

## Rapport

Explosionsolycka vid oljelagringsanläggning i  
Broddbo, Västmanlands län, den 21 maj 2003

Broddbogruppen  
9 februari 2004

## Förord

En arbetsgrupp, Broddbogruppen, har gemensamt utrett explosionsolyckan i Broddbo utanför Sala den 21 maj 2003. Syftet med utredningen har varit att klargöra orsakerna till olyckan och att dra erfarenheter så att liknande olyckor kan undvikas i framtiden.

Gruppen bildades den 12 juni och har varit sammansatt av följande personer vid berörda organisationer;

Krister Källberg	Räddningsverket
Leif Råsmalm	Arbetsmiljöinspektionen vid Arbetsmiljöverket
Pererik Pettersson	Räddningstjänsten Sala-Heby
Johan Anderberg	Sveriges geologiska undersökning
Björn Lindbom	Sveriges geologiska undersökning
Nils Lindström	Sveriges geologiska undersökning
Ingemar Mikaelsson	Skanska
Hans-Erik Lundholm	Skanska
Håkan Skotte	Skanska
Jan Kaddik	Skanska

I föreliggande rapport beskrivs olyckan, avvecklingen av oljelagringsanläggningar och anläggningen i Sala. Den avveckling som bedrevs vid anläggningen har beskrivits utifrån kontraktshandlingarna och en rekonstruktion av utförda arbeten har gjorts baserat på intervjuer, byggmötesprotokoll och dagboksanteckningar, m.fl. underlag. Underlag från tekniska undersökningar och utredningar har inhämtats och sammanställts. I rapporten redogörs också för det regelverk, främst inom arbetsmiljö och hanteringen av brandfarliga varor, som berör verksamheten.

Utredningens bedömningar och slutsatser avseende orsakerna till olyckan framgår av avsnitten Analys och Slutsats. Utifrån de brister som framkommit ger utredningen också rekommendationer, som underlag för att minska riskerna i denna typ av verksamheter och att förebygga att liknande händelser inträffar igen.

Broddbogruppen har gemensamt fattat beslut om att lägga fram denna rapport som ett resultat av utredningen.

Krister Källberg  
Ordförande

Stockholm den 9 februari 2004

# Innehållsförteckning

## FÖRORD

1	BAKGRUND .....	5
2	OLYCKAN.....	6
2.1	REDOGÖRELSE FÖR HÄNDESEFÖRLOPPET .....	6
2.2	RÄDDNINGSSINSATSEN .....	7
2.2.1	<i>Larmning och utryckning</i> .....	7
2.2.2	<i>Åtgärder på platsen</i> .....	7
2.3	KONSEKVENSER.....	8
2.3.1	<i>Personer</i> .....	8
2.3.2	<i>Egendom</i> .....	9
2.3.3	<i>Miljö</i> .....	10
3	AVVECKLING AV OLJELAGRINGSANLÄGGNINGAR.....	11
3.1	SGUS UPPDRAG .....	11
3.2	SGUS MILJÖSÄKRINGSSTRATEGI.....	11
3.3	SGUS AVVECKLINGSORGANISATION.....	12
3.3.1	<i>Organisationsplan</i> .....	12
3.3.2	<i>Arbetsmiljöorganisation</i> .....	13
4	ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV SALA-ANLÄGGNINGEN .....	14
4.1	ANLÄGGNINGEN .....	14
4.2	TEKNISK BESKRIVNING .....	14
4.3	SKYDD/SÄKERHET.....	15
4.4	STRATEGI FÖR MILJÖSÄKRING.....	16
4.5	UTFÖRDA ARBETEN I EGEN REGI .....	16
5	ENTREPRENADEN .....	18
5.1	ÖVERGRIPANDE PROJEKTBEKRIVNING .....	18
5.1.1	<i>Kontraktform</i> .....	18
5.1.2	<i>Kontraktshandlingar</i> .....	18
5.1.3	<i>Arbetenas omfattning</i> .....	18
5.1.4	<i>Säkerhetsfrågor</i> .....	19
5.2	ORGANISATION .....	19
5.2.1	<i>SGUs projektorganisation</i> .....	19
5.2.2	<i>Skanskas projektorganisation</i> .....	20
5.3	GENOMFÖRDA ARBETEN .....	21
5.3.1	<i>Allmänt</i> .....	21
5.3.2	<i>Handlingar</i> .....	22
5.3.3	<i>Byggmöte 1 - 15</i> .....	22
6	UNDERSÖKNINGAR EFTER OLYCKAN .....	28
6.1	POLISENS FÖRUNDERSÖKNING .....	28
6.2	UTREDNINGENS IAKTTAGELSER .....	28
6.2.1	<i>Undersökning på olycksplatsen</i> .....	28
6.2.2	<i>Intervjuer</i> .....	30
6.3	METEOROLOGISK INFORMATION .....	31
6.4	BLIXTNEDSLAG SOM ANTÄNDNINGSKÄLLA.....	31
6.5	GASBILDNING .....	32
6.6	EXPLOSIONSRISK MED AVSEENDE PÅ DEN LAGRADE BENSINEN .....	32
6.7	EXPLOSIONSFÖRLOPP.....	33
7	REGELVERK .....	35

8	ÅTGÄRDER EFTER OLYCKAN.....	38
8.1	SÄKERHET.....	38
8.2	YTTRE MILJÖ.....	38
8.3	ANDRA ANLÄGGNINGAR.....	38
8.4	PLANERADE ÅTGÄRDER.....	39
9	ANALYS.....	40
9.1	GASBILDNINGEN.....	40
9.2	ANTÄNDNINGEN.....	42
9.3	ORGANISATION OCH LEDNING.....	42
10	SLUTSATS.....	44
11	REKOMMENDATIONER.....	45
11.1	UPPMÄRKSAMMADE BRISTER.....	45
11.2	REKOMMENDATIONER SGU.....	46
11.3	REKOMMENDATIONER SKANSKA.....	46

REFERENSFÖRTECKNING

## 1 Bakgrund

Under ett kraftigt åskoväder onsdagen den 21 maj 2003 inträffade en explosionsolycka vid Sveriges geologiska undersöknings (SGU) oljelagringsanläggning i Broddbo utanför Sala. På platsen fanns en man från SGU, tre man från Skanska och en av Skanska inhyrd maskinförare. Två av Skanskas medarbetare omkom i explosionen.

I anläggningen, som byggdes i slutet av 1970-talet, har blyfri bensin lagrats på rörlig vattenbädd i fyra bergrum, s.k. cisterner. Anläggningen är sedan 1996 tömd på bensinprodukter varför cisternerna var vattenfyllda vid olyckstillfället.

Skanska arbetade på uppdrag av SGU med att riva anläggningen och utföra installationer för miljösäkring och framtida miljökontroll. Entreprenaden påbörjades i oktober 2002 och en slutbesiktning var planerad att äga rum den 3 juni 2003. SGUs medarbetare på plats vid olyckstillfället arbetade med mätning och provtagning inom ramen för SGUs kontrollprogram för yttre miljön.

En utredning av olyckshändelsen påbörjades den 12 juni 2003 av Arbetsmiljöinspektionen vid Arbetsmiljöverket, Räddningsverket, Räddningstjänsten i Sala-Heby, SGU och Skanska. Gruppen har letts gemensamt av Arbetsmiljöverket och Räddningsverket, med Krister Källberg vid Räddningsverket som ordförande. SGU har administrerat gruppens arbete.

Utredningen skall svara på följande tre frågor:

- Vad hände?
- Varför hände det?
- Hur undviks att en liknande händelse inträffar?

Utredningen syftar till att så långt det är möjligt klarlägga såväl händelseförloppet och orsaken till händelsen som skador och effekter i övrigt samt till att ge underlag för beslut som har som mål att förebygga att en liknande händelse inträffar. Utredningen syftar däremot *inte* till att fördela skuld eller ansvar. Sådana frågor faller under rättstillämpande myndigheter att hantera.

## 2 Olyckan

### 2.1 Redogörelse för händelseförloppet

Följande beskrivning av händelseförloppet vid olyckstillfället bygger på utredningens intervjuer med personal som arbetade på anläggningen samt den tekniska undersökningen av olycksplatsen.

Olycksdagen befann sig fem personer på arbetsplatsen, tre personer anställda vid Skanska, en underentreprenör till Skanska, inhyrd med grävmaskin för att utföra rivningsarbeten, samt en person anställd vid SGU som utförde mätningar och provtagningar inom ramen för SGUs kontroll av den yttre miljön.

Vid lunchtid drog ett regnväder in över anläggningen. Regnet ökade hastigt i intensitet och åskan hördes på avstånd. Personalen avbröt pågående arbeten och sökte skydd för regnet. En person från Skanska samt den SGU-anställda sökte sig till en manskapsbod som stod uppställd intill förvaltningsbyggnaden (kontor, verkstad, m.m.). Grävmaskinisten satt kvar i sin grävmaskin intill manskapsboden. De övriga två personerna från Skanska stod utanför reservutgången.

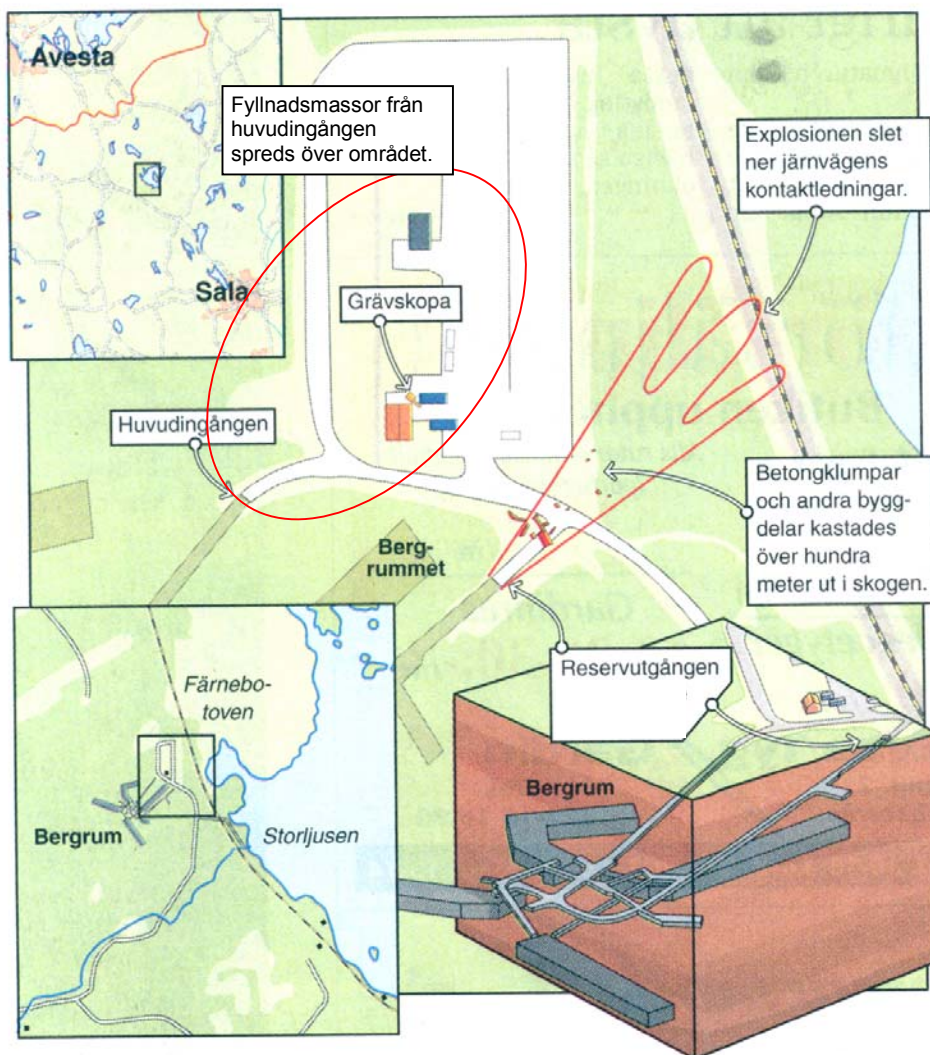


Bild 1. Översiktsbild (källa: polisen, delvis omarbetad)

Åskvädret kom närmare och strax före klockan 13 upplevde personerna i manskapsboden ett kraftigt ljussken, omedelbart följt av en ljudknall. En av personerna noterade ytterligare ett mullrande ljud varvid han begav sig ut genom dörren. På utsidan flög sten och grus (från huvudingången) genom luften och slog ned runtomkring. Han återvände in i boden och upplevde att marken skakade två eller tre gånger med kort mellanrum samt att boden tycktes lyfta från marken. När han tittade ut genom fönstret i riktning mot reservutgången såg han ett moln, direkt följt av en smäll, svepa fram och dra med sig delar av skogen.

## 2.2 Räddningsinsatsen

### 2.2.1 Larmning och uttryckning

SGUs medarbetare på platsen larmade omedelbart efter olyckan SOS-alarm. Räddningstjänsten i Hedåker fick första larmet 13:01. Räddningstjänsten i Sala fick larmet 13:02. Första styrkan var på plats 13:17. Räddningsledaren vid Räddningstjänsten i Sala-Heby anlände till olycksplatsen 13:21.



Bild 2. Översiktsbild olycksdagen (källa: polisen)

### 2.2.2 Åtgärder på platsen

Räddningsledaren tog medelbart kontakt med en av de personer som befann sig på anläggningen vid olycktillfället för att få information om antalet personer som befunnit sig i anläggningen, vad som hänt och vilka risker som kunde föreligga. Denne berättade att en explosion inträffat i samband med ett häftigt åskväder och att fem personer fanns på platsen, dock inte inne i anläggningen, samt avråder bestämt Räddningstjänsten från att gå in i anläggningen.

Räddningstjänsten konstaterade snabbt att de två personer som befunnit sig vid reservutgången omkommit. Övriga tre var chockade och togs omhand av ambulanspersonal.

Räddningstjänsten spärrade omedelbart av området. Efter en inventering av skadans omfattning utökades det avspärrade området med hjälp av polisen till uppskattningsvis ca 350x200 meter. Det bestämdes att inget arbete som inte var absolut nödvändigt för insatsen fick ske i ett inre riskområde framför reservutgången och i tryckvågens längdriktning, eftersom risken för en ny explosion inte kunde uteslutas.

Med hjälp av en telefonlista som hittades i manskapsboden kontaktades SGU och Skanska. De första ansvariga personerna från SGU och Skanska anlände till olycksplatsen vid 15-tiden. Först då gick det att få fram mer information om anläggningen. Strömmen till anläggningen bröts, efter samråd med Vattenfall per telefon.

När skadorna på kontaktledningen vid järnvägen upptäcktes begärdes ett omedelbart stopp på tågtrafiken mellan Sala och Avesta. Det visade sig senare att ett tågstopp skett redan 15-20 minuter efter olyckan då man på Banverket fått en indikation om att något fel uppstått på den aktuella sträckan.

För att säkra anläggningen mot en ny explosion beslutades, efter överläggning med en kemikoordinator från Mälardalens brand- och räddningsförbund (MBR) och SGU, att fylla anläggningen med koldioxid. Två tankbilar från AGA Gas beställdes fram till platsen. På kvällen fördes koldioxidgas ned i bergrummet från markytan genom ett 6" rostfritt rör som nyttjats som avgasrör för anläggningens kraftaggregat. Försöket fick avbrytas på grund av att isproppar bildades i slangarna. Dagen efter olyckan avrådde Räddningsverkets expert på brandfarliga varor från fortsatt påfyllning av koldioxid på grund av risken för statisk elektricitet.

Vid ett möte på olycksplatsen dagen efter olyckan med personal från SGU, Skanska, Räddningsverket, Arbetsmiljöverket, Polis och Räddningstjänst gjordes, på grundval av gasmätningar, bedömningen att en explosiv miljö fortfarande kunde finnas i bergrummet. Det beslutades att två sandfyllda containrar skulle ställas upp framför reservutgången i syfte att rikta tryckvågen uppåt och åt sidorna om en ny explosion skulle inträffa. Vidare bestämdes att tillåta inläckande grundvatten fylla anläggningen och att etablera en temporär reningsanläggning för omhändertagande av förorenat vatten från bergrumsanläggningen, s.k. läckvatten, samt att ett vaktbolag omgående skulle anlitas för att tills vidare hålla området avspärrat.

