

Borttagna och kvarlämnade mängder kvicksilver och dioxin – uppskattningar och osäkerheter

Rapport nr EKA 2015:1

Bengtsfors kommun

2015-09-09

Författad av

Olof Regnéll, Cinnobex-MBC/Empirikon¹
Peter Harms-Ringdahl, Empirikon²

¹ Expertstöd: kvicksilvrets biogeokemi

² Granskning och revideringar

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	3
MÅLSÄTTNING OCH SYFTE	5
KVICKSILVER	5
<i>BERÄKNINGAR AV KÄLLTERMEN</i>	<i>5</i>
<i>BERÄKNINGAR AV MÄNGDEN KVARLÄMNAT KVICKSILVER</i>	<i>6</i>
<i>BERÄKNINGAR AV MÄNGDEN BORTTAGET KVICKSILVER</i>	<i>8</i>
DIOXINER	10
SLUTSATSER	11
REFERENSER	11

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1. Utförd schaktning med schaktningsdjup för olika delar av EKA-tomten..	4
Figur 2. Sakabs uppdelning av förorenat material från EKA-tomten i olika behandlingsklasser.	8

RAPPORTEN HAR INGA BILAGOR

SAMMANFATTNING

För att bestämma mängden kvicksilver på EKA-tomten i Bengtsfors togs under förberedelseskedet sammanlagt 1060 jordprover. Med dessa som grund beräknades källtermen kvicksilver till 6 900 kg. Under schaktarbetena upptäcktes "fritt" kvicksilver (metalliskt kvicksilver) i form av kvicksilverdroppar av varierande storlek. Det antogs att fritt kvicksilver inte hade kommit med i analyserna av jordproverna. Halten kvicksilver i massor med förekomst av fritt kvicksilver räknades upp till 10 000, 3 000 eller 1 000 mg Hg/kg finfraktion efter okulär inspektion av förekomsten av "kvicksilverkuler". Detta resulterade i att källtermen kvicksilver reviderades upp till 15 065 kg. I efterhand har framkommit att fritt kvicksilver trots allt kan ha kommit med i de ursprungliga analyserna. Man kan därför anta att källtermen kvicksilver låg i intervallet 6 900 – 15 065.

Med stöd av uppgifter från Sakab, som tog hand om de bortschaktade jordmassorna, kan dessa beräknas ha innehållit 7 200 – 12 000 kg kvicksilver. Ett rimligt sätt att beräkna reduktionen av källtermen kvicksilver är att välja mittpunkten i det beräknade intervallet för källtermen och mittpunkten för det beräknade intervallet för hur mycket kvicksilver som har tagits bort baserat på Sakabs uppgifter. Detta beräkningsätt ger att källtermen kvicksilver har reducerats med 88 %, att jämföra med det uppställda målet på 90 %. Alternativa beräkningar utförda i denna rapport hamnar också de i närheten av 90 % reduktion av källtermen. Osäkerheterna i bestämningen av kvicksilvermängderna berodde främst på heterogen förekomst av fritt kvicksilver och svårigheter att kvantifiera kvicksilver i prover med fritt kvicksilver.

För dioxin uppställdes inget mål vad gäller reduktion av källtermen. Det finns anledning att tro att källtermen dioxin reducerades i något mindre grad än källtermen kvicksilver. Data framtagen i EKA-projektet såväl som data framtagen av Sakab visar sammantaget att källtermen dioxin har reducerats med minst 65 %.

