

# Att slutförvara långlivat farligt avfall i under- marksdeponi i berg

*Betänkande av  
Utredning om slutförvar av kvicksilveravfall*

*Stockholm 2008*



---

STATENS OFFENTLIGA  
UTREDNINGAR

---

SOU 2008:19

SOU och Ds kan köpas från Fritzes kundtjänst. För remissutsändningar av SOU och Ds svarar Fritzes Offentliga Publikationer på uppdrag av Regeringskansliets förvaltningsavdelning.

Beställningsadress:  
Fritzes kundtjänst  
106 47 Stockholm  
Orderfax: 08-690 91 91  
Ordertel: 08-690 91 90  
E-post: [order.fritzes@nj.se](mailto:order.fritzes@nj.se)  
Internet: [www.fritzes.se](http://www.fritzes.se)

*Svara på remiss. Hur och varför. Statsrådsberedningen, 2003.*

– En liten broschyr som underlättar arbetet för den som skall svara på remiss.  
Broschyren är gratis och kan laddas ner eller beställas på  
<http://www.regeringen.se/remiss>

Textbearbetning och layout har utförts av Regeringskansliet, FA/kommittéservice

Tryckt av Edita Sverige AB

Stockholm 2008

ISBN 978-91-38-22922-4

ISSN 0375-250X

# Till statsrådet och chefen för Miljödepartementet

Regeringen beslöt den 7 juli 2005 att tillkalla en särskild utredare med uppgift att bidra till ett effektivt genomförande av ett slutförvar av kvicksilverhaltigt avfall i djupt bergförvar. Den särskilde utredaren ska agera som samordnande aktör för att bl.a. stödja arbetet med att ta fram metoder, lokalisera och finansiera en djupförvaring. Den 7 juli 2005 förordnade regeringen tekn. lic. Sten Bjurström som särskild utredare.

Mot bakgrund av att förutsättningarna ändrats beslöt regeringen den 1 mars 2006 att ge utredningen tilläggsdirektiv för att belysa deponeringsfrågorna i ett bredare perspektiv.

Ansvar för det praktiska genomförandet av en permanent deponering av kvicksilverhaltigt avfall åligger innehavare av sådant avfall. Utredningen har därför arbetat i nära samarbete med berörda företag och organisationer bl.a. genom kontaktpersonerna S. Kummel vid SAKAB AB, M. Borell vid Boliden Mineral AB samt T. Claesson representerande klor-alkali industrierna Hydro Polymers AB och EKA Chemicals AB. Myndigheterna, främst Naturvårdsverket har följt utredningen.

Ett antal frågor har i fördjupande studier belysts av professor Arne Jernelöv och professor Roland Pusch. Konsultföretaget Kemakta AB och främst civ.ing Lars Olof Höglund har biträtt utredningen i en rad frågor samt svarat för analyser av möjligheter till permanent deponering i berg i Sverige, Norge och i Tyskland. I analyser beträffande förutsättningar i Mellansverige har förutom Kemakta AB samarbete skett med Hifab AB – Envipro och tekn. dr Tom Lundgren samt Eon Värme AB och miljöcontroller Romel Makdessi. SGU har biträtt med analys och sammanställning beträffande svenska gruvor och bergrum.

En första del rapport överlämnades den 31 maj 2006, "Att slutförvara kvicksilverhaltigt avfall i djupa bergrum. Behandling av

avfall samt teknik, möjligheter och krav för deponering”. I delrapporten redovisas frågeställningar av betydelse för det praktiska arbetet att genomföra slutförvaring av kvicksilverhaltigt avfall med särskild betoning på avfallets behandling och kemiska form före deponering.

I föreliggande slutrapport redovisas de åtgärder som vidtagits av avfallsinnehavarna. Utöver en fördjupad analys av tidigare frågor lämnas synpunkter beträffande tillkommande frågor till följd av ändrade förutsättningar och direktiv för utredningen. En nyckelfråga som belyses är behov och möjligheter att stabilisera flytande kvicksilver som kvicksilversulfid. Vidare jämföres teknik, säkerhet och kostnader för slutförvaring under mark i svensk berggrund med liknande förvaring i Norge och Tyskland.

Stockholm den 31 januari 2008

Sten Bjurström  
*Särskild utredare*

# Innehåll

<b>Synopsis och sammanfattning .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Inledning.....</b>	<b>15</b>
<b>2 Långlivat kemiskt farligt avfall i Sverige .....</b>	<b>21</b>
2.1 Kvikksilver och kvikksilverhaltigt avfall i Sverige .....	21
2.2 Annat långlivat kemiskt farligt avfall.....	22
2.2.1 Kadmium.....	23
2.2.2 Bly.....	24
2.2.3 Arsenik .....	24
2.2.4 Krom och nickel .....	25
2.3 Volymer kvikksilveravfall att deponera .....	25
2.4 Beskrivning av avfallssituationen för SAKAB AB, EKA Chemicals AB och Hydro Polymers AB samt Boliden Mineral AB .....	26
<b>3 Behandling av avfall före deponering.....</b>	<b>31</b>
3.1 Allmänt – krav på behandling av avfall.....	31
3.2 Behandling av kvikksilveravfall i flytande form.....	32
3.3 Befintlig och ny teknik för stabilisering av kvikksilver.....	33
3.4 Direkt deponering av metalliskt kvikksilver.....	34
3.5 Forskning och teknikutveckling .....	36

<b>4</b>	<b>Metoder för en säker slutförvaring över mycket långa tider .....</b>	<b>37</b>
4.1	Säkerhetsprinciper .....	37
4.2	Utformning av undermarksförvar .....	38
4.3	Lokalisering .....	39
<b>5</b>	<b>Buffert och tekniska barriärer.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>Deponering, försegling och övervakning.....</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>Säkerhet och miljöpåverkan .....</b>	<b>49</b>
7.1	Säkerhetsanalys.....	49
7.2	Miljökrav.....	50
7.2.1	Krav i lagstiftning.....	50
7.2.2	Vad är långa tider ?.....	51
7.2.3	Kommentar beträffande geologisk barriärer .....	52
<b>8</b>	<b>Intrång, övervakning samt utnyttjande för annan verksamhet .....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>Kostnader och finansiering .....</b>	<b>57</b>
9.1	Investeringskostnader .....	57
9.2	Kostnader för drift och efterarbeten samt övervakning .....	58
9.3	Kostnader vid deponering i Norge och Tyskland .....	59
9.4	Kostnader för olika deponeringsalternativ .....	59
9.5	Finansiering .....	60
<b>10</b>	<b>Ansvarsförhållanden och tillståndsprövning .....</b>	<b>61</b>
10.1	Lagstiftning.....	61
10.2	Kommentar beträffande ansvarsfrågor och möjlighet till längre mellanlagring .....	62
10.3	Tillståndsprövning.....	63

<b>11</b>	<b>Tänkbara möjligheter för slutförvaring av svenskt långlivat kemiskt farligt avfall .....</b>	<b>65</b>
11.1	Sverige .....	65
11.2	Norden – Permanent deponering i dagbrott .....	72
11.3	EU – Permanent deponering i undermarksförvar i saltgruvor .....	74
<b>12</b>	<b>Utredningens slutsatser .....</b>	<b>79</b>
12.1	Kunskap att utforma anläggningar och värdera långsiktig säkerhet.....	79
12.2	Tekniska förutsättningar.....	79
12.3	Genomförande i praktiken .....	79
12.4	Avfallens behandling och form .....	80
12.5	Direktdeponering av metalliskt kvicksilver.....	80
12.6	Kostnaderna.....	81
12.7	Deponering i undermarksförvar utanför Sverige .....	81
12.8	Annat långlivat farligt avfall.....	82
12.9	Tillgång till undermarksförvar i Sverige.....	82
12.10	Lagstiftning.....	83
	<b>Referenser .....</b>	<b>85</b>
 <b>Bilagor</b>		
<i>Bilaga 1</i>	Utredningens direktiv.....	89
<i>Bilaga 2</i>	Bolidens planer till följd av lagens krav på djupdeponering av kvicksilveravfall – Lägesrapport, december 2007.....	101

<i>Bilaga 3</i>	Olika slutförvaringsstrategier för kvicksilveravfall. Sammanställning och utvärdering av frågeställningar: Saltförvar i Tyskland, Langøya i Norge .....	141
<i>Bilaga 4</i>	Konceptstudie av teknik och säkerhet för människa och miljö för en djupdeponi för kvicksilveravfall i berg baserad på förutsättningar vid tidigare oljelager i Sverige .....	187
	<i>Underbilaga:</i> Geologiska och hydrogeologiska förutsättningar för en djupdeponi för kvicksilver på Händelö, Norrköpings kommun.....	253
<i>Bilaga 5</i>	Utredning av möjligheter att slutförvara kvicksilveravfall i geologiskt djupförvar.....	267
<i>Bilaga 6</i>	Geologiska förutsättningar för undermarksförvar. Slutförvaring av kvicksilver i gruvor.....	327
<i>Bilaga 7</i>	Kvicksilver i naturen – omvandlingar, kretslopp och förekomst av en ”rörlig pool” .....	341



## Synopsis

*Utredningen har haft till uppgift att ta upp frågor som driver på och samordnar praktiskt genomförande av slutlig förvaring av främst kvicksilverhaltigt avfall i berggrunden. Sveriges innehav av kvicksilverhaltigt avfall kan efter lämplig behandling/stabilisering med betryggande säkerhet permanent deponeras i berg i Sverige och inom Norden och EU.*

*I linje med nu gällande lagstiftning planeras avfall från gruv- och smältverksamhet bli deponerat i djupdeponi i anslutning till gruva. Allmänt kvicksilveravfall samt avfall i form av metalliskt kvicksilver planeras efter stabiliserande behandling bli deponerat i befintliga anläggningar i Norge alternativt Tyskland eller möjligen i nybyggd svensk anläggning. Krav på säkerheten för hälsa och miljö i svensk lagstiftning bedöms uppfyllas av planerad anläggning i anslutning till gruva, eventuell ny anläggning i Mellansverige samt studerade utländska anläggningar.*

## Sammanfattning av utredningen

Från och med 2005 gäller enligt avfallsförordningen (2001:1063) att avfall som innehåller mer än 0,1 procent kvicksilver skall permanent deponeras i djupa berggrum. Lagen innebär en skärpning av tidigare krav. Behovet av permanent förvaring är en följd av Sveriges riksdags beslut att fasa ut användning av kvicksilver. Även kadmium och bly i olika kemiska föreningar och visst annat långlivat farligt avfall kan behöva deponeras i djupdeponi i berg. Sådant avfall kan under lång tid innebära risk för hälsa och miljö och måste tas om hand på ett sätt som säkerställer att dessa framtida risker blir acceptabla.

Kravet på deponering av kvicksilveravfall i djupa berggrum innebär att samhället anpassar kravet på deponering med hänsyn till att avfallet alltid är potentiellt farligt. Lagstiftningen vill nu säkerställa att det farliga avfallet deponeras på ett sätt som ej kan skada människa och miljö ens under mycket långa tider och ändrade förhållanden. Genom att placera en lämpligt utformad anläggning, i det följande benämnt underjordsförvar alternativt underjordsdeponi, i stabila bergformationer med lämplig geologi och topo-

grafi kan förpackat och behandlat avfall deponeras på ett sätt som med stora marginaler uppfyller de krav på säkerhet för människa och miljö som följer av nu gällande lag. Hittillsvarande deponering i Sverige och på många ställen utomlands baseras på deponering i ytanläggningar med begränsad livslängd och där funktion skall kunna kontrolleras.

Som följd av krav på säker förvaring i djupa bergrum över mycket långa tidsperioder har berörda avfallsinnehavare ändrat planer och avfallsstrategier i syfte att praktiskt åstadkomma en deponering som uppfyller detta.

En stor del av det kvicksilveravfall som kan samlas in finns i dag hos främst fyra innehavare. Cirka hälften av Sveriges kvicksilveravfall finns i dag vid Boliden Mineral AB:s anläggning i Rönnskär. Avfallet härrör från behandling i smältverk av malmer och metallskrot. Huvuddelen av Sveriges kvicksilveravfall i framtiden bedöms komma från denna typ av industriverksamhet.

Vid SAKAB AB finns en stor del av Sveriges över åren insamlade kvicksilveravfall från t.ex. batterier, renings- och filteranläggningar, saneringar m.fl.

Sveriges två klor-alkali industrier – EKA Chemicals AB och Hydro Polymers AB – nyttjar eller har nyttjat kvicksilver i sina industriprocesser. I och med att ny teknik introduceras eller att verksamheten upphör kommer detta kvicksilver att bli avfall och kräva ett säkert omhändertagande.

För att möta kravet på säker deponering i berg av kvicksilveravfall och annat s.k. farligt avfall planerar Boliden Mineral AB att bygga en anläggning i anslutning till en av Bolidenfältets gruvor, dock endast för bolagets eget avfall. Utvecklingsarbete för behandling av avfallet före deponering samt undersökning av plats och förberedelser för att bygga en undermarksdeponi i berg pågår. Arbetet är inriktat på en tillståndsansökan till Miljödomstolen sommaren 2008.

Volymen kvicksilveravfall vid sidan av Bolidens innehav är förhållandevis liten och beräknade tillkommande mängder i framtiden bedöms bli begränsade.

Situationen har inneburit att SAKAB AB av kostnadsskäl valt att i första hand undersöka möjligheterna att i befintliga deponier utomlands åstadkomma en deponering som uppfyller avfallsförordningens krav på ”permanent lagring i djupt bergförvar”. Stora delar av SAKAB:s innehav skulle – efter förpackning i storsäck/fat – kunna deponeras i tyska saltgruvor där sådan deponering sker

sedan 1970-talet. SAKAB AB innehar även en mindre volym kvicksilveravfall i flytande form. För att i dag kunna deponera kvicksilveravfall i flytande form genomförs ett utvecklingsarbete där kvicksilvret genom tillsatser och behandling överföres till en stabil produkt som kan deponeras.

Sveriges två klor-alkali industrier innehar cirka 440 ton eller sammantaget cirka 30 m<sup>3</sup> flytande kvicksilver som skall deponeras på säkert sätt i berg. En väg som övervägs är den som följer av EU-kommissionens förslag till ny förordning om säker förvaring av metalliskt kvicksilver vilken innebär en möjlighet att mellanlagra och slutligen förvara flytande kvicksilveravfall genom att direkt deponera stålbehållare fyllda med metalliskt kvicksilver i djupa saltformationer. Metoden aktualiserar ett antal frågor som kräver ökad kunskap och ifrågasättes därför i dag av flera EU-medlemmar.

Gällande EU-direktiv och svensk lag förbjuder deponering av flytande avfall och tillåter endast att avfall som är stabilt eller har stabiliserats får deponeras. Detta innebär att deponering av flytande kvicksilver kräver att gällande avfallsdirektiv inom EU ändras.

För att kunna hantera slutförvaringsfrågorna redan i dag och inom ramen för nu gällande lagstiftning är det angeläget att driva på möjligheterna att utveckla teknik för att stabilisera kvicksilveravfall så att det kan deponeras utan att vara beroende av förändrad lagstiftning. För aktuella klor-alkali anläggningar i västra Sverige är t.ex. möjligheten att deponera stabiliserat kvicksilver som avfall i befintlig deponi i Norge ett praktiskt och tänkbart alternativ.

I Naturvårdsverkets avfallsplan /16/ förutsättes – bl.a. som följd av formuleringar i EU:s deponeringsdirektiv om närhetsprincip och självförsörjandepincip att möjligheter till att deponera kvicksilveravfallet skall finnas i Sverige och vara ett förstahandsalternativ. EU markerar å andra sidan bl.a. i nyligen genomförd översyn av avfallsdirektivet /7/ att medlemsstaterna inom gemenskapen skall upprätta ett nätverk av anläggningar för bortskaffandet med beaktande av bästa tillgängliga teknik som inte medför oskäligen kostnader. Såväl geografiska förhållanden som behov av specialiserade anläggningar för vissa typer av avfall skall beaktas.

Boliden Mineral AB:s arbete, som är helt inriktat på företagets eget avfall innebär att en stor del av Sveriges befintliga kvicksilveravfall och i stort allt framtida avfall kommer att deponeras i enlighet med planen.

De mängder som återstår av svenskt kvicksilveravfall att deponera vid sidan av Bolidens avfall blir, som nämnts ringa, särskilt

gäller detta framtida avfall. Inventering av annat långlivat avfall i Sverige lämpligt för samdeponering såsom kadmium, bly, arsenik m.fl. indikerar att endast begränsade kvantiteter är aktuella inom överskådlig framtid.

Detta innebär att deponeringen kan bli mycket kostsam. Detta bekräftas av den konceptstudie som utredningen låtit genomföra och som baserats på verkliga förutsättningar för en tänkt lokalisering vid ett tidigare oljelager i berg. Även om en sådan lokalisering kan ske till avsevärt lägre kostnad än att bygga en helt ny anläggning blir kostnaderna för deponeringen flerfaldigt högre än att utnyttja befintliga anläggningar i Tyskland respektive Norge.

Jag konstaterar att bristen på en allmänt tillgänglig djupdeponi i Sverige innebär troligen att nödvändig permanent deponering i berg av samhällets många och små kvantiteter av kvicksilveravfall blir både komplicerad och dyr.

### **Sammanfattningsvis konstaterar jag:**

*Att teknik och kunskap finns för att kvicksilveravfall och liknande riskavfall kan tas om hand i undermarksförvar på det långsiktigt säkra sätt som krävs i nu gällande lagstiftning. Deponering av långlivat potentiellt farligt avfall i undermarksförvar ger säkerhetsmässiga fördelar som vida överstiger dagens praxis med markförlagda deponier för sådant avfall i Europa.*

*Att det finns mycket goda tekniska förutsättningar att bygga säkra undermarksförvar i svensk berggrund. Den svenska marknaden för farligt avfall är dock volymmässigt relativt liten. Kostnaderna för deponeringen blir höga, särskilt i de fall man ej kan samlokalisera undermarksdeponin med annan verksamhet.*

*Att avfallsinnehavarna målinriktat arbetar på att snarast möjligt påbörja deponering av befintligt avfall. Omfattande utvecklingsarbete, ej tidigare prövat tillståndsförfarande samt förändrade förutsättningar såsom förslag om ny EU-lagstiftning för metalliskt kvicksilver innebär dock att kravet att deponering skall ha genomförts före år 2015 troligen inte kan realiseras.*

*Att gällande krav på behandling av avfall före deponering – för att underlätta hantering, minska risker och i övrigt bidra till att en säker hantering – innebär att allt avfall inklusive kvicksilver i metallisk form ska stabiliseras på lämpligt sätt före deponering.*

Detta innebär att tekniken för att stabilisera flytande kvicksilver är nyckelfråga för att praktiskt kunna genomföra deponering av stora delar av det svenska kvicksilveravfallet. För detta måste teknik vidareutvecklas och demonstreras i industriell skala. Förutsättningarna för detta bedöms gynnsamma av berörd industri då det finns kunskap och goda erfarenheter av liknande småskalig verksamhet.