Räddningstjänsten och polisen lämnade anläggningen på kvällen dagen efter olyckan, varvid ansvaret för anläggningen återlämnades till SGU. Det anlidade vaktbolaget påbörjade samtidigt en bevakning av anläggningen dygnet runt.

## **2.3 Konsekvenser**

### *2.3.1 Personer*

I olyckan omkom två personer som arbetade för Skanska Sverige AB, Region Väg och Anläggning Norr.

På platsen fanns ytterligare en medarbetare vid Skanska, en inhyrd grävmaskinist och en person anställd vid SGU. Dessa tre personer klarade sig utan fysiska skador men chockades och fördes till sjukhuset i Sala för vård. Samtliga kunde lämna sjukhuset senare under kvällen.



### 2.3.2 Egendom

Eftersom det var omöjligt att gå in i anläggningen kunde endast skador i anslutning till huvudingången respektive reservutgången besiktigas. I övrigt var hela området mellan anläggningens öppningar och sjön Storljusen påverkat av tryckvågorna från explosionen och/eller ivägslungat sten- och byggnadsmaterial.



Bild 3-4. Huvudingången före och efter explosionen (observera att huvudingången täckts med fyllnadsmassor efter fototillfället den 13 maj)

Vid huvudingången trycktes taket över ingångsdörren upp vilket orsakat sättningar i marken ovanför taket. Jordtäcknet har rört sig ned mot ingången och dragit med sig delar av vegetationen i rasmassorna. De fyllnadsmassor som användes för täckningen av huvudingången och som vid explosionen slungades mot utlastningsplatsen och förvaltningsbyggnaden orsakade omfattande skador på de bilar och husvagnar som stod uppställda inom området.



Bild 5-6. Reservutgången före och efter explosionen

Väggen mellan ort och provtagningskammare innanför reservutgången demolerades och trycktes ut genom öppningen. Rörledningar och pumputrustning samt installationer för styrning och övervakning i provtagningskammaren har också följt med tryckvågen ut. Ventilationskanaler och rörledningar längre in i orten har rivits ned från sina fästen, tryckts ihop och förvidrats.

Den yttre ståldörren till reservutgången är fläkt åt sidan med både dörrblad och karm. På vänster sida, ca 20 meter utanför reservutgången, stod en container med utrustning för rening av utgående läckvatten, en s.k. stripperanläggning. Denna har genomborrats av armeringsjärn från väggen i reservutgången samt vänts upp och ned och förflyttats ca 10 meter, varvid reningsanläggningen helt demolerades.



*Bild 7. Stripperanläggning*

I utblåsningsriktningen och ca 40-70 meter från reservutgångens öppning har småskog bestående av mindre lövträd och barrträd fällt av tryckvågen.

Kontaktledningen på järnvägen mellan Sala och Avesta, som passerar ca 150 meter från anläggningen, fick smärre skador. Banverket fick klartecken av Räddningstjänsten att släppa på tågtrafiken igen först vid 6-tiden på morgonen dagen efter olyckan.

### 2.3.3 Miljö

Inga direkta miljökonsekvenser uppkom i samband med olyckan. Indirekt förelåg dock en risk för att närmiljön skulle förorenas av kontaminerat läckvatten från anläggningen. Efter olyckan förbereddes därför för pumpning av läckvatten i reservutgången och en temporär reningsanläggning byggdes upp.

### 3 Avveckling av oljelagringsanläggningar

#### 3.1 SGUs uppdrag

SGU förvaltar anläggningar och annan egendom som tidigare använts för statens civila beredskapslagring av olja. SGU har i uppdrag att avveckla och miljösäkra dessa med hänsyn till samhällsekonomi, teknik, säkerhet och miljö.

Under 1950-, 60- och 70-talen byggdes över hela landet ett stort antal anläggningar för civil beredskapslagring av raffinerade oljeprodukter, mest motorbensin och dieselbränsolja. Den dominerande tekniken var lagring i oinklädda bergrum, fortsättningsvis kallade cisterner. Under början av 90-talet beslutades om grundläggande förändringar i lagringssystemet. Den statliga lagringen av oljeprodukter skulle successivt avvecklas och ansvaret för beredskapslagringen i stället föras över till oljebranschen. Arbetet med att sälja ut de statliga oljelagren och avveckla anläggningarna bedömdes som så omfattande att en ny myndighet, Statens oljelager, bildades den 1 juli 1994. Den 1 januari 1998 övertog SGU ansvaret för verksamheten genom en sammanslagning av SGU och Statens oljelager. Försäljningen av oljeprodukter slutfördes under 1999.

Av de 42 bergrumsanläggningar som Statens oljelager ursprungligen övertog har 9 sålts för fortsatt drift. Av återstående anläggningar har 21 avvecklats, alternativt står i begrepp att förklaras som avvecklade. Återstående anläggningar skulle enligt SGUs planering före olyckan vara avvecklade under år 2004.

#### 3.2 SGUs miljösäkringsstrategi

SGUs strategi för avvecklingen innebär att ingen anläggning får lämnas utan att den yttre miljön säkerställts samt ingående material och markinnehav så långt möjligt har avyttrats. Åtgärder och metoder för säkerställandet av miljön beskrivs i SGUs miljösäkringsstrategi.

Miljösäkringsstrategin går i stora drag ut på att

- 1) så långt möjligt avlägsna och omhändertaga föroreningar och miljöbelastande installationer,
- 2) innesluta och leda bort kvarvarande föroreningssrester samt
- 3) försluta anläggningen.

Omhändertagandet av föroreningar avser såväl oljeföroreningar m.m. i jord och sediment som oljerester i oinklädda cisterner. Inneslutningen sker genom en avsänkning av grundvattennivåerna, vilket förhindrar en okontrollerad spridning av kvarvarande produktrester till omgivningen. Genom ett system för långsiktig egenkontroll övervakas att villkor i fastställda tillstånd och miljödomar innehålls, bl.a. för utsläpp av läckvatten.

En anläggning betraktas som avvecklade då allt miljösäkrings- och försäljningsarbete är avslutat samt en dokumentation om anläggningen är framtagen. I denna ingår all nödvändig information avseende egenkontroll, tillstånd, utsläppsvillkor, säkerhetsfrågor m.m. samt en teknisk dokumentation av anläggningen och utförda arbeten.

### 3.3 SGUs avvecklingsorganisation

#### 3.3.1 Organisationsplan

SGU tillämpar ett processorienterat arbetssätt. Verksamheten genomförs i program och projekt och bemannas med personal från SGUs personalenheter.

Arbetet med avveckling av oljelagringsanläggningar bedrivs inom SGUs verksamhetsgren Miljö och är uppdelat på fyra program; *Anläggningar, drift och underhåll*, *Mark och anläggningar, avveckling*, *Miljösäkring* och *Kontrollprogram*. Verksamheten bemannas främst av personal från enheterna för Miljö- och geokemi (MK) och Teknik (T).

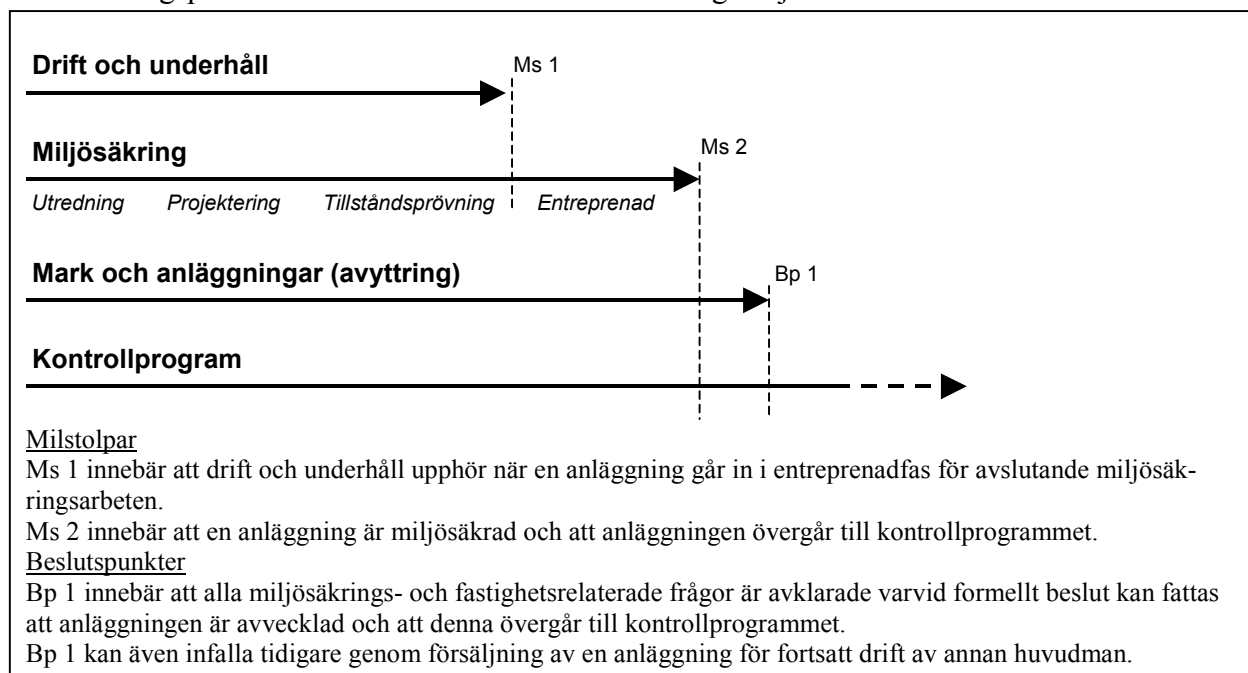
Programmet för *Anläggningar, drift och underhåll* svarar för drift och underhåll av SGUs oljelagringsanläggningar. Programmet svarar härvid för skyddsanordningar och tekniska anordningars funktion och säkerhet vid anläggningarna fram till påbörjad miljösäkringsentreprenad.

Programmet för *Mark och anläggningar, avveckling* handlägger bl.a. försäljning av hela berg-rumsanläggningar och fastigheter.

Programmet för *Miljösäkring* handlägger miljösäkringen av SGUs återstående ej sålda oljelagringsanläggningar. Programmet svarar härvid för att utforma strategier och arbetssätt för att säkerställa att anläggningarna miljösäkras med hänsyn tagen till samhällsekonomi, teknik, säkerhet och miljö. Programmet svarar för upphandling, genomförande och granskning av utredningar, projekteringar och tillståndsansökningar samt entreprenader.

SGU har ett ansvar enligt miljöbalken för att vidtagna miljösäkringsåtgärder inte medför skada eller olägenhet för människor och miljö. Programmet *Kontrollprogram* svarar för provtagningar och mätningar vid oljelagringsanläggningarna samt rapporteringen till berörda tillsynsmyndigheter.

Avvecklingsprocessen kan schematiskt beskrivas enligt följande.



Utöver ovanstående bedrivs inom Programmet *Miljösäkring och kontroll* under SGUs verksamhetsgren FoU ett tillämpat forskningsprogram för framtagandet av kunskapsunderlag för miljösäkring och kontroll av oljelagringsanläggningar.

En viktig fråga i avvecklingsarbetet har varit att samtidigt med en successiv neddragning av personal behålla den nyckelkompetens och erfarenhet som är nödvändig för att slutföra arbetet. Viktig kompetens finns hos den personal som arbetat med drift och underhåll under många år och som i vissa fall till och med varit med och byggt anläggningarna. Avvecklingsarbetet har också inneburit ett behov av ny kompetens i form av miljötekniker, miljökemister, jurister och projektledare. I den mån SGU bedömt att kompetens inte finns inom den egna personalstyrkan har kompetens köpts in i form av konsulttjänster.

### 3.3.2 *Arbetsmiljöorganisation*

Arbetsmiljöuppgifterna avseende arbete vid SGUs icke miljösäkrade oljelagringsanläggningar är genom beslut av SGUs generaldirektör delegerade till en enhetschef med ansvar för personal- och bemanningsfrågor. Delegationen avser all personal vid SGU när dessa vistas inom verksamhetsområdet för en anläggning. Enhetschefen har i sin tur vidaredelegerat arbetsmiljöuppgifter till ytterligare två personer inom enheten. Dessa svarar bl.a. för de arbetsmiljöplaner och den arbetsberedning som upprättas inför arbeten i egen regi på SGUs anläggningar.

När det gäller externa entreprenader regleras förutsättningarna i avtal. I de flesta fall avtalas att samordningen av arbetsmiljöansvaret överförs till anlitad entreprenör. SGU tar inför dessa arbeten fram en arbetsmiljöplan, dels för egen personals arbete och dels som underlag för entreprenörens upprättande av arbetsmiljöplan för sin personal och det samordnade arbetarskyddet. SGUs säkerhetsföreskrifter ingår som en del i förfrågningsunderlaget inför en entreprenad och går igenom med entreprenören vid första byggmötet. I övrigt skall det av entreprenörens kvalitetsplan framgå hur entreprenören ämnar hantera miljö- och arbetsmiljöfrågor, t.ex. genom att arbetsbereda och därmed kvalitetssäkra kritiska moment i entreprenaden.

Berörda miljömyndigheter och kommunens räddningstjänst informeras om förestående och pågående entreprenadarbeten samt kallas till och ges möjlighet att delta i de byggmöten som hålls kontinuerligt.

## 4 Översiktlig beskrivning av Sala-anläggningen

I det följande beskrivs anläggningens uppbyggnad och funktion i driftskedet samt genomförda förberedande arbeten inför avvecklingsentreprenaden.

### 4.1 Anläggningen

Anläggningen är belägen utanför Broddbo norr om Sala och byggdes under början och mitten av 1970-talet av dåvarande Överstyrelsen för Ekonomiskt Försvar (ÖEF). Anläggningen ingick i programmet för civil beredskapslagring av petroleumprodukter, är geografiskt placerad för att försörja viktiga samhällsfunktioner i avspärnings- och krigssituationer samt skall klara anfall med konventionella vapen. Beslutet om att bygga anläggningen togs mot bakgrund av behovet av skyddad lagringskapacitet för flygdrivmedel av brandklass 1, vilket anläggningen är konstruerad för. Sedermera ändrades den lagrade produkten till vanlig blyfri motorbensin. Anläggningen har en total lagringsvolym på ca 120 000 m<sup>3</sup>, fördelat på fyra cisterner.

### 4.2 Teknisk beskrivning

Anläggningen är utförd för att klara yttre vapenverkan. Den är därför förlagd under mark i berg och förutom lagringsdel även försedd med en s.k. ekonomidel förlagd i berget. Ekonomidelen inrymmer installationer för försörjning av el, luft och vatten samt verkstadslokaler, manöverrum och skyddsrum. Lagringsdelen är belägen ovanför lagringscisternerna och består av ett ortssystem som knyter samman alla pumptoppar (installationer ovanför cisternhalsarna). Lagringsdelen är förbunden med ekonomidelen samt reservutgång och oljeavskiljare via ett sluss- och barriärsystem. Varje pumptopp har via ett vertikalschakt förbindelse med sin separata lagringscistern. Från pumptoppen har pumpar, styr- och övervakningssystem hängt ned i respektive cistern. Lagring har utförts i oinklädda cisterner på s.k. rörlig vattenbädd, vilket innebär att övre produktyta alltid hölls konstant i cisternhalsen genom att vattennivån i cisternen reglerades i ett nedre ortssystem förbundet med ett s.k. vattenschakt. På så sätt minimerades gasvolymen ovanför vätskeytan.