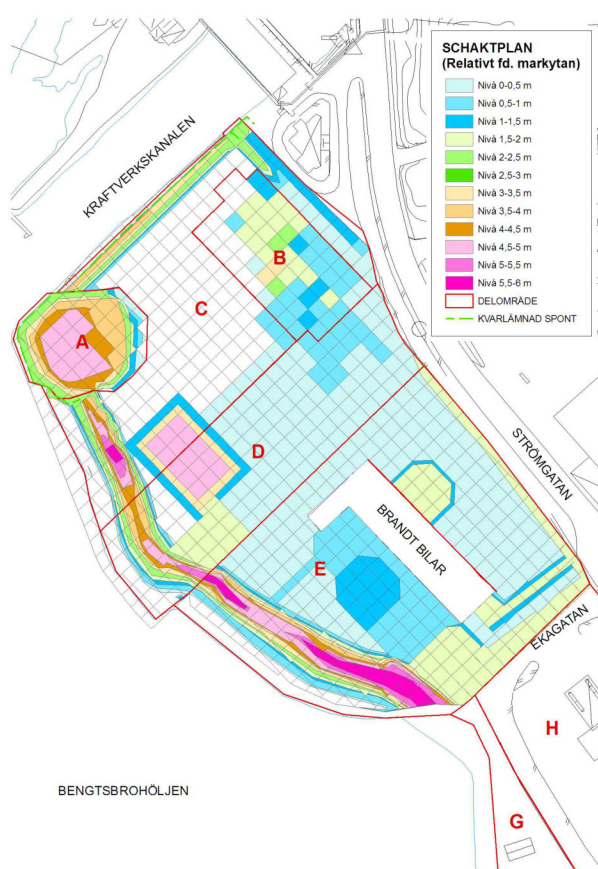
INLEDNING

Kloralkalifabriken (EKA-fabriken) i Bengtsfors förorenade EKA-tomten och sjön Bengtsbrohöljen med främst kvicksilver och dioxin (polyklorerade dibensodioxiner och dibensofuraner). Förekomsten av dessa föroreningar förklaras av att metalliskt kvicksilver användes som katodmaterial och att dioxin bildades i grafitelektroder som utnyttjades för rening av kvicksilvret i den elektrokemiska omvandlingen av natriumklorid och vatten till klorgas, vätgas och natriumhydroxid. Ett sågverk som anlades efter kloralkalifabrikens stängning var ytterligare en källa till dioxin. Spill och dumpningar av kontaminerat material skedde under den aktuella tiden utan miljöhänsyn. Eftersom kloralkaliprocessen är energikrävande byggdes fabriken i anslutning till ett vattenkraftverk beläget strax före Upperudsälvens inlopp i Bengtsbrohöljen. Starka vattenströmmar och risk för erosion innebar stor risk för omfattande spridning av föroreningar från EKA-tomten till Bengtsbrohöljen och vidare i sjösystemet ner till Vänern.

För att bedöma mängden kvicksilver samt kartlägga den spatiala utbredningen av kvicksilver har under projektets gång 1060 jordprover tagits i förberedelseskedet och analyserats på laboratorium med avseende på kvicksilverinnehåll, på vissa ställen ända ner till 6 meters djup. Under provtagningarna noterades inget metalliskt kvicksilver (fritt kvicksilver), men under

schaktningsarbetena upptäcktes sådant på tre olika platser: i) området för den nu rivna fabriksbyggnaden (B-området), ii) ute på ”Udden” (A-området) där elektrodmaterial uppenbarligen hade dumpats och iii) ”Stenkistan” (D-området) dit ledningar från EKA-fabriken troligen har lett ner förorenat material (Figur 1). Dessa högkontaminerade delar av EKA-tomten schaktades ner till djup vid vilka fritt kvicksilver inte längre kunde ses i schaktväggar och schaktbotten (Nilsson och Pyyny 2011). Det var därmed rimligt att anta att man uppfyllt det uppsatta målet att 90 % av kvicksilvret på EKA-tomten skulle avlägsnas.

I en preliminär uppskattning av kvicksilvermängderna, efter att fritt kvicksilver hade upptäckts, bedömdes mängden fritt kvicksilver genom okulär besiktning, men för att säkert kvantifiera källtermen kvicksilver och hur mycket kvicksilver som togs bort, hade man varit tvungen att separera det fria kvicksilvret från jordmassorna och sedan väga detta. Förhoppningar ställdes att Sakabs omhändertagande av de förorenade massorna skulle ge kompletterande information om kvicksilverinnehållet, förhoppningar som bara delvis infriades. I synnerhet för de mest kvicksilverförorenade massorna som skulle gå till destillering tog man för givet att det avdrivna kvicksilvret skulle kvantifieras. Tyvärr blev så inte fallet, av anledningar som framgår i denna rapport.



Figur 1. Utförd schaktning med schaktningsdjup för olika delar av EKA-tomten. A: ”Udden”, B: Fabriksområdet D: ”Stenkistan” E: Brandtsområdet (Nilsson och Pyyny 2011).

MÅLSÄTTNING OCH SYFTE

I denna rapport används relevant information från tidigare rapporter om kvicksilverförekomst på EKA-området, inklusive Sakabs rapporter och annan av Sakab tillhandahållen information om kvicksilverinnehållet i de omhändertagna massorna.