*Att* förslaget om ny EU-förordning för förvaring av metalliskt kvicksilver öppnar för möjligheten att tillåta deponering under mark av flytande avfall i form av metalliskt kvicksilver förvarat i behållare av stål. Detta alternativ innebär säkerhetsmässiga nackdelar vid deponering och aktualiserar nya frågor när det gäller långsiktig säkerhet. För att överväga en praktisk tillämpning bör krävas att nödvändiga säkerhetsanalyser visar att säkerhetsmarginalerna motsvarar vad som kan uppnås med stabiliserat kvicksilver.

*Att* det av företagsekonomiska skäl är motiverat att överväga de möjligheter som finns att utnyttja befintliga djupförvar utanför Sverige för att uppnå en säker undermarksdeponering av Sveriges relativt sett ringa mängder långlivat farligt avfall. Befintliga deponier i tyska saltgruvor kan erbjuda säkerhetsmässiga deponeringsförhållanden som väl motsvarar de krav på deponering i berg som ligger bakom svensk lagstiftning.

*Att* även befintlig deponianläggning i Norge i ytlig berggrund sannolikt erbjuder goda möjligheter till säker förvaring över långa tider i det fall avfallet givits en lämplig behandling. De företagsökonomiska skälen för lagring i utlandet får då vägas mot samhällsökonomiska eller andra intressen av och kostnader för att inrätta ett förvar i Sverige.

*Att* Sverige saknar ett allmänt tillgängligt undermarksförvar och möjlighet att inom landet ta hand om och på ett kvalificerat sätt deponera olika typer av avfall med långlivad farlighet.

*Att* en sådan möjlighet skulle underlätta och förenkla insamling och deponering av avfall i små mängder från många olika källor och borde ses som en naturlig del av den svenska infrastrukturen för avfallets omhändertagande. Sveriges begränsade marknad för undermarksdeponering innebär sannolikt att det krävs stöd från samhällets sida för att önskvärd undermarksdeponi ska bli byggd.

*Att lagstiftningen inte på ett tidsmässigt realistiskt sätt beaktar avfallsinnehavarnas behov av att mellanlagra avfall t.ex. flytande metalliskt kvicksilver i avvaktan på att slutliga lösningar utvecklas eller överenskommes.*

# 1 Inledning

## Uppdraget

För att stötta och samordna avfallsinnehavarna i arbetet att åstadkomma en permanent deponering av kvicksilverhaltigt avfall i djupa geologiska formationer beslöt regeringen sommaren 2005 att följa frågan genom att tillsätta en särskild utredare. Regeringen beslöt sålunda den 7 juli 2005 att förordna tekn. lic Sten Bjurström såsom särskild utredare med uppgift att bidra till ett effektivt genomförande av ett slutförvar av kvicksilverhaltigt avfall i djupt bergförvar. Den särskilde utredaren ska agera som samordnande aktör för att bl.a. stödja arbetet med att ta fram metoder samt att lokalisera och finansiera en djupförvaring.

Mot bakgrund av att förutsättningarna i vissa delar ändrats beslöt Regeringen den 1 mars 2007 att ge utredningen tilläggsdirektiv för att belysa deponeringsfrågorna i ett bredare perspektiv. Utredningen ska konkret belysa de möjligheter som finns att kostnadseffektivt bygga en anläggning för djupdeponering i Sverige för kvicksilveravfall men även beakta annat liknande avfall som kan behöva deponeras. Samtidigt ålades utredningen att belysa och värdera andra möjligheter som kan finnas inom Norden och EU. Utredningen ska slutligt redovisas 31 januari 2008.

## Utredningens uppläggning och redovisning

Huvuduppgiften för mig som särskild utredare har varit att följa upp, samordna och stimulera berörd industri att vidtaga åtgärder som leder till att främst kvicksilverhaltigt avfall blir deponerat på ett säkert sätt i undermarksförvar i berggrunden.

Detta innebär att ansvaret för att erforderligt arbete kommer till stånd åvilar innehavarna av avfallet. Inom utredningens ram har därför endast genomförts studier som sätter in frågorna i ett

bredare sammanhang och som kompletterar arbetet av berörd industri. Även vissa frågor av intresse för aktuellt lagstiftningsarbete eller myndigheternas tillsyn har tagits upp i utredningen.

I betänkandet redovisas behov av deponering i undermarksförvar samt avfallsinnehavares aktuella planer och verksamhet. Krav på behandling och stabilisering av avfall före deponering analyseras och tekniska lösningar för detta diskuteras. Utifrån en redovisning av allmänna krav och kriterier för undermarksförvar redovisas ett antal tänkbara tekniska varianter för djupförvaring i berg. Teknik, säkerhet och kostnader analyseras främst baserat på utförda expertutredningar. Dessa ger också underlag för en detaljerad värdering av tillgängliga möjligheter att deponera svenskt avfall i gruva eller vid berganläggning inklusive deponering i befintliga anläggningar i Tyskland respektive Norge.

En lägesredovisning av arbete och planer för de olika avfallsinnehavarna lämnades i maj 2006. I rapporten berörs särskilt behandlingsmetoder (kemisk form) för att stabilisera eller på annat sätt behandla avfallet så att det lämpar sig för deponering samt anges kriterier för det djupa bergförvarets lokalisering och utformning och andra frågor av vikt för att praktiskt genomföra en permanent deponering i en djupdeponi i berg.

I utredningens tilläggsdirektiv anges att – utöver kvicksilveravfall – även annat långlivat farligt avfall som behöver deponeras skall beaktas. Med undantag av avfall från viss processindustri t.ex. gruvor och smältverk visar genomgången att mängderna som bedöms angelägna att deponeras under mark är begränsade, åtminstone under överskådlig tid framåt. Detta gäller även ”utfasningsmetallerna” bly och kadmium.

Utredningen behandlar därför i huvudsak förhållanden för avfall med innehåll av kvicksilver i olika former. Utredningens resonemang, resultat och slutsatser är dock oftast giltiga för liknande långlivat och toxiskt metall- och mineralavfall.

## **Bilagor (underlagsrapporter)**

Industrins detaljerade lägesrapporter och utredningens expertutredningar beträffande nyckelfrågor redovisas i bilagor. Bilagorna redovisas i den form de inlämnats till utredningen. Text och slutsatser är författarnas egna och kan därför skilja sig från utredningens övergripande slutsatser.



## Bakgrund – problemformulering

Kvicksilver finns i olika former i marklagren, berggrunden samt i vatten och luft. Kvicksilver hör till de potentiellt farligaste miljögifterna och utsläpp kan utgöra ett hot mot miljön och människors hälsa under lång tid.

Kvicksilverutsläpp kan härröra från naturliga förekomster i jordskorpan, hantering av råvaror med viss förorening av kvicksilver, främst förbränning av kol samt förekomst i produkter och användning av kvicksilver i processer. Även förorenad mark och avfallshögar kan ge bidrag till dagens kvicksilverutsläpp.

Rörliga mängder kvicksilver i mark och sjösediment i Sverige har uppskattats till 10 000–15 000 ton, (Bilaga 7). Mängden luftburet kvicksilver som deponeras i Sverige på land och i sjöar har uppskattats till 4,5 ton per år, varav en stor del återföres till atmosfären och exporteras vidare.

De ”svenska” utsläppen till luft och omgivning från smältverk, krematorier, utlakning från soptippar samt förbränning främst av avfall har uppskattats till 0,7 ton. Trots pågående minskning av kvicksilver i samhället registreras en fortsatt ökning av mängderna i mark och t.ex. avloppsslam.

De största utsläppen i Sverige kommer från förbränning av kol i Europa och globalt. En utveckling som bedöms fortgå lång tid framåt. Användning av kvicksilver i processer och produkter i Sverige och internationellt minskar dock successivt, ofta med inriktning att helt elimineras.

Som följd av denna utveckling uppstår ett överskott av kvicksilver och kvicksilverhaltigt avfall. För att undvika att människor och natur exponeras för detta överskott bör det samlas in och avlägsnas från kretsloppet genom en permanent och säker deponering.

I linje med detta synsätt har svensk lagstiftning ställt strikta krav med inriktning på att till 2010 fasa ut, samla in kvicksilver i varor och produkter samt behandla insamlat kvicksilver och avfall så att det lämpar sig för permanent deponering i djupförvar. För avfall med halter över 0,1 procent – huvuddelen av det svenska kvicksilveravfallet – kräver i dag lagen att existerande avfall inom en 5-årsperiod och senast till 2015 bör bortskaffas genom deponering i anläggning för permanent lagring av avfall i djupa bergförvar.

Kravet på deponering av kvicksilveravfall i djupa berggrum innebär att samhället nu skärper kraven på ett sätt som tar hänsyn till

att avfallet alltid är farligt och kan utgöra en risk. Lagens ambition är att i görligaste mån minska denna risk och säkerställa att deponeringen sker på ett sätt som förhindrar att människa och miljö kan komma till skada ens under mycket långa tider och ändrade förhållanden.

För att bereda underlag för dagens lagstiftning samt stödja verksamhet som rör långlivat kemiskt farligt avfall har frågorna behandlats inom ramen för omfattande utredningar av bl.a. Naturvårdsverket och Kemikalieinspektionen samt tidigare statlig utredning SOU 2001:58, ”Kvicksilver i säkert förvar”. /15/

I nämnda utredningar analyseras olika frågeställningar kopplade till permanent deponering av kvicksilveravfall. Materialet utgör ett bra underlag för det i dag aktuella praktiska arbetet att utforma, lokalisera och bygga ett djupförvar. Det innehåller även ett gediget faktaunderlag beträffande mängder och halter av kvicksilveravfall i Sverige.

Behov av permanent slutförvaring finns vid sidan av kvicksilver för ett antal andra farliga ämnen som kännetecknas av att de toxiska egenskaperna inte förändras eller avtar utan består för all framtid. I huvudsak handlar det om metaller och mineraler som direkt eller i omvandlad form kan vara farlig för människa och miljö.

Några av dessa metaller – kadmium och bly – skall fasas ut så fort de kan ersättas med ofarligare produkter. Då några av dessa substanser krävs för viktiga samhällsverksamheter – t.ex. kadmium och bly – blir behovet av slutlig deponering beroende av när fullgoda alternativ finns tillgängliga. Användning av kvicksilver har successivt minskat och lett till ett överskott som nu behöver permanent deponeras på ett sätt som är säkert över mycket långa tider.

I Sverige och utomlands lagras det farliga avfallet i huvudsak i markförlagda deponier där det ställts särskilda krav på isolering. I några fall t.ex. i Tyskland sker deponering även i undermarksförvar. Tekniken för ytdeponier bygger på att funktionen övervakas och kontrolleras. Då det farliga avfallet innehåller ämnen som ej kommer att brytas ner krävs att kontrollen sker under mycket långa tider av många framtida generationer.

För att inte belasta framtiden med bördor av dagens avfall krävs att deponeringen i markförlagda deponier såsom hittills förändras till att ske i slutförvar som isolerar avfallet under mycket långa tider och där säkerheten garanteras av underhållsfria och passiva system.

Kostnaderna för djupförvaring bedöms bli relativt höga. Samtidigt bedöms att en kvalificerad ytförlagd deponi kommer att innebära stora kostnaderna för byggande, tillsyn samt långsiktiga underhåll och övervakning.

Mot bakgrund av kvicksilvrets höga farlighet och därav följande risk för hälsa och miljö gäller att överskott av kvicksilver i samhället måste tas om hand på ett permanent sätt som praktiskt sett eliminerar riskerna i dag och i framtiden. Detta nödvändigt ambitiösa synsätt leder till att samhället måste ställa krav på att teknik som ger stor säkerhet kommer till användning och att eventuella utsläpp blir så låga som är rimligt och möjligt.

Naturliga och tillåtna små utsläpp i vatten och luft kommer alltid att exponera människa och natur för kvicksilver. Strävan måste, trots detta dock vara att i stor utsträckning minska och eliminera onödigt kvicksilver genom att samla in detta och efter lämplig behandling deponera det i djupa och stabila geologiska formationer. På detta sätt återförs kvicksilvret till naturen och i en form som har många drag gemensamt med t.ex. förhållandena för en kvicksilvermalm. Bly, kadmium och arsenik kan efter lämplig stabilisering t.ex. som sulfid återföras till naturen på liknande sätt.

För att ”det bästa inte skall bli det godas fiende” krävs en balans mellan krav och åtgärder på det sätt som ligger bakom begrepp som BAT – ”Best Available Technology”, BET – ”Best Environmental Technology” samt ALARA – ”As low as reasonable achievable”. Såväl BAT, BET som ALARA bygger på att kostnaderna för olika åtgärder är skäliga och står i balans till miljövinster.

## **Avfallsinnehavarnas åtgärder och verksamhet**

Ansvar för att planera och genomföra samt finansiera erforderliga åtgärder för säker deponering av avfall åligger den som producerar och innehar avfall. Efter regeringsbeslutet i juli 2005 beträffande krav på djupförvaring av visst kvicksilveravfall har berörda industrier och myndigheter påbörjat ett systematiskt arbete inriktat på de praktiska frågorna för att åstadkomma en bra slutförvaring.

Sverige är det första landet som ställer krav på utfasning och slutförvar av kvicksilver. Uppgiften att genomföra slutförvaring aktualiserar därför nya områden för forskning och utredning. Även med ett gott allmänt kunskapsunderlag och hög ambition kräver detta tid, inte minst när det gäller för innehavarna av avfallet att

utveckla ny teknik i industriell skala samt redovisa funktion och säkerhet för aldrig tidigare tillämpade långa tidsperioder.

Förutsättningarna för intressenterna är olika och har också ändrats sedan utredningen startade 2005. Detta har inneburit att innehavarna av avfall dragit olika slutsatser om hur kravet på säker deponering i berg skall uppfyllas. Innehavaren av den största mängden kvicksilveravfall, Boliden Mineral AB har beslutat att bygga en djupdeponi i berg dock endast för eget avfall. Detta innebär att i tidigare utredningar förutsatta möjligheter till gemensamma lösningar och samverkan inte längre är aktuella. Förslag till ny lagstiftning inom EU beträffande metalliskt kvicksilveravfall innebär vidare att förutsättningarna för klor-alkaliindustrin delvis har ändrats.

SAKAB AB har, som innehavare av stora delar av Sveriges allmänna kvicksilveravfall valt att utreda möjligheter för stabiliserande behandling av sitt innehav av kvicksilveravfall i metallisk och flytande form. Avsikten är att deponera detta tillsammans med bolagets övriga avfall med innehåll av kvicksilver i lämpligt undermarksförvar. I första hand utreds möjligheterna att utnyttja befintliga undermarksdeponier i Tyskland eller eventuellt Norge.

## 2 Långlivat kemiskt farligt avfall i Sverige

### 2.1 Kvicksilver och kvicksilverhaltigt avfall i Sverige

Sveriges innehav av kvicksilver och kvicksilverhaltigt avfall aktuellt för djupförvaring är inventerat och kartlagt i ett flertal rapporter av bl.a. Kemikalieinspektionen och Naturvårdsverket. Tabell 2.1 sammanfattar aktuella mängder för landet i ton avfall och dess innehåll av kvicksilver.

**Tabell 2.1 Total mängd identifierat kvicksilverhaltigt avfall för deponering i djupförvar**

Avfall med 0,1–1,0 % Hg .....	51 000 ton	300 ton Hg
Avfall med mer än 1,0 % Hg .....	15 000 ton	1 100 ton Hg
Avfall tillkommande .....	200 000 ton	20 ton Hg

Tabell 2.2 sammanfattar branscher med stora innehav av kvicksilveravfall. Som framgår av tabellen är de stora volymerna knutna till några få innehavare medan övriga mängder finns hos ett stort antal innehavare tex. kommuner, krematorier eller några få industrier.

**Tabell 2.2 Branschsammanställning av mängder kvicksilverhaltigt avfall i Sverige med halter över 0,1 procent och därmed aktuellt för slutförvaring genom djupdeponering.**

		Befintligt	Årligt	2005–2050
Avfallsföretag/ (SAKAB AB)	ton Hg	80*	0,2	8?
	ton avfall	900	50–100	800?
Smältverk Gruvor (Boliden AB)	ton Hg	605	20	?
	ton avfall	95 800**	400	?
Kemisk Industri (EKA Chemicals/ Hydro Polymers)	ton Hg	440	-	-
	ton avfall	440***	?	-
Övrigt	ton Hg	160		
	ton avfall	?		
"Dolt" lager i samhället	ton Hg	100		
	ton avfall	200		

\* 50 ton kvicksilver i ursprungligen 1 800 ton avfall utgöres av batterier som tillhör staten och förvaltas av SAKAB.

\*\* Härtill 17800 ton med 0,08–0,09 procent Hg.

\*\*\* Hörtill visst Hg-haltigt rivningsavfall som uppärbetas och successivt borttransporteras.

*Not:* Med avfall avses enl. EU varje föremål, ämne eller substans som ingår i en avfallskategori och som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med. Detta oavsett om produkten betingar ett värde och går att avyttra på en marknad.

De stora volymerna av kvicksilverhaltigt avfall finns i förorenade jordar och byggnader vid industrier, i filtermassor vid massa- och pappersbruk m.fl. Innehållet av kvicksilver är dock ringa, halterna är låga och långt under 0,1 procent. I några fall vidtages åtgärder men med stor utspädningen är det ofta inte praktiskt möjligt och rimligt att åtgärda denna typ av avfall.

## 2.2 Annat långlivat kemiskt farligt avfall

Ett antal metaller utöver kvicksilver såsom kadmium, bly och halvmetallen arsenik är exempel på långlivat farligt avfall som kan vara aktuellt att deponera i undermarksförvar då de alltid kan innebära risker för hälsa och miljö. Avfall av denna typ uppkommer vid industriella processer till exempel gruv- och smältverksamhet, sprids till luften vid förbränning och ingår i produkter. Som fram-

går nedan gäller att mängderna långlivat kemiskt farligt avfall som kan samlas in och behöver deponeras är begränsade. En väl fungerande sortering, insamling och återanvändning innebär att även behoven av deponering i berg för "utfasningsmetallerna" bly och kadmium anses ringa. Å andra sidan kan noteras att Boliden Mineral AB avser att samdeponera avfall med innehåll av kvicksilver, kadmium, bly och arsenik under mark när väl en sådan djupdeponi är tillgänglig.

### 2.2.1 Kadmium

Huvuddelen av kadmium i samhället och den del som utgör störst risk för befolkningen finns i livsmedel och tobaksprodukter. Bland metaller som tillföres jordbruksmark intar kadmium en särställning.