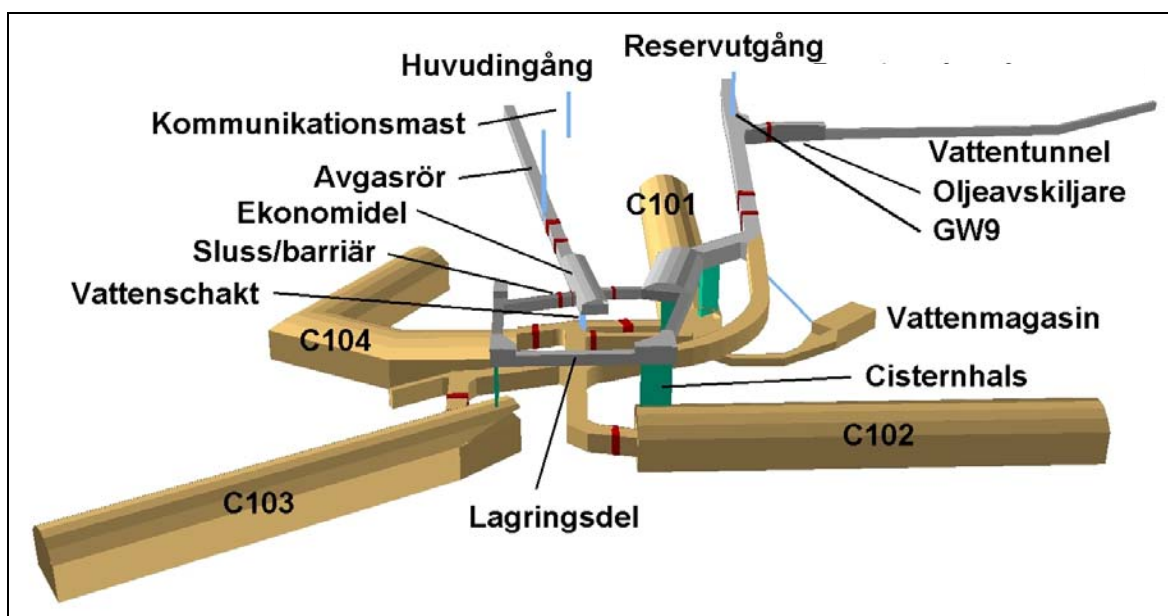


Bild 8. Översikt av anläggningen med ingående delar

Vatten som i driftskedet läcker in i lagringscisternerna bräddar ut i vattenschaktet och pumpas därifrån med en läckvattenpump, via gravimetrisk oljeavskiljare, till en reningsanläggning. Reningsanläggningen är av s.k. strippermodell. Rening av vattnet sker i ett torn där vattnet strilas ovanifrån över en bädd av fyllkroppar och möts av en motriktad luftström. Föroreningen i vattnet tas upp i luftströmmen som sedan renas i en förbränningsanläggning. Det reade vattnet leds därefter ut i närliggande recipient, sjön Storljusen. Reningsanläggningen var även tänkt att användas för rening av läckvatten efter det att anläggningen var avvecklad.

Den i anläggningen lagrade produkten har fyllts på via järnväg och lossats till tankbil eller järnvägstankvagn via lossnings- och lastningsplatser ovan mark.

### 4.3 Skydd/säkerhet

Olika former av skydd och säkerhet är inbyggda i anläggningen. För att förhindra utifrån kommande tryckvågor p.g.a. vapenverkan är anläggningen utrustad med ett s.k. fortifikatoriskt skydd. Detta består av en yttre barriärvägg vid huvudingång och reservutgång.

Längre in i huvudingången respektive reservutgången finns ytterligare en barriär utformad som en sluss med hydrauliskt drivna stålportar i varje barriärvägg. Denna inre barriär är till för att ta upp utifrån kommande tryckvågor som passerar den yttre barriären. Alla genomföringar för ledningar för media (el, luft och vatten) som passerar denna sluss är därför utförda med speciella klaffventiler eller trycktäta genomföringar.

Ekonomidel och lagringsdel är separerade från varandra med ytterligare en sluss för att säkerställa att lufttrycket i ekonomidelen alltid är högre än i lagringsdelen i syfte att förhindra eventuell gas att nå ekonomidelen. Lagringsdelen är, till skillnad från ekonomidelen, klassad som explosionsfarligt område, zon 1 eller zon 2. Ventilationssystemet fyller en viktig funktion för att skapa en god och säker miljö i denna typ av anläggning och är utformad för att klara tryckdifferensen mellan ekonomi- och lagringsdel, både under viloventilation och under den drift- eller forcerade ventilation som utnyttjades vid verksamhet i anläggningen.

Lagringsdelen är utrustad med ett fast system för indikation och larm vid eventuella förekomster av gas. Utrustningen består av ett antal sensorer placerade i lågpunkter och andra punkter där utströmmande gas snabbt kan detekteras, samt en centralenhet placerad i manöverrummet. I centralenheten indikeras gaskoncentrationen vid respektive sensor och larm utgår vid inställda larmgränser.

Alla installationer inom klassade områden skall uppfylla fastställda krav för att nyttjas inom sådana områden. Detta gäller särskilt utrustning, verktyg m.m. som kan alstra värme, gnistor, m.m. Komponenter med elektrisk anslutning skall vara anslutna till en systemjordning som skydd mot elektrisk överspänning. Därutöver skall alla installationer i det klassade området vara anslutna till ett externt jordtag i ett s.k. potentialutjämningsystem. Detta är till för att förhindra gnistbildning mellan olika installationer vid en eventuell spänningshöjning i någon del av anläggningen. Sådana spänningshöjningar kan orsakas av t.ex. statisk elektricitet i form av strömmande vätskor i rörledningar eller av utifrån kommande spänningar vid åskväder.

#### 4.4 Strategi för miljösäkring

Den metod SGU har valt för att miljösäkra anläggningen i Sala m.fl. anläggningar benämns hydraulisk avledning. Metoden syftar till att förhindra en med grundvattnet okontrollerad spridning till omgivningen av de produktrester som kan finnas kvar i anläggningens cisterner och bergmassa. I Sala-anläggningen skulle metoden tillämpas så att det grundvatten som strömmar in i och fyller cisternerna efter det att anläggningen avvecklats hålls på en lägre nivå än den naturligt rådande grundvattennivån genom att en förbindelse med sjön Storljusen öppnats. Tanken var att efter avslutade entreprenadarbeten låta det inläckande grundvattnet rinna från bergrumsanläggningen ut till Storljusen via en befintlig vattentunnel.

Eftersom vattnet i anläggningen är förorenat av den lagrade produkten ingick i planerna att rena vattnet i den befintliga reningsutrustningen som var placerad utanför reservutgången, innan det pumpades vidare ut i Storljusen. Denna reningsprocess planerades pågå i ca 5-10 år, varefter vattenvolymen i anläggningen bedömdes vara omsatt av inströmmande grundvatten och en rening av vattnet inte längre nödvändig. Den styr- och reglerutrustning som var kopplad till stripperanläggningen fanns i den s.k. provtagningskammaren innanför reservutgången. När rening inte längre behövdes skulle strippern på ett enkelt sätt kunna kopplas bort.

Provtagningskammaren skulle vara tillgänglig för den långsiktiga miljökontrollen och skulle därför inte förslutas utan vara tillgänglig via en ståldörr ingjuten i ett betongfundament. Huvudingången skulle däremot förslutas för att inte medge tillträde.

#### 4.5 Utförda arbeten i egen regi

Följande arbeten har bedrivits på anläggningen i egen regi av SGU (och tidigare Statens oljelager);

- Kommersiell tömning av anläggningen, vilket innebar att bensinen pumpades upp till järnvägsutlastningen varifrån den transporterades till av köparen utsedd destination. Slut-tömningen av anläggningen genomfördes under 1996 av dåvarande Statens oljelager.
- Sanering genom ”skumning” av rester av den lagrade produkten efter den kommersiella tömningen. Arbetet utfördes genom att specialutrustning hängdes ned i cisternhalsarna, varefter vätskeytan i respektive cistern sänktes av så att taken i cisternerna frilades och de sista tillgängliga produktresterna ”skummades” av från vätskeytan. Produktresterna mellanlagrades i två mindre stålcisterner placerade i anläggningen före transport för destruktion. Därefter rengjordes stålcisternerna inuti.
- En ytterligare avsänkning av vattennivåerna i cisternerna efter genomförd sanering i syfte att under planerade entreprenadarbeten inte behöva pumpa bort till cisternerna inläckande grundvatten
- Rengöring av dieseltank avsedd för bränsleförsörjningen av de reservkraftsaggregat som var placerade i anläggningen
- Rivning av kontaktledningar och signalsystem ovan mark inom det spårområde som hörde till anläggningen.

Utöver dessa arbeten, som var inriktade på den planerade miljösäkringen och avvecklingen av anläggningen, har SGU haft ett program för drift och underhåll av anläggningen. Sedan den kommersiella tömningen genomfördes har SGU också bedrivit en miljökontroll i och kring anläggningen.



SGU har också, med stöd av upphandlade konsulter, genomfört en rad utredningar och undersökningar;

- Inledande studier i syfte att ta fram en principlösning för miljösäkringen av anläggningen
- Miljökonsekvensbeskrivning för miljösäkringen av anläggningen
- Utredning av eventuell påverkan på Storljusen avseende tidigare och framtida belastning från anläggningen
- Inventering av allt material och installationer i anläggningen som underlag för rivningsanmälan till Sala kommun
- Ansökan enligt miljöbalken om avledning av grundvatten och utsläpp till Storljusen, med förslag till ett program för långsiktig miljöövervakning. Miljödom erhöles i november 2001.

## 5 Entreprenaden

### 5.1 Övergripande projektbeskrivning

#### 5.1.1 Kontraktetsform

Skanska fick i september 2002 i uppdrag att utföra en entreprenad för slutavvecklingen av SGUs oljelagringsanläggning i Sala.

Projektet handlades upp som en generalentreprenad, vilket innebär att entreprenören ansvarar för allt arbete inom den avtalade entreprenaden. Beställaren ansvarar för projektering och beskrivning av det aktuella arbetet. Entreprenadformen benämns ibland också utförande-entreprenad.

#### 5.1.2 Kontraktshandlingar

Uppdraget utformades genom följande handlingar;

- SGU:s förfrågningsunderlag för entreprenadarbeten (2000-12-14, rev 2002-05-08).
- Skanskas anbud Sala (2002-08-16, med ”Sala anbudskompletteringar” 2002-08-27, 08-29).
- Anbudsgenomgång (2002-09-01 och -05) med ”presumtiva entreprenörer”, SGU internt.
- Överenskommelse om anbudsförutsättningar (2002-09-05) med Skanska.
- SGUs beställning (2002-09-09) av entreprenadarbeten för efterbehandling (HA), byggnadsarbeten vid SGUs oljelagers anläggning Sala, Sala kommun.
- SGUs bygghandling för entreprenadarbeten (2000-12-14, rev 2002-09-16).

I SGUs förfrågningsunderlag ingick administrativa föreskrifter, en översiktlig teknisk beskrivning, mängdbeskrivning, beskrivningar av elanläggningar, anläggnings- och rörarbeten och rivning/demontering av befintliga anläggningar och installationer samt ritningar. I underlaget ingick också SGUs säkerhetsföreskrifter (dat 1999-02-05) avseende ”skyddsåtgärder mot brand och explosion vid externa uppdragstagares arbeten i anläggningar där brandfarliga och explosiva vätskor har förvarats”.

De projekteringshandlingar som beskriver hur arbetet ska genomföras togs på uppdrag av SGU fram av konsultföretaget J&W (nu WSP). Samma företag har också tagit fram miljökonsekvensbeskrivning och bakgrundsmaterial till ansökan för miljödom.

#### 5.1.3 Arbetenas omfattning

Omfattningen av entreprenaden framgår av beskrivande dokument i SGUs förfrågningsunderlag, bl.a. mängdbeskrivning, beskrivning av elanläggningar och beskrivning avseende rivning/demontering av befintliga anläggningar och installationer. De beställda arbetena avsåg dels anläggning av hydraulisk avledning, dels rivning och demontering av befintliga anläggningar och installationer, både inne i berget och ovan jord, vilket omfattade bl.a.;

- Anläggande av ny utloppsledning i befintlig vattentunnel mellan anläggningen och den intilliggande sjön
- Anläggande av ny, tät betongbarriär i vattentunnel
- Rivning, demontering av och omhändertagande av installationer, utrustningar m.m.

- Anläggande av provtagningskammare och försegling av reservutgången som tät betongbarriär
- Utförande av elinstallationer i provtagningskammaren
- Försegling av huvudingången som tät betongbarriär, inklusive återfyllning och terrängmodellering
- Rivning av förvaltningsbyggnad, återställning av mark inom utlastningsplats och etableringsyta.

#### 5.1.4 Säkerhetsfrågor

Av de i SGUs förfrågningsunderlag ingående administrativa föreskrifterna framgick att brandfarlig vara (bensin) lagrats, att entreprenadarbetena skulle komma att äga rum i en miljö som är klassad som zon 1 enligt Svenska elektriska kommissionens normer vad avser brandfarliga varor samt att det ankom på entreprenören att ombesörja säkerställandet av arbetsmiljö och säkerhet inom arbetsområdet.

Av projektörens beskrivning avseende rivning/demontering av befintliga anläggningar och installationer framgick, utöver ovanstående, att installationer och tekniska system för hantering av lagrade produkter var tömda. ”Rester kan finnas kvar varför samtliga komponenter skall behandlas som förorenade och med stor risk för förekomst av explosiva gaser”. I samma dokument anges att ”Entreprenören övertar drift och funktionsansvar för samtliga inom entreprenadområdet ingående system och funktioner. Entreprenören svarar för att anläggningens säkerhets- och larmsystem är i funktion under hela entreprenaden. Finns behov av tillfälliga system för att kunna demontera befintliga, skall detta ingå i entreprenörens ansvar och bekostas av denne. Hela entreprenadområdet är en klass 1 anläggning. Allt arbete sker i zon 1 miljö. Riskområde zon 1 innebär att explosiv gasblandning kan väntas förekomma tillfälligt under normal drift”.

I SGUs säkerhetsföreskrifter angavs bl.a. att ”I de fall SGU/Statens oljelager inte längre håller anläggningen i normal drift kommer ursprungliga anordningar för skydd mot brand, explosion, m.m., inte hållas i funktion på samma sätt som under normal drift”. Vidare framgick att ”Konstateras eller misstänks förekomst av brandfarlig vätska eller gas vid eller i närheten av arbetsområdet skall följande åtgärder vidtas: Arbetet skall avbrytas, Arbetsområdet skall utrymmas, SGU/Statens oljelagers Platsansvarige (d.v.s. föreståndaren) skall kontaktas för erhållande av direktiv. Arbetet får inte återupptas förrän tillstånd lämnats av Platsansvarig”.

## 5.2 Organisation

### 5.2.1 SGUs projektorganisation

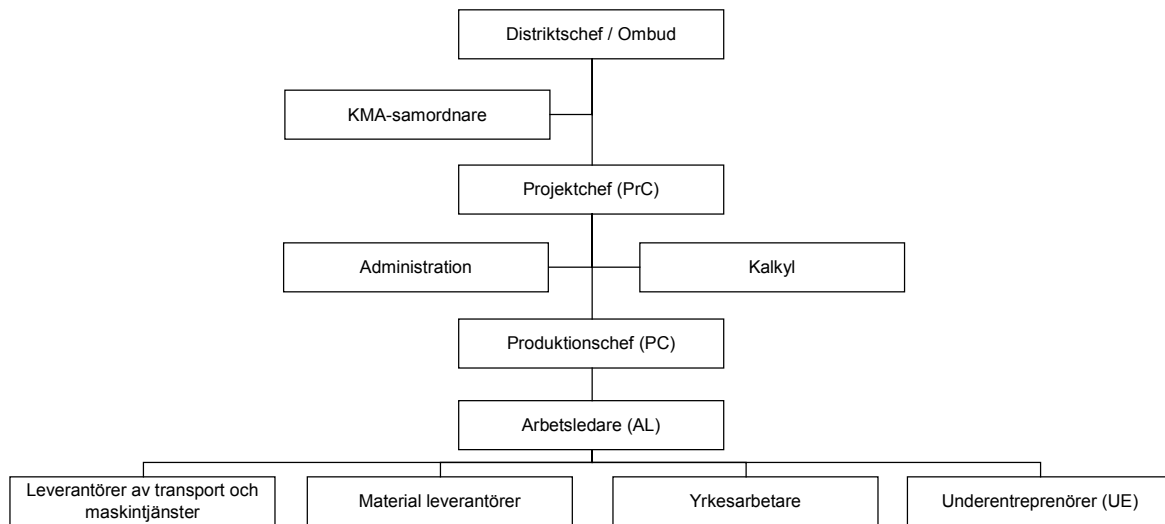
SGUs projektledare för miljösäkringen av Sala-anläggningen har ett delegerat ansvar för arbetets genomförande, bl.a. samordning med projekterande konsult samt upphandling, uppföljning och avstämning av entreprenadens genomförande enligt avtal, m.m. Projektledaren har för detta projekt handlat upp ett beställarstöd (SWECO VBB) som fungerat som projektledarens diskussionspartner och rådgivare. Beställarstödet har även fungerat som besiktningsman för del- och slutbesiktningar samt har haft erforderligt kvalitetsansvar enligt PBL för att utföra sina arbetsuppgifter. Beställarstödet har inte mandat att fatta egna beslut rörande entreprenadens genomförande.