Huvudmålsättningen är att göra en slutlig bedömning av den ursprungliga källtermen kvicksilver och hur mycket kvicksilver som har avlägsnats. För dioxin uppställdes inget mål vad gäller reduktion av källtermen. Målet som ställdes gällande dioxin var att spridningen av dioxin från området skulle reduceras med 85 %. Rapporten kommer därför bara kort att behandla dioxin. Det har valts att rapporten inte skall göra nya beräkningar utifrån befintlig rådata, vare sig för kvicksilver eller för dioxin, eftersom detta hade medfört ett allt för omfattande arbete, som dessutom troligen inte skulle leda till en avsevärt klarare bild.

En delmålsättning är att rapporten skall belysa problem som kan uppstå när man avser att kvantifiera kvicksilver och dioxin i mark som förorenats av kloralkaliindustrier som använt kvicksilver- och grafitelektroder.

KVICKSILVER

BERÄKNINGAR AV KÄLLTERMEN

För att beräkna källtermens storlek analyserades 1060 jordprover under förberedelsefasen. De flesta proverna togs med en traditionell skruvborr som drivs maskinellt. Vibrationer i skruven och det faktum att skruvborren är en öppen provtagare kan ha lett till att fritt kvicksilver pressades ur och trillade av skruvprovtagaren. Detta ansågs vara förklaringen till att fritt kvicksilver inte uppmärksammades under provtagningen (Nilsson och Pyyny 2011). En annan möjlig förklaring som senare har framkommit är att det metalliska kvicksilvret finfördelades i mikroskopiska kulor av vibrationer under provtagningen (Thomas von Kronhelm, Sakab, pers. kom.). Vilken av de två processerna som dominerar påverkar bedömningen av storleken på källtermen kvicksilver, eftersom finfördelning borde leda till att det metalliska kvicksilvret stannar kvar i proverna och därmed kvantifieras i analysen. Nilsson och Pyyny (2011) var ovetande om den senare processen och räknade därför upp de tidigare beräknade mängderna med ledning av gjorda iakttagelser av fritt kvicksilver under schaktningsarbetet. Tyvärr är det i efterhand svårt att säga vilken av processerna ”avskakning” och ”finfördelning” som främst förklarade att fritt kvicksilver inte kunde observeras i förundersökningen, något som diskuteras senare i denna rapport.

Före upptäckten av fritt kvicksilver beräknades källtermen kvicksilver till 6 900 kg. Utöver kvicksilveranalyserna (n = 1060) är denna beräkning beroende av densitetsbestämningar av massorna och andel finfraktion (< 20 mm). Med stöd av olika mätningar under projektets gång antogs kvicksilverhalten i grövre material (> 20 mm) vara noll. Från provet på skruven (2 – 4 kg) togs ett prov (< 200 mm) i påse på c:a 1 – 2 kg. Från påsen togs ett prov (< 20 mm) på 200 g. Detta prov skickades laboratorium för analys. Efter homogenisering togs några gram av provet och uppslöts med salpetersyra i mikrovågsugn. Kvicksilver kvantifierades med antingen ICP-MS eller ICP-AES beroende på haltnivån. Andelen finfraktion antogs vara 0.55 för alla massor utom de från ”Udden” vars finfraktion bestämdes till 0.95. Massornas densitet bedömdes ligga mellan 1.7 – 1.9

g/cm³ (Nilsson och Pyyny 2011). Källtermen 6 900 kg beräknades med metoden Inverse Distance Weights Interpolation (IDW), i vilken ett antal provpunkter med känd koncentration bestämmer koncentrationen i en viss volym (cell) beroende på avståndet mellan provpunkterna och volymen i fråga. I EKA-projektet valdes cellvolymen 5 m x 5 m x 0.5 m = 12.5 m³ (= en schaktenhet).

Efter upptäckten av fritt kvicksilver, och antagandet att det fria kvicksilvret inte ingick i tidigare genomförda laboratorieanalyser uppskattades mängden fritt kvicksilver till 8 165 kg, och den totala källtermen räknades upp till 15 065 kg (Nilsson och Pyyny 2011). Mängden 8 165 kg är resultatet av att kvicksilverhalten i schaktenheter (5 m x 5 m x 0.5 m) som innehöll synligt fritt kvicksilver tillskrevs halterna 10 000 mg/kg TS, 3 000 mg/kg TS eller 1 000 mg/kg TS beroende på okulär bedömning av förekomsten av kvicksilverpärlor, detta oberoende av tidigare bestämd kvicksilverhalt så länge som de tidigare bestämda halterna var lägre än de uppskattade. Under schaktningen inspekterades förekomsten av fritt kvicksilver i varje skopa som schaktmaskinen grävde upp från de mest kontaminerade områdena av en och samma person. Liksom för de icke uppräknade kvicksilverhalterna, hänfördes de uppskattade halterna endast till finfraktionen (< 20 mm). Detta innebär att uppskattade halter baserade på totalvikt är lägre än 10 000, 3 000 respektive 1 000 mg/kg TS. Finfraktionen antogs utgöra 55 % av massornas totalvikt, utom för ”Udden” vars massor antogs bestå till 95 % av finfraktion. Endast ett fåtal schaktenheter vars finfraktion tillskrevs 10 000 mg Hg/kg TS kom från ”Udden”. Medelhalten kvicksilver i denna kategori massor baserat på totalvikten blev på grund av detta 5 600 mg/kg TS. Det bör påpekas att bedömningar av kvicksilverhalten i massor med synligt fritt kvicksilver genom okulär besiktning naturligtvis leder till osäkra uppskattningar av kvicksilvermängderna i de aktuella schaktenheterna.