Kadmium tillföres åkermark via atmosfäriska nedfall och handelsgödsel. Kadmium påverkar människan via de jordbruksprodukter som konsumeras. Trots att olika åtgärder i svenskt lantbruk har minskat tillförseln till åkermark ligger intag av kadmium via föda i nivå med de mängder som ger hälsorisker. Även om tillförseln inte ökar innebär situationen att åtgärder krävs för att ytterligare minska tillförsel såsom fortsatt användning av konstgödsel med låg halter av kadmium.

Kadmium i produkter som kan samlas in eller tas om hand på annat sätt finns främst i batterier samt vissa typer av färger. Cirka 1 000 ton kadmium är för närvarande i användning i Sverige. Använda batterier, främst nickel/kadmiumbatterier samlas i dag in och metallerna nickel och kadmium återvinnes. Återvunnet kadmium nyttjas vid tillverkning av nya industribatterier. Behovet för denna tillverkning överstiger återvunnet kadmium och årligen krävs inköp av ytterligare några hundra ton kadmium.

Situationen i Sverige med väl fungerande återanvändning och med huvuddelen av kadmium i diffus form i mark innebär dock att det – för överskådlig tid framåt – endast finns små mängder kadmium som kan vara aktuellt att permanent deponera i berggrunden. Förutsättningarna att säkert deponera kadmium är å andra sidan gynnsamma då metallen och dess föreningar relativt enkelt kan behandlas och stabiliseras till svårlöslig kemisk form som väl lämpar sig för permanent deponering.

### 2.2.2 Bly

Sverige har förhållandevis goda mineralförekomster som innehåller bly. Metallens föreningar finns därför naturligt och relativt frekvent i den svenska berggrunden. I Sverige används årligen cirka 25 000 ton bly och den totala mängden av bly i användning i landet har uppskattats till cirka 400 000 ton.

Huvudsaklig användning av dagens bly är för tillverkning av batterier. Tidigare användning i produkter elimineras successivt. I och med att bly ej längre tillsättes till bensin har halterna hos befolkningen i Sverige avsevärt minskat. Bly är en attraktiv metall och återvinningen av gamla batterier och annat bly i produkter fungerar väl.

Trots att bly utgör en s.k. utfasningsmetall som ska ersättas med mindre farliga produkter innebär svårigheterna att finna fullgoda ersättningar för blybatterier och väl fungerande återvinning att kravet på utfasning skjuts framåt i tiden.

Ur slutlagringssynpunkt innebär situationen att mängderna avfall från produkter med innehåll av bly kommer att vara begränsade för överskådlig tid framåt och främst utgöras av mindre mängder som ej låter sig återcirkuleras. De något större avfallsmängderna med bly från exempelvis smältverksprocesser tas omhand och deponeras vid verken, t.ex. Rönnskär.

### 2.2.3 Arsenik

Arsenik är en halvmetall som i Sverige ofta förekommer tillsammans med vissa sulfidmalmer. Risk för spridning av arseniken kan förekomma vid behandling av malmer i gruva och smältverk. Avfallet med innehåll av arsenik från dessa processer tas om hand vid verken.

I vissa områden med berggrund som innehåller höga halter av arsenik kan förekomst i grundvatten och jord utgöra en betydelsefull komponent i bakgrundsexponering. Förbränning av kol ger också upphov till spridning av arsenik. Arsenikföreningar användes som träimpregnering (dock i mindre omfattning än tidigare) och risk för spridning finns från ett stort antal träimpregneringsanläggningar runt om i Sverige.

Något uttalat behov att deponera avfall med arsenikinnehåll i undermarksförvar har ej kommit fram i utredningen.



#### 2.2.4 Krom och nickel

I Sverige är krom och nickel innehållet främst kopplat till produkter och import av stålprodukter. Emissioner som kan vara tillgängliga till biosfären är ringa. Behovet att deponera avfall med innehåll av krom och nickel är litet.

### 2.3 Volymer kvicksilveravfall att deponera

Av tradition redovisas kvicksilveravfall och liknande avfall i ton och som halt i avfall. För behandling och slutförvaring av kvicksilverhaltigt avfall är det av väl så viktigt detaljerat redovisa avfallets volym, kemiska sammansättning och fysiska form.

Volymerna skiljer sig dock avsevärt beroende på hur kvicksilvret förekommer i avfallet.

Av avfallet i tabell 2.1 utgöres 450 av ton metalliskt kvicksilver med en volym på cirka 35 m<sup>3</sup>. Mängden avfall med höga halter av kvicksilver – oftast mellan 1–20 procent – har beräknats uppgå till drygt 14500 ton och dess volym kan uppskattas till cirka 10 000 m<sup>3</sup>.

Avfall med kvicksilverhalter mellan 0,1–1,0 procent är – cirka 51 000 ton – har betydligt större volym som kan uppskattas till 90 000–120 000 m<sup>3</sup>.

Erforderlig lagringsvolym för slutförvaring för existerande avfall med halter större än 0,1 procent kvicksilver – sammantaget cirka 1 500 ton kvicksilver – beror på typ av avfall och hur avfallet behandlas före deponering. Direkt deponering utan omfattande behandling kan kräva lagringsutrymme mellan 25 000 till 100 000 m<sup>3</sup>.

En kvalificerad behandling genom t.ex. upparbetning och kemisk stabilisering kan minska volymerna högst väsentligt. Efter en sådan behandling av allt avfall kan volymen hos avfallet uppskattas till mindre än 10 000 m<sup>3</sup>. Förpackning, stabilisering samt utrymme för tex. tekniska barriärer bedöms öka denna volym med 50–100 procent, upp till 20 000 m<sup>3</sup>.

## 2.4 Beskrivning av avfallssituationen för SAKAB AB, EKA Chemicals AB och Hydro Polymers AB samt Boliden Mineral AB

För att ge en realistisk uppfattning om mängd avfall och omfattningen av åtgärder som behöver vidtagas redovisas nedan situationen för de fyra största innehavarna av kvicksilveravfall. För SAKAB AB, EKA Chemicals AB och Hydro Polymers AB är de mängder och volymer som skall hanteras förhållandevis små.

### SAKAB AB

#### *Typer av avfall och kvicksilverinnehåll*

Avfallstyperna som lagras på SAKAB och deras innehåll av kvicksilver varierar kraftigt och i flera fall är kvicksilverhalten inte känd, främst på grund av att innehållet är mycket inhomogent (exempelvis i instrument) eller att exakta haltanalyser inte behövde göras innan krav på djupförvar, med de gränsvärden det innebär, infördes. I dessa fall görs antaganden och uppskattningar av kvicksilverinnehållet /31/.

Exempel på kvicksilverhaltigt avfall som lagras på SAKAB är:

- Lampor, lysrör och lysrörspulver
- organiska och oorganiska kvicksilverlösningar
- andra kvicksilverföreningar
- bekämpningsmedel
- kontaminerade jordar
- instrument
- salter
- amalgam och ampuller från tandläkarmottagningar
- restprodukter från förbränning
- metalliskt kvicksilver

En stor mängd av avfallet är ospecificerat, där leverantören enbart angivit en övergripande definition av ett blandavfall där kvicksilvret varit det måttgivande. En förklaring till alla dessa osäkerheter är att till SAKAB levereras bland annat det ”värsta” avfallet som ingen annan kan eller vill ta hand om.

Efter införandet av krav på undermarksdeponering i lagen har SAKAB i möjligaste mån delat upp avfallsslagen i sådant som ska ner i djupförvar och sådant som kan omhändertas på annat sätt.

De avfallsslag med så låga halter kvicksilver att de inte behöver djupförvaras är främst kontaminerade jordar och i viss mån även stoft från krematorieugns rökgasrening, lysrörspulver och lågkontaminerat organiskt avfall som enligt befintligt tillstånd kan förbrännas i SAKAB:s förbränningsanläggning. Kontaminerade jordar och annat oorganiskt material med kvicksilverhalter över 0,1 procent kvicksilver kan tvättas för att kunna läggas på deponi eller återföras till ursprungsplatsen. På detta sätt koncentreras kvicksilvret och mängden till slutförvar reduceras.

### *Mängder och transporter*

Den totala mängden kvicksilverhaltigt avfall i lager hos SAKAB, med en kvicksilverhalt över 0,1 procent, uppgår till knappt 900 ton. De största posterna utgörs av instrument (160 ton), oorganiskt material (jordar, kremkol mm) med upp till 3 000 ppm kvicksilver (150 ton), ospecificerat (105 ton), oorganiska kvicksilverföreningar (50 ton) och organiska kvicksilverföreningar (40 ton). Metalliskt kvicksilver utgör enbart 8 ton.

En omräkning av hur mycket metalliskt kvicksilver SAKAB:s avfallsmängder motsvarar ger cirka 25–30 ton. Då har enbart de avfallsslag inkluderats där en upparbetning skulle kunna vara möjlig. En stor mängd av avfallet kan dock slutförvaras i saltgruva i sitt nuvarande skick eller efter en viss konditionering. Om allt avfall, dvs. 900 ton, skulle transporteras till slutförvar i en saltgruva skulle detta innebära cirka 40 transporter.

### *Mängder som inte tillhör SAKAB*

Upparbetningen av statens batterier pågår i SAKAB:s regi och beräknas vara avslutad årsskiftet 2008/09. SAKAB:s beräkningar visar att det kommer resultera i cirka 50 ton metalliskt kvicksilver som ägs av den svenska staten med Naturvårdsverket som huvudman.

SAKAB har också kvicksilverhaltigt avfall hos Akzo Nobel i Skoghall. En byggnad för kloralkalitillverkning skall nu saneras.

Skoghall planerar att riva den gamla cellbyggnaden men för att detta ska bli möjligt måste cirka 240 ton avfall i 950 fat tas om hand. Faten uppfyller kraven för deponering i djupförvar i saltgruva i Tyskland. Mängden avfall motsvara cirka 12 leveranser till Tyskland.

### **EKA Chemicals AB samt Hydro Polymers AB**

Vid EKA Chemicals AB anläggning i Bohus finns 220 ton kvicksilveravfall som förvaras i cirka 80 stålbehållare med 170 l volym. Härtill uppkommer successivt vissa ytterligare mängder kvicksilver, motsvarande som högst 40 behållare från behandling av höghaltigt processavfall vid SAKAB. Vid EKA Chemicals AB finns även kvicksilverhaltig jord och rivningsmassor som normalt kan borttransporteras och läggas på traditionell deponi.

Vid Hydro Polymers anläggning i Stenungsund finns cirka 230 ton kvicksilver som i dag användes i företagets processer. Verksamhet där kvicksilver ingår kommer att avvecklas de närmaste åren. Det innebär att företaget får ett överskott på 16 m<sup>3</sup> kvicksilver som då kommer att förvaras i cirka 80 behållare av stål.

### **Bolidens Mineral AB**

De volymmässigt största avfallen som genereras på Rönnskär är slagg som bildas vid kopparsmältningen respektive blysmältningen. Eftersom dessa avfall ej är aktuella för djupdeponering kommer de endast att nämnas i förbigående i denna rapport. Redovisningen koncentreras på de övriga typer av avfall som innehåller kvicksilver eller i övrigt är klassade som farliga avfall och omfattas av Rönnskärs deponeringsstrategi.

Processavfall uppstår i smältverket på grund av att malmer och smältmaterial i varierande grad innehåller föroreningar som t.ex. As, Cd, Hg, Sb och Bi. I reningsprocesserna avskiljs föroreningarna som deponiavfall i form av stoft eller slam. Cirka 8 000 ton processavfall uppkommer årligen och lagras på industriområdet, varav 5 procent har en kvicksilverhalt över 1 procent. Totalt finns lagrat drygt 250 000 ton processavfall, klassat som farligt, varav cirka 7 000 ton med Hg-halt 1–10 procent samt 51 000 ton med

Hg-halt 0,1–1 procent, varav 25 000 ton med Hg-halt cirka 0,1 procent.

Mängder, metallinnehåll och lagringsplatser för avfallen, exkl. koppar- och blyslagg, redovisas i tabell 2.3 nedan. Detaljerad redovisning lämnas i bilaga 2.

**Tabell 2.3 Fallande och historiska processavfall som lagras på Rönnskär**

**Processavfall som genererats t.o.m. 2006**

Material	Lagrad mängd ton torrsvikt	Typanalyser (%)						Deponiklass*
		Cu	Zn	Pb	As	Hg	Cd	
F1-stoft	77 503	0,3	17	42	1	<0,01	0,4	1
K1-stoft	60 036	1	14	28	1	<0,01	1,4	1
Rostugnsstoff fr.o.m. -94	4 893	13	1,1	1,3	6	5	0,004	1
Gasreningsslam	2 887	4	2	40	1,2	3	0,08	1
Aktivt kol	944	0,04	-	0	0,2	4	<0,01	1
Selenfiltermassa	109	-	-	-	0,1	3		1
Kalkslam fr. reningsverk	58 668	0,01	0,8	0,02	0,04	0,002	0,002	2
SUMMA	146 372							

**Äldre restprodukter/processavfall från tidigare produktion**

Material	Lagrad mängd ton torrsvikt	Typanalyser (%)						Deponiklass*
		Cu	Zn	Pb	As	Hg	Cd	
Blykaldoslam	20 000	0,6	9	13	4	0,01	2	1
Vätverksslam (torrt)	13 600	3	0,6	6,5	24	0,45	0,04	1
Kalkslam fr. arsenikverk	10 700	0,7	0,3	1,3	45	0,08	0,01	1
Selenrostgods	7 100	2	1	8	5	0,09	0,06	1
Rostugnsstoff 1975–93	1 270	0,1	0,002	0,02	70	0,1	0,001	1
Rostugnsstoff före 1975	3 100	6	3	4	17	0,8	0,02	1
Sulfidslam	25 000	3	10	6	20	0,3	0,6	1
Vätverksslam (vått)	4 000	4	1,3	3	28	0,8	0,01	1
V-selen slam	70	0,3	0,1	1,5	39	7	0,003	1
Slam från östra dammen	22 800	1,3	5,4	4,5	5	0,1	0,9	1
SUMMA	107 640							

Deponiklass 1 motsvarar s.k. "farligt avfall".

Deponiklass 2 motsvarar s.k. "icke farligt avfall".

## 3 Behandling av avfall före deponering

### 3.1 Allmänt – krav på behandling av avfall

Enligt gällande förordning (SFS 2001:512) om deponering av avfall får normalt endast avfall som *behandlats* deponeras. Behandlingen syftar till att avfallet dels ska kunna hanteras och transporteras på ett säkert sätt, dels vara lämpligt att deponera och då ofta ges sådan form att avfallet i sig bidrar till säkerheten

Med behandling avses användning av ett flertal olika metoder inklusive sortering så att mängd och farlighet minskar eller hantering och återvinning underlättas. Kravet gäller dock icke s.k. inert avfall eller förhållanden där behandling av avfallet ej bidrar till minskade risker.

Frågor kring behandling av och lämplig fysisk och kemisk form för kvicksilveravfall har ingående analyserats i mycket omfattande utredningsmaterial som finns hos myndigheter och utgör bl.a. grund för dagens lagstiftning. Materialet utgör en viktig grund för det praktiska arbete som nu erfordras för att nå en bra och säker deponering.

I Naturvårdsverkets rapport "Kvicksilverhaltigt avfall i Sverige – inventering, karakterisering och prioritering" /22/ och andra rapporter diskuteras allmänna kriterier av betydelse för deponering såsom halter, kemiska, fysikaliska och toxiska egenskaper, arbetsmiljökrav samt vägar att identifiera behov av förbehandling

Behandling av farligt avfall med halter av kvicksilver eller liknande avfall sker i dag vid de svenska insamlings- eller återvinningsanläggningarna och i några fall i internationellt samarbete. Det handlar oftast om att sortera och separera det farliga avfallet från andra produkter för att minimera volymerna att deponera. Efter sådan behandling kan visst avfall läggas på deponi eller förpackas vanligen i fat, "storsäck" eller containrar. Behandling av kvicksilver-

förorenad mark, upparbetning av batterier samt avveckling av vissa industriprocesser eller produkter leder ofta till att man får metalliskt kvicksilver i sin flytande form som en avfallsprodukt och som behöver tas om hand.

För deponering av avfall från slamavskiljning, rökgasstoft etc. kan en fysisk stabilisering genom ingjutning i lämpligt material t.ex. slaggcement ge avfallet en lämplig form för hantering och deponering samtidigt som möjligheten att frigöra farliga ämnen efter deponering kraftigt minskas.

Arbetsmiljösynpunkter spelar stor roll när det gäller behandling av avfall. Processerna får inte leda till större exponeringar och utsläpp. För att nå en god arbetsmiljö bör man eftersträva en behandling som leder till att produkterna säkert och effektivt kan hanteras och deponeras och samtidigt ge dem en kemisk form som är stabilt beständig under mycket långa tider.

Önskad stabilitet för låg lakbarhet och löslighet kan nås genom kemisk eller fysisk stabilisering t.ex. genom att avfallet ingjutes i en matris.

För långlivat farligt avfall är olika behandlingsmetoder som bidrar till att avfallet ges en och kemisk svåröslig och fysiskt stabil form som hindrar att cirkulerande grundvatten löser ut farliga ämnen särskilt viktigt. Den lämpliga fysiska och kemiska formen för det kvicksilverhaltiga avfall som är aktuellt för permanent deponering är olika för rent eller uppblandat metalliskt kvicksilver, för olika kvicksilverföreningar eller mineraler med kvicksilverinnehåll. Kraven är också olika för förvaring under torra förhållanden såsom i saltgruvor och under grundvatten vilket efter förseglning av djupdeponin är aktuellt vid djupförvaring i svensk berggrund.

Som framgår nedan bör kvicksilverhaltigt avfall ämnat för djup geologisk deponering – efter sortering och ev. upparbetning – i första hand överföras till kvicksilversulfid eller till kopparamalgam även om andra kemiska och fysiska former kan vara tänkbara.

### 3.2 Behandling av kvicksilveravfall i flytande form

Gällande krav på behandling av avfall före deponering innebär att kvicksilver i metallisk och flytande form måste ges en stabiliserande behandling för att kunna deponeras. Tekniken för att stabilisera flytande kvicksilver är sålunda en *nyckelfråga* för att praktiskt

kunna genomföra deponering av viktiga delar av det svenska kvicksilveravfallet. För detta finns endast småskalig teknik som måste vidareutvecklas och demonstreras i industriell skala. Förutsättningarna för detta bedöms gynnsamma av den berörda industrin eftersom det finns kunskap och goda erfarenheter från den småskaliga verksamheten.