För anläggningen har SGU sedan den 19/10 2000 haft en till kommunens räddningstjänst anmäld föreståndare enligt förordningen om brandfarliga och explosiva varor (SFS 1988:1145). Föreståndaren har varit tillgänglig för projektets räkning och har bistått med anläggnings-specifik information rörande såväl installationstekniska frågor som säkerhetsfrågor under entreprenadens genomförande. Föreståndaren har fungerat som stöd till SGUs projektledare i dessa frågor och deltagit i byggmöten samt har i övrigt varit tillgänglig och haft täta kontakter med Skanskas personal under entreprenadens genomförande.

Formellt ombud för SGU i kontakten med Skanska har varit SGUs projektledare.

### 5.2.2 Skanskas projektorganisation

Entreprenör har varit Skanska Sverige AB, Division Väst – Väg och Anläggning Norr, med kontor i Gävle. Av Skanskas projektplan för Sala-entreprenaden framgår följande projektorganisation.



Formellt ombud för Skanska i kontakten med SGU har varit Skanskas distriktchef.

### Ansvarsfördelning

Enligt delegationshandlingar har produktionschefen fördelat de arbetsmiljöuppgifter han fått i linjeorganisationen från projektchefen, till arbetsledaren för det aktuella projektet. Detta skedde i oktober 2002.

Samordningsansvaret enligt AML 3 kap 6 samt 7§ och brandskyddsansvaret för projektet överfördes till Skanska.

### Kompetens och förmåga

Produktionschefen har genomgått Skanskas grundutbildning i arbetsmiljö, med påbyggnadsutbildning avseende byggnads- och anläggningsföreskriften under 2002. Han har utbildning för att vara brandskyddsansvarig för heta arbeten.

Arbetsledaren har genomgått Skanskas grundutbildning i arbetsmiljö med påbyggnadsutbildning avseende byggnads- och anläggningsföreskriften under 2002. Arbetsledaren har vidare

utbildning för att vara brandskyddsansvarig för heta arbeten. Arbetsledaren har normalt varit dagligen på arbetsplatsen, dock ej vid olyckstillfället.

De personer som varit inblandade i projektet har samtliga gedigen kunskap om anläggningsarbete och erfarenhet av liknande arbetsuppgifter.

För hela projektet har, utöver framtagen projektplan, en särskild arbetsberedning gjorts med avseende på säkerhet och riskhantering. Denna arbetsberedning har tillsammans med Skanskas arbetsplatsregler och SGUs säkerhetsföreskrifter gått igenom med samtliga personer på arbetsplatsen. Genomgångarna har dokumenterats och varje person har skriftligen intygat att man tagit del av genomgången.

### Säkerhetsstyrning

Skanska har av SGU fått information om anläggningen samt säkerhets- och arbetsmiljöaspekter kopplade till beställda arbeten. I informationen har ingått en säkerhetsinstruktion för den aktuella typen av anläggning, rivningsanvisningar och administrativa föreskrifter. Som underlag för Skanskas anbud samt arbetsmiljöplaner, etc. har SGUs interna säkerhetsföreskrifter för arbete på oljelagringsanläggningar samt en förenklad arbetsmiljöplan överlämnats. Varuinformationsblad kring de produkter som funnits i berget saknades vid projektstart men införskaffades av Skanska.

En extern konsult, Lumax Teknik & Sevice, har på uppdrag av Skanska utarbetat en arbetsberedning för projektet med syftet att säkerställa att arbetet kunde genomföras på ett säkert sätt. Arbetsberedningen innehåller teknisk information om anläggningen, dess säkerhetsfunktioner, åtgärder i förebyggande syfte, krav på hetarbetstillstånd, hälsorisker med petroleumprodukter, en ny områdesklassning och en arbetsordning. Angivna säkerhetsfunktioner är frånluftsventilation, fasta och bärbara gasmätare, upprätthållande av differenstryck mellan ekonomi- och lagringsdel samt efterlevnad av riktlinjer för tillfällig elutrustning. Åtgärder i förebyggande syfte omfattade anläggningskontroll före projektstart, information till ny personal som vistas under jord och rutiner före arbete under jord (s.k. rondering).

Ronderingen ingick i Skanskas dagliga rutiner för att kontrollera säkerheten enligt den framtagna arbetsberedningen, bl.a. genom gasmätning, innan dagens arbete kunde ta sin början. Gasmätningen genomfördes av arbetsledaren eller av yrkesarbetarna själva och dokumenterades kontinuerligt. Samtliga på projektet var förtrogna med de rutiner som krävdes för uppstart varje dag.

Avvikelsesrapporter och tillbudsrapporter har använts för att rapportera uppkomna brister som skapat osäkra förhållanden. Rapporterna vittnar om att osäkra gasblandningar noterats under projektets gång. Arbetet har då avbrutits i enlighet med säkerhetsrutinerna och bristerna har åtgärdats, varefter arbetet återupptagits. Kontroller och styrning skedde kontinuerligt även genom skyddsronder varannan vecka i hela objektet.

## **5.3 Genomförda arbeten**

### *5.3.1 Allmänt*

Entreprenaden påbörjades den 1 oktober 2002 och skulle enligt ursprunglig tidsplan vara slutförd den 14 april. På grund av osäkra arbetsförhållanden (gaslukt och dåligt berg) avbröts ut-

förändret av en utloppsledning i befintlig vattentunnel. Vid ett särskilt säkerhetsmöte påtalade entreprenören problemen och att arbetet avbrutits i enlighet med projektets säkerhetsföreskrifter. Arbetet återupptogs när alternativa lösningar och metoder för ett säkrare arbete tagits fram. Entreprenaden försenades dock och slutbesiktningen flyttades fram till den 3 juni 2003.

Arbetet bedrevs ”inifrån och ut”. De första momenten bestod av utrivning av installationer, bl.a. elektriska installationer och jordlinor, i anläggningens lagrings- och ekonomidel. Vid olyckstillfället var rörgenomföringar och ventilationskanaler demonterade på ömse sidor om barriärväggen, mellan provtagningskammare och ort, samt tätade. Huvudingången var dessutom avsläntad med fyllningsmassor från utlastningsområdet. I reservutgången hade en ny barriärvägg byggts för att åstadkomma en pump- och provtagningskammare mellan befintlig barriär och den nya väggen. Allt arbete inne i anläggningen var avklarat med undantag för vissa återstående installationsarbeten i provtagningskammaren. I övrigt kvarstod rivningen av förvaltningsbyggnaden, m.fl. arbeten ovan mark.

### 5.3.2 Handlingar

Utöver ovan beskrivna kontraktshandlingar har följande styrande och redovisande dokument upprättats av SGU respektive Skanska i anslutning till entreprenaden. De handlingar som markerats som interna nedan avser interna dokument som inte rutinmässigt delgetts beställaren respektive entreprenören.

#### Skanska

- Projektplan, daterad 2002-09-30 (Kvalitets- och miljöplan)
- Byggherrens arbetsmiljöplan, kontinuerligt reviderad (bilaga till projektplan)
- Riskinventering, daterad 2002-08-14 (bilaga till projektplan)
- Arbetsberedning anläggning 3908 i Sala daterad 2002-10-21, rev 2002-11-27
- Övriga arbetsberedningar, interna
- Byggdagbok och dagliga ronderingar
- Skydds- och miljöronder, interna
- Avvikelsesrapporter, interna
- Tillbudsrapporter, interna.

#### SGU

- Byggmötesprotokoll, 15 st. daterade 2002-10-01 – 2003-05-19
- Ändrings-PM daterad 2002-12-11
- Övriga revideringar av handlingar
- Delbesiktning under jord daterad 2003-04-30 (avser även besiktning utförd den 8 maj)
- Delbesiktning ovan jord daterad 2003-05-14.

### 5.3.3 Byggmöte 1 - 15

Arbetenas genomförande, beslut och viktiga frågor framgår av protokollen från totalt 15 byggmöten mellan den 1 oktober 2002 och den 19 maj 2003. Det sista, från två dagar före olyckan, hann inte formellt fastställas av parterna utan finns endast som ett utkast till protokoll från SGUs beställarstöd.

Vid byggmötena har från uppdragsgivaren, SGU, deltagit projektledare och anläggningsföreståndare samt anlitat beställarstöd. Från utföraren, Skanska, har deltagit projektchef, produktionschef och arbetsledare. Startmötet för entreprenaden hölls på anläggningen den 1 oktober 2002. Utöver SGU och Skanska medverkade Räddningstjänsten i Sala-Heby, projektören (J&W, numera WSP) och SGUs beställarstöd (SWECO VBB). Samtliga protokoll, med undantag för det sista före olyckan ej fastställda dokumentet, har delgetts Sala kommun och Räddningstjänsten, vilka också regelmässigt kallades till byggmötena.

Nedan följer ett sammandrag av pågående och genomförda arbeten samt viktigare säkerhets- och arbetsmiljöfrågor m.m. som noterats vid samtliga byggmöten. Av Broddbogrupperns kommentarer till byggmötesprotokoll 11 och 13-15 nedan framgår även kompletterande uppgifter erhållna genom dagböcker, besiktningsprotokoll, avvikelserapporter m.m. samt genomförda intervjuer med den personal som varit verksam på anläggningen under entreprenaden.

#### Startmöte/Byggmöte nr 1, 2002-10-01

Skanska har samordningsansvaret på arbetsplatsen. SGU meddelar avsikt att inte bedriva egen verksamhet på arbetsplatsen efter etableringen.

Av protokollet framgår att SGU avser att kontinuerligt följa upp tillrinningen av vatten till cisternerna genom mätning samt att drift och underhåll av installerad stripper (reningsanläggning) sköts av SGU. Dessa arbeten skall utföras på sådant sätt att Skanskas arbete ej störs eller begränsas.

SGUs säkerhetsföreskrifter för arbete på oljelagringsanläggningar gicks igenom under mötet. Vidare överlämnade SGU vid mötet två kalibrerade gasmätare, inklusive instruktionsmaterial. Det överenskoms att Skanska fortsättningsvis ansvarar för drift och underhåll av gasmätarna.

Räddningstjänsten påtalade vid mötet att det enligt lag är förbjudet att införa eld och eller utföra bearbetning som ger upphov till gnistbildning i en klass 1 anläggning. Överenskoms att detta hanteras på så sätt att en gasfriförklaring bereds av SGU efter förfrågan från Skanska. Denna konfirmeras sedan skriftligen med Räddningstjänsten för godkännande.

På fråga från Skanska om lämplig rådgivare i säkerhetsfrågor anvisade SGU en tidigare anställd vid SGU med eget företag, Lumax, som en möjlig resurs.

SGU överlämnade vid mötet en förenklad arbetsmiljöplan att inarbetas i Skanskas projektplan.

Skyddsronde genomfördes av SGU tillsammans med Skanska i anslutning till startmötet. Framtida skyddsronder hålls av Skanska varannan vecka.

Skanska överlämnade vid mötet sin preliminära projektplan samt kontrollplan för genomgång och synpunkter av SGU. Skanska skall genomföra arbetsberedning för de arbeten som bedöms kritiska.

### Byggmöte nr 2, 2002-10-29

En genomgång med Skanskas personal om hur anläggningen fungerar genomfördes av SGU den 24 oktober. Genomgången ingick som en del i Skanskas interna etableringsmöte. Vid genomgången närvarade Räddningstjänsten i Sala-Heby.

Arbete pågår med tömning av ledningar och oljeavskiljare, bortkoppling av hydraulik för dörrar m.m.

Skanska meddelar att Lumax anlitas för att arbeta med säkerhetsfrågor åt Skanska och att Skanska samordnar sina arbeten med Lumax.

Ytterligare en gasmätare har av SGU överlämnats till Skanska. Denna är försedd med ett långt rör vilket möjliggör mätning i ledningar.

Skanska överlämnade projektplan och arbetsmiljöplan för entreprenaden. Vidare meddelas att Skanska haft en uppstart för arbetet med hjälp av Lumax samt upprättat en arbetsberedning för avvecklingen av anläggningen.

### Byggmöte nr 3, 2002-11-19

Arbete pågår med tömning av ledningar. Vattnet i vattentunneln har börjat pumpas ut. Oljeavskiljaren är tömd och rengjord. Nedmontering av utrustning i lagringsdelen har påbörjats och avfuktningssaggregat är urkopplat.

Skanska har vid gasmätning i vattentunneln konstaterat att det finns gas i denna. Detta avsågs åtgärdas genom utökad avluftning i tunneln. SGU hjälper Skanska med att få fram en kompletterande fläkt.

I den nya klassningsplanen för anläggningen, framtagen av Lumax/Skanska krävs ur säkerhetssynpunkt att frånluftskanalen i aluminium lämnas kvar i anläggningens lagringsdel och reservutgång p.g.a. att den måste ventilera anläggningen under hela demonteringen. Räddningstjänst och övriga berörda är informerade om klassningsplanen. Detta innebär således att frånluftskanalen skall lämnas kvar i stället för att demonteras enligt rivningsplan.

Lumax har sammanställt en säkerhetsberedning (arbetsberedning) för arbetets bedrivande som kommer att revideras och uppdateras under arbetets gång.

Diskussion uppkommer angående tillförlitligheten av de gasmätare som SGU överlämnat till Skanska. SGU har intyg på att dessa är kontrollerade och skall fungera. Konstateras att Skanska ansvarar för underhållet av mätarna. Överenskomms att SGU försöker få fram ny mätare till Skanska under den tid mätare är inne för kontroll.

### Byggmöte nr 4, 2002-12-03

Pågående arbeten med tömning av vattentunneln har avbrutits av säkerhets- och arbetsmiljöskäl. I övrigt pågår rivning och demontering i liten skala. Rör och ledningar är till största delen rivet, ”endast småplock kvar”.



Lumax har daglig kontakt med Skanska beträffande säkerhetsfrågor. En reviderad säkerhetsberedning bifogas byggmötesprotokollet.

Byggmöte nr 5, 2002-12-17

Borrning av hål ned till utloppsbrunn. Utläggning av vattenledning ovan jord. Inget arbete pågår under jord.

Byggmöte nr 6, 2003-01-15

Nedbilning av oljeavskiljare pågår. Skrotning av vattentunneln startas under dagen. SGU utför egna arbeten på reningsanläggningen.

Ansökan om heta arbeten har lämnats och tillstånd erhållits från Räddningstjänsten.

Diskussion uppkom om ett förslag att sätta igen andningsledningarna direkt på cisterntopparna när det blir dags. Syftet är att eliminera gas i lagringsdel och reservutgång.

SGU har inget att erinra om Lumax säkerhetsberedning beträffande tömning av vattentunneln.

Byggmöte nr 7, 2003-01-30

De arbeten som i huvudsak pågått är skrotning och pumpning av vatten. Pumpning pågår genom provisorisk ledning för att skapa extra utrymme i cisternerna som en reservvolym. Skrotningen av vattentunneln har visat sig vara svårare än vad som kunnat bedömas beroende på mycket slagigt berg. Skrotningen avbröts när ett stort block rasade ned.

Av protokollet framgår att när vägg i provtagningskammare utförs skall en ursparning göras för ventilationskanalen. Denna ursparning gjuts igen som en sista åtgärd.

Byggmöte nr 8, 2003-02-12

Förberedande arbeten för injektering av berg vid provtagningskammare pågår liksom ventilation och länshållning i vattentunnel.

Byggmöte nr 9, 2003-02-26

Arbete pågår med formsättning av barriärvägg mot vattentunnel. Förberedande arbeten med förtagningar i berg för betongvägg i provtagningskammare pågår. Ventilering av samtliga utrymmen som berörs av arbeten pågår.

Byggmöte nr 10, 2003-03-12

Hela barriärväggen mot vattentunneln är igengjuten. Förberedande arbeten för gjutning av provtagningskammaren pågår.