BERÄKNINGAR AV MÄNGDEN KVARLÄMNAT KVICKSILVER

I Tabell 1 nedan redovisas hur stor andel av de kontaminerade massorna som avlägsnades från de mest högkontaminerade områdena på EKA-tomten.

Tabell 1. Mängder bortschaktad jord (massor) från de mest kvicksilverförorenade områdena på EKA-tomten

	Enhet	”Udden” (A-området)	Fabriksområdet (B-området)	”Stenkistan” (C/D-området)
Area	m ²	1250	1670	875
Volym	m ³	8000	6000	3000
Schaktvolym	m ³	4475	1960	3000
Massreduktion*	%	56	33	100

* Det antas att densiteten är den samma för bortschaktade och kvarlämnade massor

Man kan utifrån massreduktionerna (Tabell 1) räkna fram att Hg-halten i kvarlämnade massor uttryckt som % av Hg-halten i bortschaktade massor måste underskrida 14.1 % på ”Udden” och 5.4 % på fabriksområdet för att uppnå målet att 90 % av kvicksilvret skall vara avlägsnat på respektive plats. Notera att inga kontaminerade massor lämnades kvar i ”Stenkistan”. Enligt den modellering som Nilsson och Pyyny (2011) utnyttjat för att beräkna mängden kvarlämnat kvicksilver (baserad på de 1060 jordproverna) är de aktuella procentsatserna 20.6 respektive 1.9, d.v.s. att målet inte är helt uppnått för ”Udden” men med viss marginal för fabriksområdet. Det skall påpekas här att ovanstående procentsatser förutsätter en uppräknings av källtermen kvicksilver från 6 900 till 15 000 kg. Uppräkningsen motiverades av att metalliskt kvicksilver som upptäcktes under schaktningen

ansågs ej ha kommit med i laboratorieanalyserna. Till procentsatserna motsvarande kvarlämnade halter (viktintegrerade medelhalter) anges nedan i Tabell 2.

Tabell 2. Viktintegrerade medelhalter på de indikerade delområdena av EKA-området motsvarande 90 % reduktion av källtermen på respektive plats, samt viktintegrerade medelhalter halter som beräknats föreligga enligt framtagen modell baserad på 1060 jordprover (Nilsson och Pyyny 2011).

Plats	Halt motsvarande 90 % reduktion	Beräknad kvarlämnad halt
"Udden (A-området)	71 mg Hg/kg	98 mg Hg/kg
Fabriksområdet (B-området)	72 mg Hg/kg	27 mg Hg/kg
"Stenkistan" (C/D-området)	*	*

*Stenkistan schaktades ner till naturlig jord

På "Udden" kunde man inte schakta djupare än 5.5 m, eftersom sponten utanför inte kunde drivas ner tillräckligt djupt för att möjliggöra detta. På fabriksområdet förelåg också rasrisker som innebar att det hade varit riskabelt att schakta ner till den naturliga jorden på c:a 3.5 meters djup. Värdena för beräknad kvarlämnad halt (Tabell 2) påverkas ej av antaganden om förekomst av fritt kvicksilver (antogs ej förekomma i de kvarlämnade massorna) utan är resultatet av modelleringen baserad på de 1060 jordproverna. Osäkerheten i dessa värden (ej framräknad) är troligen ändå betydande på grund av svårigheter att ta prover på vissa delar av området och för att antalet prover minskade med djupet i jordvolymen.

