enligt huvudstudien) upp till 100 kg bly per år spridas från fd. Bohus Varvsområdet, främst partikelbundet. Huvuddelen av denna spridning åtgärdas med åtgärderna erosionsskydd och partikelfilter. På lång sikt bedöms dock erosion av strandlinjen (genom inbrytningar och kanalbildningar i fyllnadsmassorna som resultat av ökade nivåvariationer i älven samt översvämningar) kunna medföra en ökad spridning, främst för partikulärt men även löst bly. Med tanke på de höga halterna och stora mängderna bly i de strandnära delarna av varvsområdet finns påtaglig risk för en oacceptabel miljöpåverkan som i första hand belastar närliggande bottenområden och som successivt förflyttas nedströms längs botten i älven.

Samtidigt föreligger högre halter kvicksilver inom övriga området öster om strandzonen. Kvicksilver utgör ett nationellt prioriterat ämne att fasa bort. Metylkvicksilver har konstaterats i varvsområdet, d.v.s. bildning och spridning pågår. Metylkvicksilver är mer toxiskt än bly och sprids både via vatten och atmosfär, vilket innebär att metylkvicksilver utgör ett nationellt och globalt miljöproblem i högre grad än bly. Förhöjda metylkvicksilverhalter i grundvattnet visar att det föreligger en klar risk för miljöpåverkan på tre av de fem provtagningsplatserna inom varvsområdet. I ett liknande förorenat strandområde vid Göta älv har halter upp till knappt 10 ng/l noterats. Det är därför inte osannolikt att motsvarande höga nivåer också föreligger inom Bohus varv. Denna påverkan gäller varvsområdet och vid spridning ut i älven kommer utspädningseffekten snabbt att reducera halterna ner till långt under mätbara nivåer. Den lokala och regionala påverkan kommer därför inte att vara mätbar, men spridningen innebär ändå ett litet extratillskott metylkvicksilver till älven och västerhavet. Samma synsätt att den totala belastningen ligger till grund (”många bäckar små”) bör gälla alla föroreningsutsläpp till Göta älv. Vid planerad sanering av fd. Bohus Varvsområdet minskar emellertid bildningen av metylkvicksilver i direkt proportion till den mängd som tas bort från området som helhet.

Urgrävning av strandzonen medför att alternativet med slitsmur som hydraulisk barriär mot älven inte finns, då spont förutsätts. Slitsmur bedöms bara kunna utföras om strandzonen inte åtgärdas, då den som hydraulisk barriär måste nedföras till den underliggande plastiska leran ca 10 m från strandlinjen. Att schakta utanför eller genom pråmarna utan skyddsspont rekommenderas inte. Alternativet med endast slitsmur som hydraulisk barriär medför därför att urschaktning inte kan ske till strandlinjen, d.v.s. endast ”åtgärdsalternativ 3”. Vid ”torrschaktning” krävs även kvarlämnande av en ”triangel” med jord som stabiliserar muren (ca 30° lutning, vilket betyder att ytterligare ca 10 m³ jord/löpmeter mur måste lämnas). Kostnaden för spont är ca 8 Mkr högre än för slitsmur. Detta medför att kostnaden per mängd avlägsnad förorening bedöms bli något högre, som ska ställas mot ökad riskreduktion då strandzonen åtgärdas. Osäkerheten vad gäller hinder i form av sten / stora föremål / pråmar / kajskoning / etc. som försvårar nedsättningen av barriärerna bedöms finnas för båda alternativen.

Vad bör då styra prioriteringen inom fd. Bohus Varvsområdet? Om de strandnära föroreningarna lämnas kvar bedöms miljörisken öka mer än motsvarande antal ton innanför eftersom tillskottet ligger omedelbart invid älven. Utifrån det utsatta läget bör de förorenade massorna närmast älven därför prioriteras och åtgärdas i så stor omfattning som miljömässigt bedöms nödvändigt, varefter prioriteringsgraden bör minska med avståndet från älven. Till detta kommer de okända mängderna föroreningar i och kring de sänkta pråmarna omedelbart innanför strandkanten. Då försiktighetsprincipen bör gälla, finns miljöskäl för att klarlägga hela förorenings-situationen i den miljö känsliga strandzonen. Det planeras därför kompletterande provtagningar vid pråmarna under 2 m djup. Om strandzonen åtgärdas till 2 m djup frilägges även underliggande lager för en eventuell förnyad riskbedömning och fortsatta åtgärder. Utifrån en oförändrad total projektkostnad bör prioritering av djupare urgrävning av strandzonen då ske mot urgrävning i områdets östra del, enligt nedan.