En huvudmöjlighet som är under utveckling innebär att man förändrar den kemiska formen hos det existerande avfallet till fysiskt och kemiskt stabila produkter i form av svårslösliga sulfider. Teoretiskt skulle man även kunna tänka sig en behandling som leder till kvicksilverselenid men det torde vara svårt att motivera de höga kostnaderna, åtminstone för större volymer. Fördelarna vid deponering av kvicksilveravfall i form av sulfid har ingående behandlats i Naturvårdsverkets utredningar /21/ och forskningsrapporter /29/.

För metalliskt kvicksilver finns vid sidan av "sulfid-metoden" möjligheter att fysiskt och kemiskt stabilisera kvicksilvret genom s.k. amalgamering, i första hand med koppar. Kopparamalgam med cirka 27 procent koppar har utnyttjats som tandfyllning men bedömts sämre för ändamålet än silveramalgam. Däremot bedöms en sådan i dag kostsam behandling av metalliskt kvicksilver i avfall uppfylla höga krav vid deponering.

### **3.3 Befintlig och ny teknik för stabilisering av kvicksilver**

För att fullt ut kunna slutförvara kvicksilver i undermarksförvar är det nödvändigt att behandla kvicksilver i flytande form så att det blir svårslösligt och stabilt.

Grundläggande kunskaper och erfarenhet av teknik i utvecklingsskala finns sedan något decennium men utveckling av tekniken för att kunna hantera större volymer har hittills varit begränsad. Sådan teknik har hittills ej varit efterfrågad, möjligen med undantag för delprocessen för uppämbetning av kvicksilver i batterier.

Idag sker dock forskning och andra satsningar för att i industriell skala utveckla kemiska behandlingsprocesser för att tillföra svavel till kvicksilvret och därigenom successivt bilda fasta och alltmer svårslösliga produkter. Den önskvärda slutprodukten är att helt återföra kvicksilvret till den sulfidform kvicksilvret förekommer i jordskorpan, nämligen som, cinnober /30, 32/.



Erfarenheterna från småskaliga verksamheter och översiktlig analys av nödvändiga processer tyder på att det bör vara möjligt att ta fram anläggningar med god arbetsmiljö, praktiskt taget inga utsläpp och som ger önskade slutprodukter. /24/

Detta bekräftas av bl.a. SAKAB AB som till utredningen uttalat /31/:

att det kommer finnas en teknik tillgänglig inom en inte alltför avlägsen framtid. Kunskap om storskalig hantering av kvicksilver finns fortfarande kvar inom den svenska kloralkaliindustrin och SAKAB har lång erfarenhet av hantering, upparbetning, stabilisering/solidifiering av kvicksilveravfall och bedriver sedan flera år utveckling kring kemisk stabilisering av flytande kvicksilver med svavel.

Ovanstående demonstrerar tydligt att den springande punkten för önskvärd utveckling mot permanent förvaring är därför inte om det kommer att finnas en fungerande teknik utan, vilka krav lagstiftaren kommer att ställa. Anledningen till att utvecklingen ännu inte drivits med emfas är att efterfrågan på teknikutveckling fortfarande är osäker. Många politiska beslut och förslag har pekat i riktningen att stabilisering av flytande kvicksilver inte kommer att bli nödvändig.

Vid utveckling av en stabiliseringsteknik är det viktigt att veta vilken typ av djupförvar som produkten är avsedd för. För det svenska kvicksilverhaltiga avfallet ser SAKAB i dagsläget tre alternativ; – saltgruva, kristallin berggrund eller kalkstensbrott – som ställer olika krav på kemiska och fysikaliska egenskaper hos den stabiliserade slutprodukten och påverkar därmed processen för stabilisering.

Deponering i saltformationer har lägst krav på låg löslighet eftersom det praktiskt taget inte föreligger någon risk för lakning. Deponering i svenskt urberg innebär att grundvattnet kommer i kontakt med den stabiliserade kvicksilverprodukten med krav på att avfallet har en näst intill olöslig form som står emot lakning. Kravet för slutförvaring i kalkbrott bedöms ligga någonstans däremellan.

### 3.4 Direkt deponering av metalliskt kvicksilver

En alternativ möjlighet att ta hand om flytande kvicksilveravfall som föreslagits i EU-kommissionens förslag till ny förordning /11/ är att tillåta deponering under mark av stålbehållare fyllda med kvicksilver i dess flytande form. EU-kommissionen hävdar att

säkerheten efter omsorgsfull deponering kommer att vara tillräcklig.

Detta alternativ ger uppenbart inga säkerhetsmässiga fördelar eftersom förfarandet begränsar möjligheterna som finns hos stabiliserat avfall att på ett robust sätt ta hand om kvicksilvrets stora förmåga att avdunsta eller att sprida sig i omgivningen. Jag har inte kunnat finna välgjorda säkerhetsanalyser som styrker att säkerhetsmarginalerna motsvarar vad som kan uppnås med stabiliserat kvicksilver.

Vid sidan av att det krävs en lagändring för att tillåta deponering av visst flytande avfall bedöms en sådan teknik med dagens kunskapsläge innebära en rad nackdelar när det gäller att hantera, transportera och redovisa säkerhet. Jag anser också att förfarandet kan ge problem bland en skeptisk allmänhet, inom vetenskapliga kretsar och för beslutsfattare när det gäller att förtroendefullt informera om och besluta om förvaringen.

Vidare kan jag konstatera, att en utebliven stabiliserande behandling innebär – i strid med ambitionerna bakom ett exportförbud för kvicksilver ut ur EU – att man underlättar för ett återförande av kvicksilvret till marknaden.

Ovanstående utesluter inte att framtida forskning och kunskapsutveckling kan visa att direkt deponering av kvicksilver kan kombineras med höga krav på säkerhet. Deponering i mäktiga och djupt belägna formationer av bergsalt omgivna av lersediment möjliggör en praktiskt taget torr deponering som garanteras av en massiv geologisk barriär. Denna extra säkerhet kan kompensera för de risker utebliven stabilisering innebär när avfallet är väl deponerat och anläggningen förseglats. I bilaga 3 analyseras vissa risker för deponerat flytande kvicksilver kopplat till olika scenarier för förändringar i saltformationer. Även om sannolikheten för att scenarierna realiserar är ytterst liten, måste de noggrant studeras i en gedigen säkerhetsredovisning. Med hänsyn till de allvarliga konsekvenserna av ett läckage måste säkerheten demonstreras för varje plats där lagring av kvicksilver i sin flytande form övervägs.

Även deponering av stabiliserat avfall ställer krav, halten kvicksilver i den stabiliserade produkten är långt högre – över 50 procent – än halterna i det avfall som normalt hittills deponerats under mark.

De större riskerna i driftsskedet finns dock kvar. Konsekvenserna av olyckor vid hantering och deponering är betydligt allvarligare för flytande kvicksilveravfall än stabiliserat material.

För att överväga en praktisk tillämpning anser jag sammanfattningsvis att det är det nödvändigt att det i underlaget för tillstånd att deponera ingår välgjorda säkerhetsanalyser som visar att säkerhetsmarginalerna motsvarar vad som kan uppnås med stabiliserat kvicksilver deponerat i stabila geologiska och djupa formationer.

### 3.5 Forskning och teknikutveckling

Baserat på resultaten av forskningen vid Örebro universitet och egen forskning håller SAKAB på att vidareutveckla teknik och process för kemisk stabilisering av flytande kvicksilver med svavel /29, 30/.

Arbetet är inriktat på att kemiskt optimera processen att blanda kvicksilver och svavel i en för mineraliseringsprocessen gynnsam miljö till kristallint pulver med en sammansättning och egenskaper som överensstämmer med stabilt cinnober och som kan passa alla typer av djupförvar. Arbetet omfattar även tekniken och processutrustning för blandning och utformning av slutförvaringskärl.

Ett liknande utvecklingsarbete bedrivs av företaget Emcoplate AB som arbetar med metoder och utrustning för att effektivt och miljömässigt stabilisera flytande kvicksilveravfall på lämpligt sätt för deponering. /32/

## 4 Metoder för en säker slutförvaring över mycket långa tider

### 4.1 Säkerhetsprinciper

Vid deponering av farligt och långlivat avfall i ett undermarksförvar skapas säkerheten genom en kombination av tekniska och naturliga barriärer. De tekniska barriärerna kan vara stabilisering av avfallet i svårlöslig form och buffertar i deponeringsutrymmet genom in-gjutning i t.ex. aska eller att avfallet packats in mellan tätskikt ("lining") med hjälp av en lämplig lera. De naturliga geologiska barriären ger en stabil och skyddande miljö. Den begränsar det grundvatten som kan nå deponin och fördröjer möjligheter för eventuellt farliga ämnen att nå omgivningen. Den geologiska barriärens funktion beror av bergets egenskaper, hydrologi (vattenföring) och rådande grundvattenkemi.

#### Grundläggande utgångspunkter

- Att deponeringsmetod och anläggningens lokalisering och utformning ska vara sådan att ett eventuellt litet läckage endast kan orsaka små tillägg till de naturligen förekommande halterna i mark, vatten och luft.
- Att säkerheten skall kunna upprätthållas under mycket långa tider, i princip skall deponeringen kunna betraktas som "alltid säker".
- Att säkerheten för hälsa och miljö skall visas genom plats-specifika säkerhetsanalyser.

Utöver ovanstående geologiskt relaterade krav bör följande tekniska och allmänna krav uppfyllas:

- Bördor ska ej läggas på kommande generationer för att upprätthålla skyddsnivån. Detta förutsätter att säkerheten bygger på passiva system. Efter försegling ska det vara möjligt att fritt använda marken ovanför. Dokumentation om anläggningens lokalisering, tekniska utformning och innehåll bör dock bevaras på säkert sätt.
- Anläggningen skall lokaliseras och utformas så att oavsiktliga intrång i deponin så långt som möjligt förhindras. I linje med detta skall den del av berggrunden som omger förvaret bedömas vara ointressant att exploateras för andra ändamål t.ex. metallutvinning.
- Konsekvenser av drastiska händelser som t.ex. jordbävning skall bedömas vara acceptabla för metod och anläggning.
- Säkerhetsanalyser kräver att berggrunden är geologiskt väldokumenterad. Det är därför önskvärt – för att erhålla relevanta data – att välja en plats där det är möjligt att på ett bra sätt undersöka bergområdet kring förvaret.
- Det är önskvärt att djupförvaret lokaliseras på ett rationellt sätt med hänsyn till transporter av avfall och industriets etableringar och utveckling på lokaliseringsorten.

## 4.2 Utformning av undermarksförvar

För att skapa önskade bestående förhållanden som ej behöver åtgärdas kan man principiellt tänka sig att dagens ”ytdeponier” flyttas ner i stabil berggrund. I en gynnsam geologi kan en anläggning placeras på några få tiotals meters djup ge möjlighet att dra nytta av en geologisk barriär som är väl skyddad från drastiska förändringar i framtiden såsom landhöjningar, klimatförändringar och istider. En placering på mer än 100–200 m djup innebär dock att man kan undvika yttlig uppsprickning i de flesta topografier och dra nytta av att grundvattnet har lågt innehåll av fritt syre.

Det krävs inga stora anläggningar med hög kapacitet. Ur bergbyggnadssynpunkt handlar det om en ganska enkel och okomplicerad anläggning. Särskilt som den – vilket förutsättes – skall byggas i ett tätt och bra berg.

För att möjliggöra deponering i ett geologiskt djupförvar krävs att man har tillgång till ovanjordsanläggningar med mottagningsstation och erforderlig infrastruktur samt berganläggningar med schakt eller ramp ner till vald deponeringsnivå och till rum eller tunnlar för deponering.

Anläggningarna måste dock medge kontrollerad mottagning samt därefter nedtransport av förpackat avfall till deponeringstunnlar på 200–500 m djup. En sådan anläggning kräver kvalificerade system för ventilation, länshållning samt säkerhetssystem inklusive kommunikation. Utöver nämnda anläggningar behövs anläggningar för att tillverka barriärmaterial eller material för dränering och återfyllning av deponeringsutrymmen exempelvis med lera (bentonit), aska m.fl.

Behoven av berg och mark är måttliga. Ett djupförvar för övrigt svenskt kvicksilverhaltigt avfall i Mellansverige kräver uppskattningsvis en lämplig bergkropp för själva förvaret på 200–300 m längd och bredd samt markutrymmen för industrianläggningar på cirka 50 000–100 000 m<sup>2</sup>.

Beroende på behandling före deponering krävs rum eller tunnlar med en volym på mellan 25 000 till 100 000 m<sup>3</sup>, se bilaga 4. Detta kräver för deponeringen från två till tre upp till tio tunnlar om 200 m med 50 m<sup>2</sup> area. I tunnlar placeras man avfallet förpackat i fat, betongkokiller eller containrar som inför förslutning omges med tätande barriärmaterial t.ex. lera eller viss aska. För allt avfall vid Rönnskärs smältverk med relativt stor volym beräknar Boliden Mineral AB i sina planer för en djupdepå i berg att bygga förvaringsrum på cirka 300 000 m<sup>3</sup> för bolagets totala farliga avfall, se bilaga 2.

### 4.3 Lokalisering

Djupförvaring av kvicksilver och liknande avfall kräver ingen stor industrianläggning. Man har därför diskuterat möjligheterna att samlokalisera djupförvaret med annan underjordsverksamhet såsom gruvor och berganläggningar. Befintliga anläggningar på 300–400 m djup utgörs främst av gruvor medan de flesta berganläggningarna i Sverige är ytligare belägna, vanligen på 50–150 m djup.

## Gruvor

Det kan vara fördelaktigt att utnyttja en nedlagd gruva eller möjligen ännu bättre kombinera pågående gruvbrytning och deponering så att man kan ömsesidigt dra nytta av nödvändig infrastruktur i form av arbetskraft, transporter samt ventilation och länshållning.

Nackdelen med många gruvor är att malmen har bildats på grund av förhållanden som även resulterat i sprickzoner och komplicerad geologi, vilket är geologiskt och tekniskt olämpligt för ett djupförvar.

Tunnlar och rum i gruvor kan också vara olämpliga eftersom de ofta finns i närheten av brytvärda formationer. Sveriges Geologiska undersöknings genomgång, bilaga 6 av svenska gruvor visar dock att det finns gruvor med homogena bergförhållanden eller där man förhållandevis lätt kan nå ofyndigt sidoberg helt skilt från gruvverksamheten.

En förvaringsanläggning som byggs genom att från schaktet i en gruva driva tunnlar i sidoberget och där spränga ut rum för deponering på exempelvis 400 m djup kan ge en permanent förvaring av farligt avfall med stora säkerhetsmarginaler.

Som redovisas i kapitel 10 och i bilaga 2 planerar Boliden Mineral AB i dag för att bygga en djupdeponi i anslutning till en av företagets blivande gruvor, Åkulla Östra.

Tanken att utnyttja en tidigare gruva har utretts av Naturvårdsverket i en konceptstudie i början av 1990-talet. Möjligheterna att anordna en djupdeponi i berg i tidigare Stripa järnmalmgruva analyserades. Konceptet prövades vidare i slutet av 1990-talet av Stripa Mine service AB.

Avsikten var att utnyttja ett befintligt tunnelsystem som SKB sprängt i gruvans granitiska och homogena sidoberg för att belysa vissa forskningsfrågor kring förvaring av radioaktivt avfall.

Att samlokalisera ett undermarksförvar med en pågående gruvverksamhet på det sätt som Boliden Mineral AB planerar bedömer jag vara ett tekniskt relativt enkelt sätt att genomföra en permanent deponering på djupet. Lösningen har samtidigt förutsättningar att bli förhållandevis kostnadseffektiv. För att bygga ett undermarksförvar i Mellansveriges är det väl motiverat att undersöka förutsättningarna vid befintliga gruvor i drift.

## Saltgruvor

Deponering av långlivat kemiskt avfall såsom kvicksilveravfall sker i Tyskland i utbrutna rum i djupt belägna formationer av bergsalt i saltgruvor. Då saltet brutits genom rum- och pelarbrytning har gruvorna mycket stora och lämpliga utrymmen för deponering. Behandlat avfall av alla kategorier deponeras i utbrutna rum samtidigt som brytning av bergsalt sker i andra delar av gruvan. För närvarande är tre sådana anläggningar i drift sedan 1970-talet. Den sammanlagda årliga kapaciteten för deponering är drygt cirka 250 000 ton; den totala tillgängliga volymen är över 4 miljoner m<sup>3</sup>.

Verksamheten i Tyskland innebär att de tyska företagen har den mest omfattande erfarenheten av att deponera farligt avfall i undermarksförvar inom EU.

## Befintliga berganläggningar

Sverige har ett mycket stort antal nedlagda bergrum, som tidigare använts för lagring av olja och för försvarsändamål. Dessa anläggningar är ofta belägna i berg av god kvalitet. Rummen för dessa anläggningar ligger normalt förhållandevis ytligt med nedre tunnel-system cirka 100 m under markytan.

Att okritiskt och direkt utnyttja utsprängda utrymmen i en sådan anläggning är mindre lämpligt av flera skäl. Tekniskt sett kan en sådan förvaring komma att hamna i ett mellanläge mellan yt- och djupförvar när det gäller högre frekvens av ytsprickor, närvaro av fritt syre etc.

Nackdelen med att placera en deponi i berg på relativt ringa djup – 100–150 m – är att transportvägarna genom berget för strömmande vatten genom berggrunden från deponin till omgivningen blir kortare och att grundvattnet kan innehålla högre halt av fritt syre. Dessa problem kan undvikas om man väljer att fördjupa den befintliga anläggningen genom att från befintliga nedre tunnel-system driva ramp och tunnlar ner till större djup och på cirka 300–400 m djup under markytan under det tidigare oljelagret spränga ut undermarksförvaret.

En sådan placering innebär också att avfallet omges av en massiv geologisk barriär fri från ytliga bergets spricksystem samt att förvaringen kan ske under förhållanden där avfallet endast expo-



neras för grundvatten utan fritt syre, vilket i sin tur kraftigt begränsar möjlig upplösning av farliga substanser ur avfallet.

Som redovisas i kapitel 10 och bilaga 4 kan man vinna stora bergtekniska och kostnadsmässiga fördelar när det gäller att bygga anläggningen och erforderliga hjälpsystem genom att utgå från och ta tillvara en befintlig berganläggning.

Av sammanställningen i bilaga 6 av Sveriges Geologiska undersökning (SGU) framgår att det torde finnas ett relativt stort antal platser vid befintliga och i dag ej utnyttjade berganläggningar med förhållanden som är gynnsamma för ett undermarksförvar för långlivat farligt avfall. Vid flera av dessa kan utmärkt fysiskt och mekaniskt skydd kombineras med bra recipient förhållanden och tillgång till lämplig industriell infrastruktur.

### Nyetablering av undermarksförvar

Att etablera och nyanlägga ett djupförvar med erforderliga anordningar är ett alternativ som kan ge tekniskt optimala förutsättningar för ett djupförvar. Det svenska urbergets goda egenskaper ger stor frihet att lokalisera en anläggning.