För fabriksområdet (B-området) utfördes omfattande kontrollmätningar med XRF av schaktväggar och schaktbotten efter fullbordad schaktning. Antalet "schaktrutor" (schaktenheter) var sammanlagt 52 för fabriksområdet. I 45 av dessa gjordes 3 – 6 XRF-mätningar (oftast 5) i schaktbotten. Utifrån dessa mätningar kommer man fram till att mängden kvarlämnat kvicksilver på fabriksområdet är 240 ± 229 kg (medel \pm 1 standardavvikelse). Nilsson och Pyyny (2011) modellerade fram 193 kg, vilken motsvarar 27 mg Hg/kg som anges i Tabell 2. Man skulle således kunna räkna upp denna halt med faktorn $240/193$, vilket ger halten 34 mg Hg/kg, vilken fortfarande är tillräckligt låg för att uppfylla kravet på en 90 %-ig reduktion (Tabell 2). Man skall dock notera det breda osäkerhetsintervallet för beräkningen baserad på XRF-mätningarna. Troligen orsakas osäkerheten både av heterogen kvicksilverförekomst och av att XRF-instrument är känsliga för diverse heterogeniteter i provmatrisen. För schaktväggarna erhöles genomgående låga värden, vilket indikerar att stora kvicksilvermängder ej förekom direkt utanför schakten på fabriksområdet.

Att XRF-mätningarna resulterade i en större snarare än en mindre mängd kvarlämnat kvicksilver inom fabriksområdet ger visst stöd åt uppfattningen att finfördelning snarare än "avskakning" av metalliskt kvicksilver förklarade att inget metalliskt kvicksilver uppmärksammades när de 1060 jordproverna togs med skruvborr (se ovan). Om en betydande anrikning av kvicksilver hade skett i de nedre delarna av provhålen genom att metalliskt kvicksilver hade skakats av, och därmed kontaminerat underliggande prov, borde XRF-mätningarna ha indikerat en mindre mängd kvarlämnat kvicksilver än den mängd som modellberäknades. Således har man här skäl att ifrågasätta den uppräknade av källtermens storlek som ansågs motiverad vid upptäckten av metalliskt kvicksilver under schaktarbetena (se ovan). Man kan dock inte helt avskrika möjligheten att metalliskt kvicksilver skakades av proverna, med tanke på stor osäkerhet både i modellberäkningen och i beräkningen som baserades på XRF-mätningarna.

Nilsson och Pyyny (2011) beräknade att totalt 1 565 kg kvicksilver lämnats kvar på EKA-tomten, varav huvuddelen beräknades föreligga på "Udden" (590 kg). Om fritt kvicksilver förflyttade sig

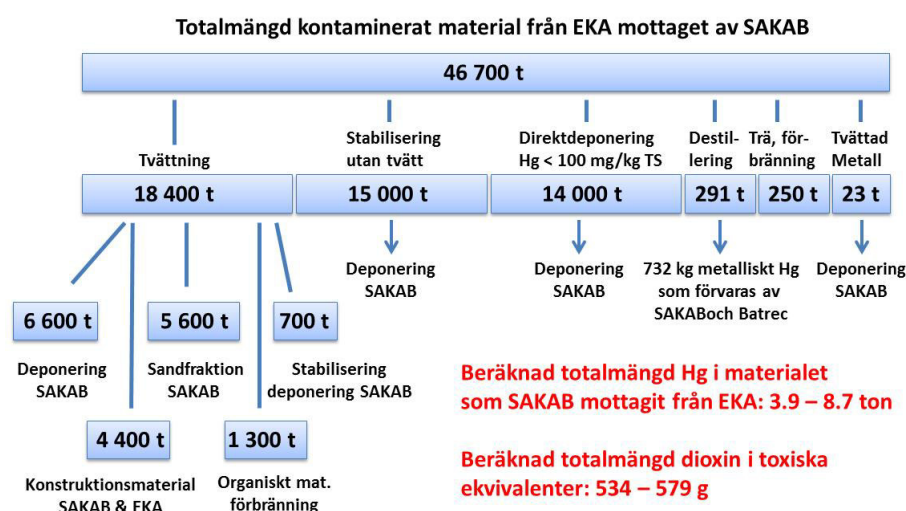
neråt i provkärnorna skulle 1 565 kg kunna vara en överskattning. Det föreligger dock inte tillräckliga skäl för att revidera denna siffra vare sig uppåt eller neråt.

BERÄKNINGAR AV MÄNGDEN BORTTAGET KVICKSILVER

Sakab redovisar ett mottagande av 46 700 ton förorenat material från EKA-tomten, främst förorenade jordmassor men även en del material från rivna byggnader (von Kronhelm 2015). Vikten av de jordmassor som schaktats bort beräknades till 55 300 ton (Nilsson och Pyyny 2011). Skillnaden i mängd kan förklaras av att mängden 55 300 ton är baserad på densitetsuppskattningar.