Mängden kvarlämnade metallföroreningar inom hela området ökar givetvis också om strandzonen inte åtgärdas. Vid oförändrad urgrävningsvolym (läs reduktion av mängden föroreningar totalt) bedöms ett ökat urgrävningsdjup innanför strandzonen vara ett sämre alternativ. Det bedöms även vara ett sämre alternativ med en horisontell utökning av saneringsområdet mot öster, d.v.s. mot banvallen. Här är kvicksilverhalten dessutom genomgående låga. En övertäckning av området med rena täckmassor bör vara bättre åtgärd, ur kostnads- och miljösynpunkt. Restriktioner måste dock kvarstå för markarbeten och markanvändning inom ett sådant område.

Projektet menar att mängden föroreningar som kommer att lämnas kvar strandnära inte går att försvara med miljöargument. Förutom miljörisken finns en risk att en allmän opinion, genom t.ex. alerta miljöorganisationer mobiliseras och agerar genom massmedia, demonstrationer eller överklaganden. Det är inte heller möjligt att med miljöbaserade sakska argumentera för att lämna kvar antingen mer bly (och andra förekommande metaller) eller mer kvicksilver/metylkvicksilver då båda är miljöfarliga, men har olika kort- och långsiktiga miljöeffekter samt spridningsvägar och -mönster.

Ale kommun förordar därför att strandlinjen till ca 2 m djup åtgärdas. Grundmotiveringen är följande: Miljörisken för älven (stora mängder älvnära föroreningar med bl.a. bly), kommunens möjligheter att utöva tillsyn samt förtroendet för saneringen med avseende på spridningsrisken till Göta älv.

- Urgrävning av övriga området:

Miljö- och hälsoriskerna bedöms vara stora p.g.a. föroreningsituationen inom fd Bohus Varvsområdet. Urgrävning och utbyte av de förorenade massorna bedöms vara nödvändigt.

Framtagna platsspecifika riktvärden visar att ytnära urgrävning bör omfatta större delen av området. Samtidigt bör så stor andel av föroreningarna även på djupet avlägsnas, inklusive strandzonen. Denna ambitionsnivå motsvaras av åtgärdsalternativ C, vilket innebär att föroreningsmängderna reduceras i det närmaste helt. I princip elimineras de miljörisker som är förknippade med föroreningarna, källtermen försvinner och därmed risken för spridning. Samtidigt elimineras hälsoriskerna och möjligheterna för en framtida markanvändning blir goda eftersom området blir ”färdigsanerat”, främst inom den detaljplanelagda södra delen av området. På grund av den höga kostnaden bedöms detta alternativ emellertid inte realistiskt, utan alternativa åtgärdsalternativ har framtagits.

I de alternativa åtgärdsförslagen (A – B) sker begränsningar av ambitionsnivån således av ekonomiska skäl. Nackdelen med lägre ambitionsnivå är ökade miljö- och hälsorisker genom att en väsentlig mängd förorenade massor och föroreningsmängder blir kvar inom området. I underlaget (tabell 2 och bilaga 1.3) redovisas urgrävningarnas begränsning i horisontal led. Den senare urgrävningstrategin rekommenderar emellertid urgrävning av större delen av ytan (minst motsvarande åtgärdsalternativ B) med vertikal begränsning istället, där de övre lagren massor tas bort medan undre lager lämnas kvar. Urgrävningdjupet är beroende på ambitionsnivån. Då de förorenade utfyllnadsmassornas mäktighet ökar från ca 0,5 m i östra delen till ca 4 m vid älvkanten bör urgrävningen ske genom ett successivt ökat djup från öster och ut till strandzonen. Vid återfyllning kommer de undre lagren i motsvarande grad att vara täckta med rena massor som successivt minskar i tjocklek inåt land.