### Byggmöte nr 11, 2003-03-26

Arbete med provtagningskammare pågår, vägg gjutes den 23 mars 2003. På grund av inläckande vatten i utrymme avsett för provtagningskammare tas beslut om injektering.

Av protokollet framgår att en diskussion förevarit om handlingarnas tydlighet avseende vad som skall rivas. Mötet tar beslut om att utöver i handlingarna angivna elkablar, skall all elutrustning demonteras på cisterntoppar.

#### *Broddbogruppens kommentar till byggmötesprotokoll nr 11:*

Av intervju med företrädare för Lumax framgår att denne i kontakt med Skanskas arbetsledare den 27 mars fick information om att anläggningens driftventilation då var satt ur funktion genom att fläktmotorerna demonterats.

### Byggmöte nr 12, 2003-04-09

En underentreprenör till Skanska, Rörteam Gävle, har etablerat sig och arbetar i provtagningskammaren. Ekonomidelen är under rivning och flera sektioner är nästan klara. Provtryckning av utloppsledning.

### Byggmöte nr 13, 2003-04-23

Rivning under jord pågår. Förslaget att sätta igen andningsledningarna på cisterntopparna är nu aktuellt att utföra. Syftet är att eliminera gas i lagringsdelen och reservutgång.

#### *Broddbogruppens kommentar till byggmötesprotokoll nr 13:*

Enligt Skanskas dagboksanteckningar från den 9 april fastnade den pump som använts för dränering av vattentunneln i borrhålet till tunneln. Tisdagen den 22 april avvecklades den fläkt som var ansluten till borrhålet i vattentunneln.

Av dagboksanteckningar från onsdagen den 23 april framgår att andningsledningarna på cisterntopparna satts igen under dagen enligt vad som diskuterades vid byggmötet samma dag.

### Byggmöte nr 14, 2003-05-08

Rivning under jord är klart och lock över inpumpningsledningar är avlägsnade. I provtagningskammaren återstår smärre el- och rörarbeten. Rivning ovan jord pågår.

Den 30 april besiktigade SGUs beställarstöd lagringsdelen under jord. Den utrustning som skulle avlägsnas var vid denna besiktning borttagen av Skanska. Vid byggmötet den 8 maj besiktigades ekonomidelen under jord varvid konstaterades att den utrustning som skall avlägsnas är avlägsnad och att dörrar till lagringsdelen ställts upp.

#### *Broddbogruppens kommentar till byggmötesprotokoll nr 14:*

Av genomförda intervjuer framgår att vattnet i cisternhalsarna steg snabbt och att gas påvisades i anläggningen, varför pågående arbeten med en vägg för förslutning av huvudingången avbröts och återstående utrivning i lagringsdelen påskyndades. SGU kontaktades för besiktning av utförda arbeten i lagringsdelen, vilket genomfördes onsdagen den 30 april. Besiktningen utfördes av SGUs beställarstöd utan deltagande från SGU. Efter besiktningen stängdes

barriärdörren mellan ekonomi- och lagringsdel för att förhindra uppträngning av gas i huvudingången. Av fotodokumentation framgår att väggen i provtagningskammaren vid detta tillfälle hunnit utföras som en tät barriärvägg. Av intervjuerna framgår att personalen var medveten om pågående gasbildning innanför barriärerna, d.v.s. i lagringsdelen och i reservutgången, men att man inte upplevde det som ett problem ur arbetsmiljösynpunkt. För pågående arbeten i huvudingången ventilerades utrymmet genom att suga luft med en fläkt kopplad till befintlig ventilationskanal i huvudingången.

Vid besiktningen av ekonomidelen, torsdagen den 8 maj, påvisades kraftig gasbildning i lagringsdelen innanför barriärdörren. På anmodan av SGU flyttas fläkten från huvudingången till borrhål GW9 i reservutgången. Förutsättningar fanns här att hålla anläggningen fri från gas genom en omsättning av luften mellan borrhål GW9 i reservutgången och avgasrören i huvudingången. Enligt uppgift ventilerades gasen bort på mindre än fem timmar. Vattenytan påvisades vid tillfället ca 1,5 m ned i cisternhalsarna under golvet i lagringsdelen. I cisternhalsarna fanns inget gasövertryck. Barriärdörren mellan lagrings- och ekonomidel lämnades öppen.

#### Byggmöte nr 15, 2003-05-19

Rivning ovan jord pågår, huvudsakligen av förvaltningsbyggnaden. Påslaget vid huvudingången är igengjutet och betongmassor från järnvägsutlastningsplatsen är ditlagda. Alla elledningar i mark är uppgrävda och omhändertagna.

Det konstateras att den snabba vattenuppfyllningen av orterna ovanför lagringsdelen har medfört att en viss bensinlukt kan kännas i provtagningskammaren. Av protokollet framgår att innan arbeten utförs i provtagningskammaren måste en god arbetsmiljö skapas med ett undertryck i reservutgångstunneln.

#### *Broddbogruppens kommentar till byggmötesprotokoll nr 15:*

Måndagen den 12 maj bedrevs arbeten med formsättning av barriärväggen vid huvudingången. Det är oklart om fläkten på GW9 var påslagen när arbetet återupptogs på morgonen. Att fläkten på borrhål GW9 därefter varit påslagen framgår av erhållen uppgift om att personal under måndagen varit nere i anläggningen och påvisat vatten stående ca 0,5 m över golvet i lagringsdelen. Vattnet var vid detta tillfälle helt klart, utan antydning till produktskikt på ytan.

Någon gång mellan måndagen den 12 maj och torsdagen den 15 maj har arbetena i huvudingången avslutats, inklusive utförandet av en tät barriärvägg. Fläkten i reservutgången, som ventilerade såväl lagrings- och ekonomidel som huvudingång och reservutgång innanför uppförda barriärväggar, flyttades härvid från borrhål GW9 till provtagningskammaren för att säkerställa ventilationen i detta utrymme under de avslutande arbetena. Vid byggmötet måndagen den 19 maj påtalade SGUs föreståndare behovet av att ventileras anläggningen genom borrhål GW9 och lämnade vid tillfället över en extra fläkt. Föreståndaren påtalade också lämpligheten av att vid ventilation av provtagningskammaren suga ut luft snarare än att trycka in luft. Den fläkt som Skanska använde i provtagningskammaren var hyrd och återlämnades den 20 maj. Den kvarvarande fläkten användes för fortsatt ventilation av utrymmet i provtagningskammaren.

I övrigt har i utredningsarbetet framkommit att elledningar m.fl. kablar, till skillnad mot vad som anges i byggmötesprotokollet, funnits kvar i marken mellan förvaltningsbyggnad och huvudingång.

## 6 Undersökningar efter olyckan

### 6.1 Polisens förundersökning

Polisen har påbörjat en förundersökning av olyckan genom undersökning och dokumentation på olycksplatsen. Bl.a. har vittnesuppgifter tagits av de personer som fanns på plats vid olyckstillfället. Utredningsgruppen har inte delgivits något av förundersökningen förutom foton och viss teknisk dokumentation, bl.a. angående brännskador i en elanläggning och information angående blixtnedslag vid tiden för olyckan.

Dokumentationen av elanläggning avser bl.a. brännskador i transformatorstationens lågspänningsdel. Dessa uppkom under kvällen efter olyckan den 21 maj då räddningstjänsten beslutade att bryta all elmatning till området. Vattenfalls driftcentral gav per telefon instruktioner för brytning, vilket utfördes av personal från SGU. Detta misslyckades och smärre brännskador uppstod på säkringslastbrytaren. Elmatningen bortkopplades senare under kvällen av Vattenfalls personal.

### 6.2 Utredningens iakttagelser

#### 6.2.1 Undersökning på olycksplatsen

##### Ventilationsfläkt

Framför reservutgången har bl.a. återfunnits rester av den fläkt som användes för att ventilera provtagningskammaren. Ovanför reservutgången finns ett vertikalt provtagnings- och observationshål (borrhål GW9) med ett infodringsrör. Det finns inget som tyder på att en ytterligare fläkt varit monterad på borrhål GW9 vid olyckstillfället.

##### Kablar

Huvudingången var före olyckan igengjuten och täckt med stenmassor. Tryckvågen har demolerat den yttre förträngningen och skjutit iväg delar av massorna. Utanför huvudingången, mellan transformatorstationen som tidigare försörjt anläggningen med el och huvudingången, påträffades en förlängningskabel. Kabelns ände utgörs av ett intakt skarvuttag och ligger ihop-rullad strax utanför massorna som täcker huvudingången. Den andra änden av kabeln går in i en fördelningscentral som står i anslutning till transformatorstationen. I fördelningscentralen är kabeln ansluten till ett löst liggande kraftuttag i storlek 32 ampere. Kraftuttaget var vid undersökningstillfället inte anslutet i centralen, men har att döma av längderna på kabeln tidigare varit ansluten till utgående säkringar i centralen. Kabeln har troligen använts i samband med de tidigare formsättnings- och gjutningsarbeten som utförts. Utredningen har inte kunnat klarlägga om den var spänningssatt vid olyckan.

Utanför fördelningscentralen ligger ytterligare en kabel som slutar endast tre meter utanför centralen, med ett skarvuttag i storleken 63 ampere. Denna kabel är ansluten till en säkringsgrupp i fördelningscentralen och vid undersökningstillfället fanns säkringarna på plats. Därav kan konstateras att denna kabel var spänningssatt vid olyckstillfället.



den svärtning som orsakats av avgaser från närliggande avgasrör. Det har inte heller konstaterats några skador eller svärtningar i kopplingar eller kablar i och runt antennenheten.

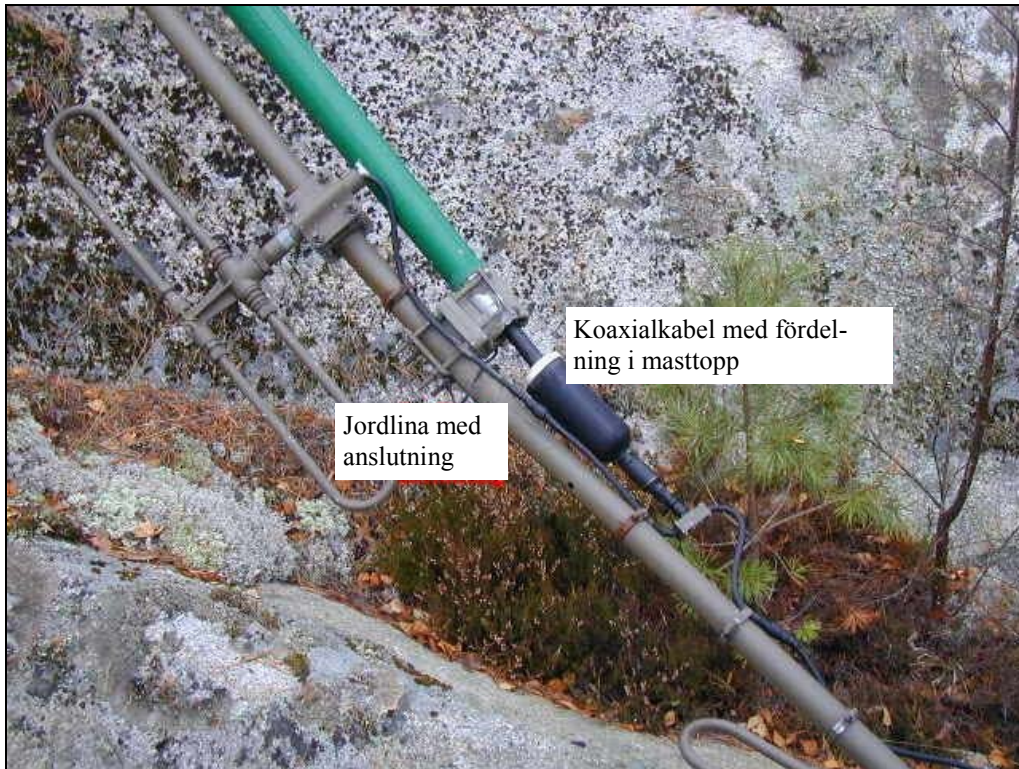


Bild 10. Antennmast fotograferad efter fällningen den 29 oktober 2003

### Avgasrör

Avgasrören, två rostfria rör med en diameter på 150 mm, sticker upp över markytan ca två meter från läget för radiomasten. Rören mynnar med en 180 graders böj över marken. Rören har använts som avgasrör till reservkraftaggregat placerade i ekonomidelen. Avgasrören är inte utförda med metallrör genom hela bergtäckningen. In- och utlopp är endast utförda som ingjutningsgods i borrhålets nedre respektive övre del, vilket innebär att det inte finns en galvanisk förbindelse mellan mark och ortsystem.

#### 6.2.2 Intervjuer

Intervjuer har genomförts med personal som arbetat på anläggningen under entreprenaden samt med vissa ansvariga chefer vid SGU och Skanska. Lämnade uppgifter innehåller både oklarheter och en viss begreppsförvirring, men har i de flesta fall kunnat klarläggas efter avstämning mot dagboksanteckningar, avvikelserapporter, besiktningsprotokoll, protokoll från gasmätningar, vattennivåmätningar etc. Uppgifter lämnade i andra hand har så långt det är möjligt kontrollerats.

Intervjuerna har gett utredningen viktig information om såväl olycksförloppet som den verksamhet som bedrevs på anläggningen fram till olyckan. Intervjuerna har vidare gett utredningen en god inblick i berörda organisationers hantering av säkerhetsfrågor, efterlevnad av framtagna säkerhetsrutiner och det allmänna säkerhetsmedvetandet.

Slutsatserna av genomförda intervjuer är dels inarbetade i beskrivningen av genomförda arbeten i avsnitt 5.3 och ligger dels till grund för utredningens analys och slutsatser avseende orsakerna till olyckan i avsnitten 9 och 10.

### **6.3 Meteorologisk information**

Utredningen har tagit del av Uppsala universitet, Avdelningen för elektricitetslära och åskforskning, registreringar av blixtnedslag i Broddbo-området den 21 maj. Ett nedslag (nr 5649) är registrerat 12:54, med position öster om sjön Storljusen och ca 3 km från anläggningen. Något senare, 12:59, registrerades ett nedslag (nr 5704) 385 m västnordväst om anläggningens radiomast, se bild 9. Det senare nedslaget överensstämmer väl med tiden för det första registrerade larmet till räddningstjänsten två minuter senare och kan med beaktande av angiven felmarginal om ca 500 m kan vara en mycket nära träff. Det måste dock beaktas att fler blixtnedslag kan ha förekommit men som inte varit så kraftiga att de registrerats av universitetet.

I ett område mellan blixtnedslag 5704 och radiomasten, cirka 100 meter väster om masten, observerades i augusti ett par tallar med skador i barken, eventuellt från ett blixtnedslag. Det har dock bedömts som osannolikt att dessa skador har samband med ovädret den 21 maj.

### **6.4 Blixtnedslag som antändningskälla**

I ett yttrande för utredningen redogör docent K G Lövstrand för teorier och erfarenheter kring hur blixtnedslag kan förorsaka överspänningar och gnistbildning i bergförlagda installationer under markytan.

Av yttrandet framgår att blixtnedström kan tränga långt ned i berggrunden samt att stora strömmar och höga överspänningar härvid kan uppkomma mellan olika långsträckta ledare, t.ex. kabelstegar, rör och ledningar, i kontakt med berget. Vid korta gap eller i glappkontakter mellan sådana ledare kan ljusbågar och gnistor uppstå.

Sannolikt uppkom en kraftig strömtransient i radiomasten i samband med det närbelägna blixtnedslaget, antingen genom urladdningsfenomen eller på grund av induktionsfenomen orsakade av den kraftiga fältförändringen vid blixtnedslaget, eller en kombination av dessa. Eftersom masten var av glasfiber har sannolikt hela strömtransienten letts ned i berget via de el- och telekablar som var anslutna till masten. Där dessa ledare var avklippta inne i anläggningen bedöms flera centimeter långa urladdningar ha kunnat uppstå mellan de exponerade kabeländarna och t.ex. en fuktig bergyta eller andra närbelägna ledare.

I yttrandet dras slutsatsen att en eller flera elektriska gnistor sannolikt inträffade i anläggningen i samband med det närbelägna blixtnedslaget och att dessa var mer än tillräckliga för att tända en explosiv gasblandning. Det framhålls också att gnistbildning kan ha förekommit på flera ställen i anläggningen vid blixtnedslaget.