Sakab utförde kvicksilveranalyser för att kunna dela upp materialet i olika behandlingsklasser. Med få undantag utfördes analyserna med XRF-instrument. Säkrare bestämmingar hade erhållits om ett stort antal prover skickats till laboratorium och där analyserats med ICP-MS eller CVAFS instrument, men detta hade inneburit höga analyskostnader och att man hade behövt lägga mycket mer tid på provtagning och provhantering. Dessutom är det svårt att på laboratorium hantera prover med förekomst av fritt kvicksilver.

Beroende av konstaterad kvicksilverhalt omhändertog Sakab olika delmängder av det kontaminerade materialet enligt Figur 2 nedan.



Figur 2. Sakabs uppdelning av förorenat material från EKA-tomten i olika behandlingsklasser. Sakabs beräknade totalmängder kvicksilver och dioxin i det omhändertagna materialet framgår av den röda texten. Angivna mängder massor är hämtade från von Kronhelm (2015).

Som framgår av Figur 2 kunde Sakab efter tvätt/stabilisering deponera huvuddelen av det kontaminerade materialet på egna deponier. En del rentvättat material gick tillbaka till EKA för användning som konstruktionsmaterial. Organiskt material förbrändes i Sakabs förbränningsanläggningar vid temperatur som är tillräckligt hög för att destruera dioxiner. 99 % av kvicksilvret i rökgaserna fångas upp av filter. Att så verkligen var fallet konstaterades genom kontinuerliga mätningar av kvicksilver i rökgaserna. De resulterande ”filterkakorna” förvaras än så länge av Sakab. Dessa kunde inte deponeras på Sakabs deponier på grund av för högt innehåll av kvicksilver (> 1 000 mg/kg). Man kunde heller inte själv ta hand om det mest kontaminerade

materialet som transporterades till Sakab i plasttunnor. Plasttunnorna skickades senare vidare till ett företag i Schweiz (Batrec) för separering av kvicksilver genom destillering (von Kronhelm 2015).

De massor som placerades i plasttunnor kom från schaktenheter för vilka finfraktionen (< 20 mm) antogs innehålla 10 000 mg Hg/kg TS (Nilsson och Pyyny 2011). Detta ger en viktintegrerad genomsnittlig halt på totalviktbasis för dessa schaktenheter på 5 600 mg Hg/kg TS (se ovan). Det var emellertid bara c:a en fjärdedel av massorna med denna halt som placerades i plasttunnor, med säkerhet de massor som hade högst förekomst av metalliskt kvicksilver. Resten (c:a 700 ton) ingick i den fraktion på 15 000 ton som stabiliserades och sedan deponerades på Sakabs deponi för miljöfarligt avfall (Figur 2).

Förhoppningen var att destilleringen skulle ge klart besked på kvicksilverinnehållet i det mest kontaminerade materialet. Tyvärr visade det sig att behandlingen av kvicksilverhaltigt material på Batrec var en kontinuerlig process och att därför avskilt kvicksilver inte kunde tillskrivas ett visst källmaterial. Istället byggde Batrecs uppgifter om kvicksilverinnehållet på bestämningar av kvicksilver i ingående material med XRF. Utifrån deras analyser var Hg-medelhalten i en delsändning av Bengtsforsjordar 887 mg/kg (n = 26) med en relativ standardavvikelse på 150 % (Kummel 2013), d. v. s. betydligt lägre än > 5 600 mg/kg som bygger på EKA-projektets egna uppskattningar. Sakab gjorde fem samlingsprover av ett större antal stickprov från samma sändning av Bengtsforsjordar och lät analysera dessa på laboratorium (Eurofins Environment Sweden AB). Detta måste ha lett till betydligt säkrare kvantifiering av kvicksilver än Batrecs XRF-analyser. Medelhalten kvicksilver för Sakabs fem samlingsprov bestämdes till 4 900 mg/kg (relativ standardavvikelse 98 %, 1 100 – 12 000 mg Hg/kg TS). Detta värde är 5.5 gånger högre än det Batrec angav (887 mg/kg) och mer i paritet med förväntade > 5 600 mg Hg/kg. Man har därför anledning att tro att Batrecs uppgift om mängden kvicksilver i mottagna Bengtsforsjordar (732 kg) är en kraftig underskattning. Samtidigt kan man utifrån Sakabs analyser misstänka att Nilsson och Pyyny (2011) överskattat mängden kvicksilver i de jordmassor som innehöll metalliskt kvicksilver, något som även XRF-analyserna i botten på schakten på fabriksområdet tydde på (se ovan).