I jämförelse med en horisontell avgränsning bör en vertikal avgränsningstrategi vara att föredra av flera skäl:

- Ur miljösynpunkt då risken reduceras för utläckage av ytliga föroreningar till älven, där den största transporten av vatten och grundvatten sker. Samtidigt minskar återkontamineringsrisken av eventuell föroreningstransport österifrån via grundvattnet. En nackdel är dock att, i jämförelse med fullt urgrävningdjup (vid horisontell avgränsning österut) kan en större andel älvnära föroreningar på djupet komma att kvarlämnas.
- Hälsorisken elimineras till stor del då exponering för kvarlämnade ytliga föroreningar upphör, särskilt inom den södra delen som är detaljplanelagd för industriverksamhet (Obs! se texten nedan om möjligheten att bedriva sådan verksamhet vid begränsad urgrävning).
- Utförandemässigt kommer troligen vattenhanteringen att underlättas genom att en större andel av undre lagrens slam och gyttja undantas från behandlingen, vil-

ket bör kunna ge en del kostnadsbesparingar. Omfattningen av grundvattensänkningen och torrläggningen av östliga delområden kommer att minska i proportion till kvarlämnade undre lager massor.

- Miljöriskerna inom området är främst knutet till de ytnära massorna, både vad gäller flora och markfauna samt andra rörliga djur. De viktigaste delarna av området är naturområdena (tvärtemot hälsoriskerna som vid markanvändning främst berör de exploaterade delarna).

Hur stor andel av de förorenade massorna som kan / bör urschaktas är svårt att definiera endast utifrån miljöskäl, då det mera handlar om att avlägsna en mycket stor källterm och minska en långsiktig risk än att åtgärda en tydlig kortsiktig / akut miljörisk. Ur miljö- och hälsoriskhänseende är det givetvis önskvärt med en så stor urgrävning som möjligt (jämför åtgärdsalternativ C). En minskad ambitionsnivå blir därför till stor del en ekonomisk frågeställning.

De kriterier som skiljer de olika framtagna ambitionsnivåerna är mängden föroreningar som avlägsnas, definierade som kvicksilver samt bly (blyet kan anses representera övriga föroreningar förutom kvicksilver) enligt tabell 2. Åtgärdsalternativ B baseras på en lämplig kvicksilverreduktion (90%) utifrån den nationella målsättningen att fasa bort kvicksilvret. Minskas ambitionsnivån till motsvarande alternativ A erhålles fortfarande en relativt hög kvicksilverreduktion (80%) med en kostnadsminskning av ca 19 Mkr. Om kostnaden bantas ytterligare med 11 Mkr enligt alternativ "Korrigerad B2" minskar kostnadseffektiviteten märkbart då endast 54% kvicksilver avlägsnas. Motsvarande förhållanden gäller i stort även för övriga föroreningar.

Tilläggs kan att ambitionsnivån enligt tidigare beviljat bidrag 2006 för sanering av fd. Bohus Varv innebär urschaktning av ca 65% av de förorenade jordmassorna (totalt 55 000 m³) motsvarande 81% kvicksilverreduktion.

Ale kommun förordar att urgrävning bör ske enligt åtgärdsalternativ B2, med motiveringen att erforderlig miljö- och hälsoriskreduktion då erhålles på ett kostnadseffektivt sätt.

I tidigare riskvärdering 2006 indelades fd. Bohus Varvsområdet i delområden med olika saneringsnivåer. Dessa utgjordes av olika inkapslingsalternativ och skillnad urgrävningsdjup. Då uppmärksammades för det södra delområde A (som är detaljplanlagt för industriverksamhet) att befintlig marknivå måste bibehållas för att möjliggöra avsedd markanvändning. Vidare konstaterades att den försvåras väsentligt om föroreningar lämnas kvar, då det krävs pålning eller andra markförstärkningsåtgärder för att undvika sättningar vid uppförande av byggnader eller andra tyngre konstruktioner. Dessa skulle då penetrera skyddslager och förorenade massor. Restriktioner för markarbeten, schaktning, pålning, etc. är inte realistiskt om verksamheter ska kunna bedrivas inom delområdet. För detta finns inte heller kraftfulla administrativa instrument eller restriktioner i gällande detaljplan. Ale kommun är inte intresserad av att bekosta ändringar i deljplanebestämmelser, som man ändå inte når särskilt långt med. Miljöriskområdesbestämmelser kan teoretiskt beslutas, men detta är knappast ett realistiskt alternativ vid en bidragssanering. Detta talar för en högre ambitionsnivå inom detta område.