Kostnaderna blir dock mycket högre än om lokaliseringen sker till en befintlig eller tidigare nyttjad berganläggning. Kostnader kan i någon mån komma att kompenseras av ändamålsenlig utformning av djupförvaret och att förvaret kan placeras på bästa sätt med hänsyn till transporter och övrig infrastruktur. I bilaga 2 illustreras detta av Boliden Mineral AB för skisserad anläggning vid Rönnskär som andraalternativ till företagets huvudförslag vid gruvan Åkulla Östra.

En annan fördel med en ny verksamhet är att man på ett bättre sätt kan dokumentera utgångsläget och på ett tydligare sätt hantera frågorna som rör miljöansvaret. Samtidigt innebär de små avfallsvolymer att ett helt separat och nyetablerat djupförvar blir relativt dyrt eftersom det helt ut måste bära alla kostnader för tekniska infrastrukturen såsom schakt till förvarsdjup, hissar, pumpar, ventilation m.m.

## Befintliga dagbrott

Genom att utnyttja dagbrott och andra djupa schakter nära markytan kan avfall deponeras på ett sätt som kan vara väl skyddat även över långa tider. En deponi för kvicksilverhaltigt och annat långlivat farligt avfall finns i dag i drift i Norge. Som framgår av kapitel 10 och bilaga 3 deponeras behandlat och stabiliserat avfall i ett djupt och utbrutet dagbrott för kalksten beläget på en ö i Oslofjorden.

En deponi i ytliga berget ger ej samma skydd som en djupt belägen berganläggning. Å andra sidan är säkerhet och isolering betydligt större än i markförlagda deponier.

Analysen i bilaga 3 visar att man kan räkna med en hög långsiktig säkerhet för anläggningen i det fall stabiliserat avfall placerats i dagbrottets djupa delar. Bidragande till säkerheten är kalkstensgeologin med små grundvattenflöden i berget och att utspädningspotentialen i recipienten är mycket stor.

## 5 Buffert och tekniska barriärer

Vid sidan av att behandla avfallet så att det får en stabil fysisk och kemisk form har olika tekniska barriärer kring avfallet stor betydelse för att öka undermarksdeponins säkerhetsmarginaler.

För att minska möjligheterna att strömmande vatten i berggrunden för ut farliga ämnen kan förvaringsrummen förses med tätande skikt med liten vattengenomsläpplighet som bäddar in och omger avfallet. Sådana skikt av t.ex. en lämplig lera kan även hindra att vatten utifrån kan strömma igenom avfallet och därigenom bidra till att lösa ut farliga produkter ur avfallet. I bilaga 5 har de tekniska möjligheterna att – främst med olika lermaterial – förse berggrum med tätande skikt, att bädda in avfallet i vattentät lera samt att plugga och försegla anläggningen analyserats. Slutsatsen är att det tekniskt sett finns mycket goda möjligheter att åstadkomma en barriär som hindrar grundvatten att nå avfallet och som samtidigt förhindrar eller fördröjer farliga ämnen att nå omgivningen.

En alternativ teknik som nu diskuteras av Boliden Mineral AB i bilaga 2 och förutsatts i analysen i bilaga 4 är att blanda avfallet med t.ex. en lämplig flygaska från förbränning. Blandat med avfallet och efter tillsats av vatten kan man räkna med att avfallet bildar en stabil och vattentät produkt.

## 6 Deponering, försegling och övervakning

Hantering och transport av väl förpackat och lämpligt behandlat avfall är inte särskilt komplicerat och kan ske på etablerade sätt. Ej heller krävs särskilda arrangemang för transport ned till ett djupförvar eller deponering. Förpackningar och metodik kan anpassas till befintliga system tex. i en gruva. Då volymerna är relativt små kan man nöja sig med system med ringa måttlig transportkapacitet. I bilaga 2 och 4 illustreras det praktiska förfarandet vid deponering.

### **Avslutning, efterbehandling och försegling**

Säkerhetsprinciperna för djupdeponi i berg bygger på att man skall kunna avsluta övervakning och mätningar och lämna anläggningen när väl deponeringen är slutförd och rummen förseglade.

Förvaringsrummen och vissa delar av transporttunnlar fylls helt med lämpligt vattentätt material och i övrigt vattenfylls successivt tillfartstunnlar på sätt som tillämpas för gruvor och berganläggningar.

## 7 Säkerhet och miljöpåverkan

### 7.1 Säkerhetsanalys

Vid deponering av farligt och långlivat avfall i ett undermarksförvar *skapas säkerheten* genom en kombination av tekniska och naturliga barriärer. De tekniska barriärerna kan vara stabilisering av avfallet i svårlöst form och buffertar i deponeringsutrymmet genom ingjutning eller inpackning och med hjälp s.k. lining. Materialen för detta som visat sig vara lämplig kan vara en lera eller aska. Det omgivande bergets naturliga geologiska barriärer ger en stabil miljö som skyddar mot externa krafter. En placering av förvaringen i ett massivt berg med få sprickor innebär lågt flöde av vatten genom berget och begränsar därigenom de mängder av farliga ämnen som via grundvattnet transporteras till en recipienterna i omgivningen. Den geologiska barriärens funktion och effektivitet beror av bergets egenskaper, hydrologi (vattenföring) och den rådande grundvattenkemin. Ytterligare riskreduktion erhålles om man kan säkerställa att ev. utflöde sker i en recipient med stor utspädningspotential.

Undermarksförvaring i djupa geologiska formationer ger möjlighet till skydd mot mekanisk påverkan samt en deponering under förhållanden som inte kommer att förändras under långa tider. Rådande stabila förhållanden djupt nere i berget innebär att resultaten från observationer och mätningar som kan utföras i dag kan extrapoleras och användas för att prediktera konsekvenser långt in i framtiden. Forskning och undersökningar för radioaktivt avfall visar att en djupdeponi i berg kan om den placeras på lämpligt djup i stabila geologiska formationer förbli opåverkat av ändrat klimat, landhöjningar och istider /33/.

Att undermarksförvaret för långlivat kemiskt farligt avfall uppfyller kravet på långsiktig säkerhet prövas med hjälp av en säkerhetsanalys, som beskriver förvarets begynnelsestillstånd och kart-

lägger tänkbara förändringar på lång sikt. Utifrån dessa förutsättningar beskriver analysen sedan konsekvenserna för människa och miljö. För långlivat farligt avfall är det viktigt att beräkna frigörelse av kvicksilver efter mycket lång tid och för framtida scenarios med väsentligt ändrade förhållanden på markytan.

Det finns i dag vetenskapligt väl genomarbetade analysmodeller för att på ett systematiskt sätt genomföra utsläppsberäkningar. Generiska beräkningar baserade på aktuella avfallstyper och representativa data för svensk berggrund har genomförts i tidigare utredningar /23/. Resultaten bekräftar att djupförvaring av stabiliserat kvicksilveravfall kan ske med mycket små utsläpp. De visar även att det går att säkerställa att högt ställda krav uppfylls på mycket små utsläpp till sjöar eller brunnar med dricksvatten.

I bilaga 4 har potentiella utsläpp översiktligt uppskattats för ett undermarksförvar i kristallin berggrund och i bilaga 2 illustreras förhållandena vid en djupdeponi i en gruva. Resultaten indikerar att en permanent deponering i undermarksförvar har goda förutsättningar att uppfylla högt ställda krav på isolering och synnerligen små utsläpp.

## 7.2 Miljökrav

Djupförvaret och vald metod för deponering skall säkerställa att läckaget av kvicksilver blir mycket litet och endast kan orsaka små tillägg till naturligt förekommande halter i mark, vatten och luft.

### 7.2.1 Krav i lagstiftning

Allmänna och grundläggande krav för att ta emot och deponera avfall är stipulerade i EG:s direktiv 1999/31/EG. I detta anges kriterier och förfarande för mottagning av avfall vid avfallsdeponi samt behandlas frågor som rör deponering av farligt avfall i djupförvar. Fastställda detaljerade krav i anslutning till direktivet finns som bilaga i EU:s rådsbeslut 203/33/EG, Bilaga A "Säkerhetsbedömning för mottagning av avfall för underjordsförvar". Den behandlar frågor som rör såväl mottagning som utformning och säkerhetsanalys för ett undermarksförvar. Direktivet anger att riskbedömningen skall redovisa bl.a. den potentiella faran med avfallet, att den omgivande miljön och vägar att nå biosfären ska

definieras och att effekter av ev. utsläpp i de fall de når biosfären skall redovisas.

Kraven i EU:s lagstiftning finns inarbetade i den svensk lagstiftningen i förordning 2001:512 "Om deponering av avfall i Sverige" samt Naturvårdsverkets föreskrift NFS 2004:10. Dock är inte bilagan i rådsbeslutet implementerat i den svenska lagstiftningen vilket skapar osäkerhet när det gäller vilka kriterier som skall tillämpas för avfallsdeponering under mark.

Viktiga faktorer för säkerhetsanalysen enligt EU-reglerna är att potentiella utsläpp till brunnar, vattendrag och sjöar från ett djupförvar för kvicksilverhaltigt avfall som kan drabba människa och natur under långa tider ska jämföras med gränsvärden för dricksvatten och ytvatten och möjligt bidrag till att öka kvicksilverhalten i fisk.

Krav på utsläppsnivå måste anpassas till den miljö där slutförvaret avses bli förlagt. För att kunna värdera potentiella utsläpp och om dessa är godtagbara för hälsa och miljö måste sålunda beräkningar av utsläpp från förvaret genomföras och baseras på platsspecifika data.

Detta ställer i sin tur krav på att innebörden i frågorna kring godtagbara utsläppsnivåer för djupförvar ytterligare preciseras av avfallsinnehavare i säkerhetsanalysen och i samhällets styrande föreskrifter.

### 7.2.2 Vad är långa tider ?

I och med att kvicksilver alltid utgör en potentiell fara är det av intresse att visa att ev. läckage är betydelselöst och ej når omgivningen ens efter mycket långa tider. För att bygga under säkerhetsredovisningen är det nödvändigt att ha kunskap om de faktorer och processer som bestämmer förhållandena i förvaret i dag och värdera vad som troligen händer på lång sikt och på så sätt kunna göra relevanta förutsägelser långt i framtiden.

Innebörden i begreppet lång tid är i dag ej definierat. I ovan nämnt EU-direktiv uteläses inte att analysen omfattar minst 1 000 år. Den svenska avfallsförordningens krav för deponering av potentiellt farligt avfall sträcker sig minst 200 år framåt men diskuterar även beständigheten hos geologiska barriären i ett 1 000-års-perspektiv.

Att extrapolera beräkningarna över långa tider låter sig göras när grunderna att beräkna och prediktera väl en gång etablerats. Svårigheterna ligger i att beakta förändringar i omgivningen över långa tider. Över en tusenårsperiod är det troligt att ekologi och landskap ändras som följd av exempelvis klimatändringar, landhöjningar eller ändrad nivå på havet. Sjöar kan torka ut, floder får ändrade flöden och kustlinjer kan förflyttas.

Kvicksilver och liknande avfall är alltid potentiellt farligt varför beräkningar av risker teoretiskt saknar borte gräns. En rimlig utgångspunkt för beräkningarna är då att genomföra beräkningar som sträcker sig över tidsperioder fram till att förhållandena sannolikt kan komma att drastiskt ändras t.ex. genom att permafrost växer till inför kommande istider. Forskningen indikerar att detta kan vara möjligt om några tusen år. Att låta beräkningarna omfatta en tidsperiod på cirka 1 000 år verkar då rätt rimligt och i linje med resonemangen i lagstiftningen.

För säkerhetsanalysen anser jag det önskvärt att behörig myndighet ger ytterligare vägledning och preciserar samhällets krav beträffande innebörden i ”långa tider” och anger de tidsperioder över vilka beräkningarna skall sträcka sig.

### 7.2.3 Kommentar beträffande geologisk barriärer

För att värdera geologiska och andra förutsättningar samt olika alternativa möjligheter när det gäller att lokalisera och bygga ett undermarksförvar anger utredningsdirektiven det som önskvärt att i ett tidigt skede definiera kriterier för det djupa bergförvaret. Vid all deponering av farligt avfall ges ofta de geologiska förutsättningarna en central roll och krav ställs ofta att ”bästa geologi” skall förutsättas. Att finna en sådan plats är dock vare sig möjligt eller nödvändigt. För ett undermarksförvar kan man nöja sig med ett ”bra berg”.

Geologiskt relaterade kriterier och krav som underlag för lokalisering och byggande av djupförvaret är oftast av beskrivande och kvalitativ natur då flesta begrepp som beskriver förhållandena i berggrunden är baserade på erfarenhet. Först efter detaljerade platsundersökningar av berggrunden på förvarsdjup och en integrerad analys av förhållandena är det möjligt att mer kvantitativt värdera berget.



## Erfarenheter från forskning beträffande radioaktivt avfall

Möjligheterna att ange kriterier som grund för bl.a. lokalisering av ett djupförvar har ingående analyserats i omfattande svenska och internationella undersökningar för arbetet med slutförvaring av radioaktivt avfall /35, 36/.

De geologiskt relaterade kraven för ett geologiskt djupförvar för kvicksilveravfall är i allt väsentligt samma krav som ställs på ett djupförvar för långlivat radioaktivt avfall. Detta är i sin tur en mycket omsorgsfullt undersökt fråga där det finns ett synnerligen omfattande vetenskapligt baserat material rörande t.ex. förhållandena i den skandinaviska berggrunden. Förutsättningarna för underjordiska förvar utanför Skandinavien med andra geologiska formationer som salt, lera och tuff har noga undersökts av länder som planerar sin slutförvaringen av långlivat radioaktivt avfall i sådan geologi.

Den viktiga slutsatsen är att det går att bygga ett säkert djupförvar i praktiskt taget alla stabila geologiska formationer såsom lera, salt, kristallint berg eller vulkaniska bergarter.

Frankrike undersöker möjligheter till slutförvaring av radioaktivt långlivat avfall i mäktiga lager av lera. Leran hindrar att farliga komponenter i avfallet som frigjorts i grundvattnet läcker ut. Leran hindrar även vatten att komma in i förvaret samt bibehåller täthet genom att vara något plastisk.

Även formationer av salt är, sett i ett långt tidsperspektiv plastiska. Viktigare för saltformationer är dock att sådana formationer är av geologiska skäl praktiskt taget torra. Bristen på grundvatten och sprickzoner medför att transport av ämnen går extremt långsamt i saltformationer. Förutsättningarna för deponering i salt är grundligt studerade i samband med radioaktivt avfall. Världens första slutförvar för långlivat radioaktivt avfall – WIPP i USA – är byggt i salt.

För kristallin berggrund av den typ som finns i Skandinavien är den största skillnaden närvaron av grundvatten. Nackdelen med grundvattnet är att det löser upp avfallet och transporterar det till omgivningen. På mer än hundra meters djup finns ej längre fritt syre i grundvattnet, vilket kraftfullt bidrar till att minska avfallens löslighet. För att hindra vattenströmning och förbättra inpackning av tex. radioaktivt avfall visar analyser och experiment att det är fördelaktigt att utnyttja en buffert av lämplig lera såsom bentonit närmast avfallet, se bilaga 5.

I Finland byggs för närvarande ett slutförvar för använt kärnbränsle med dessa förutsättningar och i Sverige beräknas det praktiska arbetet inledas under de närmaste åren.

### Viktigaste kraven för en djupdeponi i svensk berggrund.

Det är fördelaktigt men inte nödvändigt om förvaringen kan ske i rum på ett rejält djup cirka 300–600 m. För ett förvar djupt nere i berget är det önskvärt att det finns goda möjligheter att karakterisera egenskaper som är väsentliga för byggbarhet, driftsäkerhet och säkerhet efter förslutning. För att beräkna säkerhet, värdera säkerhetsmarginaler samt pröva risker är det viktigt att de geologiska förhållandena kan fastställas på ett representativt sätt.

Övergripande geologiskt relaterade krav och kriterier samt önskvärda förutsättningar skall vara:

- Djupförvaret bör lokaliseras till och byggas i en berggrund karakteriserad av geologiskt enhetliga förhållanden. På ett djup av 300–600 m skall det vara möjligt att med goda marginaler orientera och anpassa förvaret i en bergkropp som ger goda avståndsmarginaler till sprickzoner och andra svagheter.
- För ett djupförvar i svenskt urberg bör man eftersträva att välja ett område som har en berggrund med normala bergtrycksförhållanden och genomsättes av få stora sprickzoner. Berget på förvarsnivån skall vara sådant att man kan undvika stabilitetsproblem samt kunna räkna med gynnsamma geohydrologiska och geokemiska förhållanden. Berggrunden vid förvaret skall vidare karakteriseras av låg vattengenomsläpplighet och vattenomsättning samt stabila och bestående geokemiska förhållanden med ett grundvatten fritt från löst syre.

## 8 Intrång, övervakning samt utnyttjande för annan verksamhet

Den valda tekniken att koncentrerat deponera kvicksilver skulle kunna innebära en risk ökad risk i närområdet för oavsiktligt intrång t.ex. genom att borra en djup brunn för vatten eller värme. Risker skall minimeras genom att göra tillträdet svårt och oattraktivt. Genom att förlägga förvaret djupt ner och ej i tätorter torde denna risk bli helt eliminerad när det gäller t.ex. borrhull.

Det är också viktigt att lokalisera själva förvaret till en bergkropp som bedöms ointressant att exploateras för annat ändamål. Detta utesluter dock ej en samlokalisering med gruvverksamhet där man kan förlägga förvaret i ett ”ofyndigt” sidoberg.

## 9 Kostnader och finansiering

Kostnaderna för att etablera en djupförvarsverksamhet har i tidigare utredningar uppskattats till 200–300 miljoner kronor. Behandling av avfallet – oberoende av deponeringsmetod – har uppskattats till samma belopp. Siffrorna har angetts vara synnerligen osäkra och kan bero på en mängd lokala och andra omständigheter /15/.

För att värdera kostnader som underlag för t.ex. investeringar krävs mer preciserade bedömningar baserade på ”plats specifika” förhållanden. De stora kostnaderna för ett djupförvar – att etablera och bygga anläggningar, tunnlar och rum – kan grovt uppskattas genom jämförelse med liknande byggverksamhet.

Att förlägga djupförvaret till berggrund med kända förhållanden kan väsentligt minska osäkerheten i arbetets omfattning och kostnad.

Då några djupdeponier i berg ej tidigare byggts i Sverige är omfattningen av arbetet att redovisa säkerheten och ta fram underlag för ansökan om tillstånd hos miljödomstolsprövning svårt att överblicka. Förhållandevis omfattande insatser kan också behövas för allmän kommunikation och dialog med berörd kommun och allmänhet, vilket kan ta lång tid och bli kostsamt.