## 6.5 Gasbildning

Utredningen har anlitat Institutionen för kemiteknik vid Kungliga tekniska högskolan, KTH, för att utföra teoretiska beräkningar av kolväteavgasning från bensinförorenade vattenvolymer. Uppdraget var att klargöra om en avgasning från vattnet i anläggningen kunnat ske tillräckligt snabbt för att förklara uppkomsten av den explosiva gasblandningen. Beräkningarna bygger på en uppskattad bensinsammansättning extrapolerad från analyser av läckvatten från anläggningen samt två referenssammansättningar med data hämtade från litteraturen. Detaljerade uppgifter om sammansättningen på den produkt som tidigare lagrats i anläggningen har inte gått att få fram.

Av KTHs rapport framkommer att det måste förekomma någon form av naturlig omblandningsprocess i vätskefasen för att en explosiv gasblandning skall kunna utbildas inom tidsperioder av några dagar till veckor. Utförda beräkningar visar att den kylningseffekt som uppstår vid avdunstning från den fria vattenytan kan vara den drivande kraft som behövs för att naturlig konvektion (omblandning) skall uppstå samt att denna, beroende på temperatur och luftfuktighet i anläggningen, kan leda till att en explosionsfarlig gasansamling bildas inom en vecka till tio dagar.

Två generella slutsatser som kan dras av resultaten från utredningen är att;

- 1) Det krävs ingen fri bensin för att skapa en explosiv gasblandning. Den bensin som var löst i vattnet när vattnet steg upp i lagringsdelen var tillräcklig för att på kort tid (dagar) skapa en explosiv gasvolym.
- 2) Det är möjligt att på kort tid (timmar) ventilera bort en sådan volym.

Utredningsgruppen konstaterar också att man, med sin samlade erfarenhet, inte känner till liknande fall med hög löslighet och därmed sammanhängande kraftig gasavgång. Förhållandet har inte heller uppmärksamrats tidigare i Sala-anläggningen på grund av kontinuerlig ventilation och att det inte har funnits någon stor, fri, vattenyta i anläggningen.

## 6.6 Explosionsrisk med avseende på den lagrade bensinen

Bensin utvinns från råolja genom destillation och vidareförädlas, bl.a. för att höja oktantalet. Sammansättningen av bensin varierar beroende på vilken råolja som används och förädlingsprocessen. Detta medför att egenskaperna för den färdiga bensinen kommer att variera. Även en lång tids lagring kan påverka egenskaperna. Den bensinånga som orsakade olyckan i Sala härrörde dessutom från bensin som först lösts i vatten och därefter förgasats till luften. Detta gör att det i efterhand är svårt att exakt fastställa egenskaperna för de bensinångor som exploderade. Följande egenskaper är med största sannolikhet relevanta för de aktuella förhållandena.

### Flampunkt

Den i avsnitt 6.5 nämnda utredningen vid KTH pekar på att det är de lätta alifaterna (butan och pentan) som till största delen bidrar till den explosiva gasblandningen. Därmed har flampunkten varit låg, under  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , d.v.s. betydligt lägre än temperaturen i bergrummet.



### Relativa densiteten

Ångan i koncentrerad form av de lätta alifaterna är ca 2,5 gånger tyngre än ren luft. Vid en koncentration som motsvarar den undre gränsen av explosionsområdet (LEL) blir dock skillnaden mot ren luft så liten att ångan kommer att röra sig tillsammans med luften. Detta framgår även av att det varit lätt att ventilera bort bensenångor så snart en fläkt använts under entreprenadarbetena.

### Explosionsområdet

För de lätta bensinfraktionerna kan 1,4 – 8 volymprocent tillämpas som intervall för explosionsområdet. Det är sannolikt att koncentrationen har varit högst i gränsskiktet mot vattnet för att sedan sjunka högre upp i orten eftersom ingen ventilation varit i drift dygnet före explosionen. Med utgångspunkt från den tid som vittnen anger att explosionen pågått (3-5 sekunder) är det troligt att omkring halva ortens volym innehållit en explosiv gasblandning.

### Tändenergi

Generellt behövs mycket låga energinivåer för att tända en explosiv gasblandning. Endast ca 0,25 mJ behövs för att t.ex. tända en blandning med 3,8 volymprocent av pentan i luft.

### Ideal blandning

Vid ett visst förhållande mellan bränslet och luftens syre erhåller en optimalt förbränning. Denna blandning kallas för ideal och ger det häftigaste explosionsförloppet samtidigt som blandningen är som mest lättantändlig. I detta fall torde den ideala blandningen vara omkring 4 volymprocent bensenånga.

## **6.7 Explosionsförlopp**

Utredningen har anlitat en extern konsult, Stefan Lamnevik AB, för att utifrån data om anläggningen och vad som är känt om effekterna av olyckan teoretiskt beskriva explosionsförloppet.

Allmänt gäller att bensenångans koncentration i luft måste ligga inom explosionsgränserna och att en tändkälla med tillräcklig tändenergi/temperatur måste finnas för att en explosion skall kunna ske. Mest lättantänd och högst tryck vid explosion ger en blandning som har ideal koncentration.

Av konsultens slutsatser framgår att explosionsförloppet utgjorts av en deflagration, d.v.s. en hastig förbränning snarare än en detonation. Denna slutsats stöds av vittnesuppgifter om förloppets varaktighet och av att två öppningssprängningar efter varandra observerats. Det går dock inte att ur skadebild och beräkningar avgöra var tändningen skett. Vittnesuppgifterna om förloppets varaktighet är för osäkra för att man skall kunna avgöra om förloppet varat totalt 3 (snabbast möjliga omsättning med tändkällan i mitten) eller totalt 6 sekunder (med tändning nära någon av öppningarna). Klart är dock att explosionen började i ett slutet rum. Allt efter som trycket steg påverkades väggar, golv och tak av trycket. Huvudingången gav först vika och trycket fortsatte sedan att stiga tills även reservutgången gav vika. Tryckstegring i en tunnel utan sektionering sker i hela sin längd kontinuerligt med ljudhastigheten i gasen.

Vidare framgår att explosionen troligen inte har skett vid ideal koncentration. Uppkomna skador tyder på att det inte varit så höga tryck och kastlängder som kunde ha uppnåtts vid en explosion med maximal energi- och effektutveckling. Att explosionen ändå upplevts som mycket kraftig beror på att den förbrända gasens volym varit stor. Den stora volymen genererade en mångdubbel avgasvolym som tvingades strömma ut ur relativt små öppningar vilket gav kraftiga vindlaster och en stor kastverkan på lösa föremål framför de av explosionen skapade öppningarna.

## 7 Regelverk

Bestämmelser om hantering av brandfarliga varor framgår av lagen (1988:868) om brandfarliga och explosiva varor, LBE, samt förordningen (1988:1145) till denna, FBE. I övrigt finns i miljöbalken bestämmelser avsedda att förebygga andra skador än sådana som kan uppkomma genom brand eller explosion vid hantering av brandfarliga eller explosiva varor. Bestämmelser om skyldighet för arbetsgivare och arbetstagare att vidta skyddsåtgärder mot skador som kan uppkomma genom brand eller explosion vid hantering av brandfarliga eller explosiva varor finns i arbetsmiljölagen (1977:1160). I räddningstjänstlagen (1986:1102) finns bestämmelser om skyldighet för ägare eller innehavare av byggnad eller andra anläggningar att vidta olycks- och skadeförebyggande åtgärder vid brand.

### Arbetsmiljö

Begreppet arbetsmiljö omfattar i dag inte enbart hälsa och säkerhet på arbetsplatsen. Det handlar om ytterliggare en rad frågor som arbetsorganisation, kompetens, stress, psykosociala frågor m.m. Arbetsmiljön styrs av lagar, bl.a. Arbetsmiljölagen, samt föreskrifter utfärdade med stöd av arbetsmiljölagen och ibland av avtal.

Av såväl arbetsmiljölagen som av med stöd av denna lag utfärdade föreskrifter framgår på vilka nivåer och på vilket sätt arbetsmiljöarbetet skall bedrivas ute på de olika arbetsplatserna. Huvudinriktningen är att arbetsgivaren ansvarar för att arbetsmiljöarbetet sköts på ett tillfredsställande sätt. Övergripande regler finns i AFS 2001:1 om systematiskt arbetsmiljöarbete.

I de specifika föreskrifterna utfärdade av Arbetarskyddsstyrelsen / Arbetsmiljöverket framgår krav och nivåer för ifrågavarande typ av arbete.

- AFS 1999:3 om byggnads och anläggningsarbete
- AFS 2000:42 om arbetsplatsens utformning
- AFS 1997:3 om bergarbete
- AFS 1995:5 om krav på utrustning för explosionsfarlig miljö, EU-direktiv 94/9 EG
- AFS 2000:4 om kemiska arbetsmiljörisker
- AFS 1998:4 om användning av arbetsutrustning .

Förutom ovan uppräknade finns en mängd föreskrifter som bl.a. berör personlig skyddsutrustning, buller, fall, ras, m.fl. Under 2003 har Arbetsmiljöverket bl.a. utgivit nya föreskrifter om bergarbete (AFS 2003:2) och om arbete i explosionsfarlig miljö (AFS 2003:3).

### Tillstånd

Den som yrkesmässigt eller i större mängd hanterar brandfarliga varor skall enligt 11 § LBE ha tillstånd till det. Frågan om tillstånd för verksamheten vid SGUs anläggning i Sala hanteras av Sala kommuns byggnadsnämnd.

Gällande hanteringstillstånd framgår av ett protokoll från den 16 mars 1994. Tillståndet är ställt till NUTEK, som var dåvarande statlig verksamhetsutövare, och är giltigt till den 31 december 2004. Regeringen har genom instruktion (SFS 1994:1007) och regeringsbeslut (dnr 1023/94) överfört förvaltningsansvaret från NUTEK till Statens oljelager och vidare genom

instruktion (SFS 1997:1294) samt regeringsbeslut (dnr N97/3531) från Statens oljelager till SGU.

I 35 § FBE anges att en ny innehavare av en verksamhet där hantering ingår som fordrar tillstånd har tre månader på sig att ansöka om nytt tillstånd. SGU har efter olyckan formellt anmält förändringen av huvudman inom staten för gällande hanteringsstillstånd till kommunens byggnadsnämnd.

Avsikten med kravet på tillstånd, när hanteringen omfattar viss mängd brandfarlig vara, är att samhället önskar ha en möjlighet att kontrollera såväl att en anläggning konstrueras och byggs på ett betryggande sätt som att verksamheten bedrivs på ett säkert sätt. Räddningstjänsten har i detta fall känt till anläggningen och även deltagit i avvecklingsprocessen varför bristen på anmäld förändring av huvudman inom staten varit av mindre betydelse.

### Föreståndare

Enligt 36 § FBE skall den som har tillstånd till hantering av brandfarliga varor utse en eller flera föreståndare för den aktuella verksamheten och därefter underrätta tillsynsmyndigheten om utsedda föreståndare. Föreståndaren skall vara lämplig för uppgiften samt ha goda kunskaper om och god erfarenhet av de varor som hanteras och den verksamhet som hanteringen ingår i. Föreståndaren ansvarar för att hanteringen bedrivs enligt gällande föreskrifter och villkor. Tillståndshavaren skall se till att föreståndaren ges de befogenheter och möjligheter i övrigt som behövs för att kunna fullgöra detta ansvar.

Utsedd föreståndare för anläggningen i Sala framgår av SGUs anmälan till Räddningstjänsten i Sala-Heby av den 19 oktober 2000.

Lagstiftningens avsikt med kravet på föreståndare är behovet av att motverka de stora risker som en felaktig hantering av brandfarliga varor kan medföra. Genom att namnge en eller flera personer blir ansvaret enligt ovan konkret.

Föreståndaren skall med utgångspunkt från sina kunskaper om varornas risker och egenskaper, anläggningens uppbyggnad och säkerhetssystem samt gällande regler bevaka att verksamheten bedrivs på ett säkert sätt. Om brister i brand- och explosionssäkerheten noteras behöver föreståndaren ha tillgång till resurser och befogenheter för att initiera förbättringar. Den yttersta konsekvensen av föreståndarskapet är rätten att stoppa en hantering av brandfarliga varor som inte kan anses betryggande.

Det är angeläget att föreståndarskapet åtföljs av en instruktion där arbetsuppgifter och gränsdragning mot andra föreståndare beskrivs liksom till vem föreståndaren rapporterar när befogenheterna inte räcker. För föreståndaren i Sala fanns ingen sådan instruktion.

### Tillsyn

Räddningstjänsten i Sala kommun gjorde med bistånd av dåvarande Sprängämnesinspektionen tillsyn på anläggningen den 13 oktober 1997 enligt 16 § LBE. Av Räddningstjänstens brand- och tillsynsprotokoll framgår att anläggningen är på väg att läggas ned och att större delen av den brandfarliga vätskan är borta. Det framhålls att anläggningen trots detta sköts på ett säkert sätt och att brand- och tillsynen inte givit upphov till några anmärkningar. I Spräng-

ämnensinspektionens minnesanteckning från den 17 oktober 1997 noteras att hela anläggningen är i perfekt skick och att ingen anmärkning riktades mot denna eller dess skötsel.

Dokumentation från tidigare brand- och tillsyner på anläggningen står inte att finna vilket förklaras av dess tidigare status som hemlig beredskapsanläggning.

Den 13 augusti 2001 begärde Räddningstjänsten bistånd av Sprängämnesinspektionen att ånyo göra en tillsyn enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor. Sprängämnesinspektionens meddelade dock att Räddningstjänsten får klara detta på egen hand eftersom inspektionen höll på att avvecklas. Någon tillsyn genomfördes inte vid detta tillfälle.

### Hetarbetstillstånd

Räddningstjänsten i Sala kommun meddelade under pågående entreprenad Skanska ett tillfälligt hetarbetstillstånd för perioden den 20 januari till 30 maj 2003. Ansvarig arbetsledare vid Skanska samt SGUs föreståndare för den brandfarliga varan har genom sina namnteckningar vidimerat tillståndet och att de tagit del av ställda villkor.

I ställda villkor ingick att arbetsplatsen gasfriförklarats innan hetarbetet påbörjas, vilket innebär att samtliga uppmätta värden är lägre än 5% av LEL och att gaskontrollmätning sker vid uppehåll i arbetet under längre tid än 8 timmar.

Det förberedande arbetet för hetarbetstillståndet och de kontakter som skedde med Räddningstjänsten sköttes av Lumax. Detta företag anlätades av Skanska för att säkerställa att avvecklingen sköttes på ett säkert sätt. Räddningstjänsten har utgått från att Lumax skulle fortsätta sitt uppdrag under hela avvecklingen när tillståndstiden sattes till hela 4 månader. Lumax uppdrag upphörde dock strax efter det att hetarbetstillståndet meddelats, utan att Räddningstjänsten underrättades.

### Tillämpningsbestämmelser

När anläggningen i Sala byggdes fanns speciella regler för bergrum i Kommerskollegii författningssamling serie B 1967 Nr1. Här framgår bl.a. att alla större metallföremål skall vara förbundna med varandra och jordade samt att där explosiv gasblandning kan förekomma skall bergtak och väggar vara åtgärdade så att stenar inte kan falla ned och därigenom orsaka antändning. Vidare fanns krav på mekanisk ventilation av såväl lagerdelen som ekonomidelen. Dessutom skall det finnas automatiskt larm om ventilationen inte fungerar på tänkt sätt.

Reglerna från 1967 ersattes 1 januari 2001 av motsvarande i SÄIFS 2000:2. De nya reglerna är funktionsbaserade men innebörden är de samma som tidigare.

## 8 Åtgärder efter olyckan

De operativa åtgärder som SGU vidtagit efter olyckan har i huvudsak varit inriktade på att säkra anläggningen ur explosionssynpunkt, att säkerställa att skador inte uppstår på miljön och att se över riskbilden för SGUs övriga bensinanläggningar. Säkerhetsaspekterna kring dessa och planerade arbeten har efter hand stämts av med Räddningstjänsten, Räddningsverket och Arbetsmiljöverket.

