

Utvärdering av efterbehandlad gruvverksamhet

Kartläggning av kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling av gruvverksamhet



RR 2017:04

SGUs diarie-nr: 311-888/2016

Naturvårdsverkets diarie-nr: 03195-16



Omslagsbild: Bild över Svärträrsk
Foto: Kristina Sjödin, SGU
Redaktör: Tone Gellerstedt, SGU

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 75128 Uppsala
tel: 018-1790 00
fax: 018-1792 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

Naturvårdsverket
106 48 Stockholm
tel: 010-698 10 00
fax: 010-698 10 99
e-post: registrator@naturvardsverket.se
www.naturvardsverket.se

FÖRORD

I april 2016 fick Naturvårdsverket (NV) och Sveriges geologiska undersökning (SGU) i uppdrag av regeringen att tillsammans ta fram en strategi för hantering av gruvavfall. Strategin ska presenteras 15 september 2017 och föregås av två delrapporter, *Utvärdering av efterbehandlad gruvverksamhet* och *Kartläggning av kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling av gruvverksamhet*, som båda redovisas här.

Myndigheterna har under arbetets gång haft dialog med flera olika aktörer och vill rikta ett varmt tack till alla dessa för den tid de lagt ner på att delge sina erfarenheter samt att bistå med data och faktagranskning. Ett särskilt tack riktas till länsstyrelserna.

Stockholm och Uppsala i mars 2017

Björn Risinger
Generaldirektör, Naturvårdsverket

Lena Söderberg
Generaldirektör, Sveriges geologiska undersökning

INNEHÅLL

DELUPPDRAG: UTVÄRDERING AV EFTERBEHANDLAD GRUVVERKSAMHET

1. Om uppdraget	8
1.1. Bakgrund	8
1.2. Om begreppet efterbehandling	9
1.3. Avgränsning och genomförande	9
1.4. Läsanvisning	9
2. Gruvor och gruvavfall	10
2.1. Svenska metallgruvor	10
2.2. Om gruvavfall	10
2.3. Vittrande gruvavfall och utlakning av metaller	11
2.4. Spridningsförutsättningar	12
2.5. Branschpraxis och kunskapsutveckling	12
3. Teknik för efterbehandling av gruvavfall	14
3.1. Syfte med efterbehandling av gruvavfall	14
3.2. Torrtäckning	14
3.2.1. Tätskikt	15
3.2.2. Dräneringsskikt	16
3.2.3. Skyddsskikt	16
3.2.4. Vegetationsskikt	16
3.3. Vattenöverdämning	16
3.4. Förhöjd grundvattenyta	17
3.5. Aktiva metoder	18
3.6. Kontroll av efterbehandling	18
3.7. Korrigerande och kompletterande åtgärder	18
4. Utvärdering av efterbehandlad gruvverksamhet	19
4.1. Metod för utvärdering	19
4.2. Efterbehandlade sandmagasin	21
4.2.1. Torrtäckning av anrikningssand	21
4.2.2. Vattenöverdämning av anrikningssand	21
4.2.3. Förhöjd grundvattenyta över anrikningssand	21
4.2.4. Växtetablering på ej vittrande anrikningssand	22
4.3. Efterbehandlade gråbergssupplag och dagbrott	22
4.3.1. Torrtäckning av gråbergssupplag	22
4.3.2. Torrtäckning av återfyllda dagbrott	23
4.3.3. Vattenöverdämning – återfyllda dagbrottssjöar	23
4.3.4. Deponering av gråberg i naturlig sjö	24
4.4. Aktiva efterbehandlingsmetoder	24
4.4.1. Kompletterande vattenrening och kalkning	24
4.4.2. In situ-tvättning och vattenrening	25
4.5. Generella resultat	25
4.6. Kostnadsbild	26
5. Slutsatser	29
6. Referenser	31

7. Sammanfattning	32
8. Beskrivning av uppdraget och genomförandet	33
8.1. Genomförande	33
8.1.1. Uppgifter om statens kostnader	33
8.1.2. Uppgifter om verksamhetsutövarnas kostnader	34
8.1.3. Projekt- och styrgrupp	34
9. Så regleras ansvar för sanering och efterbehandling	35
9.1. Ingen ansvarig – bidrag till efterbehandling	35
9.2. Samfinansiering	35
9.3. Akut avhjälpande	36
9.4. Så prioriteras olika objekt	36
9.5. Miljökrav	37
10. Kartläggning av statens kostnader	37
10.1. Direkta kostnader: utrednings- och åtgärds-kostnader	37
10.2. Indirekta kostnader: prövning och tillsyn	39
10.3. Statens kostnader på längre sikt	40
10.3.1. Ekonomiska säkerheter och statens risk	41
10.4. Utvinningsindustrins ekonomiska omfattning och nettoeffekter	43
10.5. Sammanfattande iakttagelser statens kostnader för efterbehandling av gruvor	44
11. Verksamhetsutövarnas kostnader för efterbehandling av gruvor	45
11.1. Sammanfattning: främsta kostnadsposter och osäkerhetsfaktorer	45
11.2. Gruvdriften i Sverige: yta och produktionsmängd	46
11.3. Dagbrott – efterbehandlingsåtgärder och kostnader	46
11.4. Gråbergsdeponier – efterbehandlingsåtgärder och kostnader	48
11.5. Sandmagasin – efterbehandlingsåtgärder och kostnader	50
11.6. Industriområde – efterbehandlingsåtgärder och kostnader	51
11.7. Vattenrening	52
11.8. Kostnadsposter vid vattenrening	52
11.9. Sammanställning av efterbehandlingskostnader	53
11.10. Vilka faktorer påverkar kostnaderna?	54
11.10.1. Avfallshantering under drifttiden – strategi för avfallshanteraren	54
11.10.2. Avfallsets mängd	55
11.10.3. Avfallsets egenskaper	55
11.10.4. Efterbehandlingsmetoden	55
11.10.5. Gruvans läge och materiallogistiken	56
11.10.6. Kvalificerad täckning – tillgång till täck- eller fyllnadsmaterial	56
11.10.7. Underhåll och efterkontroll	57
11.10.8. Räkneexempel: en konceptuell gruva och fyra olika scenarier	57
11.11. Faktorer som påverkar skillnaden mellan beräknad kostnad och faktiskt utfall	62
11.11.1. Svårigheter att karaktärisera avfallsets reaktivitet och täktens kvalitet	62
11.11.2. Felaktiga strategiska val	62
11.11.3. Planering av materiallogistik	62
11.11.4. Val av entreprenör	62
11.11.5. Objektets storlek	63
11.12. Sammanfattande iakttagelser verksamhetsutövarnas kostnader	63

12. Kostnader och teknikval över tid	63
12.1. Återanvändning av gråberg	63
12.2. Utvinna mer från samma koncentrat	64
12.3. Återprocessa deponerat avfall	64
13. Referenser	65

Bilaga 1. Kartläggning av genomförda efterbehandlingar av gruvverksamhet sedan 1985

Bilaga 2. Resultat av utvärderingarna

Bilaga 3. Några exempel på beräknade och faktiska kostnader för efterbehandling

INLEDNING

I april 2016 beslutade regeringen att:

”Regeringen uppdrar åt Sveriges geologiska undersökning (SGU) och Naturvårdsverket (NV) att tillsammans

- ta fram en långsiktig strategi för hantering av gruvavfall och bedömning av åtgärder för efterbehandling av gruvverksamhet (del 1),
- utvärdera de efterbehandlingar av nedlagda gruvverksamheter som har genomförts från 1980-talet och framåt (del 2), samt
- kartlägga kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling av gruvverksamhet (del 3).

Naturvårdsverket och SGU har arbetat med en gemensam styr- och projektgrupp för att genomföra uppdraget. Här redovisas delrapporterna 2 och 3, utvärdering respektive kartläggning:

Utvärdering av efterbehandlad gruvverksamhet

och

Kartläggning av kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling av gruvverksamhet.

Närmare beskrivning av hur uppdragen har tolkats och preciserats ges under respektive del i rapporten. Ett antal avstämningar har genomförts med Näringsdepartementet och Miljö- och energidepartementet i syfte att säkerställa att angreppssätt och genomförande överensstämmer med regeringens intentioner för uppdraget.

Rapportens två delar kan läsas var för sig och är ett underlag till strategin (del 1) som ska redovisas senast 15 september 2017 till Miljö- och energidepartementet.

Strategin ska bidra till att Sverige ska fortsätta stå stark som gruvnation och vara en föregångare för en miljömässigt hållbar gruvnäring och avfallshantering, där verksamheten inte överlämnar en skadad miljö eller ekonomiska åtaganden till framtidens medborgare och skattebetalare.

För uppdraget har SGU och Naturvårdsverket haft en gemensam styrgrupp.

1. OM UPPDRAGET

Sveriges geologiska undersökning och Naturvårdsverket har gemensamt fått i uppdrag att ta fram en långsiktig strategi för hantering av gruvavfall och göra en bedömning av kostnader och åtgärder för efterbehandling av gruvverksamhet (regeringsbeslut N2016/02787/FÖF). I att ta fram en långsiktig strategi för hantering av gruvavfall ingår att utvärdera efterbehandlingsåtgärder av nedlagd gruvverksamhet som har genomförts sedan slutet av 1980-talet, samt att kartlägga kostnader för hantering av gruvavfall och för stängning respektive efterbehandling av gruvverksamhet.

I denna delrapport utvärderas genomförda efterbehandlingsåtgärder vid nedlagda gruvor, i såväl statlig som privat regi. Utvärderingen skulle särskilt belysa:

- för- och nackdelar med olika efterbehandlingsmetoder, inklusive kostnadsbild,
- hur väl efterbehandlingsåtgärder har medfört en minskning av vittring och läckage av metaller,
- hur efterbehandlingsåtgärder geotekniskt motsvarar uppställda krav, samt
- täckningsmetodens beständighet.

Syftet är att utvärderingen ska leda till kunskap som ska användas för att identifiera långsiktigt hållbara och geotekniskt stabila åtgärder för stängning och avveckling av gruvavfallsanläggningar. Utvärderingen utgör ett underlag till den långsiktiga strategin som också ska tas fram enligt uppdraget.

1.1. Bakgrund

Gruvverksamhet har i de flesta fall en betydande miljöpåverkan och en av de viktigaste aspekterna i sammanhanget handlar om hanteringen av gruvavfall. Trots stora mängder gruvavfall och ofta höga kostnader förknippade med omhändertagandet, så saknas en nationell långsiktig strategi för hantering av gruvavfall och bedömning av åtgärder för efterbehandling, vilket Riksrevisionen uppmärksammat. I rapporten Gruvavfall – ekonomiska risker för staten (Riksrevisionen 2015) har regeringen rekommenderats att ta fram en sådan strategi och att samtidigt ta tillvara och analysera erfarenheter från tidigare efterbehandlingsinsatser och kartlägga kostnader för hantering av gruvavfall och efterbehandling.

Efterbehandling av gruvavfall görs för att långsiktigt minska risken för skada eller olägenhet samt att minska mängder och halter av metaller och naturfrämmande ämnen i miljön. Dessutom ska det enligt gällande lagstiftning säkerställas att det område som påverkats av en utvinningsavfallsanläggning kan återställas till ett tillfredsställande skick och att det kan användas utan att medföra olägenhet för människors hälsa och miljön och utan att äventyra möjligheterna att följa miljö kvalitetsnormerna (förordning (2013:319) om utvinningsavfall (UtvavF)). För efterbehandling av sulfidhaltigt gruvavfall krävs åtgärder som begränsar eller förhindrar oxidation och vittring vilket leder till uppkomst och spridning av metallhaltigt lakvatten. Det anses vara svårt att åstadkomma helt permanenta lösningar för efterbehandling av sulfidhaltigt gruvavfall, det vill säga metoder som inte alls kräver ytterligare kontroll och åtgärder sett över lång tid. Genom att utvärdera tidigare genomförda efterbehandlingsåtgärder kan de metoder som används idag utvecklas med syfte att få långsiktigt hållbara och geotekniskt stabila åtgärder för stängning och avveckling av gruvavfallsanläggningar.

Som skäl för uppdraget anger regeringen att Sverige ska fortsätta stå stark som gruvnation och vara en föregångare för en miljömässigt hållbar gruvnäring och avfallshantering. Samtidigt betonas att gruvverksamhet inte ska överlämna en skadad miljö eller ekonomiska åtaganden till framtidens medborgare och skattebetalare.

1.2. Om begreppet efterbehandling

I denna rapport görs ingen skillnad på åtgärder som genomförts för att stänga en gruvverksamhet i enlighet med ett tillstånd, eller åtgärder som genomförts efter att föroreningsskada har uppträtt. Begreppet ”efterbehandling” används därför för såväl åtgärder för att stänga och återställa ett område som har påverkats av gruvverksamhet, inklusive utvinningsavfallsanläggningar, som för åtgärder som genomförts för att avhjälpa en föroreningsskada eller allvarlig miljöskada.

Enligt idag gällande lagstiftning ska uppgifter om stängning av utvinningsavfallsanläggningar och återställning av områden som påverkats av dessa ingå i en avfallshanteringsplan enligt UtvavF. Tidigare fanns sådana uppgifter i planen för avslutning och efterbehandling enligt förordning (2001:512) om deponering av avfall (Deponeringsförordningen). Deponeringsförordningen är dock inte anpassad för utvinningsavfall och slutade gälla för utvinningsavfall i samband med införandet av utvinningsavfallsförordningen 1 september 2008. Denna plan kallades ofta för ”efterbehandlingsplan” även om den omfattade åtgärder för avslutning av verksamheten. Ofta används dock fortfarande begreppet ”efterbehandlingsplan” felaktigt för uppgifter om hur en utvinningsavfallsanläggning kommer att stängas och ingår ofta som en bilaga till avfallshanteringsplanen. Dock kan uppgifter om åtgärder för att efterbehandla andra områden inom verksamheten än de som påverkas av utvinningsavfallsanläggningen också behövas och i det fallet är det korrekt att använda begreppet efterbehandlingsplan (2 kap. 8 § miljöbalken).

1.3. Avgränsning och genomförande

Uppdraget har avgränsats till att utvärdera objekt som uppfyller nedanstående krav:

- efterbehandlingsåtgärderna ska ha skett i Sverige efter 1985,
- underlagsmaterial som är tillräckligt för utvärdering ska finnas tillgängligt,
- efterbehandlingsåtgärder är inte pågående, och
- vald efterbehandlingsmetod omfattar inte schaktning och deponering av gruvavfall på annan plats.

I det material som varit tillgängligt för de olika objekten har det saknats eller funnits begränsad information om kostnader relaterade till olika efterbehandlingstekniker. Dock har viss information erhållits från övrig litteratur, lagakraftvunna domar och Boliden.

Effekter med avseende på återställning till ”tillfredsställande skick” enligt UtvavF har inte utvärderats.

Möjligheter att bevara eller återföra naturvärden och kulturmiljö, liksom att potentiellt möjliggöra annan markanvändning, ingår inte i denna utvärdering. Utvärdering av utförda åtgärder med avseende på att minska damning eller införa skydd mot olyckor, som till exempel fallolyckor, ingår inte i denna utvärdering.

Tillgängligt underlagsmaterial granskades och sammanfattades gemensamt av SGU (Amanda Baumgartner, Joanna Lindahl, Calle Hjerne, Pontus Westrin, Henning Persson och Mattias Fackel) och Naturvårdsverket (Jennifer Brammer, Ann-Marie Fällman och Örjan Magnusson) medan Golder Associates (Henning Holmström och Erik Karlsson) i huvudsak gjorde en sammanfattande beskrivning, inklusive bedömning av efterbehandlingsåtgärdernas effekt, för respektive objekt. Ovanstående personer deltog också i varierande utsträckning i att ta fram rapporten i övrigt.

Genomförandet av utvärderingen beskrivs mer i detalj i avsnitt 4.1.

1.4. Läsanvisning

Denna rapport börjar med en inledande beskrivning av gruvor och gruvavfall. I avsnittet får läsaren en grundläggande uppfattning om svensk gruvverksamhet och det gruvavfall som gene-

reras. Därefter följer en enkel teknisk beskrivning över de olika efterbehandlingsmetoder som används i Sverige.

Resultaten från utvärderingen redogörs därefter per efterbehandlingsmetod. För fullständig information och utvärdering per efterbehandlat objekt hänvisas läsaren till rapportens bilagor.

Rapporten avslutas med slutsatser från utvärderingen.

2. GRUVOR OCH GRUVAVFALL

2.1. Svenska metallgruvor

Sverige har en lång historia som gruvnation och man brukar säga att malmbrytning och mineralframställning förekommit i landet i mer än 1 000 år. Gruvnäringen är en viktig del av svensk ekonomi, och i jämförelse med andra länder inom EU är Sveriges gruvnäring fortfarande stor. De metaller som bryts i Sverige är huvudsakligen järn och koppar, samt även guld, silver, bly och zink. Geografiskt är det i Norrbotten, Västerbotten (Skelleftefältet) och Bergslagen som brytvärda fyndigheter oftast påträffas, men ekonomiskt intressanta fyndigheter, även av andra metaller, finns spridda över landet.