### 9.1 Investeringskostnader

Investeringskostnaderna för att bygga en djupdeponi i berg består av kostnader för att spränga ut tunnlar ner till förvarsnivå och uttag av förvaringsrum. Beroende på geologiska och andra förutsättningar kan investeringen för en djupdeponi variera avsevärt. Härutöver tillkommer kostnader för servicesystem, ventilation, läshållning, belysning och samband.

I bilaga 2 och 4 har ställts samman kostnader för att anordna en deponi i anslutning till gruva respektive tidigare oljelager.

I gruvalternativet har kostnaderna för att iordningställa ett bergförvar på 300 000 m<sup>3</sup> i gruvan Åkulla Östra uppskattats till 20 miljoner i det fall brytningsrum kan utnyttjas. Om nya förvarsutrymmen behöver anordnas till cirka 50 procent har kostnaderna uppskattats till drygt 80 miljoner.

Boliden Mineralteknik AB utreder också ett andraalternativ att bygga ett helt nytt djupförvar vid smältverket i Rönnskär. Trots transporttekniska vinster bedöms kostnaderna bli i storleksordningen 270 miljoner i det fall brytningsrummen förlägges på 400 m djup. Då nedfartsrampen svarar för en stor del av kostnaderna kan en yttligare förläggning bli mindre kostsam.

I bilaga 4 uppskattas kostnaderna för att anordna ett undermarksförvar vid ett före detta oljelager för två olika deponeringsvolymer – 10 000 resp. 100 000 m<sup>3</sup> – förlagda på 200 m alternativt 400 m djup. I det grundare alternativet blir kostnaderna (inklusive service) för att iordningställa förvaret för 10 000 m<sup>3</sup> deponering i storleksordningen 90 miljoner och för 100 000 m<sup>3</sup> förvaring, 150 miljoner. Motsvarande siffror vid djupare förläggning är cirka 150 respektive 190 miljoner kronor.

## 9.2 Kostnader för drift och efterarbeten samt övervakning

Driften av en deponi i berg kräver kvalificerad kompetens och erfarenhet av dels avfallshantering, dels arbete under jord. Av kostnadsskäl är det fördelaktigt att samlokalisera en djupdepå i berg med annan verksamhet som besitter organisation och kompetens för denna.

Driften består i mottagning, kontroll samt nedtransport genom schakt eller via ramp. Transporterna kan ske med lastbil eller truck av avfall placerat i fat eller containrar. För visst pulverformigt avfall eller slam som blandats med t.ex. aska kan sluten transport av successivt härdande avfall vara fördelaktigt.

Kostnaderna för drift och tillsyn beror i hög grad på hur verksamheten anordnas och dra nytta av samlokalisering. I bilaga 4 har driftkostnaderna uppskattats till 3–5 miljoner kronor per år.

### 9.3 Kostnader vid deponering i Norge och Tyskland

Kostnaderna för deponering i Tyskland (djupdeponi i saltgruvan Zelitz) har offererats till cirka 3 000 kronor per ton. (260 Euro/ton) Därtill kommer kostnaderna för att förpacka avfallet i fat, kostnaden för fat samt transporter och administration. Grovt kan totalkostnaden uppskattas till högst cirka 5 000 kronor per ton.

Deponeringskostnader för omhändertagande av metalliskt kvicksilver i stålbehållare – på det sätt som förutsatts i förslag till EU-lagstiftningen har ej offererats.

### 9.4 Kostnader för olika deponeringsalternativ

För små volymer avfall blir kostnaderna för deponering i befintliga anläggningar väsentligt lägre än vad som är möjligt vid deponering i en ännu ej byggd svensk anläggning. Den stora kostnadsskillnaden utgöres naturligen av investering i anläggning och erforderlig kringutrustning då kostnaderna för behandling av avfallet, förpackning samt drift torde vara av samma storleksordning. oberoende var avfallet deponeras.

För Boliden Mineral AB innebär de stora avfallsvolymer att investeringen för deponeringsanläggningen blir i gruvalternativet från 70–300 kronor per m<sup>3</sup> exklusive kostnader för kringutrustning såsom pumpar, ventilation m.fl. För andraalternativet är motsvarande kostnad drygt 1 000 kr per m<sup>3</sup>.

Ett undermarksförvar byggt vid ett f.d. oljelager har en investeringskostnad på cirka 9 000–15 000 kronor per m<sup>3</sup> vid 10 000 m<sup>3</sup> förvaring och 1 500–1 900 kronor per deponerad m<sup>3</sup> vid 100 000 m<sup>3</sup> total förvaringsvolym.

Kostnaden att deponera i tyska saltgruvor är cirka 3 000 kronor per ton Deponering vid SAKABs ytdeponi i Kumla offereras till 750 kronor per ton. Deponering vid NOAH:s anläggning på Langön i Oslofjorden bedöms vara av samman storleksordning vid deponering av kvicksilveravfall med låg halt.

Den totala volymen hos det svenska avfall som skall deponeras under mark är svår att uppskatta då det anges i ton och densiteten beror i hög grad på hur det behandlas före deponering. I bilaga 4 har totalvolymen uppskattats till 2 000 m<sup>3</sup> utifrån en uppskattning att totalbehovet kan utgå från ett deponeringsbehov som kan omräknas till 2 000 ton metalliskt kvicksilver.

Kostnaderna för deponering i tyska saltgruvor av cirka 2 000 ton blir då cirka 6 miljoner kronor; deponering i norskt kalkbrott torde vara av samma storleksordning. Deponeras samma kvantitet i en nybyggd svensk anläggning blir kostnaderna minst 90 miljoner i det fall inget mer avfall kommer att deponeras. Om hänsyn tas till att endast 20 procent av tillgänglig volym utnyttjas blir kostnaden cirka 20 miljoner.

I dessa kostnader ingår inte kostnad för behandling såsom stabilisering, förpackning och transporter. Dessa kostnader är avsevärda men bedöms bli rätt lika och är oberoende av deponeringsalternativ.

Jag kan konstatera att deponering i berg på förutsatt sätt i en svensk undermarksdeponi förefaller att vara minst 15 gånger dyrare än att deponera i befintlig anläggning i Tyskland eller Norge. I det fall överskottsvolymer kan brukas för annat ändamål och ges annan finansiering reduceras kostnaderna för deponering i Sverige med 80 procent och blir då cirka 3–5 gånger dyrare än deponering i saltgruvor.

## 9.5 Finansiering

Kostnaderna för att permanent ta hand om avfall med kvicksilver i djupförvar ska täckas av avfallsinnehavarna. Läget för detta är olika för avfallsinnehavarna. Boliden Mineral AB gör interna avsättningar för framtida kostnader. SAKAB AB täcker sina kostnader genom avtal med kunder, avsättningar och till del genom att utnyttja fonderade medel hos Naturvårdsverket för SAKAB AB:s uppdrag att hantera statligt ägda batterier.

EKA Chemicals AB har hittills ej gjort några interna avsättningar för framtida kostnader medan Hydro Polymers AB har gjort interna avsättningar baserade på kostnaderna för deponering i saltgruva i Tyskland.

# 10 Ansvarsförhållanden och tillståndsprovning

## 10.1 Lagstiftning

Frågeställningar i svensk och EU-lagstiftning kopplade till permanent förvaring av kvicksilverhaltigt avfall i djupförvar har ingående och detaljerat analyserats och redovisats i bl.a. utredningen SOU 2001:58 ”Kvicksilver i säkert förvar”. För en detaljerad bakgrund hänvisas till denna utredning.

Grundläggande för arbetet med bortskaffande av kvicksilverhaltigt avfall genom permanent deponering i djupförvar är gällande avfallsförordning SFS (2001:1063).

De krav som finns beträffande deponering under mark i svensk lagstiftning stipuleras i förordning 2001:512 ”Om deponering av avfall i Sverige” och Naturvårdsverkets föreskrift NFS 2004:10. Naturvårdsverkets handbok (2004:2) behandlar mera i detalj kriterier och förfaranden vid deponering av olika typer av avfall.

Enligt förordningen skall avfall som innehåller minst 0,1 procent kvicksilver bortförskaffas genom djupförvar senast år 2015. Efter år 2010 kan frågan om dispens prövas för avfallet med halter mellan 0,1–1 procent om bortskaffandet anses oskäligt. För avfall med högre kvicksilverhalt kan sådan provning endast ske för små mängder och synnerliga skäl.

För kadmium och bly som också skall fasas ut finns ingen tvingande lagstiftning såsom för kvicksilverhaltigt avfall betr. deponering. För dessa metaller liksom annat långlivat farligt avfall gäller kraven i EU:s och svensk lagstiftning redovisade i olika förordningar om deponering av avfall och Naturvårdsverkets föreskrifter m.fl.



## 10.2 Kommentar beträffande ansvarsfrågor och möjlighet till längre mellanlagring

### Ansvar över långa tider

Miljöbalken stipulerar att den som utför en viss verksamhet där avfall uppstår har ansvar för att detta hanteras och ev. deponeras på det sätt som samhället kräver. Avfallsinnehavaren skall också svara för alla kostnader i samband med detta. För långlivat kemiskt avfall kan detta åtagande sträcks sig över långa tidsperioder.

En avfallsinnehavare kan överlåta sitt ansvar till en deponerande organisationen och därmed avsluta sitt åtagande. Likaså finns inte krav på ansvarsgenombrott inom en koncern beträffande ett åtagande som gjorts av ett dotterbolag. Med snabbt ändrade ägarförhållanden och organisationer kan detta innebära att samhällets möjligheter att utkräva ansvar eller kostnadstäckning minskar.

Nuvarande praxis när det gäller att fondera medel och täcka framtida kostnader förefaller mig vara underkant. Lagen talar om att avsätta medel för kostnader över en tidsperiod på 30 år. Denna kan i och för sig förlängas, men förefaller kort i relation till aktuella långa tidsperioder för såväl mellanlagring som drift av deponeringsanläggningar. Det förefaller mig motiverat att se över dessa delar i lagstiftningen.

### Mellanlagring

Gällande lagstiftning inom EU och i Sverige förutsätter att avfall vid en industri inom kort tid kan deponeras på ett permanent sätt. När det gäller långlivat kemiskt avfall där deponeringskraven är höga finns det tekniska och inte sällan kommersiella förhållanden som innebär att bortforslingen behöver betydligt längre tid än det år som idag tillåts i lagen.

För att avfallsinnehavarna ska kunna hantera aktuella komplexa och tidskrävande frågor krävs en ändring och en praktisk anpassning av lagen inklusive förtydligande beträffande villkor och möjligheter för mellanlagring.

### 10.3 Tillståndsprövning

En anläggning för djupförvar för kvicksilverhaltigt avfall kräver tillstånd enligt miljöbalken på sätt som närmare anges i förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Genom komplettering av förordningen om miljöfarlig verksamhet klassas en anläggning för bortskaffande av kvicksilveravfall som A-verksamhet och kräver därmed tillstånd från miljödomstol. Anläggningen kräver vidare tillstånd enligt Avfallsförordningen (2001:1063). Utöver detta kan beroende på utformning plan- och bygglag samt vattenlag vara aktuella vid tillståndsprövning.

Detta innebär att till ansökan om tillstånd för bortskaffning av kvicksilveravfall genom djupförvar ska fogas en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) föregånget av utökad samråd. I sin tur innebär detta att den som avser bedriva verksamheten skall samråda med övriga statliga myndigheter, de kommuner, den allmänhet och de organisationer som kan antas bli berörda.

Samrådet – som skall ske innan beslut fattats av verksamhetsutövaren – skall avse djupförvarets lokalisering, omfattning, utformning och miljöpåverkan samt innehåll och utformning av miljökonsekvensbeskrivningen.

Detta torde för djupförvarets del innebära att man skall redovisa basalternativ, andra tänkbara alternativ samt 0-alternativ. Den grundläggande principen – vid värdering av materialet – är miljöbalkens bestämmelser om att bästa möjliga teknik ska användas vid yrkesmässig verksamhet. Detta synsätt gäller i den utsträckning det inte kan anses ekonomiskt orimligt. En avvägning skall göras mellan den miljömässiga nyttan i förhållande till kostnaderna.

För basalternativet ska detaljerat redogöras för undersökningsarbetet, bygget, driften samt insatser för förslutning och avveckling. Grundläggande är att inverkan på miljön skall utredas liksom sociala, ekonomiska och andra effekter på samhället.

# 11 Tänkbara möjligheter för slutförvaring av svenskt långlivat kemiskt farligt avfall

## Allmänt

Gällande lagstiftning kräver att kvicksilverhaltigt avfall över 0,1 procent kvicksilver ska deponeras i undermarksförvar i berg. Genom att föreskriva metod anges även indirekt att deponeringen skall ske på ett sätt som ger mycket högre säkerhet över långa tider än vad dagens praxis med deponering i markförlagda deponier kan erbjuda.

Lagen ställer inga direkta krav på att deponeringen under mark skall ske i Sverige. Tidigare utredningar, lagens förarbeten samt Naturvårdsverkets avfallsplan för Sverige har förutsatt att deponering i svensk berggrund ska ses som ett huvudalternativ. Samtidigt konstaterar EU i olika yttrande beträffande slutförvaring av kemiskt avfall att frågor om närhet och nationella förvar inte skall överbetonas och hindra Europeiska lösningar. I direktiven för utredningen har det därför ansetts vara av intresse att inte bara behandla möjligheterna i Sverige utan även studera tänkbara alternativ i Norden och Europa.

### 11.1 Sverige

Sverige har omfattande erfarenhet av underjordsbyggande för gruvverksamhet och anläggningsbyggande. De tekniska förutsättningarna för att anordna en djupdeponi i berg är mycket goda. Kostnaderna kan dock bli mycket höga varför det är uppenbart intressant att undersöka de fördelar som en samlokalisering med

annan lämplig industriverksamhet som gruva, avfallshantering eller kraftproduktion kan ge.

Det ställs inga extremt höga krav på berggrunden för att bygga ett bra geologiskt djupförvar för kvicksilverhaltigt avfall och många olika typer av geologi kan utnyttjas. Inventeringar och studier rörande geologiska möjligheter för slutförvaring av långlivat radioaktivt material har visat att Sveriges berggrund erbjuder många hundra platser som borde ge utmärkta förhållanden för ett slutförvar /36/. Samma slutsats kan då dras för ett djupförvar för kvicksilver. Lämpligheten hos dessa platser är inte knutna till någon geologisk provins utan beror på lokala förhållanden. Detta innebär i sin tur att andra ”praktiska” faktorer som logistik för avfallstransporter, industritradition, lämplig recipient m.m. kan ges ökad tyngd.

Sveriges Geologiska undersökning (SGU) har, bilaga 6 undersökt förutsättningarna i Sverige att kombinera ett underjordiskt förvar i berg med tidigare eller pågående gruvverksamhet eller att utnyttja tunnlar och rum vid t.ex. tidigare oljelageranläggningar som bas för en ny djupdeponi i berget under anläggningen. Analysen visar att det finns många och goda möjligheter att lokalisera en djupdeponi i bra beläget berg som också kan vara kombinerat med lämplig industriverksamhet. Vid sidan av nyetablering – där ett stort antal platser är tänkbara i hela Sverige – torde det finnas ett 10-tal gruvanknutna platser med förhållanden väl lämpade för ett djupförvar för kvicksilverhaltigt avfall. Vidare finns ett stort antal tidigare oljelager i bra berg som är transportmässigt välbelägna och har goda recipientförhållanden.

### Djupdeponi i gruva

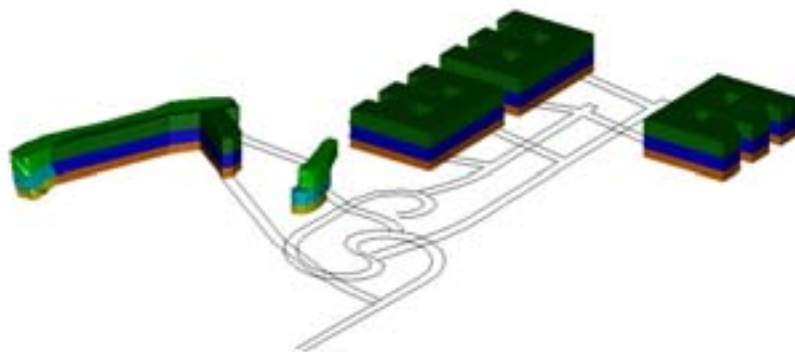
Som följd av lagens krav på undermarksdeponering i berg av visst kvicksilveravfall har Boliden Mineral AB ändrat företagets strategi för deponering av riskavfall. Tidigare planer på att bygga en markförlagd deponi vid Rönnskärsanläggningen har ersatts av en planering som bygger på att en djupdeponi i berg anordnas i en av företagets blivande gruvor, Äkulla Östra. Företaget avser att här deponera inte bara avfall med olika halter av kvicksilver utan även annat kemiskt riskavfall med innehåll av kadmium, bly arsenik m.fl. Avfall som också skulle kunna deponeras en markförlagd deponi vid Rönnskär. Tekniskt och ekonomiskt bedöms det dock bättre

att deponera allt avfallet i en djupdeponi där driftsförutsättningarna är bättre och förvaringsförhållanden är väl definierade. Nedan redovisas översiktligt aktuella planer. En detaljerad redovisning av avfall och dess behandling samt teknik och utformning av djupdeponin lämnas i bilaga 2.

### *Djupdeponi vid gruvan Åkulla Östra*

Som framgår av bilaga 2 finns vid gruvan Åkulla Östra en befintlig tunnelramp ner till cirka 400 m djup. Denna planeras bli utnyttjad dels för brytning av guldmalm dels för att anordna en djupdeponi i utrymmen och rum från brytningen samt särskilt utsprängda deponeringsrum.

**Figur 11.1** Principbild för deponering i brytningsrum resp. särskilda berg-  
rum, gruvan Åkulla Östra



Den befintliga rampen till Åkullagruvan bedöms vara tillräcklig som transportled från markytan och ned till brytningsrummen och undermarksdeponin. Med viss vägbyggnad kan transporterna via allmän väg klara transporterna av berg och malm från Åkullagruvan. Därmed kommer den även att klara transporterna av avfall till denna gruva.

Sannolikt kommer malmen i Åkulla att tas ut i ett flertal brytningsrum. En del av dessa kommer att bli för små eller får ej lämplig form för att de skall bli användbara som deponiutrymmen för Rönnskärsverkens avfall. Ett mindre antal rum – kanske 10 rum – kommer dock att få en sådan storlek och form att de kan användas

som deponi. Utsprängningen av dem kommer troligen att ske i tre pallar med en slutlig höjd av 17–20 m. Deras botten kommer att lutas så att det fria lakvatten som bildas under inpackningsperioden kan samlas upp och tas om hand. Principbild över bergrummen i figur 11.1.