Planerad trafikplats i samband med utbyggnad av E45 påverkas inte av olika ambitionsnivåer inom projektet. Omfattningen av BanaVäg i Väst:s saneringsansvar bedöms av tillsynsmyndigheten och bör samordnas med fd. Bohus Varvsprojektet.

- Övrigt:

Uppfyllelse av framtagna åtgärds mål kan sammanfattas enligt nedan.

- Planerad markanvändning, bl.a. enligt detaljplaner är möjlig utan större restriktioner för åtgärdsalternativ B2. Begränsat urgrävningsdjup enligt ambitionsnivå motsvarande alternativ A2 kommer sannolikt inte heller att påverka de hälsorelaterade riskerna oacceptabelt om urgrävningen omfattar de mest angelägna delarna av området, dvs. strandzonen, de mest högkontaminerade massorna samt inom södra detaljplaneområdet för industriverksamhet. Skyddsåtgärder måste dock beaktas i samband med eventuella framtida byggnationer (markarbeten, grundläggning, pålning, etc.).
- Det långsiktiga skyddet av Göta älv, främst kopplat till de älvnära åtgärderna men även urgrävningsgraden bedöms tillfredsställande med alternativet B2. Riskökningen för alternativ A2, med ca 10% mera kvicksilver kvarlämnat är svår att uppskatta. Skillnadens betydelse är mera av principiell art (källtermsreduktion) samt en förtroendefråga m.a.p. Göteborgsregionens vattenförsörjningen.
- Den övergripande målsättningen med urfasningen av kvicksilver (minst 90 %) uppfylls i alternativ B2. Betydelsen av denna målsättning bör bedömas utifrån en nationell avvägning.
- Markfunktionen inom fd. Bohus Varvsområdet och dess närmiljö påverkas mest av ytnära föroreningar. De två föreslagna åtgärdsalternativen A2 och B2 bedöms inte innebära någon större skillnad.

Kostnadsfördelningen för rekommenderade åtgärdsalternativ framgår av tabell 4 nedan.

Tabell 4: Kostnadsfördelning enligt bilaga 1.2.

Aktivitet	Åtgärdsalt. A2 (Mkr)	Åtgärdsalt. B2 (Mkr)
Stabiliseringsåtgärder inkl. erosionskydd och partikelfilter	12,8	12,8
Torrläggning och vattenbehandling	19,1	24,5
Sanering, urgrävning	14,9	17,1
Omändertagande förorenade massor	33,9	39,9
Miljökontroll	4,7	5,4
Projektledning	8,5	10,0
Reserv (20% av totalkostnad)	17,1	19,9
Summa	111	130

Ale kommun avser att avsätta totalt 10 Mkr för de tre planerade bidragsfinansierade saneringsprojekten fd. Bohus Varv, fd. Surte Glasbruk samt Tidermans utfyllnads-

område. Samtidigt innebär hittillsvarande bidragsbeslut (fd. Bohus Varv och fd. Surte Glasbruk) en egenfinansiering från kommunen på 5%. Dessa förutsättningar motsvarar en maximal sammantagen totalkostnad för de tre projekten på 200 Mkr. Tidermansprojektet, för vilket åtgärdsbidrag planeras att ansökas om inom kort är kostnadsuppskattat till 97-113 Mkr (± 7 Mkr inkluderat osäkerheter). För fd. Surte Glasbruk uppgår bidragsdelen från Naturvårdsverket till 10 Mkr. Sammantaget erhålls då ett utrymme för fd. Bohus Varv på 90 – 120 Mkr med samma finansieringsgrad från Ale kommun. Kommunen har inga möjligheter att öka sin egeninsats. Detta måste beaktas i den sammantagna bidragsfördelningen till de tre projekten.