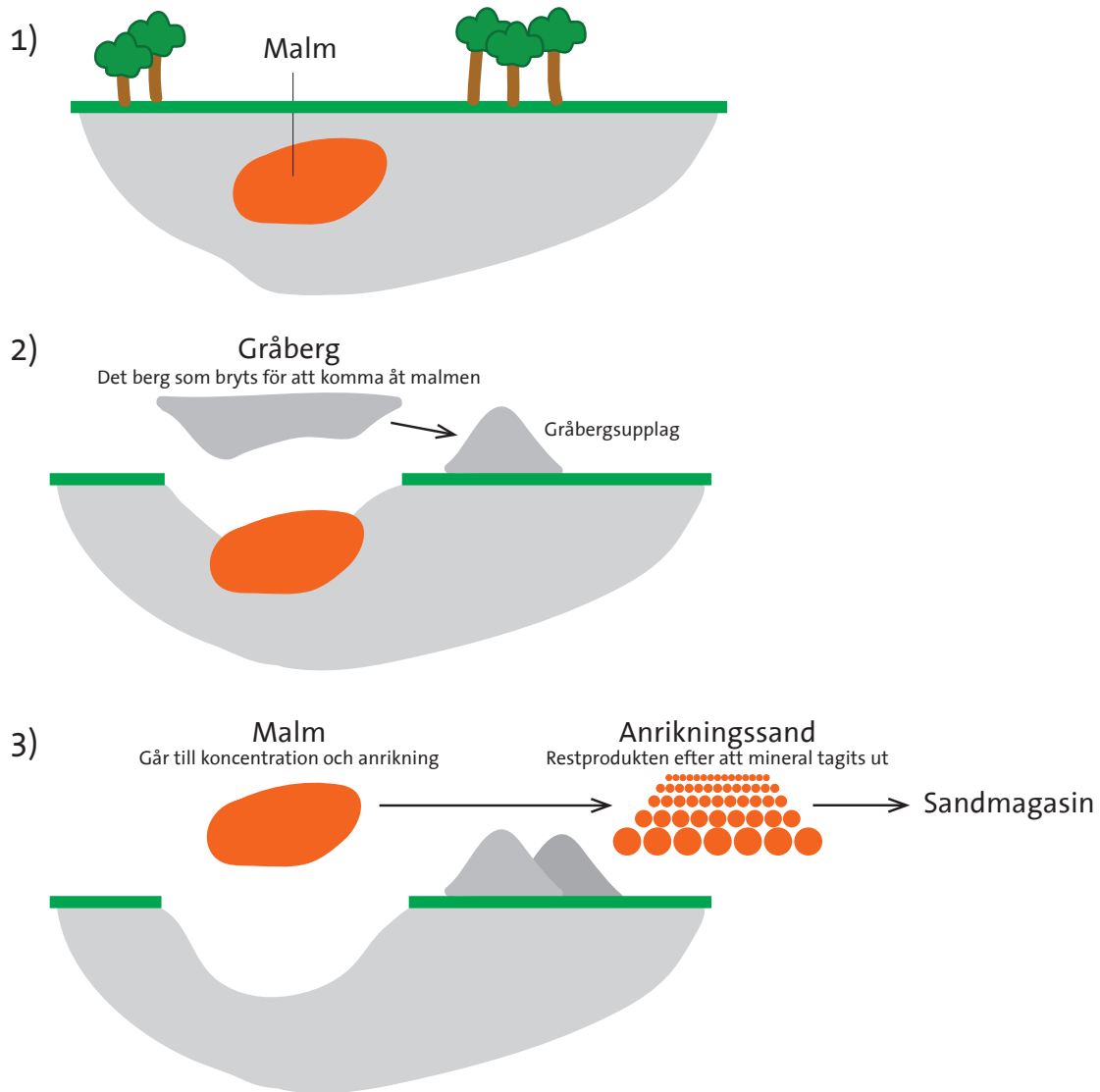
I mitten på 1900-talet fanns det i Sverige kring 100 gruvor som producerade strax under 17 miljoner ton malm per år. Utvecklingen avseende brytnings- och anrikningsteknik har sedan väsentligt ändrat hur dagens storskaliga gruvdrift ser ut. Idag finns det 15 metallgruvor med en total årlig produktion kring 70 miljoner ton (SGU 2016).

2.2. Om gruvavfall

Gruvor är ofta mycket avfallsintensiva och mängden gruvavfall som produceras i Sverige årligen är mycket större än alla andra avfallstyper sammanlagt. Med gruvavfall avses huvudsakligen gråberg samt anrikningssand som uppstår i olika delar av gruvans produktionslinje.

Gråberg är en restprodukt som uppstår vid brytningen då stora mängder sidoberg i regel måste tas bort för att nå malmen. En del gråbergsrester följer med malmen från gruvan och kan då urskiljas i ett sovringssteg där krossad malm grovsorteras, så kallat sovringsavfall. Generellt genereras mer gråberg vid brytning i dagbrott än vid brytning under jord. Gråberg (såväl sidoberg som sovringsavfall) läggs i regel i upplag i gruvans närhet. Det kan också, om det har tillräckligt bra miljömässiga och tekniska egenskaper, betraktas som en resurs och kan till exempel användas som ballast vid anläggning av vägar eller för att återfylla utbrutna bergrum och dagbrott. Anrikningssand är den finkorniga restprodukt som blir över efter det att malmen krossats, malts och värdefulla mineral och metaller separerats och koncentrerats (anrikats) i ett anrikningsverk. Anrikningssand deponeras oftast i närheten av anrikningsverket i ett sandmagasin. Figur 1 visar en skiss över var gråberg och anrikningssand uppkommer vid gruvverksamhet.

Gruvavfall kan ha olika karaktär beroende på vilken typ av malm som bryts. Svenska metallmalmer kan förenklat delas in i oxidiska och sulfidiska malmer. Ur oxidiska malmer utvinns oftast järn och från sulfidmalmer utvinns bland annat koppar, bly, zink, guld och silver. De idag största kända miljöproblemen med gruvavfall avseende påverkan på vatten och mark är främst kopplat till sådant berg som innehåller sulfidmineral. Men det kan inte uteslutas att gruvavfallet även innehåller andra ämnen som inte är stabila och som kan ge upphov till miljöproblem om avfallet inte hanteras korrekt. Miljöpåverkan från gruvavfall styrs av avfallets sammansättning, mängd och omgivningsbetingelser.



Figur 1. Schematisk bild över uppkomsten av gråberg och anrikningssand vid ett dagbrott. Illustration: SGU.

2.3. Vittrande gruvavfall och utlakning av metaller

Gruvavfall innehållande sulfidmineral har ofta sådana egenskaper att det kan ge upphov till allvarliga miljöproblem. Sulfidmineral är mineral som består av metalljoner och svavel. Vanliga sulfidmineral är till exempel pyrit, kopparkis, zinkblände och blyglans. Gruvavfall innehållandes sulfidmineral kan även i mindre mängd orsaka problem under många generationer framåt.

Problematiken uppstår när sulfidmineral i gruvavfallet kommer i kontakt med syre och vatten, vilket startar en serie geokemiska reaktioner som oxiderar materialet – det kallas att materialet vittrar. Oxidationen påverkas förutom av tillgången på syre och vatten även av pH, tillgänglig koncentration av järnjoner, temperatur och mikroorganismer (Höglund och Herbert 2004).

Vittring (det vill säga oxidation) av främst sulfidmineralet pyrit leder till att syra bildas samtidigt som metaller frigörs, vilka därmed kan lakas ut. I vissa fall kan gruvavfallet innehålla buffrande mineral i överskott som kan neutralisera syran, annars bildas surt och metallhaltigt lakvatten. Metallhaltigt lakvatten kan också bildas trots att lakvattnet inte är surt. Vittrande gruvavfall och utläckage av metaller påverkar bland annat mark och vatten kring gruvornas verksamhetsområde.

Lakvatten kan läcka ut längs hela utvinningsavfallsanläggningen, vilket kan göra det svårt att kontrollera mängd och innehåll av metaller. En aktiv planering för hur lakvattnet ska samlas upp krävs, ofta kallad vattenhanteringsplan inom branschen.

Felaktig hantering av sulfidhaltigt gruvavfall kan på kort tid ge upphov till att lakvatten med höga metallhalter och låga pH-värden sprids till omgivningen och förorenar vattendrag och grundvatten. Om inte åtgärder vidtas för att stoppa vittringsprocessen kan urlakning av metaller fortgå i ett mycket långt tidsperspektiv. För att få en helhetsbild av hur gruvavfallet påverkar mark och vatten omkring gruvans verksamhetsområde, samt vilken effekt genomförda efterbehandlingsåtgärder har, behöver pH och metallhalter i recipienter studeras noggrant. Uppmätta värden från perioden efter att verksamheten upphört och efterbehandlats ska optimalt sett jämföras med bakgrundsvärden från perioden innan verksamhetens start. I de flesta fall som studerats i denna utvärdering har sådana bakgrundsdata saknats.

2.4. Spridningsförutsättningar

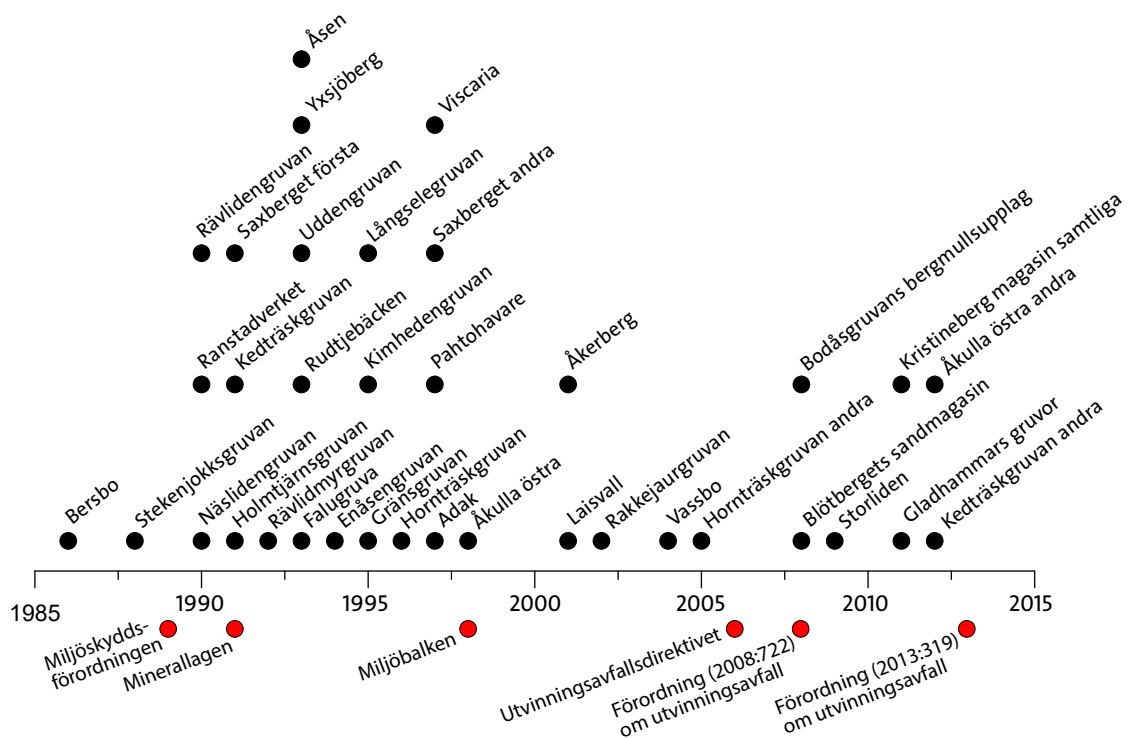
Förutsättningarna för spridning av surt och metallhaltigt lakvatten bestäms av en mängd olika faktorer. Inom ramen för denna rapport är det inte möjligt att redogöra för alla ingående faktorer och dess betydelse för att påskynda eller motverka en spridning. Översiktligt påverkar områdets geologi, hydrogeologi, geokemi och hydrogeokemi i både jord och berg, liksom områdets topografi och meteorologi, spridningsförutsättningarna. Det är också viktigt att ta hänsyn till både stationära förhållanden och förhållanden som varierar över tid, som till exempel förändring i grundvattenytans läge både på kort och lång sikt. Givetvis är också utvinningsavfallsanläggningens lokalisering i terrängen av betydelse för spridningsförutsättningarna.

2.5. Branschpraxis och kunskapsutveckling

Att gruvdrift genererar föroreningar i miljön har varit känt sedan länge, även i Sverige. Redan Carl von Linné uppmärksammade problemen vid Falu gruva på 1700-talet. Naturvårdsverket publicerade även relativt tidigt, 1979, rapporten Sulfidmalmsupplag som miljöproblem som omfattade en inventering av dåvarande verksamheter, samt en diskussion om utlakningen av både metaller och svavelsyra från upplag och gruvor. Själva efterbehandlingen av gruvavfall för att förhindra vittring av sulfider har dock en relativt kort historia både i Sverige och internationellt, trots gruvornas långa historia. I Sverige drev Naturvårdsverket projektet Gruvindustrins restupplag under åren 1983–1988 vars syfte var att utveckla metoder som till rimliga kostnader löser de miljöproblem som kan uppstå vid gruvavfallsupplag. De första efterbehandlingsåtgärderna i full skala med en medveten efterbehandlingsstrategi genomfördes i Sverige under 1980-talet vid Bersbo koppargruvor i Östergötland (Naturvårdsverket, 1998). Utifrån forskning, genomförda efterbehandlingsåtgärder och uppföljning finns kunskap i Sverige om metoder för att förhindra uppkomst av surt och metallhaltigt lakvatten relaterat till gruvavfall från 1990-talets början. Bersbo följdes sedan av efterbehandlingen av Saxbergsgruvan och även efterbehandlingen av Falu gruva.

Metoder för efterbehandling av gruvor, sandmagasin och gråbergsupplag etc. har tagits fram inom ramen för både inhemska och internationella forskningsprojekt (till exempel MiMi i Sverige och MEND i Kanada). MiMi (2004) var ett längre svenskt projekt med forskare, konsulter och verksamhetsutövare, med Luleå tekniska universitet som programvärd, som slutrapporterades 2004.

De efterbehandlingar som genomförts sedan mitten av 1980-talet har generellt utformats enligt vid tillfället rådande ”branschpraxis”. Branschpraxisen finns inte dokumenterad och har inte i alla avseenden varit tydlig, utan har styrts av tidigare erfarenheter samt av krav från myndigheter. I stort sett har lagkrav och erfarenhetsutbyten i samband med samråd med myndigheter följts och även styrt efterbehandlingsarbetet. Det har dock sedan länge varit praxis att fokus för efterbehandlingsåtgärder bör ligga på att i första hand minska tillgången på syre det vill säga



Figur 2. Tidsaxel som indikerar tidpunkt för start av efterbehandling vid respektive objekt som utvärderats i denna rapport, samt när vissa relevanta lagar och förordningar trätt i kraft.

minska den primära vittringen av sulfidmineral, och denna kunskap har till viss del tagits tillvara. Detta har framför allt åstadkommit genom någon typ av täckning med morän, vilket är grunden för branschpraxis. Generellt har även vattenfyllnad av dagbrott, samt i viss mån deponering av avfall och slam, ingått som en del i efterbehandlingen. Sällan har direkta tekniska utredningar eller regelrätta projekteringar utförts i de tidigare utförda objekten som ingår i utvärderingen. Inte heller har utformningen av täckningarna alltid varit genomtänkta, vare sig avseende materialval, egenskaper eller kvalitet. Fokus har främst legat på täckningen som sådan. Förändrade lagkrav, till exempel införandet av miljöbalken, samt erfarenheter från genomförda efterbehandlingsplaner har dock medfört en förändring i synen på vad som kan anses vara branschpraxis. Efterbehandlingsplanerna har gradvis förändrats mot hårdare målstyrning och framtagande av bättre tekniskt underlag, till exempel avseende avfallens egenskaper samt utformning och dimensionering av täckningarna, och då särskilt utformningen av tätskikten. De efterbehandlingsplaner som tagits fram och de efterbehandlingsplaner som genomförts under senare år är som regel betydligt mer genomtänkta och bygger på ett mer komplett utredningsunderlag än planer och efterbehandlingsplaner från tidigt 1990-tal. Det är därför heller inte möjligt eller lämpligt att dra slutsatser angående de planer och efterbehandlingsplaner som görs i dagsläget direkt från utvärderingen av objekten som helhet (figur 2 visar startpunkt för efterbehandlingsåtgärder för respektive objekt som utvärderats i denna rapport).

Ett exempel på hur efterbehandlingsplanerna förändrats över tid kan man få genom att betrakta de övergripande åtgärdsplaner som ställts upp för efterbehandlingen av Kedträsk (2012) och Näsliden (2013), jämfört med de mål som ställts upp vid tidigare efterbehandlingsplaner. I många av de tidiga fallen finns inga uppställda mätbara mål eller endast målet att minska metallläckaget, medan de senaste har relativt väldefinierade och mätbara mål.