### 8.1 Säkerhet

Med hänsyn till bedömd fortsatt explosionsrisk ordnades omgående med dygnet runt bevakning av anläggningen samt inrättades ett åskvarningssystem. SGU har också haft en regelbunden tillsyn av anläggningen. Systemet med åskvarning har hanterats av bevakningsbolaget och vid flera tillfällen har pågående arbeten avbrutits p.g.a. åskväder. Ett väl skyltat stängsel runt in- och utgång sattes upp och framför reservutgången ombesörjde Skanska placeringen av sandfyllda containrar som ett extra skydd. En fläkt kopplades till befintligt borrhål GW9 för ventilation av reservutgången och på kort tid reducerades gaskoncentrationen till icke uppmätbara nivåer.

Under hösten har borrning av nya borrhål i anslutning till anläggningens oljeavskiljare genomförts i syfte att säkerställa ventilationen i inneslutna, ej vattenfyllda, utrymmen. Arbeten vid huvudingången påbörjades när vatten fyllt anläggningen till rätt nivå för att påbörja en bortledning av vatten från reservutgången och en fungerande reningsanläggning var i drift. Den metod som användes var att genom borrning av nya borrhål säkerställa ventilationen även i denna del av anläggningen för att därefter på ett säkert sätt kunna schakta bort rasmassor och försluta ingången. Ventilationen av såväl huvudingången som reservutgången och f.d. oljeavskiljaren sker genom att en fläkt är ansluten vid borrhål GW9, varifrån ventilationskanaler dragits ovan mark. Först när dessa arbeten var avslutade i december har SGU kunnat börja släppa på avspärning och bevakning av arbetsområdet.

### 8.2 Yttre miljö

Efter samråd med bl.a. Räddningsverket beslutades redan under räddningsinsatsen dagen efter olyckan att låta anläggningen fyllas upp av naturligt inläckande grundvatten. När anläggningen var vattenfylld i slutet av juli påbörjades bortpumpningen av läckvatten till sjön Storljusen via en temporär reningsanläggning. Analyser på utgående vatten visar att SGU följer de villkor som ställts för verksamheten i meddelad miljödom.

### 8.3 Andra anläggningar

När det gäller SGUs övriga bensinanläggningar beslutades efter olyckan att tills vidare avbryta alla pågående och planerade arbeten. Samtliga Räddningstjänster med bensinanläggning inom sin kommun har i brev informerats om situationen. Gasmätningar har genomförts vid SGUs bensinanläggningar under sommaren och resultatet har rapporterats till Räddningstjänsten i respektive kommun. De kompletterande åtgärder som anlita konsult föreslår i sin utredning har genomförts under året. Dessa omfattar främst förbättrad ventilation i en anlägg-

ning i Laholms kommun samt upprättandet av ett program för regelbundna gasmätningar vid samtliga bensinanläggningar i anslutning till SGUs miljökontroll.

#### **8.4 Planerade åtgärder**

Planerade åtgärder vid anläggningen i Sala är att projektera och bygga en permanent reningsanläggning för läckvatten och att slutföra rivningen och försluta anläggningen. Dessa arbeten beräknas kunna genomföras under 2004 och 2005. SGU har för avsikt att även i detta fortsatta arbete samråda med Räddningsverket avseende planer och metoder.

## 9 Analys

Utredningens analys av orsaker och orsakssamband bygger på den rekonstruktion av genomförda arbeten samt de kompletterande tekniska undersökningar och intervjuer som beskrivs i tidigare avsnitt. Utredningsgruppens bedömning är att detta underlag inte i alla delar är fullständigt, men tillräckligt för att den analys och de slutsatser som redogörs för i det följande skall kunna betraktas som väl underbyggda.

### 9.1 Gasbildningen

#### Vattenuppfyllnad, gasutveckling och ventilation

I syfte att inte vattenfylla anläggningen under pågående arbeten sänktes vattennivån i lagringscisternerna innan entreprenaden påbörjades. Med tanke på det stora naturliga inläckaget av grundvatten var avsänkningen relativt stor, till nivån +62,2 m, vilket medgav att ca 25 000 m<sup>3</sup> inströmmande grundvatten kunde fylla cisternerna utan att behov av pumpning skulle behöva föreligga under en period av ca 2 månader (400 m<sup>3</sup>/dygn). En kompletterande nedpumpning av vattennivån har sedan skett under entreprenaden för att skapa extra utrymme i anslutning till arbetet i vattentunneln.

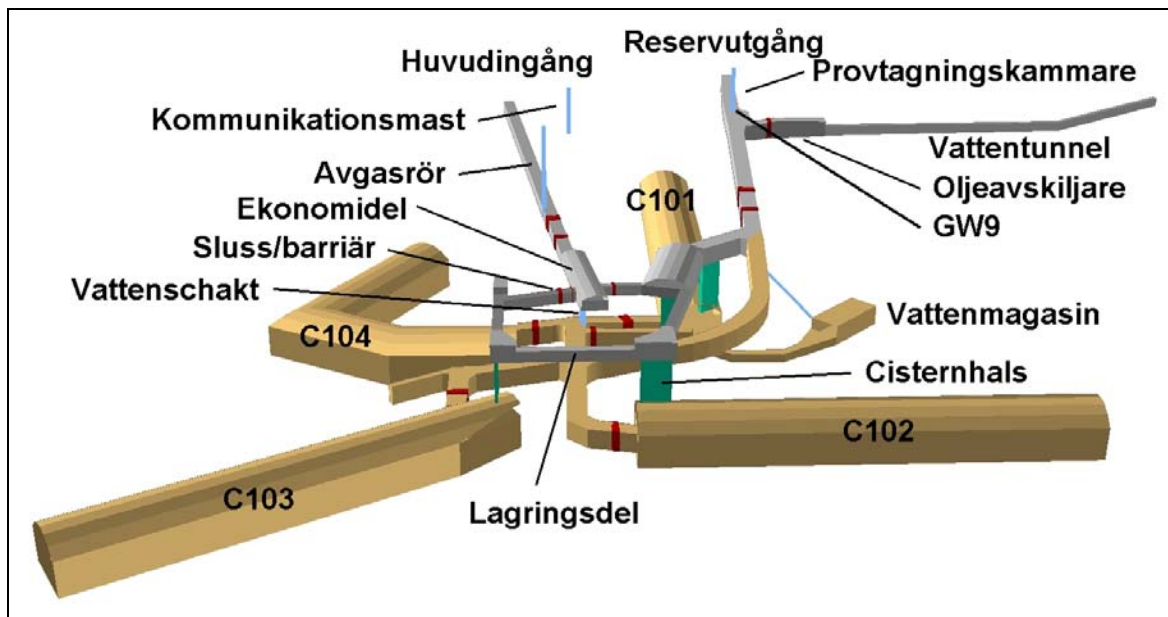
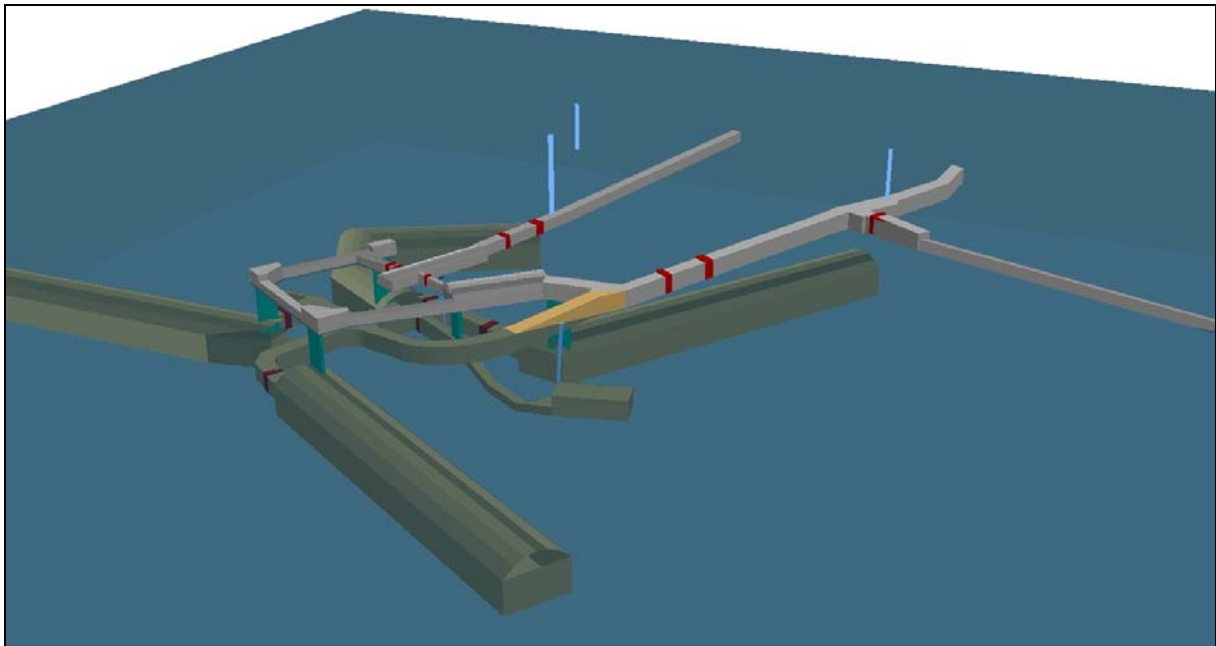


Bild 11. Översiktsskiss av anläggningens underjordsdelar

När anläggningens driftsventilation togs ur bruk, enligt uppgift kring den 27 mars, stod vattennivån fortfarande under cisternhalsarna, ca nivå +66 m. Det var först i slutet av april, under pågående demonteringsarbeten i lagringsdelen, som gaslukt enligt uppgift påvisades i denna del av anläggningen. En besiktning av lagringsdelen genomfördes av SGUs beställarstöd den 30 april, varefter barriärdörren mellan lagrings- och ekonomidel stängdes, uppenbarligen i syfte att förhindra gasen att nå ekonomidelen och huvudingången där det fortsatta arbetet bedrevs. Några ytterligare åtgärder vidtogs inte. Vattnet hade vid detta tillfälle stigit en bit upp i cisternhalsarna, ca nivå +69 m.



Torsdagen den 8 maj besiktigades ekonomidelen, varvid en kraftig gasbildning påvisades innanför barriärdörren till lagringsdelen. På anmodan av SGU flyttades den fläkt som användes för att ventilerade huvudingången, där arbeten pågick med formsättning av en yttre barriärvägg, till borrhål GW9 i reservutgången. Efter att ha ventilerat bort gasen konstaterades att vattnet i cisternhalsarna nu stod ca 1,5 m under golvet i lagringsdelen, ca nivå +76,5 m. Barriärdörren mellan lagrings- och ekonomidelen lämnades därefter öppen i syfte att säkerställa en fortsatt genomluftning. Samma dag demonterades blindlock på respektive cisterns inpumpningsledning i syfte att låta vattnet stiga upp i övre ortssystemet.



*Bild 12. Anläggningens underjordsdelar vid vattennivå +78,5 m. De ljusare partierna i bilden visar icke vattenfyllda orter.*

Måndagen den 12 maj påvisades vattenytan ca 0,5 m över golvet i lagringsdelen, ca nivå +78,5 m. När arbetet i huvudingången avslutats, någon gång mellan måndagen den 12 och torsdagen den 15 maj, flyttades fläkten från borrhål GW9 till provtagningskammaren i reservutgången. Fläkten användes därefter för att ventilerade utrymme i provtagningskammaren där installationsarbeten pågick. I anslutning till byggmötet måndagen den 19 maj påvisades återigen gaslukt, denna gång i provtagningskammaren. Anläggningens föreståndare påtalade behovet av att ventilerade anläggningen via borrhål GW9 samt överlämnade en medförd extra fläkt. Den fläkt som tidigare använts var hyrd och återlämnades dagen efter, den 20 maj. Den nya fläkten användes för fortsatt ventilation av utrymmet i provtagningskammaren.

Onsdagen den 21 maj, antändes en explosiv gasblandning i anläggningen. Framför reservutgången har efter olyckan återfunnits fragment av den fläkt som användes vid provtagningskammaren. Någon fläkt var inte monterad på borrhål GW9 vid tillfället för explosionen.

### Gasavgång

När vattenytan den 12 maj påvisades ca 0,5 m (+78,5 m) över golvet i lagringsdelen fanns, jämfört med när vattnet stod i cisternhalsarna, en betydligt större vattenyta, ca 700 m<sup>2</sup>, från vilken gasavgång kunde ske. Enligt uppgift var vattnet vid detta tillfälle helt klart, utan antydning till produktskikt på ytan. Teoretiska beräkningar utförda vid KTH har visat att den mängd bensin som var löst i vattnet kan ha varit tillräcklig för att inom en vecka till tio dagar skapa

en explosiv gasvolym i utrymmet ovanför vattenytan. Det kan dock inte uteslutas att förloppet påskyndats genom att vattnet i lagringsdelen också tillförts produkt i fri fas eller gasfas från sprickor mellan underliggande cisterner och lagringsdel. Den totala volymen på det icke ventilerade utrymmet ovan vattenytan, upp till barriärväggarna i huvudingång och reservutgång, uppgick till i storleksordningen 9 400 m<sup>3</sup>. Utifrån data om inläckande vatten i anläggningen bedöms att vid olyckstillfället den 21 maj stod den övre vattenytan i anläggningen ca 1,7 meter ovanför lagringsdelens lägsta punkt, vilket innebär att ekonomidelen var täckt med vatten upp till ca 0,4 meter över golvet. Den öppna vattenytan bedöms vid detta tillfälle ha uppgått till ca 1 300 m<sup>2</sup>.

Gasbildning under pågående vattenuppfyllnad i denna typ av anläggning är ett uppenbart riskmoment, vilket också har beaktats i de planer och instruktioner som tagits fram för arbetenas bedrivande. Att en explosiv gasblandning så snabbt kunde bildas i stora delar av anläggningen var dock oväntat.

## 9.2 Antändningen

Den direkt utlösande orsaken till explosionen bedöms vara det kraftiga åskoväder som drog fram över området vid tiden för olyckan. Ett av Uppsala Universitet registrerat blixtnedslag i anläggningens omedelbara närhet klockan 12:59 överensstämmer väl med såväl erhållna vittnesuppgifter om att explosionen föregicks av en åsksmäll, som tiden för mobilsamtal till larmtjänst. I anläggningens radiomast kvarvarande delar av jordledning och koaxialkabel har sannolikt fungerat som ledare för vid blixtnedslaget uppkomna inducerade spänningar. Alternativt kan även kvarlämnade kablar i huvudingången ha fungerat som ledare men då kablarna är klippta i anslutning till den yttre förträngningen bedöms det som mindre troligt att gaskoncentrationen varit tillräckligt hög för en antändning på denna nivå. Det kan inte heller uteslutas att inducerade spänningar även orsakat gnistor i anslutning till i anläggningen kvarvarande metalldelar vars potentialförbindning demonterats.

Jordledningen och koaxialkabeln i radiomasten går ned i anläggningen via ett borrhål vid foten av masten. Jordledningen var ursprungligen ansluten till anläggningens system för potentialutjämning, d.v.s. det system som hade till uppgift att skydda anläggningen mot gnistbildning vid eventuella spänningshöjningar, t.ex. vid åskväder. Ledningarna ingick i det material som enligt handlingarna skulle rivs ut och har under rivningsarbetet i anläggningen klippts där borrhålet mynnar i huvudingångens nedre del. De gnistor som kan ha genererats från de klippta ändarna i samband med det blixtnedslaget bedöms som mer än tillräckliga för att tända en explosiv gasblandning. Vid antändningen har gasen exploderat i form av en hastig förbränning, som först blåst ut genom huvudingången och därefter reservutgången.

## 9.3 Organisation och ledning

Uppdraget att riva och utföra installationer vid SGUs anläggning i Sala handlades upp som en generalentreprenad, vilket innebär att beställaren svarar för projektering och beskrivning av arbetet och entreprenören för arbetet inom den avtalade entreprenaden. Entreprenadens omfattning och förutsättningar framgår av upprättade kontraktshandlingar. I handlingarna ingick en redovisning av i anläggningen ingående material som skulle omhändertas liksom vad som kunde lämnas kvar enligt erhållit rivningslov. I anslutning till upphandlingen genomfördes ett platsbesök på anläggningen gemensamt med beställaren och projekterande konsult.