Den totala mängden lagrat avfall som behöver slutdeponeras i Åkulla uppgår till 250 000 ton. Efter den behandling som krävs före deponeringen uppskattas avfallsvolymen som skall deponeras uppgå till 250 000 m<sup>3</sup>, inklusive den volymökning som uppstår vid stabilisering. Med utrymme för fallande avfall under en tillräckligt lång tid framöver bedöms det totala deponeringsbehovet för anläggningen uppgå till 300 000 m<sup>3</sup>. Den erforderliga deponeringsvolymen kan visa sig bli så stor att de lämpliga brytningsrummen inte räcker till. Därför planeras det för att särskilda bergrum skall kunna anläggas utanför de malmförande zonerna i Åkullaformationen.

Som andra alternativ till etablering i gruva undersöker Boliden även förutsättningar för att bygga en separat djupdeponi vid kusten i berget under Rönnskärsverket.

### Nytablering av undermarksförvar i urberget

Att etablera och nyanlägga ett djupförvar med erforderliga anordningar är ett alternativ som kan ge tekniskt sett optimala förutsättningar för ett djupförvar.

Kostnaderna bedöms bli mycket högre än vid deponering i eller byggande vid befintliga anläggningar trots att dessa i någon mån skulle kunna kompenseras av ändamålsenlig utformning av djupförvaret och att förvaret kan placeras på bästa sätt med hänsyn till transporter och övrig infrastruktur. Samtidigt innebär de små avfallsvolymer att ett helt separat och nyetablerat djupförvar blir relativt dyrt eftersom det måste bära alla kostnader för tekniska infrastrukturen såsom schakt till förvarsdjup, hissar, pumpar, ventilation m.m.

## Undermarksdeponi vid befintlig berganläggning

Bolidens planering förutsätter att endast eget avfall från företagets olika verksamheter kommer att tas om hand i djupdeponin i Åkulla Östra. Detta innebär i sin tur att berörda avfallsinnehavare för övrigt svenskt kvicksilveravfall måste endera bygga ytterligare en anläggning eller finna vägar till en undermarksdeponering utanför Sverige.

Sverige har ett mycket stort antal nedlagda berggrum, som tidigare använts för lagring av olja, för försvarsändamål m.fl. Dessa anläggningar är ofta belägna i berg av god kvalitet. Rummen för dessa anläggningar ligger normalt förhållandevis ytligt med nedre tunnelsystem cirka 100 m under markytan. Att direkt utnyttja utsprängda utrymmen i en sådan anläggning är mindre lämpligt av flera skäl. Tekniskt sett kan en sådan förvaring komma att hamna i ett mellanläge mellan ytligt och ett djupt beläget förvar när det gäller högre frekvens av ytsprickor och närvaro av fritt syre i grundvattnet.

Dessa problem kan undvikas om man väljer att fördjupa den befintliga anläggningen genom att från befintliga nedre tunnelsystem driva ramp och tunnlar ner till större djup och på cirka 300–400 m djup under markytan under det tidigare oljelagret spränga ut undermarksförvaret.

Genom att utgå från och ta tillvara en befintlig berganläggning kan man vinna stora bergtekniska och kostnadsmissiga fördelar när det gäller att bygga anläggningen och dess olika hjälpsystem.

Av sammanställningen i bilaga 6 av Sveriges Geologiska undersökning SGU framgår att det – vid sidan av nyetablering, där ett stort antal platser är tänkbara i hela Sverige – torde finnas ett relativt stort antal platser vid befintliga ej utnyttjade berganläggningar med förhållanden väl lämpade för ett undermarksförvar för långlivat farligt avfall. Ofta kan ett utmärkt fysiskt och mekaniskt skydd kombineras med bra recipientförhållanden och lämplig industriell infrastruktur.

För att kunna ta ställning till olika alternativ har utredningen funnit det av intresse att översiktligt men realistiskt belysa teknik, säkerhet och kostnad vid gynnsamma förutsättningar för ett undermarksförvar i svensk berggrund i Mellansverige.

För att på ett sådant realistiskt sätt belysa möjligheterna att bygga vid ett befintligt bergutrymme har förutsättningarna vid ett av dessa lägen, det tidigare oljelagret på Händelö industriområde

utanför Norrköping utnyttjats och analyserats i en konceptstudie, bilaga 4.

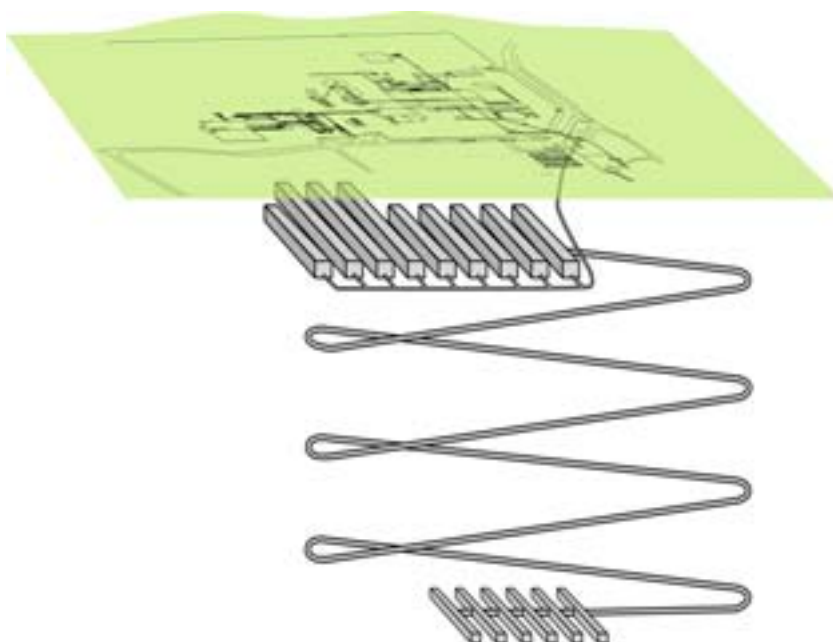
Genom att utnyttja en befintlig anläggning blir kostnaderna för att spränga nya tunnlar och rum väsentligt mycket lägre och mindre osäkra än att bygga en ny separat anläggning. Påslag för tunnlar och drift genom det ytliga berget är ofta kostsamt. Vid Händelö kan man även dra nytta av att liknande verksamhet finns etablerad för deponering av aska. En aska som bedöms mycket lämplig för stabiliserande behandling av avfallet och för igenfyllning av rummen.

Oljelagrets djupaste nivå är här cirka 80 m och tunnelsystemens nedre delar är i dag vattenfyllda. Efter länsdumpning förutsattes att en ramp sprängs ned till lämpligt förvaringsdjup där 150 000 m<sup>3</sup> förvaringskammare sprängs ut. I dessa deponeras kvicksilveravfall med halter upp till 10 procent samt stabiliserat flytande kvicksilver med högre halt, över 50 procent. Avfallet bäddas in i och omges av flygaska. För att illustrera olika förhållanden har genomförts beräkningar för deponering på nivå 200 m respektive 400 m djup. En bedömd trolig avfallsmängd har här placerats i ett skisserat undermarksförvar för att på så konkret som möjligt illustrera möjligheter, teknik, säkerhet och kostnader.

Analysen i bilaga 4 visar att en säker deponering kan ske, att investeringarna för anläggningen är i storleksordningen 100–150 miljoner kronor och att behandling av avfallet – i anläggningen – kan utnyttja flygaska. I anläggningen kan efter behandling deponeras liknande farligt avfall med innehåll av kadmium, blyhaltigt eller arsenik m.fl.



Figur 11.2 Skisserat undermarksförvar vid f.d. oljelager



### Slutsats beträffande undermarksförvar i Sverige

Jag anser att möjligheterna till slutförvaring av långlivat farligt avfall i den svenska berggrunden är mycket goda och kan ske på ett tekniskt fördelaktigt sätt som ger stora säkerhetsmarginaler. Avfallet kommer att omges av en massiv geologisk barriär som garanterar önskad isolering över mycket långa tidsperioder utan att ställa krav på tillsyn. Kostnaderna för investering i anläggningar är dock höga även om kostnaderna för motsvarande markförlagd deponi för farligt avfall kan bli avsevärda, inte minst i driftskedet. Att nyetablera och separat bygga ett djupt undermarksförvar i berg anser jag orimligt ur kostnadsynpunkt. Kostnadmässigt är det mera rimligt är att bygga en djupdeponi i anslutning till en gruva i drift eller vid en existerande berganläggning.

Boliden Mineral AB innehar cirka hälften av Sveriges befintliga kvicksilveravfall och kommer att generera huvuddelen av framtida kvicksilveravfall i landet. Planerna innebär att stora delar av Sveriges innehav av kvicksilveravfall och annat farligt avfall avses få en mycket

*säker förvaring helt i linje med syfte och ambitioner i dagens lagstiftning. Jag anser det också värdefullt att Boliden Mineral AB även avser att under mark deponera annat långlivat avfall med innehåll av kadmium, bly och arsenik på ett sätt som är säkrare än vad lagen kräver.*

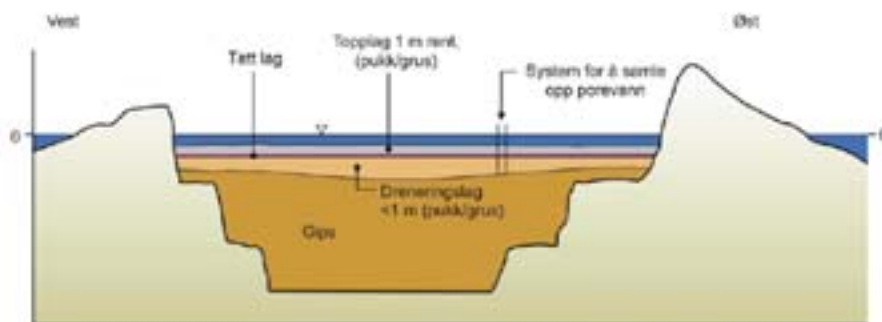
## 11.2 Norden – Permanent deponering i dagbrott

Genom att utnyttja dagbrott och andra djupa schakter nära markytan kan avfall deponeras på ett sätt som är väl skyddat exempel på detta är den deponering av kvicksilverhaltigt och annat långlivat kemiskt farligt avfall som i dag sker i Norge vid en deponi i berget på Langöya i Oslofjorden.

I ett tidigare kalkstensbrott deponeras behandlat avfall. Farligt avfall behandlas i en process där detta stabiliserats genom att blandas med bl.a. gips. Genom att placera det stabiliserade avfallet i dagbrottets djupa delar samt dra nytta av kalkstensgeologin, att grundvattenflödet i berget är ringa och att utspädningspotentialen är mycket stor visar gjorda säkerhetsanalyser att deponerat material ej kommer att ställa till skada för omgivningen ens under mycket långa tider framåt.

Jämfört med förhållandena vid en djupdeponi i berg kan konstateras att avfallet kan komma att lättare exponeras mot fritt syre och att detta kan medverka till att farliga ämnen löses ut och utgör en potentiell risk i omgivningen. Å andra sidan innebär lågt flöde genom berget kring deponin och de gynnsamma förhållandena till utspädning i recipienten att riskerna minskar.

Figur 11.3 Deponi i dagbrott i kalksten, Norge



Tekniken vid deponin i kalkbrottet på Langöy og möjligheterna till en långsiktigt säker permanent förvaring av farligt kemiskt avfall har analyserats bilaga 3. Slutsatsen i analysen är att deponianläggning, trots sitt läge i ytliga berget erbjuder goda möjligheter till säker förvaring över långa tider.

De svenska erfarenheterna från deponering av kvicksilveravfall i aktuell deponi rör deponering av avfall med halter mindre än 0,1 procent – t.ex. förorenade massor. Sådant avfall har på ett fördelaktigt sätt sjötransporterats till och deponerats i anläggningen på Langöya i Oslofjorden.

Halterna i hittills deponerat avfall på Langöya är normalt betydligt lägre – högst 10 procent – än vad som skulle bli fallet för deponering av stabiliserat metalliskt kvicksilveravfall. Befintliga tillstånd medger dock deponering av avfall med hög halt av kvicksilver under förutsättning att avfallet är stabiliserat. För att kunna ta hand om metalliskt kvicksilver krävs ytterligare utveckling av företagets teknik för stabilisering av avfall. Företaget NOAH, som innehar deponien anser dock att erforderlig utveckling av teknik som medger deponering både är möjlig och ekonomiskt realistisk.

### Slutsats beträffande möjligheter i Norden

*Min slutsats beträffande deponianläggningar i ytlig berggrund är att sådana anläggningar erbjuder goda möjligheter till säker förvaring över långa tider i det fall avfallet givits en lämplig behandling, hydrogeologin är gynnsam och utspädningspotentialen i omgivningens recipient är stor. För deponin på Langöya i Oslofjorden i Norge kon-*

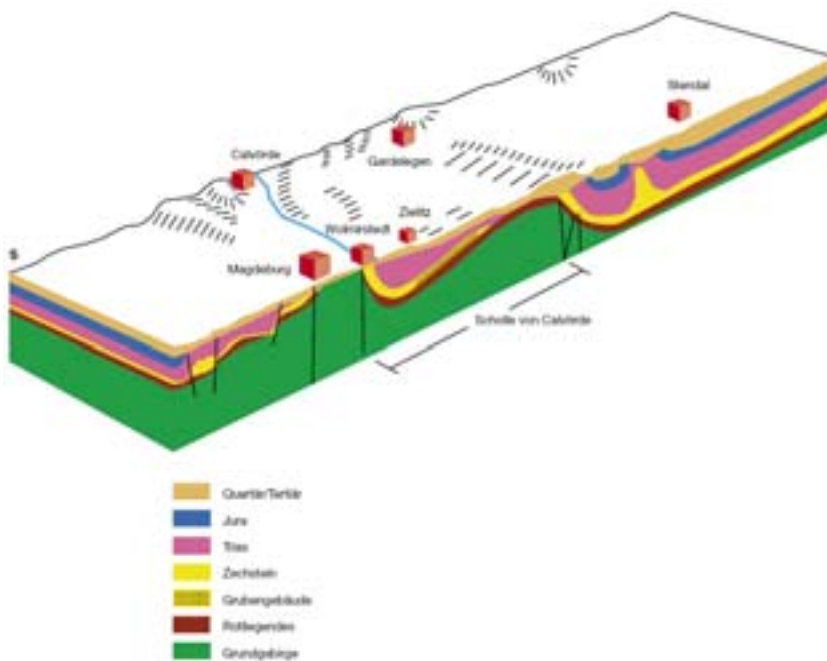
*staterar jag att den ger en god men mindre säkerhetsmarginal än vad som kan uppnås med en deponi djup nere i norsk eller svensk berggrund.*

*Samtidigt konstaterar jag att deponin på Langöya ger hög säkerhet under lång tid på ett sätt som vida överträffar den säkerhet som i dag krävs vid markförlagd deponering av farligt avfall på många ställen ute i Europa. En rimlig slutsats för svenskt vidkommande är att deponering i Norge på det sätt som sker på Langön av behandlat avfall är en möjlighet som uppfyller höga krav på säkerhet även om anläggningen är ytligt belägen. För att vara en möjlighet att ta om hand svensk kvicksilveravfall i metallisk form krävs att teknik och förfarande för stabilisering av avfallet vidareutvecklas. Givna tillstånd för anläggningen förutsätter att endast väl stabiliserat avfall får deponeras.*

### **11.3 EU – Permanent deponering i undermarksförvar i saltgruvor**

Inom EU deponeras avsevärda mängder långlivat kemiskt farligt avfall främst i markförlagda ytdeponier men även i undermarksförvar. När det gäller deponering i undermarksförvar har Tyskland lång erfarenhet. I Tyskland sker deponering av långlivat kemiskt avfall såsom kvicksilveravfall dels i speciella ytdeponier, dels i undermarksdeponier anordnade i utbrutna rum i saltgruvor. Deponeringen sker normalt i djupt belägna formationer av bergsalt. Behandlat avfall av alla kategorier deponeras i utbrutna rum samtidigt som brytning av bergsalt sker i andra delar av gruvan. Tre sådana anläggningar är i drift, den första sedan 1970-talet. Vid dessa finns på mer än 500 m djup saltformationer som har bildats för mer än 200 miljoner år sedan. De mäktiga lagren av bergsalt omgives av tjocka sediment av lera. De geologiska förutsättningarna innebär att man kan deponera – med väl placerad och lämpligt utformad förvaringsrum – långlivat stabiliserat kemiskt farligt avfall med synnerligen stora säkerhetsmarginaler mot att farliga ämnen skall kunna nå omgivningen och skada människor och miljö och detta under mycket långa tider in i framtiden. Genom saltets egenskaper sker deponeringen praktiskt taget helt torr.

Figur 11.4 Undermarksförvar i saltgruva i Tyskland



Saltformationerna har som nämnts ovan en ålder på 100–200 miljoner år. Av geologiska skäl finns därför vetenskaplig grund att antaga att ett förvar kommer att bestå och förbli säkert under geologiska perioder framåt dvs. miljontals år.

De tyska anläggningarna har alla en väl fungerande teknik för att hantera och deponera kemiskt avfall. Den omfattande brytning av bergsalt som skett under många år innebär att anläggningarna har volymmässigt stor kapacitet att ta hand om avfall. I gruvan vid Zielitz nära Magdeburg finns cirka 4,6 miljoner m<sup>3</sup> avsatt för deponering av farligt avfall. Den årliga kapaciteten är cirka 70 000 ton; total kapacitet i Tyskland att deponera farligt avfall är cirka 250–300 000 ton farligt avfall.

Deponeringen är praktiskt väletablerad sedan många år och kemiskt farligt avfall såsom kvicksilver har deponeras sedan 1973. Halterna i deponerat avfall med kvicksilverinnehåll är vanligen upp till 6–7 procent. Det finns i tillstånden inga begränsningar att deponera avfall med väsentligt högre kvicksilverinnehåll så länge det rör

sig om fast avfall. Förhållanden som rör miljö och hälsa kopplade till deponeringen redovisas i anläggningarnas säkerhetsredovisningar, liksom de krav som ställs på avfallet för att medge deponering.

I bilaga 3 har tekniska och andra förutsättningar ställts samman och diskuteras främst när det gäller frågor som rör långsiktig säkerhet för hälsa och miljö vid deponering i saltformationer. I jämförelse med de synnerligen omfattande och detaljerade krav som ställs för att demonstrera säkerhet på lång sikt för radioaktivt avfall – även för mycket osannolika frågor – förefaller redovisningarna för deponering i salt mera inriktade på att behandla de för säkerheten mest väsentliga frågorna. Analyserna utgår ifrån att man vid deponering i salt kan räkna med att rådande stabila geologiska förutsättningar består och att det därför är rimligt att begränsa sig till närområdet och dess teknik och praktiska frågor.