3. TEKNIK FÖR EFTERBEHANDLING AV GRUVAVFALL

3.1. Syfte med efterbehandling av gruvavfall

Det övergripande syftet med efterbehandling av gruvavfall är att långsiktigt minska risken för skada eller olägenhet, minska tillförd mängd och halt av metaller i miljön och att inte efterlämna en miljöskuld till kommande generationer¹. Områden som har eller avses exploateras med gruvdrift kan ha olika egenskaper vad gäller geologi, hydrologi, hydrogeologi m.m. och behöver specifika lösningar i det enskilda fallet för att en korrekt efterbehandling ska kunna utföras.

Metoder för efterbehandling av gruvavfall kan delas in i aktiva och passiva metoder, där täckning av avfallet är exempel på en passiv metod. I Sverige eftersträvas i det långsiktiga perspektivet passiva efterbehandlingsmetoder som ska kräva minsta möjliga mått av övervakning, underhåll och kontroll över tid. Aktiva metoder för efterbehandling används i många fall parallellt med passiva metoder, men utgör sällan en långsiktig helhetslösning på egen hand.

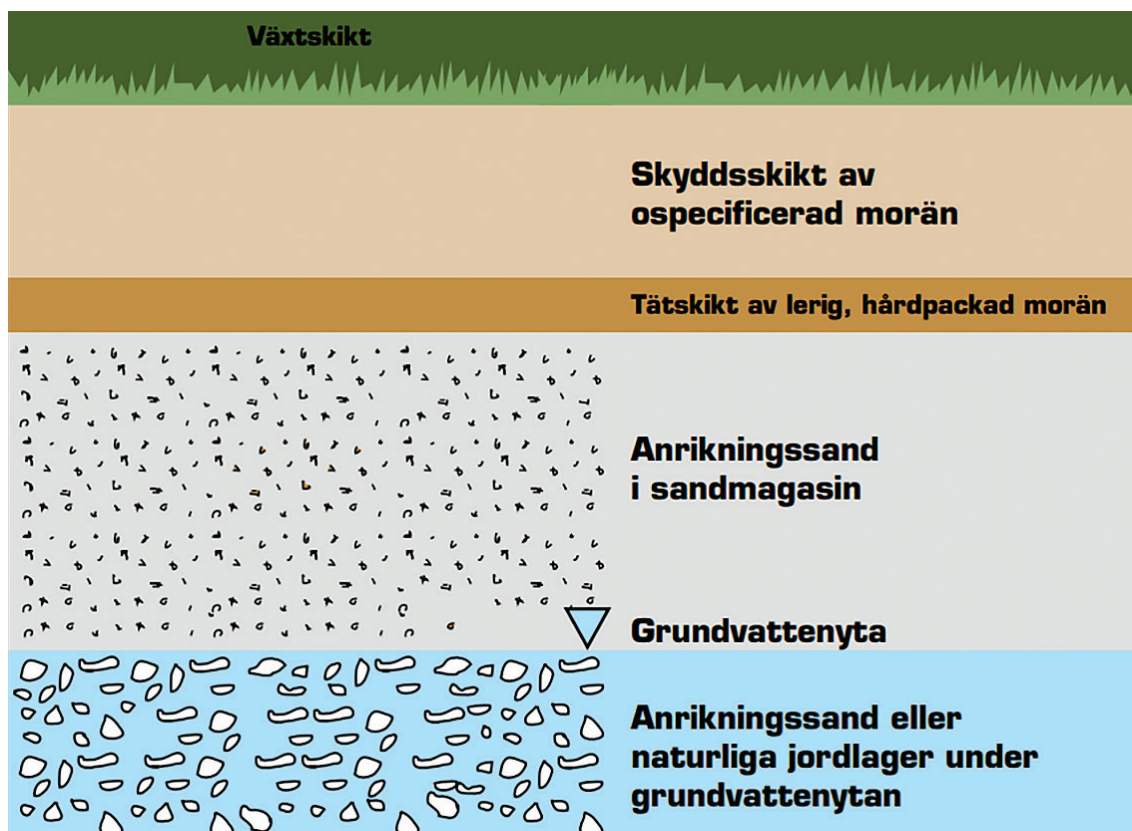
För gruvdrift som generar potentiellt vittrande gruvavfall krävs åtgärder som förhindrar eller begränsar vittring, utlakning av metaller och spridning av metallhaltigt och surt vatten till recipient. Detta görs genom att motverka oxidation och vittring av avfallet. De geokemiska reaktioner som sker vid vittring av gruvavfall är främst beroende av tillgång på syre. Om det inte finns syre begränsas oxidationen och därför är de vanligaste metoderna för att minska vittring att täcka gruvavfallet med fast material och/eller vatten i olika kombinationer. Passiva täckningsmetoder som torrtäckning, vattenöverdämning och förhöjd grundvattenyta bygger på principen att syre transporteras långsammare i vatten än i luft. Genom att skapa en barriär av stillastående vatten förhindras syre att tränga ner i det vittringsbenägna gruvavfallet. Vilken metod som väljs avgörs utifrån gruvavfallens egenskaper och lokala förutsättningar, vad gäller till exempel hydrogeologi, klimat, tillgång på lämpligt material etc. Metoden som väljs ska vara beständig över tid eftersom sulfidmineral som inte vittrat innan efterbehandlingen genomförts kommer att börja vittra den dag konstruktionens avsedda egenskaper försämras.

3.2. Torrtäckning

För efterbehandling av gruvavfall är torrtäckning med morän den mest använda metoden i Sverige idag. En enkel torrtäckning bestående av ospecificerad morän kan användas för gruvavfall som inte vittrar, men för gruvavfall som innehåller sulfidmineral krävs en så kallad kvalificerad torrtäckning. Tekniken för en kvalificerad torrtäckning bygger på att en vattenmättad spärr mot syre uppnås när vatten fyller porerna i ett fast material. För att spärren ska vara permanent behövs olika egenskaper för det material som ska hållas vattenmättat, och för det material som ska skydda det underliggande skiktet från att tappa vattenmättningen. Metoden kan appliceras både på gråbergssupplag och sandmagasin och metoden är oftast möjlig att använda om det finns lämpliga moränkvaliteter tillgängligt. Om långväga transporter av täckningsmaterial krävs blir kostnaden för torrtäckning snabbt mycket stor.

Från början byggde tekniken för kvalificerad torrtäckning på att gruvavfall täcktes med två lager av morän. Närmast gruvavfallet placerades ett lager med finkornig och välgraderad morän (tätskikt) som i sin tur täcktes av ett tjockare lager osorterad morän (skyddsskikt eller täckskikt). Allt eftersom teknikutvecklingen har gått framåt och förfinats finns det idag en mängd olika utformningar och varianter på torrtäckning. Nedan följer en beskrivning av olika skikt som förekommer vid torrtäckning av gruvavfall. Figur 3 visar en schematisk bild av en kvalificerad torrtäckning.

¹ Enligt idag gällande lagstiftning (beskrivs i kap 1.3), ska aktuellt område som påverkats av utvinningsavfall återställas till tillfredställande skick. För ytterligare fördjupning, se *Vägledning för prövning av gruvverksamhet*, 2016, liksom Utvavf.



Figur 3. Schematisk bild över en kvalificerad torrtäckning (publicerad med tillstånd från Boliden).

3.2.1. Tätskikt

Närmast gruvavfallet läggs ett så kallat tätskikt vars huvudfunktion är att förhindra transport av syre och vatten till gruvavfallet. Tätskiktet ska vara lågpermeabelt och ha en hög kapillärhållande förmåga för att hålla tillräcklig vattenmättnad och utestänga syre från avfallet under alla klimatförhållanden. Det vanligaste är att tätskiktet består av väl packad lera eller lerig morän, men alternativa material som till exempel askor och slamblandningar används också. Tätskiktet ska hållas vattenmättat under hela året för att kunna verka som effektiv spärr mot syreinträngning genom diffusion. En försämring av tätskiktets permeabilitet och kapillärhållande förmåga skulle till exempel kunna orsakas av oönskad rotpenetration, kontinuerliga frostcykler, uttorkning eller sättningar och skred.

Ett möjligt alternativ till jordmaterial i tätskiktet kan vara att använda ”liner-produkter”, såsom bentonitmatta eller geomembran (exempelvis tät gummiduk som HDPE). Om geomembran används vid torrtäckning behöver det skyddas mot mekanisk påverkan från gruvavfallet genom ett utjämningskikt eller utläggning av skyddsgeotextil. Kunskap om linerprodukters beständighet i ett långsiktigt perspektiv (längre än 100 år) saknas.

I en del fall läggs ett skikt med alkalisk buffert under tätskiktet. Bufferten kan bestå av till exempel mesakalk. Syftet med bufferten är att minimera avfallsets reaktiva påverkan på tätskiktet, att höja pH i det vatten som perkolerar ned till avfallet samt att hindra tillväxt av mikroorganismer som kan påskynda oxidationen (Lottermoser 2010).

I Sverige har forskning bedrivits med syfte att undersöka möjligheterna att använda modifierade material till exempel rötslam, bentonit, grönlutslam eller flygaska, för inblandning i tätskikt (Alakangas m.fl. 2014).

3.2.2. Dräneringsskikt

I en del fall anläggs ett dräneringsskikt ovanför tätskiktet för att avleda nederbörd i syfte att minska andelen vatten som kan tränga ned till avfallet och för att minska vattentrycket på det underliggande tätskiktet. Dräneringsskiktet byggs av grus eller annat grovkornigt material med hög hydraulisk konduktivitet. Ett dräneringsskikt kan dock öka risken för uttorkning under vissa perioder, vilket kan medföra att syretransporten ökar.

3.2.3. Skyddsskikt

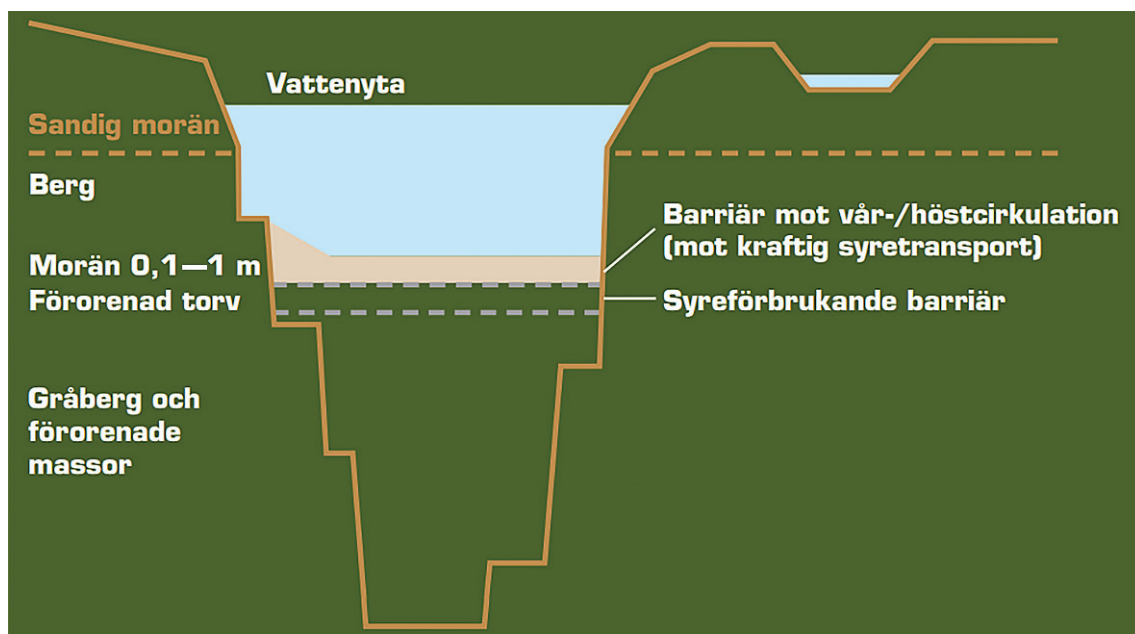
För att torrtäckningen ska fungera över lång tid måste tätskiktet skyddas mot uttorkning, tjäl-ningsprocesser och mekanisk påverkan. Därför placeras ett skyddsskikt, även kallat täckskikt, ovanpå tätskiktet. Tjockleken på skyddsskiktet dimensioneras utifrån bedömt tjäldjup och bedömd rotpenetration. För svenska förhållanden bör skyddsskiktet vara minst 1–2 m och det kan bestå av osorterad morän (Naturvårdsverket 1993).

3.2.4. Vegetationsskikt

Som ett sista lager anläggs ett vegetationsskikt med näringsrikt material, till exempel rötslam, som ska möjliggöra en växtetablering. Insådd av gräs och eller skogsplantering brukar utföras. Buskar och träd med djupgående rötter bör undvikas eftersom rotnedträngning kan leda till skador på tätskiktet. Syftet med växtetableringen är att stabilisera marken och långsiktigt minska risken för erosion, som tillägg minskar också vattengenomströmningen. Att etablera växtlighet är också ett sätt att minimera damning.

3.3. Vattenöverdämning

Metoden vattenöverdämning går ut på att skapa ett stillastående skikt med vatten direkt över gruvavfallet. På så sätt kan den låga diffusionshastigheten i vatten utnyttjas för att gruvavfallet inte ska utsättas för nytt syrerikt vatten. Vanligtvis används metoden för anrikningssand som lagrats i en naturlig sjö eller i en konstruerad damm, eller för gråberg som deponeras i utbrutna dagbrott som sedan vattenfylls.



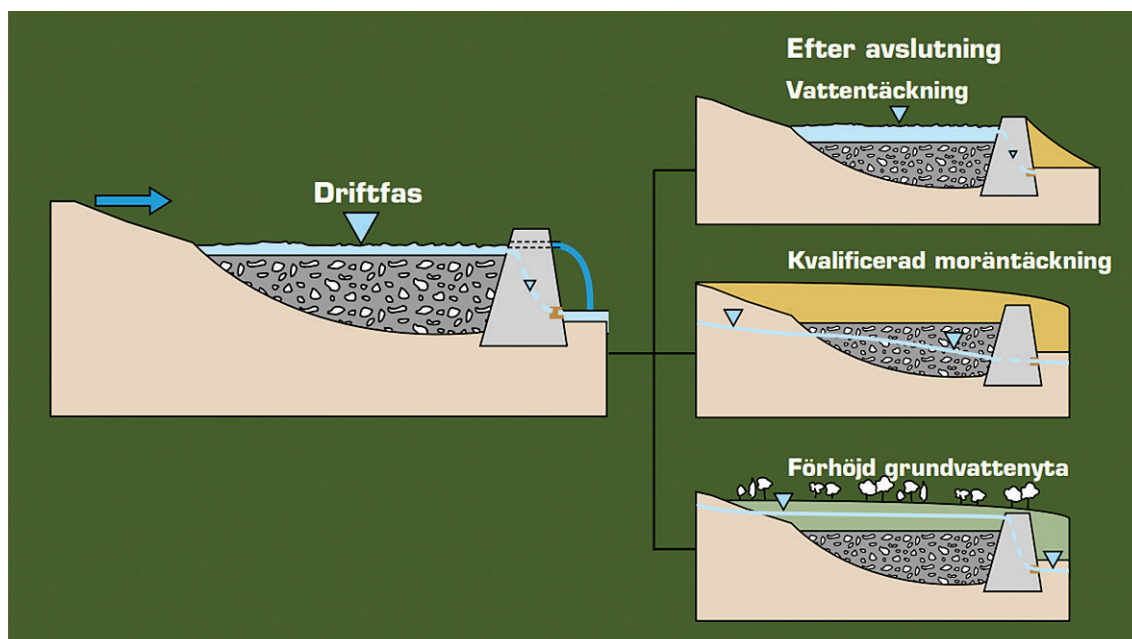
Figur 4. Schematisk bild över ett exempel av vattenöverdämning i delvis fyllt dagbrott (publicerad med tillstånd från Boliden).

I de fall vattenöverdämning appliceras direkt på avfallet sker vittring i gruvavfallens ytskikt som utsätts för kontakt med syrerikt bottenvatten. Med ett stillastående vattenskikt bildas därmed en syrespärr i ytskiktet på det deponerade materialet (Höglund och Herbert 2004). För att undvika vittring av gruvavfallens ytskikt och frisättning av vittringsprodukter till vattnet, vilket kan påverka vattenkvaliteten negativt, kan gruvavfallet täckas med ett diffusionsskikt innan det överdäms med vatten. Diffusionsskiktet fungerar då som skydd mot syrenedträngning. För att syrespärren ska fungera över tid krävs att ett visst vattendjup upprätthålls. Vattenbalansen måste därför vara positiv och säsongsvariationer får inte leda till att avfallet tidvis exponeras för luft. Det är också viktigt att undvika omfattande vågbildning. Vågrörelser syresätter vattnet och kan erodera botten så att suspenderade partiklar frigörs och oxiderar snabbare än om de legat kvar på botten. Vågbrytare kan anläggas eller växtlighet kan etableras för att hindra vågbildning. Figur 4 visar ett exempel på vattenöverdämning i delvis fyllt dagbrott.