I upphandlingsunderlag och kontraktshandlingar föreskrevs att entreprenadarbetena skulle äga rum i en anläggning där brandfarliga varor (bensin) lagrats och rester kunde finnas kvar, varför rivning och demontering skulle ske med hänsyn till risken för förekomst av explosiva gaser. Entreprenören övertog drifts- och funktionsansvaret för ingående system samt svarade för att anläggningens säkerhets- och larmsystem var i funktion under hela entreprenaden. Konstaterades eller misstänktes förekomst av brandfarlig vätska eller gas skulle arbetet avbrytas, arbetsområdet utrymmas och föreståndaren kontaktas för direktiv och tillstånd att återuppta arbetet.

Som beställare har SGU följt upp projektet genom regelbundet återkommande byggmöten. Arbetenas framdrift, beslut och frågor på dagordningen framgår av protokollen från totalt 15 byggmöten mellan den 1 oktober 2002 och den 19 maj 2003. På byggmötena har SGUs projektledare och anläggningsföreståndare samt ett externt anlitat beställarstöd deltagit. Från Skanska har normalt projektchef, produktionschef och arbetsledare deltagit. Relationen mellan beställare och utförare i projektet har varit god, med frekventa underhandskontakter mellan parterna via telefon eller besök på arbetsplatsen även mellan byggmötena. Föreståndaren har varit tillgänglig och aktivt medverkat i planeringen och uppföljningen av verksamheten på platsen samt kontrollerat säkerheten i samband med byggmötena.

Vid första byggmötet klargjordes Skanskas samordningsansvar och att SGU inte hade för avsikt att bedriva egen verksamhet på arbetsplatsen, med undantag för vattennivåmätningar och visst underhåll av reningsanläggningen. Efter startmötet och på förslag av SGU anlitar Skanska en extern konsult, Lumax Teknik & Service, som rådgivare i säkerhetsfrågor eftersom expertkompetens på området inte fanns tillgänglig i den egna organisationen. Konsulten tar under oktober och november 2002 fram en arbetsberedning för ett säkert arbete vilken, tillsammans med Skanskas arbetsplatsregler och SGUs säkerhetsföreskrifter, går igenom med personalen. Konsulten har efter slutet av januari 2003 inte anlitats av Skanska i det fortsatta arbetet eftersom man ansåg sig ha fått den struktur och hjälp man behövde för att klara resten av uppdraget.

Risken för gasbildning och vikten av förebyggande åtgärder i form av gasmätningar och säkerställandet av en god ventilation i anläggningen framgår av såväl SGUs underlagshandlingar som Skanskas planer och arbetsberedningar. Under arbetets gång har vikten av en fungerande ventilation särskilt påtalats av Skanskas konsult i säkerhetsfrågor och SGUs föreståndare samt dokumenterats vid byggmöten. Det är uppenbart att brister förelegat i kommunikationen av och/eller i förståelsen av dessa instruktioner. Dagliga ronderingar med gasmätningar genomfördes och gas påvisades i anläggningen vid flera tillfällen, varvid rutinen var att pågående arbeten skulle avbrytas. I utredningsarbetet har dock framkommit att säkerställandet av en fungerande ventilation uppfattades av Skanskas personal som nödvändig endast för att säkra arbetsmiljön i de utrymmen där arbeten pågick. Att gasbildning vid flera tillfällen förekom innanför barriärdörrar och barriärväggar var känt men betraktades inte som en säkerhetsrisk.

## 10 Slutsats

Det är utredningens slutsats att den direkta orsaken till explosionsolyckan i Sala den 21 maj 2003 var ett kraftigt åskväder under pågående avvecklingsarbeten i en anläggning som tidigare använts för lagring av bensen. Sannolikt har ett blixtnedslag i anläggningens omedelbara närhet klockan 12:59 gett upphov till inducerade spänningar som gått ned i anläggningen genom en jordledning eller koaxialkabel i anläggningens radiomast, via ett anslutande borrhål. Där borrhålet mynnar i huvudingångens nedre del var ledningarna klippta varvid ändarna kan ha fungerat som ”tändstift” i ett utrymme som innehöll en stor volym explosiv gasblandning. Ledningarna ingick i det material som enligt framtagna handlingar skulle rivas ut av entreprenören och var en del av anläggningens system för potentialutjämning, bl.a. av de spänningshöjningar som kan uppkomma vid åskväder.

Rivningen och demonteringen inne i anläggningen var avklarad medan arbeten ovan mark återstod. Vid antändningen exploderade gasen i form av en hastig förbränning som först blåste ut genom huvudingången och därefter reservutgången. De två personer som omkom stod utanför reservutgången, övriga tre befann sig mellan de två öppningarna, i en manskapsbod respektive en grävmaskin.

Anläggningens ordinarie driftsventilationen var sedan närmare två månader före olyckan nedmonterad. Förutsättningar fanns dock att med tillfälliga fläktanordningar hålla anläggningen gasfri. Under de ca tre veckor före olyckan som vattnet i anläggningen steg upp i cisternhalsar och lagringsdel påvisades gas under pågående arbeten vid åtminstone två tillfällen. Gasförekomst noterades också av SGUs föreståndare vid besiktningen av anläggningens ekonomidel den 8/5 samt vid byggmötet den 19/5, varvid åtgärder för att ventileras bort gasen anvisades. Anläggningen ventilerades vid tillfället för olyckan inte på det sätt som anvisats.

Såväl beställare som entreprenör har i kontraktshandlingar och planer uppmärksammat och behandlat de risker avvecklingen innebar, liksom skyddsåtgärder för att minska riskerna och förebygga att olyckor skulle kunna inträffa. Den kraftiga gasavgång från bensen löst i vattnet som erhöles och det faktum att en explosiv gasblandning så snabbt kunde bildas var dock oväntat. Det är också utredningens uppfattning att de planer och säkerhetsföreskrifter som tagits fram för arbetets bedrivande inte i alla delar följts av entreprenören, vilket främst kan förklaras av brister i kommunikationen och/eller förståelsen av föreskrifternas tillämpning och syfte. Det senare har framgått av att ventilation skett i syfte att säkra arbetsmiljö och säkerhet i de utrymmen där arbeten för stunden bedrevs snarare än för att förebygga riskerna med gasbildning i hela anläggningen.

## 11 Rekommendationer

### 11.1 Uppmärksammade brister

I utredningen har så långt det varit möjligt såväl händelseförloppet som orsakerna till olyckan beskrivits. Under utredningens gång har vissa brister uppmärksammats, såväl allmänna som sådana som kan ha bidragit till olyckan.

Som framgår av utredningens slutsatser är den direkta orsaken till olyckan sannolikt ett kraftigt åskväder med blixtnedslag. De identifierade brister som kan utgöra en bidragande orsak till olyckan är relaterade till anläggningens system för skydd och säkerhet i driftskedet;

- Att SGU vid projekteringen av miljösäkringsåtgärder inte beaktade potentialutjämnings-systemets funktion som åskskydd under avvecklingskedet
- Att Skanskas personal på anläggningen inte förstod syftet med lämnade anvisningar och instruktioner för att hålla anläggningen fri från gas.

Övriga identifierade brister är;

- Att varken SGU eller tidigare Statens oljelager anmält förändringen av verksamhetsutövare inom staten för gällande tillstånd att hantera brandfarliga varor enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor
- Att SGU vid avsänkningen av vattennivån i lagringscisternerna inte genomfört åtgärder för att bortföra gas från dessa utrymmen, genom ventilation eller s.k. inertering
- Att SGUs föreståndare för anläggningen i Sala inte haft någon skriftlig instruktion som beskriver föreståndarens ansvar och befogenheter i avvecklingskedet
- Att SGU inte i tillräcklig omfattning har behandlat riskerna med gasbildning i utrymmen som ej vattenfylls efter avvecklingen
- Att Skanskas projektorganisation för uppdraget att avveckla anläggningen i Sala inte bemannats med erforderlig kompetens för att säkerställa ett säkert arbete i en miljö där brandfarlig vara lagrats
- Att Skanska inte utnyttjade möjligheten att i det fortsatta arbetet använda den tillgängliga expertkompetens, Lumax, som tagit fram en arbetsberedning för ett säkert avvecklingsarbete
- Att Skanska borde underrättat Räddningstjänsten när Lumax funktion som rådgivare i säkerhetsfrågor upphörde ca fyra månader innan tillståndstiden för av Räddningstjänsten meddelat hetarbetstillstånd löpte ut
- Att varken Skanska eller SGU i arbetsberedningar och föreskrifter för ett säkert arbete behandlat risken för åska som tändkälla.

I det följande ges rekommendationer till de berörda parterna och andra verksamhetsutövare som ett underlag för att minska riskerna i respektive verksamheter och förebygga att liknande händelser inträffar igen.

## 11.2 Rekommendationer SGU

Utredningen rekommenderar SGU att vid upphandling av arbeten i explosionsfarlig miljö se över de krav som ställs med avseende på kompetens, erfarenhet och resurser samt på ledningssystem för kvalitet, riskhantering och arbetsmiljö. Krav bör ställas på entreprenören att till projektet knyta ett expertstöd i säkerhetsfrågor med uppgift att göra riskbedömningar, säkerställa att förebyggande skyddsåtgärder vidtas samt upprätthålla en kontrollerande funktion genom hela projektet. SGU bör vidare ställa verifierade krav på lämplig utbildning av den personal som skall arbeta på en anläggning där explosiv miljö kan förekomma. En dokumenterad genomgång av anläggningen före byggstart tillsammans med föreståndare, projektledare och projekterande konsult bör vara ett obligatoriskt moment för den anlitate entreprenörens projektorganisation.

Utredningen rekommenderar SGU att vid projektering, utifrån en oberoende riskbedömning av planerade arbeten och framtagna handlingar, samordna ingående rivnings- och anläggningsarbeten med i riskbedömningen identifierade förebyggande skyddsåtgärder. Möjligheterna till anpassade ventilationslösningar för olika skeden av entreprenaden bör särskilt beaktas liksom förutsättningarna att hålla befintliga system för potentialutjämning intakta. Riskbedömningen bör finnas med redan i förfrågningsunderlaget så att det tidigt framgår för entreprenören vilka särskilda åtgärder som måste vidtas under byggskedet. I riskbedömningen måste också ingå säkerställandet av att anläggningarna efter avvecklingen är riskfria med avseende på explosionsfara.

Utredningen rekommenderar SGU att se över vissa entreprenadjuridiska frågor inför kommande upphandlingar med utgångspunkt i att säkerställa möjligheterna till förbättrad uppföljning och kontroll av entreprenörens arbete samt att utreda lämpliga former för hanteringen av samordningsansvaret för arbetarskydd. Även föreståndarens roll, ansvar, befogenheter och tillgänglighet behöver tydliggöras i instruktion och vid upphandlingar av entreprenader.

## 11.3 Rekommendationer Skanska

Utredningen rekommenderar Skanska att se över företagets rutiner avseende säkerställandet av lämplig utbildning och kunskap om explosionsrisker och skyddsåtgärder hos den personal som skall bedriva arbete i en explosionsfarlig miljö.

Utredningen rekommenderar Skanska att, avseende arbeten i explosionsfarlig miljö, se över företagets system för riskhantering, inklusive säkerställandet av tillgänglig kompetens för riskbedömningar och förebyggande skyddsåtgärder samt rutiner för kontroll och uppföljning av att planer och instruktioner efterlevs.

Skanska kommer i övrigt att förstärka rutinerna kring hantering och övertagande av samordningsansvaret enligt AML 3 kap 7§, för att tydliggöra behovet av en kritisk granskning av frågan i samband med offertarbetet. Övertagandet skall inte utgöra en naturlig del av avtals-skrivandet utan kritiskt bedömas från fall till fall i diskussion med beställaren. Skanskas policy ska normalt vara att inte åta sig samordningsansvaret i situationer där man inte råder över arbetsplatsen, eller förutsättningarna för arbetets utförande.

## Referensförteckning

### Tidigare handlingar

Byggnadsnämnden i Sala kommun; Storljusen. Tillst. brandfarlig vara, 1994-03-16.  
FB Engineering AB; Statens oljelager. Riskanalys – Sanering av bergrum, 1997-06-06.  
Sprängämnesinspektionen; Minnesanteckningar från tillsyn gjord tillsammans med Räddningstjänsten i Sala den 13 oktober 1997, 1997-10-27.  
SGU; Anmälan av föreståndare, 2000-10-19.  
SGU; Strategi för avveckling av bergrumsanläggningar, 2002-12-10.

### Kontraktshandlingar

SGU; Förfrågningsunderlag för entreprenadarbeten (2000-12-14, rev 2002-05-08).

1. Handlingsförteckning
2. Formulär till å-prislista
3. Administrativa föreskrifter, AF
4. Mängdbeskrivning, anläggnings- och rörarbeten, MB
5. Beskrivning avseende rivning/demontering av befintliga anläggningar och installationer
6. Beskrivning elanläggning
7. Ritningsförteckning
8. Ritningar
9. SGU-SOL:s Säkerhetsföreskrifter (dat 1999-02-05) avseende skyddsåtgärder mot brand och explosion vid externa uppdragstagares arbeten i anläggningar där brandfarliga och explosiva vätskor har förvarats
10. Översiktlig teknisk beskrivning
11. Bilagor till rivningsanmälan
  - Kontrollplan rivning/demontering
  - Redovisning av material som kan kvarlämnas i anläggningen

Skanska; Anbud Sala, 2002-08-16 (Sala anbuds kompletteringar” 2002-08-27, 08-29).  
SGU; Anbudsgenomgång med presumtiva entreprenörer, 2002-09-01 – 05.  
SGU; Överenskommelse om anbudsförutsättningar med Skanska, 2002-09-05.  
SGU; Beställning av entreprenadarbeten för efterbehandling (HA), byggnadsarbeten vid SGUs oljelagers anläggning Sala, Sala kommun, 2002-09-09.  
SGU; Bygghandling för entreprenadarbeten, 2000-12-14 (rev 2002-09-16).

### Övriga entreprenadhandlingar

Skanska; Riskinventering (bilaga till projektplan), 2002-08-14.  
Skanska; Projektplan, 2002-09-30.  
Skanska; Byggherrens arbetsmiljöplan, 2002-09-30.  
Skanska; Dagordning Etableringsmöte, 2002-10-24.

Lumax; Arbetsberedning anläggning 3908 i Sala, 2002-10-21, rev 2002-11-27.

Skanska; Byggdagbok.

Skanska; Rondningslistor.

Skanska; Protokoll från skydds- och miljöronder.

SGU; Byggmötesprotokoll, 2002-10-01 – 2003-05-19.

SWECO VBB; Protokoll från delbesiktning av SGU anläggning nr 3908 i Sala, 2003-05-11.

SWECO VBB; Protokoll från besiktning av ovanjordsarbeten i Sala, anläggning 3908, 2003-05-14.

Lumax; Jan Jonssons dagboksnoteringar från avveckling SGUs oljeanläggning i Sala, 2002-10-01 – 2003-01-20.

Räddningstjänsten Sala-Heby; Hetarbetstillstånd, januari 2003.

#### Utredningar efter olyckan

Uppsala Universitet; Angående blixtnedslag i Broddbo 2003-05-21, 2003-05-28.

Räddningstjänsten Sala-Heby; Rapport från explosionsolyckan vid Bergsjön 2003-05-21, 2003-06-04

Polismyndigheten i Västmanlands län; Undersökningsprotokoll. Dokumentation av elanläggning, 2003-06-25.

Stefan Lamnevik AB; Beräkning av explosionstryck vid olyckan i Sala 2003-05-21, 2003-08-11.

Skanska; Håkan Skottes anteckningar från intervjuer Broddbogruppen 030915, 2003-10-03.

Skanska; Minnesanteckningar från intervjuer 031016, 2003-11-18.

SGU; Sammanställning av intervjuer den 15/9 och den 16/10, 2003, 2003-10-19.

Källberg, K och Råsmalm, L.; Minnesanteckningar från intervjuer 031124.

Räddningstjänsten Sala-Heby; Rapport angående tillsyner enligt lagen om brandfarliga varor på anläggning 3908 vid Bergsjön, 2003-10-10.

Lövstrand, K G.; Bedömning av blixten som antändningskälla vid explosionsolycka i flygbränslefförråd i Broddbo 2003-05-21, 2003-11-26.

Crawford, J., Neretnieks, I. & Ernston, M-L., KTH Department of Chemical Engineering and Technology; A reconstruction of events leading to the Sala explosion, 2003-12-08.