Saneringsprojektet är komplicerat, både utifrån att finna en lämplig ambitionsnivå samt utförandemässigt, där det finns ett antal risker definierade (se riskanalys, tabell 3 och bilaga 3). Praktiska problem kan t.ex. uppstå vid anläggande av partikelfilter och hydraulisk barriär, länsvattenhantering vid och efter schakt, vattenkvalitet på utsläppt vatten till älven, olyckor / utsläpp, m.m. Även entreprenadmässiga problem kan uppstå vad gäller tolkningar, tilläggsarbeten, entreprenörer som inte klarar åtaganden, etc. Alla dessa kan påverka projektgenomförandet, både tidsmässigt men framförallt ekonomiskt. Erfarenhetsmässigt utifrån andra projekt har projektkalkylen ökat med 20% för osäkerheter och oförutsett. I nuläget kan projektet inte närmare precisera de ekonomiska konsekvenserna av riskerna ovan. Vid en maximerad bidragssumma, d.v.s. en fast totalkostnad måste omprioriteringar göras i projektet om fördyringar över 20% uppstår under genomförandet. Dessa omprioriteringar utgörs i praktiken av lägre saneringsnivå, troligtvis genom mindre urgrävning. Det är därför viktigt att det upprättas en prioriteringsplan för besparingar innan saneringsåtgärder påbörjas.

Under arbetet har ett frysningalternativ översiktligt utretts, se avsnitt 4.4. Projektet rekommenderar inte denna metod, p.g.a. att man anser den vara alltför osäker, att riskerna med slopande av hydraulisk barriär är alltför stora, problem vid omhändertagandet samt bedömd dyr och långsam metod.

6.3 Masshantering och omhändertagande av förorenade massor

6.3.1 Förutsättningar

- Masshanteringen är ungefärligen densamma i samtliga åtgärdsalternativ.
- Förorenade massor schaktas upp etappvis, mellanlagras inom området och transporteras bort från platsen för externt omhändertagande.
- Omhändertagandet upphandlas med totalansvar, d.v.s. inkluderar transporter och slutligt omhändertagande.
- Återfyllnad med godkända massor utförs till nuvarande marknivå.
- Mycket omfattande transportarbete inom området samt såväl från området (med förorenade massor) som till området (med rena ersättningsmassor). Beroende på omhändertagandet sker transport via väg- och/eller båttransport ske från en utskippningskaj inom eller i anslutning till området.

6.3.2 Värdering

Samtliga kvicksilverförorenade massor samt övriga strandnära massor avses att schaktas upp och transporteras bort från platsen för externt omhändertagande, eventuell behandling samt deponering. Återfyllnad med godkända massor utförs

till nuvarande marknivå. Det bedöms inte effektivitetsmässigt optimalt med mera omfattande behandling än grovsortering inom fd. varvsområdet.

Transportsätt och slutligt omhändertagande handlas upp som totalentreprenad. Vad kostnaderna och resultatet blir framgår först efter upphandlingen som pågår. Projektet har ansett det viktigt att framförallt kostnadsbilden, men även transportsättet klarläggs så tidigt i projekteringen som möjligt som underlag för masshanteringen inom området samt för upprättande av kostnadskalkyl.

7 Länsstyrelsens rekommendation

Den största prioriteringen i hela projektet är skyddet av Göta älv, även om också hälsoriskerna inom fd. varvsområdet bedöms som oacceptabelt stora. Dimensionerande miljörisiker utgörs av skred samt förorenings-spridning (främst partikulärt) från strandzonen. Förberedande åtgärder som den geotekniska stabiliseringen samt hydraulisk avgränsning och torrläggning krävs därför oavsett urgrävningstrategi.

Sanering genom urgrävning av hela det förorenade fd. Bohus Varvsområdet (åtgärdsalternativ C) bedöms ur kostnadseffektivitetssynpunkt som orealistiskt. Vid begränsningen av saneringsåtgärderna anser Länsstyrelsen det vara lättare att argumentera för att de stora och strandnära föroreningsmängderna prioriteras att tas bort och att en något högre andel kvicksilver och andra föroreningar kvarlämnas generellt inom varvsområdet. Kviksilverhalterna är inte extremt höga (medelhalt 60 respektive maxhalt drygt 800 mg Hg/kgTS) även om totalmängden är mycket stor (ca 9 ton). Även om förutsättningar för bildning av metylkvicksilver finns minskar metyleringspotentialen under förutsättning att källtermen kvicksilver reduceras vid urgrävningen. Länsstyrelsen anser vidare att miljöaspekterna bör väga tyngre än den något mindre kostnadseffektiviteten (högre a´pris för spont än slitsmur).