Om vattenöverdämningen är beroende av en dammkropp behövs tillsyn, underhåll och kontinuerlig kontroll för att undvika skador som kan ge upphov till att vattentäckningens effekt minskar och utsläpp kan ske. Dammkroppen behöver vara anpassad för långtidsstabilitet och inte konstrueras av vittringsbenäget material. I de fall där dammkroppar med syfte att dämma upp en vattensamling inte fungerar som avsett kan vattennivåerna sjunka eller vattenöverdämningen försvinna helt.

3.4. Förhöjd grundvattenyta

En metod som kombinerar teknik från torrtäckning och vattenöverdämning är förhöjd grundvattenyta. Tekniken bygger på att gruvavfallet först täcks med en enkel täckning av morän, varefter vattenflöden omläggas och fördäms för att skapa en förhöjd grundvattenyta så att gruvavfallet blir permanent vattenmättat. Med etablering av växtlighet kan sedan en våtmark anläggas. Figur 5 visar schematiska bilder över vattenöverdämning, kvalificerad moräntäckning och förhöjd grundvattenyta.



Figur 5. Schematisk bild över vattenöverdämning (vattentäckning), kvalificerad moräntäckning och förhöjd grundvattenyta (publicerad med tillstånd från Boliden).

3.5. Aktiva metoder

Aktiva metoder för efterbehandling av sulfidhaltigt gruvavfall kännetecknas av att energi och kemikalier kontinuerligt behöver tillsättas för att uppnå målet att hindra spridning av metallhaltigt och potentiellt surt vatten till omgivningen. Aktiv efterbehandling kräver löpande övervakning, kontroll och underhåll.

Rening av läckagevatten genom till exempel kalkfällning och aktiv kalkning av avfallsupplag och dagbrottssjöar är aktiva metoder som ofta används som komplement till passiva metoder. Kompletteringen behövs ofta eftersom det kan ta flera år innan effekten av en passiv efterbehandlingsmetod kan observeras. Detta är särskilt tydligt där gruvavfallet legat oskyddat och vittrat innan efterbehandlingsåtgärder vidtagits och i vissa fall kan en fördröjd förurning förekomma i lakvatten från gruvavfall.

I undantagsfall är uppsamling av läckagevatten och aktiv vattenrening vald som enda efterbehandlingsmetod.

In situ-tvättning är en temporärt aktiv efterbehandlingsmetod som innebär att avfall, under en period, återkommande tvättas med vatten för att laka ut vittringsprodukter och redan tillgängliga metaller innan slutlig täckning. Tvättvattnet omhändertas i ett reningsverk. I Sverige har metoden använts i Falun på restprodukten kisbränder, där metaller lakas ut utan vittringsprocess.

3.6. Kontroll av efterbehandling

För att följa upp att genomförd efterbehandling lever upp till de krav som ställs krävs olika former av kontrollprogram och tillsynsåtgärder. Det kan då krävas mycket omfattande kontroller av såväl efterbehandlings utförande som funktion över tid.

Utförandekontroll görs i anslutning till att olika moment av efterbehandlingen genomförs och syftar till att kontrollera att åtgärden uppfyller de fysiska krav och dimensioner som står beskrivna i efterbehandlingsplanen (Naturvårdsverket 2016).

Funktionskontroll, eller efterkontroll, är en utvidgad kontroll som syftar till att följa upp efterbehandlings funktion över tid med avseende på till exempel metallläckage. Uttransport av metaller undersöks genom mätningar i närliggande recipienter och/eller i diken runt sandmagasin, gråbergsupplag och dagbrott. Erfarenhet från tidigare uppföljning av efterbehandling inom gruvsektorn visar på att det kan ta lång tid innan minskning av metallutsläpp kan uppmätas (Naturvårdsverket 2016). Funktionskontrollen bör minst pågå tills stabila förhållanden uppnås, vilket kan ta många år.

3.7. Korrigerande och kompletterande åtgärder

Om det av funktionskontrollen framkommer att slutförda åtgärder inte fyller sitt syfte behöver korrigerande eller kompletterande åtgärder utföras. Åtgärder kan till exempel behövas för att täckningen inte är tillräcklig eller inte fungerar som planerat, att uppsamling av lakvatten från avfallsupplag saknas eller fungerar dåligt eller att det finns erosionsskador på dammkonstruktioner och täckningar. Åtgärder kan till exempel vara tätning, kalkning, utläggning av rötslam och insådd av vegetation, anläggande av erosionsskydd, m.m.

4. UTVÄRDERING AV EFTERBEHANDLAD GRUVVERKSAMHET

4.1. Metod för utvärdering

För att genomföra denna utvärdering gjordes först en kartläggning över gruvområden som har efterbehandlats sedan 1985. Kartläggningen gjordes genom att kontakta samtliga länsstyrelser, samt gruvbolag med aktiv gruvdrift, för att efterfråga kortfattad information om vilka objekt som efterbehandlats, vid vilken tidpunkt och med vilken efterbehandlingsmetod. I vissa fall kompletterades inhämtad information efterhand. Kartläggningen kompletterades genom att hämta information från det så kallade EBH-stödet (länsstyrelsernas databas över förorenade områden). Kartläggningen resulterade i 38 efterbehandlade objekt, varav 32 utvärderades. En lista över dessa finns i bilaga 1. Av bilaga 1 framgår även vilka objekt som inte ingår i denna utvärdering, liksom skälen till det.

Utgångspunkten var att utvärdera samtliga objekt så länge det fanns tillgång till underlag. Berörda länsstyrelser och gruvbolag kontaktades därmed med begäran om att få ut underlag som efterbehandlingsplaner, tillsynsbeslut, utvärderingsrapporter, miljörapporter etc. för respektive objekt. Boliden har även delat med sig av opublicerade data. Uppgifterna sammanställdes sedan för varje objekt enligt en mall som togs fram inom projektet. Mallen fylldes i så utförligt som möjligt utifrån det underlag som tillhandahållits. Ifylld mall för samtliga utvärderade objekt återfinns i bilaga 2. I mallen fördes för respektive objekt information in om bland annat:

- Grunddata som typ av gruva, vad som brutits, anläggningsdelar, historik och platsspecifika förhållanden
- Planering inför efterbehandling som utredningar och efterbehandlingsplan
- Utförd efterbehandling (metod)
- Eventuella kompletterande åtgärder
- Miljökontrollprogram
- Resultat av utförd efterbehandling

Slutligen gjordes en sammanfattande beskrivning av respektive objekt i mallen med avseende på planering inför efterbehandling, efterbehandlingsmetod, uppföljande miljökontroll och resultat. Den sammanfattande beskrivningen inkluderar också bedömningar av efterbehandlingsåtgärdernas effekt.

Underlagsmaterialet varierade kraftigt mellan objekten; för en del fanns endast knapphändig information tillgänglig medan mer utförlig information erhöles för andra objekt. Utvärderingen har inte inkluderat någon fullständig genomgång eller statistisk behandling av mätdata, som till exempel metallhalter i recipient. Därmed har det varit svårt att fastställa exakt hur stor effekt en efterbehandlingsåtgärd har haft. Dessutom består objekten ofta av flera verksamhetsdelar som kan ha åtgärdats med olika metoder och varierande resultat. Detta avspeglas inte nödvändigtvis i tillgängliga mätdata då det kan vara svårt att särskilja vilka verksamhetsdelar som orsakat specifika metallutsläpp eller metallhalter i recipienten. I utvärderingen bedöms åtgärderna om möjligt utifrån uppsatta mål med efterbehandlingen och/eller åtgärdens effekt. Effekterna av åtgärderna har ofta varit svåra att kvantifiera då det inte beskrivits i befintligt underlagsmaterial. På grund av detta har det varit svårt att undvika en bedömning som inkluderar subjektiva termer som att en åtgärd haft begränsad effekt eller avsedd effekt.

En sammanställning utifrån använd efterbehandlingsmetod och bedömning av de efterbehandlade objekten finns i kapitel 4.2–4.4. Generella resultat som inte är specifika för en efterbehandlingsmetod är sammanställda i kapitel 4.5.



Figur 6. Karta med samtliga utvärderade objekt markerade.

4.2. Efterbehandlade sandmagasin

4.2.1. Torrtäckning av anrikningssand

Endast ett fåtal sandmagasin har efterbehandlats med torrtäckning i Sverige sedan 1985. Utformningen på torrtäckningarna har varierat mellan objekten och resultaten likaså. Utvärderingen visar ingen entydig bild av hur metoden fungerar, men den indikerar att utfallet delvis beror på hur pass utförlig förarbetet och efterbehandlingsplanen varit innan åtgärderna genomfördes, och delvis på hur väl efterbehandlingsarbetet genomförts.

Några objekt som enligt denna utvärdering visar tydlig effekt i form av minskade metallhalter efter kvalificerad torrtäckning är Saxberg och sandmagasinen vid Falu koppargruva. Efterbehandlingen i Saxberg utfördes som ett samarbete mellan verksamhetsutövaren och staten. Projektet, som startade 1993, var det första i sitt slag i Sverige och genomfördes efter ett antal specifika studier, vilka låg till grund för val av metod. Även efterbehandlingen av Ingarvsmagasinet vid Falu koppargruva (1996–2004) föregicks av ett mycket omfattande planerings- och utredningsarbete, med staten som projektledare. I båda dessa fall har tätskiktet fått den täthet som avsetts och metallhalterna i utgående lakvatten har minskat. Ett annat exempel där åtgärden haft avsedd effekt är efterbehandling av sandmagasin 1B i Kristinebergsgruvan. Den del av området som täcktes med torrtäckning resulterade i en signifikant förbättring av grundvattenkvaliteten i området. Förbättringen skedde snabbare än på de områden som täcktes med vatten (där förbättringen dock var större). Efterbehandlingen av sandmagasinet i Adak (1997–1998) förefaller också ha utförts med gott resultat och täckningen bedöms uppfylla sitt syfte. Utlakningen av metaller från Adak mot Skeppträskån har reducerats kraftigt till 0,5–2 procent av det som uppmättes innan området åtgärdades. Metallbelastningen från Adak till Rudjebäcken har också minskat efter genomförd efterbehandling, om än inte lika tydligt.

Ett exempel där torrtäckning inte har fungerat som avsett är vid sandmagasinet i Enåsen som efterbehandlades 1994. Den genomförda moräntäckningen, som till viss del bedöms vara utförd något annorlunda än vad som avsågs i efterbehandlingsplanen, bromsar inte syretransporten tillräckligt och syredriven vittring fortsätter att ske. De genomförda åtgärderna i Enåsen är otillräckliga och korrigerande åtgärder planeras.

Torrtäckning har visat både bättre och sämre resultat, men helt klart är att metoden har potential att kunna minska vittring och läckage av metaller.

4.2.2. Vattenöverdämning av anrikningssand

Vattenöverdämning av anrikningssand är en relativt oprövad efterbehandlingsmetod i Sverige. Sandmagasinet i Stekenjokk efterbehandlades med vattenöverdämning med start 1991. Inför arbetet genomfördes, för den tiden, tämligen omfattande studier som underlag till efterbehandlingsplanen. Efterbehandlingen som sådan bedöms ha gett avsedd effekt i och med att mängden zink som årligen transporteras ut ligger långt under målsättningen. Dessutom finns nu röding i magasinet. Det finns frågetecken kring dammstabiliteten i Stekenjokk och det går inte utifrån underlaget i denna utvärdering att avgöra om dammkropparna är långtidsstabila. I och med de dammsäkerhetshöjande åtgärder som har och kommer att genomföras bedöms dammen bli stabil.

4.2.3. Förhöjd grundvattenyta över anrikningssand

Att konstruera en förhöjd grundvattenyta över anrikningssanden i ett sandmagasin är också en relativt oprövad metod i Sverige. Metoden har använts på magasin 2 och 3 i Kristinebergsgruvan där drift fortfarande pågår, vilket gör det svårt att utvärdera resultatet. Bodås gruvnullsupplag är ett annat exempel där metoden applicerats. Inför efterbehandlingen genomfördes geokemiska och geohydrologiska utredningar samt geotekniska stabilitetsbedömningar som ledde fram

till åtgärdsförslaget, som är platsspecifikt. Uppföljning av utförda efterbehandlingsarbeten vid Bodås visar att åtgärderna har gett effekt. Dock går det inte inom ramen för denna utvärdering att avgöra om det övergripande målet är uppfyllt.

4.2.4. Växtetablering på ej vittrande anrikningssand

Sandmagasin som innehåller anrikningssand som inte är syrabildande efterbehandlas i regel ofta genom växtetablering som syftar till att minska damning och eventuell direktexponering samt göra området estetiskt tilltalande. Fokus är alltså inte att minska spridningen av metaller till omgivningen.

Objektet Yxsjöberg efterbehandlades 1993 genom täckning med rötslam och delvis pappersfiberavfall för att stimulera växtlighet. Åtgärderna föregicks inte av några direkta utredningar och metoden valdes trots att den i efterbehandlingsplanen bedömdes vara det sämsta alternativet med avseende på funktion och beständighet. Täckningen resulterade i en växtetablering, men senare tiders miljöutredningar har visat att anrikningssanden är vittringsbenägen och att metaller sprids från området. Att välja täckning med rötslam för växtetablering som efterbehandlingsmetod har således inte varit tillräckligt i Yxsjöberg.

Sandmagasinet i Viscaria efterbehandlades 1997 genom växtetablering efter att anrikningssanden karaktäriserats och bedömts vara icke syrabildande. Inriktningen på efterbehandlingen i Viscaria var att möjliggöra växtetablering, minska risk för damning och reducera eventuella geotekniska risker. Kompletterande åtgärder har genomförts för att minska risken för erosion på sandmagasinet. Uppföljande miljökontroll inklusive inspektion av dammarna har pågått i snart 20 år och utifrån den bedöms åtgärderna ha uppnått effekt och anses vara tillräckliga. Även sandmagasinet i Blötberget har efterbehandlats genom en växtetablering. Eftersom det saknas målsättning samt data som beskriver uppföljande miljökontroll är det dock inte möjligt att bedöma resultatet för växtetableringen på sandmagasinet i Blötberget.

I Laisvall har flera sandmagasin delvis efterbehandlats med mål att etablera växtlighet eftersom anrikningssanden enligt äldre utredningar inte bedömdes vara syrabildande. En viss metallspridning sker idag från Laisvall till omgivningen och kompletterande åtgärder planeras. Det förefaller dock inte vara sandmagasinen i Laisvall som står för omgivningspåverkan, utan klarningsmagasinet nedströms.

4.3. Efterbehandlade gråbergssupplag och dagbrott

4.3.1. Torrtäckning av gråbergssupplag

I början på 1990-talet efterbehandlades ett flertal gråbergssupplag, till exempel vid Enåsen, Grängsgruvan, Holmtjärn, Rävlidmyrgruvan och Udden, med en enkel torrtäckning av morän. Åtgärderna genomfördes enligt efterbehandlingsplaner som i regel togs fram utan platsspecifika utredningar och samtliga efterbehandlingsåtgärder bedöms idag vara otillräckliga. För de flesta av objekten pågår utredningar inför kompletterande efterbehandling.

I Bersbo genomfördes 1986–1989 Sveriges första kvalificerade torrtäckning av gråbergssupplag. Efterbehandlingen skedde inom ett statligt projekt och föregicks av omfattande studier och pilotprojekt. Utlakning av metaller till recipienterna har minskat betydligt och utfallet av efterbehandlingen förefaller vara tillfredsställande. På 2000-talet har gråbergssupplag vid till exempel Hornträskgruvan, Näsliden och Rakkejaur också täckts med kvalificerad torrtäckning. Gemensamt för dessa tre objekt är att den kvalificerade torrtäckningen var en kompletterande efterbehandling som föregicks av omfattande utredningar efter att ursprungliga åtgärder utförda på objekten varit otillräckliga. De kvalificerade torrtäckningarna i Hornträskgruvan och Rakkejaur uppvisar effekt med avseende på kraftig minskning i utgående metallhalter. För Näsliden

har åtgärderna skett så pass nyligen att det ännu inte är möjligt att uttala sig om resultatet.

Ett resultat av utvärderingen är att enkel torrtäckning i flera fall visat sig vara otillräcklig med avseende på minskning av vittring och läckage av metaller eftersom syre och vatten kan tränga in i gruvavfallet.