I Tyskland finns, å andra sidan en synnerligen omfattande och kunskap om deponering av farligt avfall i saltformationer baserad på omfattande forskning som skett för att utreda möjligheterna att bygga ett djupförvar för deponering av långlivat radioaktivt avfall i stabila och täta saltformationer.

Negativa erfarenheter från deponering i bergsaltformationer har gjorts vid de tidigare utbrutna saltgruvorna i Morsleben och Asse. Där har deponering av kemiskt avfall skett i gamla brytningsrum och det har förekommit vatteninbrott. De geologiska och tekniska förutsättningarna vid dessa deponier är annorlunda och skiljer sig från de skiktssaltformationer som i dag utnyttjas i Tyskland och som ger väsentligt bättre möjligheter att isolera avfallet.

### **Kommentar beträffande deponering av avfall i form av metalliskt kvicksilver**

För att underlätta omhändertagande av kvicksilveravfall i flytande form inom EU har föreslagits att kvicksilver förvarat i stålbehållare skall kunna deponeras permanent i djupa saltformationer.

Deponering i mäktiga och djupt belägna formationer av bergsalt omgivna av lersediment möjliggör en praktiskt taget torr deponering som garanteras av en massiv geologisk barriär. Denna extra säkerhet kan kompensera för de ökade risker som förorsakas av direkt deponering av metalliskt kvicksilver när behållarna är väl deponerade och anläggningen förseglats. De större riskerna i drifts-

skedet finns dock kvar. Konsekvenserna av olyckor vid hantering och deponering under jord bedöms betydligt allvarigare för metalliskt kvicksilver än för samma avfall i stabiliserad form. Ett stabiliserat avfall ger inte bara ökad säkerhet vid drift när det gäller att gäller att hantera avfallet utan ger fördelar för den långsiktiga säkerheten.

Trots att förutsättningarna för säker förvaring av farligt avfall är mycket goda i djupa saltformationer anser jag det rimligt att analysera även mindre sannolika scenarier som kan leda till framtida problem. I bilaga 3 diskuteras ett antal scenarier som kan vara aktuella vid deponering av kvicksilver i sin flytande form.

### **Andra möjligheter inom EU – mellanlagring vid Almaden kvicksilvergruva**

Almaden är världens största kvicksilvergruva där brytning pågått sedan 1 000-talet. Detta innebär att man har goda möjligheter att studera förhållanden kring en rik kvicksilvermineralisering och effekter av brytning i vatten och mark i området kring gruvan.

Sådana mätningar – som representerar extrem exponering mot omgivningen – har skett i vatten och sediment kring gruvan. Resultat visar på att mineraliseringen lett till 3–4 gånger högre värden i omgivande vatten och marklager jämfört med normal berggrund i området.

Någon brytning av kvicksilver sker ej i dag i gruvan vid Almaden. Företaget tar däremot emot, mellanlagrar samt säljer kvicksilver. Sedan några år bedriver det statliga spanska företaget MAYAS, som äger Almaden-anläggningen forskning med EU-stöd som rör behandling av kvicksilveravfall för deponering och dess omhändertagande.

Då forskningen främst är inriktad på teknik för säker mellanlagring och ej på permanent deponering i undermarksförvar ser jag inte att detta utvecklingsarbete kommer att ge något alternativ när det gäller undermarksdeponering. /39/

### Slutsatser beträffande deponering inom EU

*Jag anser att befintliga deponier i saltgruvor i Tyskland erbjuder bra tekniska och praktiska möjligheter att deponera kvicksilveravfall. Min slutsats beträffande säkerheten vid permanent deponering av kvicksilveravfall är att de tyska saltgruvorna kan erbjuda säkerhetsmässiga deponeringsförhållanden som väl motsvarar de krav på deponering i djupa berggrum som ligger bakom svensk lagstiftning.*

*De geologiska förutsättningarna innebär att man praktiskt och enkelt kan deponera långlivat stabiliserat kemiskt farligt avfall och – med väl placerad och lämpligt utformad deponi – räkna med synnerligen stora säkerhetsmarginaler mot att farliga ämnen skall kunna nå omgivningen och skada människor och miljö under mycket långa tider in i framtiden.*

*Samtidigt måste jag konstatera att underlaget i tillstånden beträffande frågor som rör säkerheten för människa och miljö under långa tider behöver sammanställas och möjligen kompletteras för att visa på den långsiktiga säkerheten. Detta gäller i än högre grad i det fall man önskar deponera metalliskt kvicksilver i sin flytande form, som nu diskuteras inom EU; på dagens kunskapsnivå kan endast deponering av väl stabiliserat kvicksilver deponeras och det krävs att en rad frågor ytterligare belyses för att en deponering av kvicksilveravfall i flytande form skall kunna övervägas.*



## 12 Utredningens slutsatser

### 12.1 Kunskap att utforma anläggningar och värdera långsiktig säkerhet

Beträffande kunskapsläget bedömer jag att det finns tillräckliga och goda grunder för att nu genomföra det praktiska arbetet för slutförvaringen och i industriell skala förverkliga permanent deponering av kvicksilverhaltigt avfall. Det finns även kunskap och etablerad metodik för att i säkerhetsanalyser beräkna och visa att kvicksilveravfallet och liknande farligt avfall kan tas om hand i undermarksförvar på det långsiktigt säkra sätt som nu krävs i gällande lagstiftning.

### 12.2 Tekniska förutsättningar

Att det finns mycket goda tekniska förutsättningar att bygga säkra undermarksförvar i stabila geologiska formationer. En djupdeponi i svensk berggrund i gruva eller vid en befintlig berganläggning erbjuder möjligheter till slutförvaring av långlivat farligt avfall på ett tekniskt fördelaktigt sätt och med stora säkerhetsmarginaler. Det senare är naturligt med hänsyn till att avfallet omges av en massiv geologisk barriär. Deponering av långlivat potentiellt farligt avfall i undermarksförvar ger säkerhetsmässiga fördelar som vida överstiger dagens praxis med markförlagda deponier för sådant avfall i Europa

### 12.3 Genomförande i praktiken

Berörda inom näringslivet och samhället i övrigt delar uppfattningen att det finns ett växande överskott av kvicksilver inte bara i Sverige utan inom EU och globalt. Det råder därför en gemensam

uppfattning att en permanent slutlig deponering av detta överskott ska genomföras på ett målinriktat sätt och utan onödig fördröjning. Jag konstaterar också att avfallsinnehavarna i Sverige nu genomför arbete för att snarast möjligt påbörja deponering av befintligt avfall. Beroende på skilda förutsättningar – främst avfallsmängder – ser avfallsinnehavarna olika vägar att praktiskt genomföra slutförvaringen och leva upp till lagens krav.

Omfattande utvecklingsarbete och förhållandet med ej tidigare prövat tillståndsförfarande samt förändrade förutsättningar främst ny EU-lagstiftning innebär troligen att kravet att deponering helt skall ha genomförts före år 2015 inte kan realiseras.

## 12.4 Avfallens behandling och form

Gällande krav på behandling av avfall före deponering – för att underlätta hantering, minska risker och i övrigt bidra till att en säker hantering – innebär att allt avfall inklusive kvicksilver i metallisk form ska stabiliseras på lämpligt sätt före deponering.

Detta innebär att tekniken för att stabilisera flytande kvicksilver är en nyckelfråga för att praktiskt kunna genomföra deponering av stora delar av det svenska kvicksilveravfallet. För detta måste teknik vidareutvecklas och demonstreras i industriell skala. Förutsättningarna för detta bedömer jag som gynnsamma då det finns kunskap och goda erfarenheter av småskalig verksamhet inom berörd industri.

## 12.5 Direktdeponering av metalliskt kvicksilver

Ett alternativt förfarande till slutlig förvaring av kvicksilver som föreslagits i ett nytt EU-direktiv är att tillåta deponering under mark av behållare av stål innehållande metalliskt kvicksilver i sin flytande form. Jag anser att alternativet ger säkerhetsmässiga nackdelar vid deponering och aktualiserar nya frågor där adekvat kunskapsunderlag saknas i dag. Det krävs därför att en rad frågor klarlägges för att en deponering av flytande kvicksilver skall kunna övervägas.

För en praktisk tillämpning anser jag det rimligt att nödvändiga säkerhetsanalyser visar att säkerhetsmarginalerna motsvarar vad som kan uppnås med stabiliserat kvicksilver deponerat i djupa geologiska formationer t.ex. svensk berggrund.

Vidare noterar jag att rådande osäkerhet beträffande framtida EU-lagstiftning håller igen satsningar på teknik för att stabilisera flytande kvicksilver. Det är därför angeläget att snarast ange vad som kommer att gälla.

## 12.6 Kostnaderna

Den svenska marknaden för farligt avfall är volymmässigt relativt liten, varför de specifika kostnaderna för deponeringen blir höga, särskilt i de fall man ej kan samlokalisera undermarksdeponin med annan verksamhet. Den specifika kostnaden per ton beror självfallet av mängden deponerat avfall.

Den särskiljande kostnaden för att deponera långlivat kemiskt riskavfall beror på erforderliga investeringar för att bygga anläggningen då behandling och drift är rätt lika för de flesta deponeringsalternativ.

De lägsta kostnaderna får man naturligen vid deponering i befintliga undermarksförvar och i de fall man endast täcker deponeringens marginalkostnader. Att utnyttja befintliga undermarkssystem i en gruva eller berganläggning och endast bygga erforderliga förvarsutrymmen kan ge möjlighet att väsentligt hålla igen på investeringskostnaderna. Att nyetablera en anläggning torde endast bli aktuellt om de högre kostnaderna kan balanseras av andra fördelar såsom mindre behandling eller transporter etc.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att kostnaderna för deponering i tyska saltgruvor offererats till 3 000 kronor per ton, att Boliden Mineral AB bedömer att deponeringen kan kosta 100–300 kronor per ton och att investeringen per deponerat ton för ett mellansvenskt förvar kan vara upp till 45 000 kronor. Anledningen till att kostnaderna blir höga är att investeringarna måste slås ut på en liten mängd avfall, inte att anläggningen i sig är speciellt kostsam.

## 12.7 Deponering i undermarksförvar utanför Sverige

Av kostnadsskäl anser jag det motiverat att noga överväga de möjligheter som finns att utnyttja befintliga djupförvar utanför Sverige för att uppnå en säker undermarksdeponering av Sveriges relativt sett ringa volymer långlivat farliga avfall.

Befintliga deponier i tyska saltgruvor kan erbjuda säkerhetsmässiga deponeringsförhållanden som väl motsvarar de krav på säker deponering i berg som ligger bakom svensk lagstiftning. Även befintlig deponianläggning i Norge i yttlig berggrund erbjuder sannolikt goda möjligheter till säker förvaring över långa tider i det fall avfallet givits en lämplig behandling.

Samtidigt måste jag konstatera att underlaget i tillstånden för nämnda befintliga anläggningar beträffande frågor som rör säkerheten för människa och miljö under långa tider kan behöva sammanställas på ett bättre sätt och möjligen kompletteras. Detta gäller särskilt i det fall man önskar deponera kvicksilveravfall i sin flytande form och på det sätt, som diskuteras i ny EU-lagstiftning.

## 12.8 Annat långlivat farligt avfall

Ett antal metaller som kvicksilver, kadmium, bly och halvmetaller såsom arsenik är exempel på långlivat farligt avfall som kan vara aktuellt att deponera i undermarksförvar då de kan innebära risker för hälsa och miljö. Det har därför funnits skäl för utredningen att undersöka behoven för sådan förvaring och bredda studien till att även omfatta andra produkter där samhället anser det motiverat att ställa långsiktiga och kvalificerade förvaringskrav.

Min slutsats av detta är dock att – med dagens lagstiftning och praxis – behoven är begränsade då mängder av långlivat farligt avfall aktuellt för undermarksdeponering är ringa för överskådlig tid framåt.

## 12.9 Tillgång till undermarksförvar i Sverige

Sverige saknar en allmänt tillgänglig möjlighet inom landet att enkelt ta hand om och på ett kvalificerat sätt deponera olika typer av avfall med långlivad farlighet i ett undermarksförvar. För innehavare av enstaka mängder och/eller smärre innehav ser jag det som särskilt viktigt att ha tillgång till en central organisation som kan svara för erforderlig deponering i ett djupförvar.

En sådan möjlighet skulle underlätta och förenkla insamling och deponering av avfall i små mängder från många olika källor och borde ses som en naturlig del av den svenska infrastrukturen för avfallens omhändertagande

Med rådande skilda förutsättningar för berörda avfallsinnehavare finns det ej enligt min bedömning någon naturlig teknisk och organisatorisk grund att lägga ett utökat samhällsansvar på industrin. Sveriges begränsade marknad för undermarksdeponering innebär sannolikt att det krävs stöd från samhällets sida för att en undermarksdeponi skall bli byggd.

## 12.10 Lagstiftning

Dagens regelverk för avfall bygger på att det existerar lämplig infrastruktur för hantering och deponering och beaktar inte en situation där avfallet ej kan omedelbart tas omhand. Detta innebär att gällande lagstiftning inte på ett tidsmässigt realistiskt sätt beaktar avfallsinnehavarnas behov av att mellanlagra avfall t.ex. metalliskt kvicksilver i avvaktan på att slutliga lösningar utvecklas eller överenskommes.

De särskilda åtaganden och ansvar som följer av dagens skärpta krav vid hantering och deponering av långlivat farligt avfall anser jag ej helt adekvat beaktat i dagens lagstiftning. Säkerhet vid drift, försegling och över mycket långa tider framåt ställer krav på hög teknisk kompetens och ekonomisk och organisatorisk uthållighet hos de företag som svarar för verksamheten och även producenten av avfallet. Dagens lagstiftning med hittills förhållandevis begränsat ekonomiskt åtagande och där ansvaret för det omsorgsfulla omhändertagandet liksom ägandet kan relativt enkelt överföras på annan part behöver ses över och på ett bättre sätt än i dag ta hänsyn till avfallens långlivade karaktär.

# Referenser

”Att slutförvara kvicksilverhaltigt avfall i djupa bergrum – Behandling av avfall samt teknik, möjligheter och krav för deponering. Delrapport M 2005:2 – Utredning om slutförvar av kvicksilverhaltigt avfall, Stockholm 2006.

Utredningen har tillgång till ett mycket omfattande underlagsmaterial. Nedan redovisas ett urval som bedömts viktiga för att komplettera texten i rapporten.

- 1 Miljöbalken 1998:808.
- 2 Avfallsförordningen (2001:1063).
- 3 Förordning (2001:512) om deponering av avfall.
- 4 NFS 2004:10, Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall, juni, 2004.
- 5 Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter.
- 6 Förordning om transport av avfall 1013/2006.
- 7 Direktiv om avfall 2006/12/EG april 2006 (tidigare 75/442/EG).
- 8 Direktiv 91/689/EEG om farligt avfall.
- 9 Direktiv 1999/31/EG 26 april 1999 om deponering av avfall.
- 10 Direktiv 2003/33/EG om kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid avfallsdeponier i enlighet med artikel 16 i och bilaga II till direktiv 1999/31/EG.
- 11 Förslag till förordning om exportförbud för och säker förvaring av metalliskt kvicksilver,2006/0206(COD).

- 12 Direktiv 2006/11/EG om förorening genom utsläpp av vissa farliga ämnen i gemenskapens vattenmiljö.
- 13 EG 1013/2006, Förordning om transport av avfall.
- 14 SÖ 1991:22, Baselkonventionen om kontroll av gränsöverskridande transporter och slutligt omhändertagande av farligt avfall. Basel 22 mars 1989.
- 15 SOU 2001:58, ”Kvicksilver i säkert förvar”, juni 2001.
- 16 Naturvårdsverket Sveriges avfallsplan – Strategi för hållbar avfallshantering september 2005.
- 17 Naturvårdsverket, Deponering av avfall, Handbok med allmänna råd till förordning (2001:512). Maj 2004.
- 18 Naturvårdsverket, Utvärdering av genomförandet av deponeringsdirektivet februari 2003.
- 19 Naturvårdsverket rapport 4177, Avveckling av vårt dolda kvicksilverlager, Stockholm 1993.
- 20 Naturvårdsverket, rapport 4752 ”Slutförvar av Kvicksilver”, dec 1997. Jämte underlagsrapporter.
- 21 Naturvårdsverket rapport 4772” Löslighet och kemisk förbehandling av kvicksilver i slutförvar”, Höglund, L.O. och Södergren, S., 1997.
- 22 Naturvårdsverket, rapport 4768 ”Kvicksilverhaltigt avfall i Sverige – inventering, karakterisering och prioritering”, Pers, K., Karlsson, L.G. och Höglund, L.O., 1997.
- 23 Naturvårdsverkets, rapport 4771 ”Utsläpp av kvicksilver från slutförvar”, Södergren, S., Höglund, L.O., Birgersson, L. och Pers, K., 1997.
- 24 Naturvårdsverkets rapport 4771 ” Utsläpp av kvicksilver från slutförvar”, 1997.
- 25 KEMI Underlag till andra delen fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet Giftfri Miljö.
- 26 Kemikalieinspektionen, rapport 2/04, ”Kvicksilver – utredning om generellt nationellt förbud”, juni 2004.

- 27 Naturvårdsverket/Kemikalieinspektionen, Strategi för arbetet med kvicksilver, kadmium och bly inom EU och internationellt, Stockholm 2004.
- 28 MiMi/MISTRA, ”Åtgärder mot miljöproblem från gruvavfall”, slutrapport, Höglund, L.O. och Herbert, R. m.fl., Stockholm dec 2004.
- 29 Svensson M, “Mercury Immobilization – A requirement for Permanent Disposal of Mercury Waste in Sweden”, Örebro 2006.
- 30 SAKAB AB .Faktablad beträffande Stabmerc Technology for metallic and oxidized mercury, www.sakab.se
- 31 SAKAB AB, S. Kummel, Information till utredning M2005:2, Göteborg 2007.
- 32 Emcoplate AB, Faktablad beträffande MercStab metoden, www.mercstab.se
- 33 SKB FUD-program 2007, september 2007.
- 34 SKB ”Plan 2006 – Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter”, juni 2006.
- 35 SKB TR-00-12 What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock?” 2000.
- 36 SKB , Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet, Stockholm dec 2000.
- 37 SKB – SKB TR –99-28, “Deep repository for long-lived low- and intermediate- level waste”, Stockholm November 1999.
- 38 SKB SKB R-97-23 Farliga ämnen i människans omgivning.
- 39 MAYASA, EU Environment, LIFE06, PREP/E000003, Brussels 2006.
- 40 J. Wuttke, Federal Environment Agency, Germany, Hazardous Waste Management in Germany, report to OECD Committee Radioactive waste in perspective, Paris 2007.