Sanering av pråmarna är tveksamt utifrån kostnadseffektivitet och ett komplicerat genomförande, även om föroreningsgraden visar sig vara hög. Samtidigt är det ändå viktigt att föroreningssituationen i klarläggs i möjligaste mån

Hur stor del av de förorenade massorna som bör urgrävas är mycket svårt att avgöra, då det inte bara styrs av de direkta riskerna. Miljömässigt bör åtgärdsalternativ B2 förordas, som innebär urgrävning till fullt utfyllnadsdjup inom knappt 60% av hela det förorenade varvsområdet. Därmed uppnås 85%-ig reduktion av föroreningarna (inklusive 90% av kvicksilvret). Hälsoriskerna elimineras inom motsvarande ytan-del, men det sker en fullständig riskreduktion i de mest angelägna delarna av området (högsta föroreningshalterna samt inom den planlagda delen för industriverksamhet). Inkluderas urgrävning av strandzonen, exklusive pråmarna (ca 2 m djup) blir totalkostnaden ca 130 Mkr.

Länsstyrelsen har förståelse för att detta är ett mycket stort belopp. Dessutom pågår för närvarande förberedelser för ansökan om statliga åtgärdsbidrag för ett närliggande projekt inom Ale kommun, Tidermans utfyllnadsområde. Föroreningsbilden, miljörisikerna, saneringsstrategin samt kostnadsbilden är här mycket likartat med fd. Bohus Varvsprojektet. En reduktion av ambitionsnivån motsvarande åtgärdsalternativ A sker endast av ekonomiska skäl. Den kan anses acceptabel, om strandzonen

omfattas av åtgärderna. Miljömässigt kvarlämnas drygt 10% mera föroreningar på djupet. De långsiktiga riskerna blir något högre då större mängder föroreningar kvarlämnas. Hälsoriskerna påverkas inte nämnvärt, under förutsättning att urgrävning fortfarande koncentreras till de mest angelägna delarna av området. Miljöriskerna inom området bedöms inte heller ändras med mindre urgrävning på djupet. En ännu lägre ambitionsnivå motsvarande 100 Mkr-nivån bör däremot undvikas. Minskningen av källterm uppgår då endast till ca 50%, vilket är så lågt att det kan ifrågasättas om urgrävningens del av projektet överhuvudtaget är meningsfullt att göra. Ur ett långsiktigt miljöperspektiv med avseende på Göta älv och nationell målsättning avseende kvicksilverreduktion bedömer Länsstyrelsen ambitionsnivån för låg. Även hälsomässigt kan riskreduktionen bli oacceptabel, med avseende på att de platsspecifika riktvärdena inte uppnås. Helt uppenbart blir markanvändningen inom den detaljplanelagda delen (industriverksamhet) fortsatt negativt påverkad.

Noterbart är att proportionellt blir kostnaderna för de nödvändiga förberedande åtgärderna (stabilisering, erosionskydd och partikelfilter, hydraulisk barriär, projektledning och administration, m.m.) högre i förhållande till de faktiska saneringskostnaderna ju mindre mängd förorenade massor som avlägsnas. Det vill säga att kostnadseffektiviteten bedöms minska, särskilt under en nivå motsvarande åtgärdsalternativ A

De kriterier som projektet framför vad gäller det allmännas intresse samt förtroende för det aktuella saneringsprojektet inom fd. Bohus Varv, inte minst avseende vattenförsörjningen för Göteborgsregionen bör inte underskattas. Det bör noteras att det är lika svårt att motivera en minskad ambitionsnivå på lokal nivå som att inte ha en för hög kostnadsnivå på nationell nivå. Ytterligare en faktor som Ale kommun framför är att den lokala miljötillsynen inom Göta älvdalen tillämpar en tämligen hög ambitionsnivå gentemot ansvariga verksamhetsutövare. Även staten, genom både Länsstyrelsen och Naturvårdsverket verkar för denna linje i flera konkreta ärenden. En ambitionsnivå som kan upplevas för låg (gäller kanske främst åtgärdande av strandzonen) kan minska trovärdigheten även för det framtida miljötillsynsarbetet.