4.3.2. Torrtäckning av återfyllda dagbrott

Kvalificerad torrtäckning av återfyllda dagbrott har genomförts på objekten Kimhedengruvan (1995–1996), Rakkejaur (2002–2005), Hornträskgruvan (2005–2011) och Kristinebergs dagbrott A4 (2011–2013). Torrtäckningarna har varierat i utformning och uppvisar varierande resultat. Vid Kimheden har efterföljande utvärderingar visat på en kraftig minskning av halter i utgående vatten. Halterna är dock fortfarande höga och pH-värdet är lågt och kommer sannolikt att kvarstå så under en längre tid. En orsak kan vara den långa tid det tog mellan nedläggning och efterbehandling, vilket medförde att gråberget började oxidera. Kvalitetskontrollen vid efterbehandlingen förefaller också ha varit mindre god. I Rakkejaur visar resultatet från miljökontrollen att utsläppta mängder metaller har minskat kraftigt, med mer än 95 procent, och att halterna i recipienten inte skiljer sig nämnvärt från uppströmspunkt till nedströmspunkt efter att den aktiva vattenreningen avslutats. Torrtäckningen av dagbrottet och de övriga åtgärder som vidtagits på området bedöms således ha gett avsedd effekt. Dock kvarstår höga, men minskande, halter i grundvattnet. Det bör nämnas att efterbehandlingsplanen från 1998 som låg till grund för arbetet i Rakkejaur i stor utsträckning har kompletterats under arbetets gång, som ett resultat av aktivt tillsynsarbete. I efterhand har tillsynsmyndigheten konstaterat att alla frågor rörande efterbehandlingen inte var utredda och avgjorda i den ursprungliga efterbehandlingsplanen. Vid Hornträskgruvan skedde kompletterande efterbehandling av hela området på 2000-talet eftersom de åtgärder som genomförts på 1990-talet inte var tillräckliga. Den kvalificerade täckning som valts i Hornträskgruvan är avancerad och består av ett alkaliskt lager och en tät "HDPE-liner" som bedöms minska infiltrationen av både syre och nederbörd samt fungera neutraliserande. Då åtgärderna genomfördes relativt nyligt är det svårt att med säkerhet uttala sig om effekterna, men baserat på den miljökontroll som sker har halterna i utgående vatten hittills minskat med upp till 99 procent. Dagbrott A4 i Kristineberg har nyligen efterbehandlats med en kvalificerad torrtäckning där moränen i tätskiktet blandats med grönlutsslam. Det är för tidigt att uttala sig om ifall täckningen bedöms fungera och dessutom svårt då gruvdrift fortfarande pågår i området.

Enkla torrtäckningar över återfyllda dagbrott har skett vid till exempel Långsele och Pahtohavare på 1990-talet. Dessa efterbehandlingsåtgärder har skett utan något omfattande utrednings- och planeringsarbete. Resultatet av efterbehandlingsåtgärderna bedöms dock ha gett avsedd effekt. I fallet med Pahtohavare har det säkerligen haft betydelse att geologin i området kan betraktas som gynnsam då avfallet inte är potentiellt syraproducerande.

4.3.3. Vattenöverdämning – återfyllda dagbrottssjöar

Vattenöverdämning av återfyllda dagbrott har genomförts på objekten Stekenjokk (1988), Ranstad (1990), Näsliden (1990), Rävlidengruvan (1990), Rävlidmyrgruvan (1992), Udden (1993), Åsen västra (1993), Enåsen (1994), Långsele (1995), Pahtohavare (1997), Åkulla Östra och Västra (1998 och 2012) och Kedträsk (2012). Stekenjokk och Ranstad föregicks av omfattande planering inför att efterbehandlingsplan togs fram. Båda objekten hade mätbara mål uppställda i efterbehandlingsplanen, dock berörde målet för Stekenjokk endast sandmagasinet. Åtgärderna i Ranstad bedöms ha nått avsedd effekt medan resultatet är mer oklart för dagbrottet i Stekenjokk. Under 1990-talet genomfördes (utöver Ranstad) totalt nio efterbehandlingsåtgärder med denna metod. En genomgående trend för dessa objekt (förutom Långsele) är att efterbehandlingsplan togs fram utan vidare utredning eller uppställda mätbara målformuleringar. För Långsele hade

man som uppställt mål att marken skulle nyttjas för skogsbruk och efterbehandlingsplan togs fram efter en utredning om olika efterbehandlingsstrategier. Åtgärderna som genomfördes under 1990-talet har i många fall haft behov av kompletterande åtgärder i form av kalkning (alla utom Näsliden och Ranstad). För Enåsen är ny efterbehandling planerad, Åkulla Östra har genomgått en ny efterbehandling (2012) vilken det ännu är för tidigt att avläsa resultat från. Näsliden har oklart resultat. Åsen Västra visar på minskade halter, men har ännu inte gett avsedd effekt. Långsele uppvisar god kvalitet med avseende på metallhalter i vattnet i dagbrottet, dock syns skador på vegetation i anslutning till dagbrottet och målet att marken ska nyttjas som skogsbruk kan därför inte anses vara uppfyllt. En förklaring till att kompletterande åtgärder har krävts vid flera av objekten är att när redan vittrat gruvavfall deponeras i dagbrottsjöar kan sekundärvittring pågå trots syrefria förhållanden, vilket kan leda problem med sura och metallhaltiga lakvatten som påverkar recipienter.

I Pahtohavare har återfyllning av dagbrott med gruvavfall inte medfört att sura och metallhaltiga lakvatten bildats. Gruvavfallet i Pahtohavare innehåller dock karbonater, vilket medför att bildad syra buffras, vilket förklarar varför problematik med sekundärvittring inte uppstår.

För Kedträskgruvan, som efterbehandlades 2012, föregicks efterbehandlingsplanen av omfattande utredningar, och planen innehåller både övergripande och mätbara mål. Planen har tagit hänsyn till syrabildande kapacitet i avfallet och buffrande material har blandats in i gråberg innan deponering i dagbrottet. Den efterföljande vattenreningen var också en del av planen. Då åtgärderna är relativt nära i tid är det svårt att uttala sig om resultatet. Förhöjda metallhalter förekommer fortfarande och det buffrande materialet har ännu inte gett effekt på framförallt zink.

4.3.4. Deponering av gråberg i naturlig sjö

Vid Gladhammars gruvfält genomfördes en efterbehandling i statlig regi 2011. Efterbehandlingen föregicks av ett omfattande utredningsarbete och vald efterbehandlingsmetod blev att schakta ihop och deponera det historiska gråberget (varpen) under vatten i Tjursbosjön, som en första etapp. Eventuellt kommer en andra etapp i form av muddring av sedimenten i Tjursbosjön att utföras. Åtgärds målen för efterbehandlingen är satta till 2045, så det går inte att dra slutsatser om resultatet än, men den miljökontroll som sker visar än så länge på en klar minskning i utgående metalltransport från området.

Samma problematik som vid deponering av redan vittrat gruvavfall i dagbrottssjö, med avseende på sekundärvittring och sura och metallhaltiga lakvatten, finns vid deponering av vittrat gruvavfall i naturliga sjöar.

4.4. Aktiva efterbehandlingsmetoder

4.4.1. Kompletterande vattenrening och kalkning

För 18 av de 32 utvärderade objekten har noterats att kalkning använts på ett eller annat sätt, antingen som en del av planerad efterbehandling eller som kompletterande åtgärd. Ett exempel är Adak där kalk dels frästes in i utspolad anrikningssand som en del av efterbehandlingsplanen, dels tillfördes dammar som kompletterande åtgärd vid senare tillfälle. Kalk har också frekvent använts vid återfyllda dagbrottssjöar. I underlaget finns exempel på när kalkning har gett avsedd effekt, men också exempel på när det inte gjort det. Återigen kan Adak användas som exempel där tillsats av kalk vid en av utsläppspunkterna har höjt pH-värdet under relativt lång tid, medan tillsats av kalk vid en annan utsläppspunkt inte gav avsedd effekt. En nackdel med kalkning är dock att effekten som regel är begränsad i tid om surt vatten fortsätter produceras, varför förnyad tillsats kan krävas.

Annan typ av vattenrening, som till exempel sedimentation, filtrering och flockning, har

också använts vid flera objekt. Ofta har det använts i kombination med kalk. Överlag verkar vattenreningen haft avsedd effekt, men en uppenbar nackdel är att vattenrening ofta kräver regelbunden tillsyn och måste pågå under lång tid.

4.4.2. In situ-tvättning och vattenrening

Vid Falu koppargruva har en kisbrandsdeponi behandlats med in situ-tvättning. Metoden valdes efter ett omfattande utrednings- och planeringsarbete i delvis statlig regi. Tvättningen pågick sommartid under ett decennium och därefter sluttäcktes deponin med olika typer av kvalificerad torrtäckning för olika delytor. Efterbehandlingen är okonventionell när det gäller gruvavfall och valdes eftersom avfallet konstaterades vara lakbart då större delen av metallerna inte satt bundna i sulfidmineral. Efterbehandlingen anses ha gett avsedd effekt. Målsättningen med en metallreduktion på 90 procent har överträffats.

Gruvområdet vid Falu koppargruva innehåller även stora mängder vittrat gråberg från historisk verksamhet (varp) och har ett högt kulturhistoriskt värde. Efterbehandlingen av området har därmed utformats med hänsyn till det och vald efterbehandlingsmetod är långsiktig uppsamling, pumpning och aktiv rening av läckagevatten, vilket är ovanligt i Sverige. Den aktiva efterbehandlingsmetoden kommer att behöva fortgå under en mycket lång tid framöver. Vattenreningen är effektiv och minskningen av zink, koppar och kadmium har beräknats till 90–95 procent.

4.5. Generella resultat

En del resultat och noteringar från utvärderingen är mer generella och har inte med respektive efterbehandlingsmetod att göra. Noteringarna nedan gäller för många av objekten (oavsett metod), men det finns undantag där förhållanden varit bättre belysta.

Överlag har det varit svårt att få tillgång till komplett underlag, både avseende rapporter och mätdata, för att göra bedömningarna om objekten. Det kan bero på att rapporter eller mätdata inte finns, men lika gärna på att det inte finns någon lämplig struktur för lagring av dessa uppgifter.

Samtliga 32 utvärderade objekt har (minst) en efterbehandlingsplan, även om omfattningen och detaljeringsgraden i planerna har stor variation. Av de 32 objekten var det 5 där efterbehandlingen inte utfördes helt enligt plan och 5 där det inte går att bedöma utförandet utifrån underlaget. Övriga 22 objekt utfördes enligt plan, så långt det går att bedöma utifrån underlaget. För 13 av de 32 objekten påbörjades planeringen av efterbehandlingen under pågående drift. För övriga 19 var det inte möjligt att finna dokumentation som visade på sådan planering.

Vid 26 av de 32 objekten har det vid sammanställningen av underlagen framkommit att kompletterande och/eller korrigerande åtgärder utförts i samband med eller efter avslutad efterbehandling. För 6 av objekten saknas det sådana noteringar. Men det utesluter inte att kompletterande eller korrigerande åtgärder utförts vid dessa 6 objekt.

För flera objekt finns det mer än en efterbehandlingsplan, i de flesta fall beroende på att olika delar av objekten behandlas i olika planer eller att planer utformats vid olika tidpunkter. Vid Näslidengruvan har dock två separata efterbehandlingsplaner genomförts för att effekten av tidigare genomförda åtgärder inte varit tillräckliga. För Enåsen och Rävlidmyrgruvorna pågår arbete med att ta fram nya efterbehandlingsplaner av samma anledning. Även vid Åkulla Östra genomfördes två separata efterbehandlingsplaner, men där var anledningen att den närliggande Kankbergsgruvan dränerade Åkulla Östra efter att den första efterbehandlingen avslutats.

För två av objekten fanns två olika efterbehandlingsplaner. Av de totalt 34 efterbehandlingsplaner som utvärderades var det 24 där det gick att hitta någon typ av åtgärds mål. Samtliga av dessa hade kvalitativa åtgärds mål, till exempel ”att minska metallläckaget”, medan endast nio av dem också hade åtgärds mål som kvantifierats till exempel ”utsläpp av zink under 800 kg/år”

eller ”halten koppar i recipient ska på längre sikt inte överstiga 4 µg/l”. De kvalitativa åtgärds-målen har ofta varit så pass generellt formulerade att det är svårt att säga om målen har uppnåtts eller ej.

Påfallande ofta är avfallet inte karakteriserat på ett sätt så att avfallets egenskaper (syraproducerande potential) och metallhalt är känt.

I utvärderingarna har det framkommit att det vid flera objekt under utvärderingsperioden förekommer att vittrat gruvavfall deponerats och täckts med vatten, även om det skett i mindre utsträckning efter år 2000. De här dagbrotten och magasinerna har i de flesta fall täckts med någon form av ytterligare täckning.

Successiv efterbehandling i form av täckning för att begränsa vittring av gruvavfall har inte kartlagts specifikt i utvärderingen. Men troligtvis har det inte tillämpats i någon större utsträckning vid något av objekten. Baserat på utvärderingen går det därför inte att bedöma vilken effekt det skulle ha.

Generellt har miljökontrollen och provtagningen endast varit inriktad på koncentrationer i ytvatten i diken eller recipienter, medan flödesmätning i ytvatten ofta inte har utförts. Därmed kan det vara svårt att bestämma hur en åtgärd har påverkat den totala metallbelastningen eftersom flödet varierar över tid, samt att många åtgärder också påverkar lakvattenmängder och vattentransporten från ett område. På liknande sätt är det påfallande ofta som eventuell föroreningstransport via grundvattnet (både i jord och berg) inte har beaktats vid efterbehandlingarna. Likaså saknas det som regel bakgrundsdata från tiden innan gruvverksamheten påbörjades, vilket är viktigt att ha för att ge en rättvisande bild av verksamhetens påverkan. Detta är dock inte oväntat då många objekt bedrivit verksamhet sedan lång tid tillbaka.

Dessutom har kontrollen av efterbehandling (miljökontrollen) generellt varit inriktad på recipienter och effekter relativt nära objekten. Baserat på underlaget är det därför, som regel, inte möjligt att påvisa någon miljöpåverkan utanför närområdet. Undantag är möjligen gruvavfallet i Falun som konstaterades vara den klart dominerande källan för metallutsläpp till Dalälven innan utförda efterbehandlingsåtgärder.

Vad gäller geotekniska risker, som till exempel erosionsskador eller rotpenetration, är det risker som inte helt går att undvika i någon typ av efterbehandling baserad på ett fysiskt utformat skydd, såsom täckningar och dammar, vilket kan vara en nackdel för dessa metoder. Metoderna medför därmed ett långsiktigt geotekniskt ansvar.

4.6. Kostnadsbild

Vid genomgången av material för utvärdering av utförd efterbehandlingen eftersöktes också information om kostnadsbild för olika efterbehandlingstekniker. Informationen om kostnader är dock begränsad eller saknas i det tillgängliga underlaget. Utöver det som framgått i underlagen har Boliden sammanställt kostnader för Saxberget, Kedträsk, Stekenjokk och Kristineberg. Dessutom har en sammanställning av kostnader för efterbehandling av anrikningssand vid Bersbo, Ranstad, Stekenjokk, Falun, Saxberget och Kristineberg av Azcue (1999) använts. I denna är kostnaderna angivna i USD och har räknats om till SEK enligt kurs 8 SEK/USD. Slutligen har mark- och miljödomstolens lagakraftvunna dom meddelad 2016-08-31 i mål M 507-99 rörande Blaiken använts. Observera att Blaiken inte är inkluderad i utvärderingen i övrigt då den inte är efterbehandlad. Den är inkluderad i detta avsnitt då det var den enda uppgift för vattenrening och kalkning som var tillgänglig.

I underlaget finns osäkerheter, så det är inte lämpligt att använda enhetskostnader för beräkningar av efterbehandlingskostnader under dagens förhållanden då dessa varierat från år till år, typ av entreprenad och hur upphandlingsförfarandet gått till. Kostnaderna är inte heller omräknade med avseende på inflation eller andra kostnadsförändringar över tid. Det framgår till exempel

inte (annat än i vissa fall) om kostnaderna endast gäller entreprenadkostnader eller om också konsultutredningar, kostnader för verksamhetsutövarens egen nedlagda tid, liksom tillsynsmyndighetens nedlagda tid ingår. Som exempel på denna osäkerhet i redovisade kostnader anges att ca 58 procent av kostnaderna för efterbehandlingen vid Saxberget utgjordes entreprenörkostnader för själva täckningen, inklusive förarbeten på magasinerna och i täkter. Resterande del av kostnaderna rörde i detta fall projektering, projektledning, kontroll och kringarbeten.

Tabell 1 visar de totalkostnader som framkommit i underlaget. Om olika kostnader funnits tillgängliga har den högre siffran tagits med i tabellen eftersom den troligen inkluderat fler av de kostnadsdrivande momenten i samband med efterbehandlingen. I tabell 1 redovisas de totala kostnader som varit möjliga att få fram. I tabell 2 redovisas kostnader per m² för efterbehandling av anrikningssand för olika objekt och metoder. Observera att kostnaderna som presenteras troligen inte heller omfattar kostnader för kontroller efter utförd efterbehandling eftersom den i många fall fortfarande pågår.