Posten på 732 kg från Batrec ingick i Sakabs beräkning av totalmängden kvicksilver i omhändertaget material (3.9 – 8.7 ton). Det relativt stora intervall som totalmängden beräknades ligga inom berodde främst på osäkerhet i bestämningen av kvicksilverhalter i de massor med fritt kvicksilver som efter stabilisering deponerades på Sakabs deponi för miljöfarligt avfall (Tabell 3).

Tabell 3. Av Sakab uppskattade mängder kvicksilver och dioxin i förorenade massor/material som Sakab erhöll från EKA-Bengtsfors med angivelse av delmängder i olika behandlingsklasser.

Behandlingsmetod	Delmängd behandlat material (ton)	Hg-mängd (kg)	Dioxinmängd (g i-TEQ)
Direktdeponering	14000	397	130
Tvättning*	18 400	910	260
Stabilisering utan tvätt	15 000	1 770 - 6 600	142
Extern behandling (Batrec)	291	732	0.1 - 45**
Träfraktion till förbränning	250	55	2
Deponering metall	23	< 0.23	Inga analyser
Summor:	47964	3 864 – 8 694	534 - 579

*Tvättningen resulterade i en ren grovfraktion, en ren sandfraktion, en fraktion som kunde deponeras på Sakabs deponi utan stabilisering, en fraktion som efter stabilisering kunde deponeras på Sakabs deponi och en organisk fraktion som gick till förbränning (Sakabs anläggning) ** Det stora intervallet förklaras av att Batrec uppmätte låga dioxinhalter och Sakab betydligt högre.

Om man räknar upp Batreces siffra på kvicksilverinnehållet i det material som Batrece upparbetade (732 kg) med en faktor 5.5 som en följd av Sakabs analyser (se ovan) erhålls mängden 4 026 kg. Mängden kvicksilver i kontaminerade massor/material som Sakab erhöll från EKA-Bengtstors stiger då till 7.2 – 12 ton. För att uppskatta andelen borttaget kvicksilver från EKA-tomten kan man jämföra med intervallet för källtermen kvicksilver som uppskattats till 6.9 – 15 ton, där den lägre gränsen motsvarar antagandet att fritt kvicksilver kom med i den kemiska analysen och den övre gränsen motsvarar antagandet att så inte var fallet (se ovan). Om vi väljer mittpunkten i respektive intervall erhålls att källtermen kvicksilver har reducerats med 88 %. Om vi utgår från de undre gränserna erhålls 104 % och för de övre gränserna 80 % reduktion av källtermen kvicksilver. Eftersom Nilsson och Pyyny (2011) troligen överskattade den totala mängden kvicksilver i källtermen (se ovan), borde valet av de övre gränserna ge ett för lågt värde på reduktionen av källtermen. Dessutom kan man misstänka att Sakabs bestämningar av kvicksilver med XRF tenderade att underskatta kvicksilverinnehållet i de massor som stabiliserades utan föregående jordtvätt (Figur 2). En amerikansk utvärdering av den typ av XRF-instrument som Sakab använde (Niton) visade att dessa instrument underskattar kvicksilverhalter vid de haltnivåer (100 – 1000 mg Hg/kg) som dessa massor uppvisade (EPA 2006). Nilsson och Pyyny (2011) beräknade att 1 565 kg kvicksilver lämnats kvar på EKA-tomten. Om denna mängd inte är en överskattning, vilket inte finns någon uppenbar anledning att tro då denna inte involverar massor med metalliskt kvicksilver, och mängden borttaget kvicksilver ligger i intervallet 7.2 – 12 ton (baserat på information från Sakab), har källtermen kvicksilver reducerats med 82 – 88 %. Av ovan nämnda skäl finns anledning att anta att borttagen mängd kvicksilver ligger närmare 12 ton än 7.2 ton och till och med skulle kunna ligga över 12 ton. Därmed är det en rimlig slutsats att målsättningen att reducera källtermen kvicksilver med 90 % har uppnåtts.

Det bör även nämnas att risken för spridning av kvicksilver från EKA-tomten både på kort och lång sikt i väsentlig grad har reducerats, inte bara genom avlägsnandet av kvicksilver utan också i hög grad genom anläggningen av partikelfilter längs strandlinjen, stärkta erosionsskydd och utläggning av horisontella tätskikt med ovanliggande skyddslager.