Vad gäller frysningalternativet kan argument för och emot diskuteras, men sammantaget rekommenderar Länsstyrelsen att konventionell urgrävning i torrhet bör tillämpas.

Kalkylerad total kostnad bör inte överskridas i projektet, vilket innebär att eventuella fördyringar under genomförandet måste kompenseras genom att mindre volymer massor avlägsnas. Det är då viktigt att minskningen sker selektivt, så att saneringsåtgärderna utförs på ett optimalt kostnads- och miljömässigt sätt. Utifrån slutsatsen ovan bör de förorenade massorna närmast älven prioriteras varefter prioriteringsgraden, d.v.s. urgrävningens djupet bör minska med avståndet från älven.

Vid en fast total kostnad avser Naturvårdsverket inte att tillskjuta mera bidragsmedel under genomförandet, såvida inte stora förändrade riskbedömningar görs. Härvid måste därför en prioriteringsplan upprättas för besparingar i god tid före saneringsåtgärderna påbörjas. Alternativt bör Ale kommun, som huvudman påta sig det ekonomiska ansvaret för överskjutande kostnader över kalkylram. Det är givetvis mycket viktigt att projektledningen och deltagande aktörer i övrigt har en hög kostnads-

medvetenhet samt att kommunikationen såväl inom projektet som mellan huvudmannen och staten (Länsstyrelsen och Naturvårdsverket) fungerar väl.

Måluppfyllelsen bedöms fullständig med åtgärdsalternativ B2. En något minskad uppfyllelsegrad erhålls med alternativ A2 för källtermsreduktion samt markanvändning inom detaljplanerat område. Riskerna bedöms dock klaras med krav på skyddsåtgärder vid eventuell exploatering. Källtermsreduktionen bör värderas av Naturvårdsverket utifrån en nationell ekonomisk avvägning.

Då Ale kommuns egeninsats uppgår totalt till 10 Mkr för dess tre planerade bidragsfinansierade saneringsprojekt innebär Naturvårdsverket princip om minst 5% kommunal finansiering ett kostnadstak på totalt 200 Mkr för dessa. Vidhålls dessa förutsättningar måste kostnaderna, d.v.s. ambitionsnivån sänkas ifrån nuvarande kalkyler på 111–130 Mkr för fd. Bohus Varv och 90–120 Mkr för Tidermans. Frågan är då om sanering är meningsfull enligt resonemang fört ovan. Alternativt behålls en godtagbar hög nivå för fd. Bohus Varv, medan Tiderman tills vidare saneras delvis genom stabiliseringsåtgärder. En fullständig sanering utförs vid senare tillfälle. Detta förutsätter ändå att Ale kommun tillsätter ytterligare medel senare, vilket är mycket tveksamt att man klarar.

Sammantaget anser Länsstyrelsen att:

- Stabiliseringsåtgärder samt utförande av erosionsskydd och partikelfilter ska genomföras oavsett urgrävningsstrategi.
- Urgrävning av strandzonen (exklusive pråmarna om inte riksbedömningen ändras) bör prioriteras före motsvarande urgrävning och källtermsreduktion inom övriga området.
- Ambitionsnivån vad gäller urgrävning inom de ej strandnära förorenade massorna bör i första hand motsvara en kvicksilverreduktion av 90%, d.v.s. åtgärdsalternativ B2. I andra hand kan, av kostnadsskäl en kvicksilverreduktion motsvarande alternativ A2 anses acceptabel. Lägre ambitionsnivå bör inte accepteras.
- Naturvårdsverket bör ompröva kravet på 5%-ig egenfinansiering från Ale kommun för de tre bidragsprojekten inom kommunen. Alternativt måste ambitionsnivån för fd. Bohus Varv samt det planerade Tidermansprojektet sänkas.