Noterbart är att kostnaderna varierar stort mellan objekten (se tabell 1), vilket också är naturligt med tanke på objektens olika förutsättningar och att en del bedrivits som pilotprojekt samt när i tiden åtgärderna genomfördes. Underlaget bedöms därför som för begränsat för att ge en fullständig kostnadsbild eller trend över tid för olika metoder, speciellt som kostnader också styrs mycket av lokala förhållanden. Utifrån tillgängliga kostnader förefaller det dock som att torrtäckning generellt är mer kostsamt än vattenöverdämning och förhöjd grundvattenyta. Detta är inte orimligt då vattenöverdämning innebär att mindre volymer täckningsmassor behöver hanteras.

Tabell 1. Kostnader för efterbehandling, Mkr.

Objekt	Kostnad, Mkr	Referens
Adak	22	Befintligt underlag
Falu gruva	166	Befintligt underlag
Gladhammar	59	Befintligt underlag
Gränsgruvan	1	Befintligt underlag
Ranstad	185	Befintligt underlag
Saxberget	57	Befintligt underlag
Stekenjokk	25	Befintligt underlag
Kedträsk 2012–2014	28	Boliden
Kristineberg	13	Azcue (1999)

Tabell 2. Kostnader för efterbehandling av anrikningssand, kr/m².

Metod	Objekt	Kostnad kr/m ²	Referens
Kvalificerad torrtäckning	Adak	28	Befintligt underlag
	Bersbo	224	Azcue (1999)
	Falu gruva, Galgberget	92	Azcue (1999)
	Ranstad	248	Azcue (1999)
	Saxberget	73	Boliden
	Kristineberg	55	Boliden
Vattenöverdämning	Stekenjokk	14	Boliden
Förhöjd grundvattenyta	Kristineberg	25	Boliden

I genomgången underlag har det också varit svårt att hitta information om kostnadsbild för aktiva reningsmetoder. För att ändå ge en översiktlig kostnadsbild för vad kalkning i en gruvverksamhet kan kosta kan fallet Blaiken användas. I sammanhanget är det viktigt att påpeka att det är mycket ogynnsamma förutsättningar med avseende på geokemi och geohydrologi i Blaiken, samt att verksamhetsutövarna har gått i konkurs, vilket också kan ha påverkat förutsättningarna. Blaiken har heller inte ingått i de utvärderingar som gjorts inom ramen för denna rapport.

Beräknade kostnader för kalkning i Blaiken är (översiktlig kostnadskalkyl för förordat åtgärdsalternativ 2 enligt mark- och miljödomstolens lagakraftvunna dom meddelad 2016-08-01 i mål M 507-99):

- Kalkning avbanade och avsläntade ytor (mesa) 6 kr/m².²
- Kalkning av dagbrott på ca 0,5 miljoner m³ (efter uppfyllnad) ca 300 000 kr/år.

Fallet Blaiken kan även ge en översiktlig kostnadsbild för vad en aktiv rening av lakvatten kan kosta. I Blaiken kostar reningen av vattnet 800 000 kr/månad och kommer att göra det tills åtgärder vidtas för att hantera gruvavfallet. Om åtgärder utförs enligt förordat alternativ 2 beräknas löpande vattenrening behöva fortgå under åtminstone 25 år, men då till en kostnad satt till en tredjedel av dagens kostnad, det vill säga ca 300 000 kr/månad. Detta förutsätter att vattenrening kan göras på vatten direkt från dagbrotten (mark- och miljödomstolens lagakraftvunna dom meddelad 2016-08-01 i mål M 507-99).

Kostnadskalkylen som använts i efterbehandlingsplanen är mycket översiktlig och det beräknade spannet i sammanställningen av totalkostnaden för de olika alternativen anges till ± 50 procent.

2 Räknet utifrån kalkförbrukning på 20 kg/m² och ett enhetspris på 300 kr/ton.

5. SLUTSATSER

Totalt har 32 objekt utvärderats. Utvärderingen är översiktlig och begränsad till det underlag som funnits tillgängligt och omfattat ett tämligen stort antal objekt. Utvärderingen kan därmed inte anses vara fullständig.

Utvärderingen visar att arbetet med att ta fram efterbehandlingsplaner och det faktiska genomförande av efterbehandlingsåtgärderna utvecklats med tiden. Både myndigheter och privata aktörer förefaller ha dragit lärdom av de allra tidigaste genomförda efterbehandlingarna. Troligtvis har arbetet med efterbehandling påverkats i och med nya lagstiftningskrav där inte minst miljöbalkens införande och Sveriges inträde i EU haft betydelse. De flesta efterbehandlingar har genomförts i samråd med myndigheter och enligt vad som vid tiden ansågs vara branschpraxis. Det förefaller dock som att det tagit tid för branschpraxis att förändras inom vissa områden trots att ny kunskap och erfarenhet framkommit. Ett exempel på det är deponering av redan vittrat gruvavfall i vattenfyllda dagbrott (se nedan), där kunskapen om problematik kopplat till sekundär vittring finns redan under tidigt 1990-tal. Detta kan vara relaterat till att starkare juridiska incitament kom först under 2000-talet.

Baserat på utvärderingen har den vanligaste typen av efterbehandling i Sverige varit vattenfyllnad av dagbrott, ofta i kombination med deponering av (i flera fall redan vittrat) gruvavfall i dagbrottet samt någon typ av täckning. Kvarvarande gråberg har vanligtvis täckts och i bara undantagsfall transporterats bort för att nyttjas. Få sandmagasin har efterbehandlats under den aktuella tidsperioden, men även för sandmagasin är täckning med morän (i någon utformning) den vanligaste typen av efterbehandling. Sandmagasinet vid Stekenjokk, som efterbehandlats med vattenöverdämning, är ett undantag.

Generellt har målsättningen med efterbehandlingsåtgärderna varit att minska primärvittringen av gruvavfall genom någon typ av täckning och att även sträva efter kostnadseffektiva lösningar. Endast i nio fall har det funnits kvantitativa mål uppsatta för efterbehandlingarna. Dessutom saknas i nästan samtliga fall bakgrundsdata från tiden innan gruvverksamheten påbörjades vilket försvårar bedömningen av verksamheternas påverkan på recipienter. Ambitionsnivån, även om inte direkt uttalad, förefaller ha varit att man på sikt ska kunna lämna objektet utan vidare underhållsåtgärder och tillsyn. Detta ser än så länge ut att enbart ha lyckats i fallet med Åkerbergsgruvan. Det beror troligtvis till stor del på de geologiska förhållandena vilket innebär att en begränsad mängd sulfider som kan vittra finns tillgängliga i berget vid fyndigheten i Åkerberg.

Erfarenheterna från de genomförda efterbehandlingarna är blandade. Det finns både exempel på efterbehandlingsåtgärder som har gett avsedd effekt och sådana där effekten inte blivit så som avsetts. Det förefaller som om deponering av redan vittrat gruvavfall i dagbrott som sedan vattenfylls eller i naturliga sjöar är en olämplig metod eftersom det är svårt att få metallhalterna under kontroll, vilket i sin tur kan medföra stora konsekvenser för recipienten. Det konstaterades av Naturvårdsverket (1993) att redan vittrat gruvavfall inte ska läggas under vatten på grund av upplösning av sekundära mineral som är utfällda i det vittrade materialet. Även Torstensson (2002) kommer fram till samma slutsats. Flertalet objekt där denna typ av åtgärd har genomförts har följts upp och kompletterande och korrigerande åtgärder har utförts. Den miljökontroll som sker av aktörerna och tillsynsmyndigheterna förefaller dock fånga upp dessa problem och i många fall har både kompletterande utredningar och åtgärder genomförts. Det kan dock ifrågasättas om metoden som initialt förefaller kostnadseffektiv verkligen är det på lång sikt, eftersom tillsyn, miljökontroll och korrigerande åtgärder kommer att krävas under många år.

Något som också är tydligt är att malmens, liksom gråbergets, mineralogi har betydelse för val av efterbehandlingsåtgärder eftersom den påverkar gruvavfallens egenskaper. Efterbehand-

ling av gruvavfall och gruvor med högt innehåll av buffrande ämnen, eller begränsad andel sulfider som till exempel Viscaria och Åkerbergsgruvan, kan vara mindre komplicerat. Trots detta förefaller det som om efterbehandlingsåtgärder endast i undantagsfall har utformats med hänsyn till bergets eller gruvavfallens egenskaper och enbart i få fall har en avfallskaraktärisering legat till grund för åtgärderna och dimensioneringen av dessa. I flera fall har heller ingen faktiskt dimensionering eller projektering av moräntäckningen gjorts, oavsett om den varit av enklare eller mer kvalificerad typ. Täckningarna ser ut att i flera fall ha en för liten mäktighet, bestå av ett för genomsläppligt material eller ha en för enkel konstruktion för att förhindra syre- och vatteninträngning. I ett antal fall har korrigerande åtgärder vidtagits i efterhand.

Något som framgår av utvärderingen är att de objekt och de efterbehandlingar som har genomförts, drivits eller bekostats av staten är betydligt mer omfattande och detaljerade i både utformning och dokumentation. Åtgärderna vid dessa objekt ser också ut att i högre grad ha gett avsedd effekt även om det kvarstår problem med bitvis för höga metallhalter och utflöde av lakvatten. Vid de statligt efterbehandlade objekten har projektorganisationen genomfört omfattande utredningar för att identifiera lämpliga efterbehandlingsmetoder. Därefter har själva genomförandet utförts noggrant och efterkontrollen, avseende exempelvis täckningars funktion, har generellt varit mer omfattande. Detta ser också ut att ha avspeglat sig i kostnaderna då sammanställningen visar att täckningarna vid projekten i Falun, Ranstad, Bersbo och Saxberget varit dyrare jämfört med övriga projekt där kostnadsuppgifter varit tillgängliga vid utvärderingen. De efterbehandlingar som genomförts i av privata verksamhetsutövare förefaller oftare ha genomförts på ett begränsat underlag, speciellt under 1990-talet. Detta har dock förändrats med tiden. Senare efterbehandlingsplaner och tillhörande utredningar är betydligt mer omfattande.

6. REFERENSER

- Azcue, J. M., 1999: *Environmental impacts of mining activities*, Springer.
- Höglund, L-O., och Herbert, R., 2004: *MiMi report 2003:3, Performance Assessment Main Report*. 349 sidor.
- Lottermoser, B., 2010: *Mine Wastes – Characterization, Treatment and Environmental Impacts*. Third Edition. Springer.
- Naturvårdsverket, 1993: *Rapport 4202 Gruvavfall från sulfidmalmsbrytning – metaller och surt vatten på drift*.
- Naturvårdsverket, 1998: *Rapport 4948 Gruvavfall – miljöeffekter och behov av åtgärder*.
- Torstensson, 2002: *Rapport 5190 Uppföljning av efterbehandlingsprojekt inom gruvsektorn – Åtgärder, kostnader och resultat*. 66 sidor.
- Länk: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5190-3.pdf>
- Naturvårdsverket, 2016: *Efterbehandling av förorenade områden. Kvalitetsmanual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering*. 79 sidor.
- Länk: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/kvalitetsmanualen-2016-utgava-8.pdf>
- Näringsdepartementet, 2016: *Regeringsbeslut N2016/02787/FÖF Uppdrag att ta fram strategi för hantering av gruvavfall och göra en bedömning av kostnader och åtgärder för efterbehandling*. 4 sidor.
- Länk: <http://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2016/04/uppdrag-att-ta-fram-strategi-for-hantering-av-gruvavfall-och-gora-en-bedomning-av-kostnader-och-atgarder-for-efterbehandling/>
- Riksrevisionen, 2015: *Rapport RIR 2015:20 Gruvavfall – Ekonomiska risker för staten*. 73 sidor.
- Länk: http://www.riksrevisionen.se/PageFiles/23135/RiR_2015_20_Gruvavfall_anpassad.pdf
- SGU, 2016: *Bergverksstatistik 2015*. Periodiska publikationer. Sveriges geologiska undersökning.
- SGU, 2016: *Vägledning för prövning av gruvverksamhet*. SGU-rapport 2016:23. Sveriges geologiska undersökning.
- Länk: <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/sl623-rapport.pdf>

7. SAMMANFATTNING

Om uppdraget

Naturvårdsverket har i samråd med Sveriges geologiska undersökning (SGU), på regeringens uppdrag kartlagt statens kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling.

Uppdragets syfte är att öka kunskapen om vilka kostnader som staten har vid avveckling av gruvverksamhet. I uppdraget ingår också att kartlägga verksamhetsutövarnas samlade kostnader för sanering och efterbehandling, samt att analysera om det finns någon trend som kan kopplas till vald teknik.

Uppdraget har preciserats och förtydligats i dialog med Miljö- och energidepartementet och Näringsdepartementet. Av dialogen har framgått att de delar av kartläggningen som handlar om verksamhetsutövarnas kostnader, med hänvisning till bristande datatillgång, kan vara översiktliga.

Kostnader för staten

Statens totala kostnader för utredning och åtgärder uppgick till cirka 710,6 miljoner kronor fram till och med november 2016. Till detta kommer en årlig kostnad för prövning och tillsyn som är avgiftsfinansierad. Hur stor del av denna kostnad som täcks av avgifter enligt principen om kostnadstäckning har inte utretts inom ramen för detta uppdrag.

Kostnader för staten uppkommer när ställd ekonomisk säkerhet understiger verklig kostnad för efterbehandling samtidigt som en ansvarig verksamhetsutövare saknas. Risken för staten är störst när verksamhetsutövaren går i konkurs tidigt under verksamheten, när driften sker utan påbörjad efterbehandling, med otillräcklig avfallshantering och utan betydande ekonomisk säkerhet. Orsakerna varierar men gemensamt för de stora objekt som belastar eller som kommer att belasta staten, är att verksamheterna inte varit lönsamma samtidigt som ekonomisk säkerhet varit otillräcklig. Prövningen av miljötillstånd och av ekonomisk säkerhet tar inte verksamhetens lönsamhet i beaktande. Lönsamheten är en förutsättning för tillräcklig hantering av gruvavfall och en ekonomisk säkerhet ska alltid vara tillräcklig för en acceptabel efterbehandling.

Kostnader för verksamhetsutövaren

Verksamhetsutövarnas kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling förväntas stiga i takt med ökade miljökrav och större avfallsmängder då trenden går mot större fyndigheter med lägre halter. Kostnader för efterbehandling kan minska i och med omfattande igensättning, återfyllnad av underjordsgruvor, eller med andra metoder som minskar avfallsmängderna.

REGERINGSUPPDRAGET, DELRAPPORT 3:

”NV ska tillsammans med SGU ställa samman uppgifter om statens och verksamhetsutövarnas kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling samt analysera om det finns någon trend som kan kopplas till vald teknik.”

Med motiveringen:

- ”Det saknas i dag en helhetsbild av bedömda framtida kostnader för utvinningsavfallshantering och efterbehandling.”

Och:

- ”Verksamheten ska samtidigt inte överlämna en skadad miljö eller ekonomiska åtaganden till framtidens medborgare och skattebetalare.”

Det kan också konstateras att kostnaderna för varje åtgärd, exempelvis, schaktning, transport och täckning, varierar mer mellan objekt än över tid.

Effektiva avfallsstrategier under drift kan minska framtida efterbehandlingskostnader. Verksamhetsutövarna har möjlighet att sänka sina kostnader för efterbehandling om efterbehandlingen integreras i planering och utförande under gruvans drift.

En enskild verksamhetsutövare står för en mycket stor del av det framtida efterbehandlingsbehovet.

Framtida kostnader

Få av de historiska objekt som inventerats behöver efterbehandlas. I vilken takt dessa kan åtgärdas avgörs av det ekonomiska utrymmet och den prioritering som Naturvårdsverket gör utifrån den nationella planen för efterbehandling av förorenade områden.

Den återstående efterbehandlingskostnaden för staten är osäker då det är svårt att bedöma i vilken utsträckning ekonomisk säkerhet behöver tas i anspråk och i vilken utsträckning denna är korrekt beräknad.

8. BESKRIVNING AV UPPDRAGET OCH GENOMFÖRANDET

Naturvårdsverket har i samråd med Sveriges geologiska undersökning (SGU), på regeringens uppdrag kartlagt statens kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling (EBH). Syftet är att öka kunskapen om vilka kostnader som staten har vid avveckling av gruvverksamhet. I uppdraget ingår också att kartlägga verksamhetsutövarnas samlade kostnader för sanering och efterbehandling, samt att analysera om det finns någon trend som kan kopplas till vald efterbehandlingsteknik. Uppdraget har preciserats och förtydligats i dialog med Miljö- och energidepartementet och Näringsdepartementet. Av dialogen har framgått att de delar av kartläggningen som handlar om verksamhetsutövarnas kostnader kan vara översiktliga på grund av bristande datatillgång.