DIOXINER

Provtagningen med avseende på dioxin (120 prover) på EKA-tomten var mindre omfattande än för kvicksilver (1060 prover). Anledningen till detta var dels att inget mål uppställdes beträffande reduktion av källtermen dioxin och dels att dioxinanalyser är dyra. Målsättningen beträffande dioxin var istället att spridningen från EKA-tomten skulle reduceras med minst 85 %, en målsättning som bedöms vara uppfylld (Regnéll och Törneman 2013).

Baserat på de 120 proverna beräknades källtermen dioxin till 520 g i-TEQ och mängden borttagen dioxin till 336 g i-TEQ (Nilsson och Pyyny 2011). Detta ger en reduktion av källtermen med 65 %. Sakab uppskattade emellertid att mängden dioxin erhållna jordmassor var 535 – 579 g i-TEQ (Tabell 3), det vill säga mer än den beräknade totala källtermen. Sakabs uppskattningar får ändå anses ligga tillfredsställande nära de uppskattningar som gjordes i EKA-projektet baserat på de 120 jordproverna. En anledning till osäkerhet i bestämningarna av dioxinmängder är heterogen förekomst av dioxin. Sakab noterade att höga dioxinhalter var associerade med förekomst av grafitflagor. Om dessa avlägsnades sjönk dioxinhalten drastiskt. Det var också svårt att homogenisera prov som innehöll grafitflagor, eftersom grafitflagorna hade hög persistens (von Kronhelm pers. kom.).

Beträffande uppskattningar av hur stor del av källtermen dioxin som avlägsnades ges en viss vägledning av hur kvicksilver- och dioxinförekomster samvarierade. I två fall hade kvicksilver och dioxin gemensamma "hot spots". Dessa var "Udden", och "Stenkistan". Förklaringen till detta var troligen att uttjänt elektrodmaterial innehöll både kvicksilver och dioxin. Således finns det anledning att tro att på nämnda platser mängden dioxin reducerades procentuellt sett ungefär lika mycket som mängden kvicksilver. På "Fabriksområdet" var kvicksilverhalterna mycket höga och dioxinhalterna mer måttliga. Det fanns dessutom "hot spots" för dioxin som låg utanför nämnda platser (Regnéll och Törneman 2013). Även dessa schaktades ner till förhållandevis stora djup, men till skillnad från kvicksilver kunde man inte direkt se vid vilka djup föroreningsmängderna avtog.

SLUTSATSER

- Målsättningen att källtermen kvicksilver på EKA-tomten skulle reduceras med 90 % bedöms vara uppnådd.
- Framför allt förekomsten av fritt metalliskt kvicksilver gjorde det svårt att säkert kvantifiera mängd kvarlämnad och mängd borttagen kvicksilver.
- Vid provtagningen med skruvborr kan metalliskt kvicksilver ha skakas av, eftersom inget metalliskt kvicksilver kunde ses i dessa prover. Avsaknaden av synbart metalliskt kvicksilver kan emellertid även ha orsakats av att det metalliska kvicksilvret finfördelats. I det senare fallet borde det metalliska kvicksilvret ha stannat kvar i proverna och därmed ej undgått kvantifiering. Iakttagelser med XRF analyser stödjer den sistnämnda tolkningen.
- Det finns otillräcklig kunskap om hur prover skall tas för att kvantifiera förekomster av fritt kvicksilver och detta bör utredas inför kommande saneringar av kvicksilverförorenade områden.
- På grund av rasrisker hade det inte gått att genom schaktning ta bort mer kvicksilver på ett säkert sätt.
- Källtermen dioxin har troligen reducerats i något mindre grad än källtermen kvicksilver, men Sakabs uppgifter på dioxininnehåll i omhändertagna jordmassor tyder på att den ursprungliga beräkningen att 65 % av dioxinet på EKA-tomten har avlägsnats är en underskattning snarare än en överskattning.

REFERENSER

EPA 2006. XRF technologies for measuring trace elements in soil and sediment. EPA/540/R-06/003.

von Kronhelm, T. 2015. Slutrapport för omhändertagande av förorenade massor från Bengtsforsprojektet (maj 2015).

Kummel, S. 2013. Behandlingen av Bengtsforsjordar hos Batrec.

Nilsson, G. och M. Pyyny. 2011. Kvarlämnade mängder föroreningar och deras utbredning inom EKA-området. EKA rapport 2012:1.

Regnéll, O. och N. Törneman. 2013. Förorenings-spridning från EKA-området före och efter åtgärd – en samlad bedömning av åtgärdernas omedelbara och mer långsiktiga effekter. EKA rapport 2012:2.