8.1. Genomförande

Utgångspunkt för uppdraget är de iakttagelser och slutsatser som Riksrevisionen lämnat i sin rapport *Gruvavfall – Ekonomiska risker för staten*.³

8.1.1. Uppgifter om statens kostnader

Kartläggning av statens kostnader grundar sig i huvudsak på uppgifter från länsstyrelserna. Naturvårdsverket har dels efterfrågat en uppdatering av databasen EBH-stödet, dels efterfrågat kostnadsuppgifter utifrån underlag för utbetalning av bidrag för sanering och efterbehandling. Uppgifterna omfattar data från 1999, då staten började finansiera efterbehandling av historiska objekt genom ett särskilt ramanslag till Naturvårdsverket för bidrag till sanering och efterbe-

SLUTSATSER – RIKSREVISIONEN, 2015:

”Granskningen visar att det finns problem i såväl fastställandet av de ekonomiska säkerheterna som i bevakningen av ställda säkerheter och i miljötillsynen över gruvverksamheter. Enligt Riksrevisionen medför dessa problem sammantaget att det nuvarande systemet med ekonomiska säkerheter för gruvverksamhet inte i tillräcklig mån minimerar riskerna för att staten och därigenom skattebetalarna ska behöva bekosta nödvändig efterbehandling av nedlagda gruvor.”

3 Riksrevisionen 2015: *Gruvavfall – Ekonomiska risker för staten*. RiR 2015:20.

handling av förorenade områden. För vissa äldre och/eller större objekt har kompletterande uppgifter hämtats från rapporter.

Kartläggningen har genomförts i syfte att öka kunskapen om statens kostnader för efterbehandling av gruvor och fokus har därför även lagts på vilka kostnader staten kan förväntas ha i framtiden. För denna del av kartläggningen finns mycket begränsat med detaljerade uppgifter. Redovisningen bygger i huvudsak på generella kostnadsuppskattningar om återstående kända objekt som kan behöva efterbehandlas. I denna del har enbart uppgifter om gruvor i riskklass 1⁴ sammanställts.

Naturvårdsverket har också samlat och tagit del av domar från mark- och miljödomstolarna och Mark- och miljööverdomstolen som berör den del av ställande av ekonomisk säkerhet som avser efterbehandling för aktiva gruvor eller gruvor som nyligen stängts. Domarna tillsammans med kompletterande källor har utgjort grund för en översiktlig kvalitativ analys av statens framtida finansiella risk för efterbehandlingskostnader för pågående eller nyligen avslutad gruvverksamhet.

Analysen omfattar bedömningar av i vilken grad de uppskattade kostnaderna kan komma att överensstämma med det faktiska kostnadsutfallet. Däremot ingår inte bedömning av lönsamhet och eventuell konkursrisk för enskilda verksamhetsutövare.

Utöver statens direkta kostnader för utredning och åtgärder efter att en gruva stängts, har en uppskattning gjorts av statens indirekta årliga kostnader för efterbehandling, men också en uppskattning av statens kostnader för prövning och tillsyn av gruvverksamhet, där olika statliga myndigheter på olika sätt deltar i processen. En översiktlig kartläggning har slutligen gjorts av statens intäkter från gruvverksamheten. Någon nettoeffekt har dock inte beräknats kvantitativt.

8.1.2. Uppgifter om verksamhetsutövarnas kostnader

Det finns inga återrapporteringskrav på verksamhetsutövarna för nedlagda kostnader efter det att åtgärder avslutats. Det innebär att det inte bara saknas en samlad bild av verksamhetsutövarnas kostnader för efterbehandling av gruvor utan även tillgång till fullständiga uppgifter om verksamhetsutövarnas kostnader för efterbehandling.

Naturvårdsverket har efterfrågat uppgifter om verksamhetsutövarnas kostnader för avfallshandtering och efterbehandling under planerings- drifts- och efterbehandlingsfas. Dessa uppgifter är dock inte fullständiga varför huvudsakligt underlag är en konsultrapport från Ramböll Sverige AB som sammanställts på Naturvårdsverkets uppdrag. Konsulten har sammanställt huvudsakliga kostnadsposter samt gjort en övergripande sammanställning av faktorer som påverkar kostnadsutfallet med konceptuella exempel.

8.1.3. Projekt- och styrgrupp

I arbetsgruppen för denna del av redovisningen har handläggarna Cathrine Lundin, Kristina Tysk och Elisa Abascal Reyes (projektledare) deltagit. Till arbetet har, från Naturvårdsverket, även handläggarna Ann-Marie Fällman och Björn Pettersson bidragit. Från SGU har Amanda Baumgartner (projektledare), Mattias Fackel (bitr. projektledare), Kristina Sjödin, Henning Persson, Olof Sandström, Pontus Westrin och Tobias Berglin deltagit i arbetet.

SGU och Naturvårdsverket har haft en gemensam styrgrupp för uppdraget.

Beslut om denna redovisning har fattats av generaldirektörerna Björn Risinger (Naturvårdsverket) och Lena Söderberg (SGU), diariennr. NV-03195-16 respektive 311-888/2016.

⁴ MIFO: Metod för inventering av förorenade områden. Se Naturvårdsverket (2002): Metodik för inventering av förorenade områden. Bedömningsgrunder och vägledning för insamling av underlagsdata. Naturvårdsverket 1999–2002. Rapport 4918.

9. SÅ REGLERAS ANSVAR FÖR SANERING OCH EFTERBEHANDLING

När det gäller förorenade områden är huvudregeln att det är den verksamhetsutövare som har bedrivit en verksamhet eller vidtagit en åtgärd som har medfört skada eller olägenhet för miljön som är ansvarig för att avhjälpa dessa, vilket framgår av 2 kap. 8 § och 10 kap. 2 § miljöbalken. Bestämmelserna överensstämmer med miljöbalkens allmänna hänsynsregler och principen om att det är förorenaren som ska betala, försiktighetsprincipen, skälighetsregeln, bästa möjliga teknik samt ansvar att avhjälpa skada, 2 kap. 3 §, 7 § och 8 § miljöbalken.

Av lag (1998:811) om införande av miljöbalken framgår att bestämmelserna i 10 kap. miljöbalken endast ska tillämpas i fråga om miljöfarlig verksamhet vars faktiska drift har pågått efter den 30 juni 1969, om verkningarna av verksamheten alltså pågår vid tiden för miljöbalkens ikraftträdande och det föreligger behov av att avhjälpa skador eller olägenheter som har orsakats av verksamheten. Om däremot verksamheten som gett upphov till föroreningarna har upphört senast den 30 juni 1969 kan inte någon verksamhetsutövare göras ansvarig för avhjälpande. Avgörande för ansvarsfrågan är hur övergångsbestämmelsens ”begrepp, miljöfarlig verksamhet i faktisk drift” ska tolkas.

I praktiken kan det dock vara svårt att bedöma vilken juridisk eller fysisk person som ska betraktas som verksamhetsutövare, detta är dock ovanligt för gruvor. Ibland kan även en fastighetsägare bli ansvarig.

9.1. Ingen ansvarig – bidrag till efterbehandling

När verksamhetsutövaren inte kan göras ansvarig för ett objekt finns möjlighet att söka bidrag för efterbehandling från staten.

Från och med 1999 inrättades ett nytt anslag på statsbudgeten för sanering och återställande av förorenade områden.⁵ Ramanslaget regleras från och med 2004 i förordning (2004:100) om avhjälpande av föroreningsskador och statligt stöd. Av förordningen framgår att bidrag får lämnas till undersökningar och utredningar, undersökning i syfte att utreda om det har uppstått en föroreningsskada, utredning om förebyggande åtgärder m.m. Bidrag får endast lämnas under vissa förutsättningar, som när ansvar att utföra eller bekosta sådan verksamhet inte kan utkrävas eller endast kan utkrävas delvis. Bidrag kan också lämnas om den eller de som är ansvariga för att bekosta sådan verksamhet inte kan betala, eller om det finns synnerliga skäl.

När anslaget inrättades uppgick det till 40 miljoner kronor, för att sedan öka fram till och med 2016 då anslaget uppgick till drygt 815 miljoner kronor. Av dessa är 315 miljoner kronor avsatta för bostadsbyggande.

Innan bidraget infördes fanns möjlighet att få statligt stöd för efterbehandling dels via Naturvårdsverkets förvaltningsanslag, dels via särskild finansiering från statsbudgeten.

Objekt som kan komma i fråga för bidrag har varit i drift vid någon tidpunkt under ett mycket långt tidsintervall. Vissa nedlagda gruvor har varit i drift i hundratals år medan andra öppnats och stängts under de senaste decennierna. De äldsta objekten kan dateras till medeltiden.

9.2. Samfinansiering

Ibland har den ansvarige verksamhetsutövaren endast ett begränsat ansvar enligt bestämmelserna i 10 kap. 4 § miljöbalken. För att de miljömässigt motiverade åtgärderna ska gå att genomföra krävs då finansiering från både den ansvarige och staten.

Det finns i en del fall avtal om samfinansiering mellan staten och verksamhetsutövare för efterbehandling av objekt där ansvarsfrågan är utredd och verksamhetsutövarens ansvar är

5 Proposition 1998/1999:1 Förslag till statsbudget. Utgiftsområde 20, allmän miljö- och naturvård.

begränsat. Det kan exempelvis handla om att staten bekostar avhjälpande i de delar där den miljömässigt motiverade merkostnaden för ökad ambitionsnivå inte kan läggas på verksamhetsutövaren.

Det kan finnas miljömässiga och ekonomiska fördelar att ta ett helhetsgrepp om ett förorenat område och göra en efterbehandling som går utöver den del som verksamhetsutövaren har ansvar för. Här ska en del bekostas av verksamhetsutövaren och en del av staten. Ansvar ska inte förhandlas bort till nackdel för det allmänna; ett offentligt ansvar enligt miljöbalken kan aldrig avtalas bort. Det är inte ansvarets omfattning som förhandlas utan endast avhjälpandet.

I skälighetsbedömningen av ansvarets omfattning har Mark- och miljööverdomstolen i flera fall kommit fram till att tidsfaktorn är viktig, när åtgärder ska utföras långt efter att en verksamhet upphört. I några domar från 2010 har Mark- och miljööverdomstolen jämkat ansvaret för verksamhetsutövaren utifrån tidsaspekten. Ansvaret jämkas när det inte är skäligt att verksamhetsutövaren tar hela kostnaden.⁶ Ansvar för förorening som skett före och under 1950 kan jämkas till noll. När det gäller förorening som skett fram till 1969 har domstolen bedömt att det finns ett begränsat ansvar för verksamhetsutövaren. För förorening som skett efter 1969 har domstolen bedömt att det inte finns något skäl för jämkning.

Ansvaret kan också jämkas procentuellt, vilket innebär en möjlighet att söka bidrag för efterbehandling för den del som inte omfattas av verksamhetsutövarens ansvar. I sådana fall sker samfinansiering av åtgärderna. Till och med 2015 har sådan finansiering skett i ett trettiofall totalt, det vill säga för alla åtgärder och alla objekt inom alla sektorer som finansierats helt eller delvis med efterbehandlingsbidrag.

9.3. Akut avhjälpande

Om det föreligger en akut miljö- och hälsorisk och det finns skäl att skyndsamt vidta åtgärder i syfte att förebygga eller minimera skador på människor och miljö kan bidrag utgå till en annan huvudman för efterbehandling. Bidraget utgår då efter att tillsynsmyndigheten förelagt om rättelse på felandes bekostnad. Detta har hittills skett för två gruvor.⁷

9.4. Så prioriteras olika objekt

Naturvårdsverket har upprättat en nationell plan för fördelning av statliga bidrag till efterbehandling av förorenade områden. I planen finns fem urvalskriterier för efterbehandlingsarbetet. Dessa är vägledande vid fördelning av bidrag.⁸ Då finansieringsbehovet överstiger tillgängliga resurser tas även hänsyn till hur stort behovet är av akut avhjälpande. Länsstyrelserna har kartlagt efterbehandlingsobjekt och riskklassificerat dem enligt Metodik för Inventering av Förorenade Områden (MIFO). Riskklassningen är en samlad bedömning av föroreningarnas farlighet, föroreningsnivån, spridningsförutsättningarna, känsligheten och skyddsvärdet. Det finns sammanlagt fyra riskklasser (1–4) där riskklass 1 utgörs av objekt med mycket stor risk. Under senare år har bidrag till efterbehandling av förorenade områden i främst betalats ut till objekt i riskklass 1. För metallgruvor är det sulfidmalmsgruvor som utgör den största miljörisken.

6 Två av domarna gällde Hjortsberga sågverk respektive Tölö där man tillverkat takpapp, rostskyddsoljor och takmassor.

7 Bidrag har betalats ut för åtgärder vid gruvorna Svärtråsk och Blaiken. I en dom från Mark- och miljööverdomstolen (Svea hovrätt) fastslås att ett konkursbo övertar ansvaret för avhjälpande av förorenade områden även om det inte pågått någon brytning (M 4233-13 samt M 4093-13). Saknar konkursboet betalningsförmåga kan bidrag ändå sökas om det föreligger en mycket stor risk för allvarlig miljö- och hälsoskada.

8 *Nationell plan för fördelning av statliga bidrag för efterbehandling*. Rapport 6720, Naturvårdsverket augusti 2016. De fem urvalskriterierna är: tillsynsdriven efterbehandling som kan höja efterbehandlingstakten genom att öka andelen privatfinansierade åtgärder, ökat bostadsbyggande genom att efterbehandla förorenade områden, teknikutveckling, färdigställa pågående och initierade projekt samt effektiv anslagshantering.

9.5. Miljökrav

I och med att miljöbalken trädde ikraft den 1 januari 1999 följde ytterligare regeländringar som påverkat verksamhetsutövare som bedriver miljöfarlig verksamhet. Riksdagen har också antagit ett system med miljökvalitetsmål som anger målsättningen för samhällets miljöarbete. Till miljömålssystemet infördes också så kallade miljökvalitetsnormer där riktvärden, gränsvärden och andra indikativa normer har rättsverkan i olika sammanhang.

Med hänsyn till den stora mängden, och andra mycket specifika förutsättningar som skiljer utvinningsavfall från andra avfallsslag, har utvinningsavfall reglerats i ett särskilt utvinningsavfallsdirektiv.⁹ Genom förordningen (2013:319) om utvinningsavfall (utvinningsavfallsförordningen) har utvinningsavfallsdirektivet och vissa andra EU-bestämmelser¹⁰ genomförts i svensk lagstiftning.¹¹ Utvinningsavfallsförordningen innehåller bestämmelser om yrkesmässig hantering av utvinningsavfall, som tillägg till bestämmelserna i miljöbalken och andra förordningar.¹² I utvinningsavfallsförordningen finns bland annat krav på karakterisering av avfallets egenskaper och riskbedömning.

Generella bestämmelser om avfall finns i 15 kap. miljöbalken och i avfallsförordningen (2011:927), i vilken också klassificering av avfall regleras. I avfallsförordningen regleras vilket utvinningsavfall som kan klassificeras som farligt avfall.

10. KARTLÄGGNING AV STATENS KOSTNADER

Staten har direkta och indirekta kostnader för efterbehandling av gruvor. Till de direkta kostnaderna hör utrednings- och åtgärds-kostnader. Naturvårdsverket har sammanställt direkta kostnader för sanering och efterbehandling per kostnadskategori. För perioden 1980–1999 har arkivsökningar och annan referenslitteratur använts, medan länsstyrelserna bidragit med uppgifter om kostnader från perioden 2000–2015. Utöver direkta kostnader, tillkommer indirekta kostnader för administration, inventering, prövning och tillsyn.

10.1. Direkta kostnader: utrednings- och åtgärds-kostnader

Den totala summan för utrednings- och åtgärds-kostnader för sanering och efterbehandling av gruvor uppgår, från och med 1999 fram till och med augusti 2016, till drygt 445 miljoner kronor. Av dessa kan utredningskostnader specificeras från och med att ramanslaget infördes 1999.¹³ Cirka 35,5 miljoner kronor av totalkostnaden avser utredningskostnader och knappt 411 miljoner kronor utgörs således av åtgärds-kostnader. Eftersom krav på detaljeringsgrad i återrapportering har ändrats kan det dock antas att uppskattad kostnad för utredningar är underskattad, särskilt om man till detta lägger de kostnader som rapporterats för projekt som avhjulpts innan 1999, men som inte omfattas av denna sammanställning. Av de totala åtgärds-kostnader på 445 miljoner kronor

9 Direktiv 2006/21/EG av den 15 mars 2006 om hantering av utvinningsavfall och om ändring av direktiv 2004/35 EG.

10 Kommissionens beslut (2009/335/EG) om tekniska riktlinjer för upprättande av den finansiella säkerheten, kommissionens beslut (2009/337/EG) om definitionen av kriterierna för klassificering av avfallsanläggningar, kommissionens beslut (2009/359/EG) om komplettering av definitionen av inert avfall och kommissionens beslut (2009/360/EG) om komplettering av de tekniska kraven för karaktärisering av avfallet.

11 Regeringens yttrande 2014-01-21 (ärende UF2013/70885/UD/RS) till EU-kommissionen i kommissionens ärendenummer 2011/2117 s. 2 "Även om de allmänna hänsynsreglerna gäller, kan det ibland finnas anledning att komplettera och i vissa fall precisera dem avseende viss verksamhet. Så har också skett i fråga om ramarna för sådan verksamhet i vilken utvinningsavfall hanteras. Bestämmelserna i förordningen kompletterar och preciserar de allmänna hänsynsreglerna 2 kap. miljöbalken för sådan verksamhet i vilken utvinningsavfall hanteras."

12 Förordningen (2013:319) om utvinningsavfall trädde i kraft den 1 juli 2013 då förordningen (2008:722) om utvinningsavfall upphörde att gälla.

13 Anslaget regleras sedan 2004 genom förordning (2004:100) om avhjälpande av föroreningskador och statligt stöd för sådant avhjälpande.

Tabell 3. Statens kostnader för efterbehandling av gruvor, utredning och åtgärder (kronor) från och med 1999 till och med augusti 2016.

Län	Statens kostnader (kr)			Antal objekt
	Åtgärder	Utredning	Totalt (kr)	
Kalmar	55 800 000	6 572 043		1
Östergötland		2 331 488		4
Örebro	58 497 462	1 148 883		3
Västmanland	2 530 569	6 460 242		6
Västerbotten	122 640 000	2 073 610		3
Norrbottn	8 146 117	4 750 000		1
Dalarna	140 000 000	6 630 000		7
Västra Götaland		2 407 777		2
Värmland		1 500 000		8
Uppsala		133 344		1
Jämtland		14 864		18
SGU*	24 000 000			1
Summa	411 614 148	34 022 251	445 636 399	55

* SGU har haft kostnader för Adakgruvan på totalt 24 miljoner kronor under tidsperioden 2002–2015.

Källa: EBH-stödet samt enkät till länsstyrelserna.

har 65 procent, 291 miljoner kronor, använts till finansiering av åtgärder där ingen ansvarig finns och cirka 29 procent, 129 miljoner kronor, till finansiering av avslutade eller pågående åtgärder där det funnits ansvarig, men där ett avhjälpande varit nödvändigt på grund av mycket stor risk för miljö eller hälsa.

Bidrag har också utgått till objekt som inte klassificerats enligt MIFO. MIFO-klassificering används inte i första hand för inventering av objekt där verksamheten nyligen avslutats och där krav på dokumentation för provtagning följer av annan lagstiftning.¹⁴ I tabell 3 framgår kostnader per län och det antal objekt som kostnaderna avser.

I tabellen ovan framgår att kostnader för utredningar och åtgärder varierar mycket mellan olika län. För vissa län är åtgärderna och kostnaderna små. För Dalarnas, Västerbottens och Örebro län bidrar ett fåtal objekt till stora åtgärds-kostnader. I Jämtland redovisas många objekt men små kostnader för ytvattenanalyser. I Dalarna märks särskilt åtgärder vid Falu gruva.¹⁵

I Västerbotten har omkring 80 miljoner kronor hittills betalats ut för åtgärder vid Svärträsk och till viss del Blaiken. I Örebro län har åtgärder vid Johannesborgs vaskverk och Silvergruvan kostat 28,7 respektive 29,8 miljoner kronor. Det innebär att sammanlagt sex gruvor står för 68 procent av de utbetalade medlen för åtgärder från och med 1999 till och med augusti 2016.

I Riksrevisionens rapport *Gruvor – ekonomiska risker för staten* redovisas uppgifter från Naturvårdsverket om att statens utgifter för genomförda och beslutade efterbehandlingar av gruvavfallsupplag fram till och med 1998 uppgick till cirka 265 miljoner kronor. I denna summa ingår också kostnader för de avtal som slutits mellan verksamhetsutövare och staten om särskild finansiering. Den kartläggning som nu gjorts kompletterar denna uppgift och de totala kostna-

¹⁴ Se förordning (213:319) om utvinningsavfall.

¹⁵ Se Hanaeus Å. & Ledin, B. (2010) Efterbehandling av gruvavfall i Falun 1992–2008. Sammanfattande slutrapport för Faluprojektet. Naturvårdsverket rapport 6398. December 2010. 98 miljoner kronor har betalats ut kontinuerligt sedan 1992 och ytterligare 20 miljoner kronor, som är villkorade, har inte utbetalats.

derna, inklusive ovanstående redovisning beräknas till 710,6 miljoner kronor fram till och med november 2016.

Totalsumman visar inte hur fördelningen av finansiering av objekt med respektive utan ansvarig verksamhetsutövare ändrats över tid. För finansiering av åtgärder vid Svärtråsk och Blaiken, har Naturvårdsverket hittills meddelat bidrag för 70 miljoner kronor för sanering och minst 10 miljoner kronor för vattenrening.¹⁶ Totalsumman för efterbehandling av de båda gruvorna beräknas bli betydligt högre. Länsstyrelsen i Västerbotten begärde i en hemställan till regeringen stöd om totalt 335 miljoner kronor för att finansiera efterbehandlingarna.¹⁷ I februari 2017 avslog regeringen hemställan och hänvisade till Naturvårdsverkets ramanslag och den nationella plan som gäller för prioritering av objekt för efterbehandling.¹⁸

Från underlaget går det inte att dra några generella slutsatser om kostnader för olika delmoment i kartläggningen. I enkätsvaren från länsstyrelserna framgår att utredningskostnader varierar mellan 14 000 kronor och 3 150 000 kronor. Detta förklaras av att det handlar om olika typer av utredningar i form av exempelvis ytvattenanalyser, och den högre siffran som gäller en mer omfattande studie där teknikval för åtgärder gått igenom. I underlaget ingår ibland även ansvarsutredningar.

Totala åtgärds-kostnader per objekt varierar också stort, från 2,5 till 128 miljoner kronor per objekt. Variationen förklaras av platsspecifika förutsättningar. Samtliga objekt som ingår i sammanställningen avser gruvor i riskklass 1 eftersom Naturvårdsverket prioriterar enligt den nationella planen för efterbehandling (se avsnitt 9.4.).¹⁹

De viktigaste förklaringarna till att kostnaderna ökat för statens del är att MIFO-kartläggning är genomförd och att fler objekt nu utreds och efterbehandlas och att miljökraven för efterbehandling ökat.²⁰ Till detta kommer betydande kostnader för staten för efterbehandling av olönsamma gruvprojekt, där verksamhetsutövare gått i konkurs utan att lämna tillräcklig ekonomisk säkerhet.

10.2. Indirekta kostnader: prövning och tillsyn

Staten har indirekta kostnader för gruvverksamhet och stängning av gruvor. Exempelvis har länsstyrelserna kostnader för prövning och tillstånd i domstol och för att tillhandahålla vägledning. Det finns 13 aktiva metallgruvor i fyra län. Länsstyrelserna har även kostnader för tillsyn. Tillsyn förekommer även för icke aktiva gruvor. Domstolsväsendet har kostnader för prövning i samband med tillstånd enligt miljöbalken, för vilken avgift tas ut. Ett antal myndigheter²¹ har kostnader för vägledning, prövning med mera, som avser hantering av gruvavfall och som också finansieras med avgifter.

Tillsyn bedrivs enligt 9 och 10 kap. miljöbalken och förordning (1998:900) om tillsyn enligt miljöbalken. Tillsyn ska bedrivas enligt principen om kostnadstäckning och avgifter regleras i förordning (1998:940) om avgifter för prövning och tillsyn för verksamheter som omfattas av tillstånd enligt 4 kap. miljöprövningsförordningen. I förordningens bilaga anges avgifter efter

16 Kostnad för vattenrening debiteras per månad med en initial årlig uppskattning av 10 miljoner kronor per år. Ackumulerad totalkostnad för vattenrening vid färdigställande av denna rapport är inte helt klar.

17 Länsstyrelsen i Västerbotten: Hemställan om statligt bidrag till efterbehandling av Svärtråskgruvan och Blaikengruvan. Diariennr: 577-8945-2016.

18 Regeringens beslut om ansökan om statligt bidrag för efterbehandling av Svärtråskgruvan och Blaiken gruvan. 2017-02-16, M2016/02738/Ke.

19 Bidrag till efterbehandling av förorenade områden betalas inte enbart ut till objekt i riskkategori 1, det kan finnas andra kriterier, som exempelvis teknikutveckling, som gör att även objekt i riskklass 2 kan komma i fråga. Riskklassificering är i sig inte heller ett nödvändigt villkor för att ett objekt ska prioriteras.

20 Gruvor där stora tonnage bryts leder till större avfallsmängder medan djupare underjordsgruvor leder till mindre avfallsmängder.

21 Havs- och vattenmyndigheten, Naturvårdsverket, SGU, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samt Svenska kraftnät.

bransch som ska gälla för tillsyn av verksamheter enligt miljöbalken.²² En gruva har vanligtvis tillstånd för flera olika anläggningar och betalar tillsynsavgift för varje anläggning. Viss nedsättning av avgiften kan göras om det finns flera anläggningar hos ett objekt.

Gruvverksamhet, liksom hantering och efterbehandling av gruvavfall, utgör miljöfarlig verksamhet enligt miljöbalken. Det innebär ofta att det krävs tillstånd för miljöfarlig verksamhet från miljödomstol eller länsstyrelse. Det finns undantag för mindre efterbehandlingsärenden.

Tillsyn enligt miljöbalken kan bedrivas dels gentemot verksamhetsutövare för aktiva gruvor med aktiv avfallshantering, dels mot den som är verksamhetsutövare för avfallsupplag och dylikt vid gruvor som är nedlagda. Verksamhetsutövare är i regel det företag eller bolag som bedriver eller har bedrivit verksamheten, men i andra fall, bland annat när det gäller nedlagda gruvor, kan exempelvis markägaren gälla som ansvarig verksamhetsutövare.

Naturvårdsverket har intervjuat handläggare i de län som har tillsynsobjekt i gruvsektorn. I intervjuerna, som genomfördes under december 2016 och januari 2017, har fokus varit på aktiv gruvverksamhet med avfallshantering. I vissa fall har tillsyn av avfall vid nedlagd gruva inkluderats i svaren.²³

Representanter från åtta länsstyrelser har intervjuats. Gruvverksamhet som kräver tillsyn finns för närvarande enbart i Västerbotten (9 objekt), Norrbotten (6), Örebro (2) och Dalarna (1). I Gävleborg finns en verksamhet där brytning inte pågår. Totalt handlar det om 18–19 ”aktiva” tillsynsobjekt.

Enligt intervju svaren avsätts totalt drygt sex heltidstjänster vid de fem länen för tillsyn av aktiv gruvverksamhet. Det är enligt svaren svårt eller omöjligt att ange hur stor del av tillsynen som avser avfall. Tillsynen utförs på hela gruvverksamheten där avfallshantering är en del.

Utöver direkta tillsynskostnader tillkommer kostnader för den tid som länsstyrelserna lägger på att yttra sig i prövningar och på att handlägga inventering.²⁴ Totalt är de tillfrågade länsstyrelsernas kostnader för efterbehandling av förorenade områden strax under 24,5 miljoner kronor.²⁵ Hur stor del som avser efterbehandling av förorenade områden med gruvavfall är okänt.

Utöver länsstyrelsernas tillsyn tillkommer 3 – 6 årsarbetskrafter på Naturvårdsverket²⁶ samt arbetstid på SGU för huvudmannaskap. SGUs verksamhetskostnader varierar beroende på vilka projekt som genomförs. För efterbehandling av Svärtråskgruvan har 1 519 arbetstimmar redovisats för 2016.²⁷

10.3. Statens kostnader på längre sikt

År 1998 uppskattade Naturvårdsverket kostnaden för efterbehandling av 27 objekt (upplag) till totalt 790–1 400 miljoner kronor.²⁸ Efter denna sammanställning har ytterligare objekt tillkommit samtidigt som flera objekt hunnit åtgärdas. Framtida åtgärds-kostnader är sammantaget svåra att bedöma innan samtliga objekt hunnit utredas färdigt. I databasen EBH-stödet, där länsstyrelser för in uppgifter om genomförda efterbehandlingar med statliga och privatfinansierade medel, finns uppgifter om totalt 471 olika objekt som inte helt avförts eller avslutats. Bland dessa finns 60 kartlagda sulfidmalmsgruvor i riskklass 1, samt några få objekt i riskklass 2 i olika

22 I tillsynsförordningens bilaga anges avgifter för såväl kommunal som statlig tillsyn.

23 Gäller främst i de fall där länsstyrelsen har lagt ner väsentlig tillsynstid på sådana objekt. Se exempelvis enkätsvar till SGU i delredovisning 2.

24 PM om tillsynskostnader Naturvårdsverket 2017, dnr NV-03195-16.

25 PM om tillsynskostnader Naturvårdsverket 2017, dnr NV-03195-16.

26 Avser handläggare med specifik gruvkompetens, handläggning av bidrag för efterbehandling samt juridiskt stöd i rättsprocesser.

27 E-post från SGU 2017-02-06, dnr. NV-03195-16.

28 Naturvårdsverket (1998): *Gruvavfall – Miljöeffekter och behov av åtgärder*. Rapport 4948 s. 63 ff.

stadier av kartläggning och åtgärder.²⁹ För äldre objekt med åtgärdsbehov, men utan ansvarig, gäller den prioritering som sker enligt den nationella planen.³⁰

Ändringar av förutsättningarna påverkar i vilken takt efterbehandling är möjlig. Regeringen hänvisar fortsatt finansiering av åtgärder vid Svärträsk och Blaiken till ordinarie anslagsfinansiering och prioritering enligt nationella planen. Om Naturvårdsverket beviljar dessa objekt finansiering i enlighet med den storleksordning som Länsstyrelsen i Västerbottens hemställt om till regeringen, minskar utrymmet för åtgärdande av andra objekt och dessa måste då flyttas framåt i tiden, under förutsättning att ingen annan prioritering görs.

10.3.1. Ekonomiska säkerheter och statens risk

I och med att miljöbalken trädde ikraft den 1 januari 1999 ändrades villkoren för ställande av ekonomisk säkerhet. Den blev i enlighet med 16 kap. 3 § miljöbalken obligatorisk för alla verksamheter som bedriver miljöfarlig verksamhet som kan ge upphov till avhjälpande.

Riksrevisionen konstaterade i sin granskning att säkerhetstypen ”successiv avsättning” bedöms som svårhanterlig och resurskrävande av tillsynsmyndigheterna, men att den motsvarar en mycket liten del av det totala säkerhetsbeloppet. Riksrevisionen fann också att domstolen höjt den säkerhet som gruvbolaget i fråga föreslagit. Vidare konstateras att Naturvårdsverket och länsstyrelserna har svårt att bedöma om gruvbolagens förslag till säkerhet är rimliga. Den svenska lagstiftningen specificerar inte hur lång tid efter avslutad efterbehandling som den ekonomiska säkerheten ska räcka till kontroll och kompletterande åtgärder.

Riksrevisionen konstaterade också att där tillstånd till gruvverksamhet beviljats, har det inte ställts krav på att tillståndet får tas i anspråk först när den ekonomiska säkerheten har bedömts som betryggande. I praktiken betyder det att gruvverksamheten under viss tid kan bedrivas utan ekonomisk säkerhet.

Statens risk för framtida efterbehandlingskostnader handlar dels om sannolikheten att en konkurs inträffar samtidigt som den ekonomiska säkerheten är felaktigt beräknad, dels om sannolikheten att denna felberäkning är så pass stor att konsekvenserna blir kännbara. Den ekonomiska säkerheten ska skydda staten mot framtida kostnader för efterbehandling. Kostnader för staten kan uppkomma om bristande lönsamhet hos verksamhetsutövarna leder till konkurs eller om verksamhetsutövaren av annan anledning inte kan fullfölja sitt ansvar. Har då underlaget för beräkning av ekonomisk säkerhet brister kan det innebära att den ekonomiska säkerheten är otillräcklig för att finansiera hela efterbehandlingen. Sådana brister i beräkningen kan uppkomma om avfallens egenskaper eller förutsättningarna för avfallshantering och efterbehandling har missbedömts. Avvikelser mellan förväntade och slutliga efterbehandlingskostnader kan exempelvis uppstå om behovet av kvalificerad täckning underskattas. Om tillgången till material för kvalificerad täckning felbedöms kan kostnaden för efterbehandlingen också öka. Exempel på sådana avvikelser utvecklas närmare i kapitel 11.

Kostnader som anges bygger på produktionstekniker och produktionsförutsättningar som beräknas innan gruvan tagits i drift. Om förutsättningarna ändras under produktionstidens gång kan också mängden avfall eller risken för miljöskada förändras. Den ekonomiska säkerheten är förenad med villkor för hur verksamheten ska bedrivas. Ändras någon förutsättning som påverkar de villkor domstolen ställt ska detta anmälas till tillsynsmyndigheten. Denna kan begära att den ekonomiska säkerheten ändras.

29 Utdrag ur EBH-stödet 2016-11-07. Gruvor genomgår innan avslut följande moment (helt eller delvis): *Inventering*: innebär att objektet riskklassas. *Förstudie*: innebär att en grundläggande studie av efterbehandling genomförs och beslut fattas om objektet ska avföras eller gå vidare till huvudstudie. Efter huvudstudie kan beslut om åtgärd eller delåtgärd fattas. Efter att åtgärd eller delåtgärd genomförts återstår uppföljning.

30 I bedömningen ingår att objekten kan åtgärdas över tid och att det inte föreligger någon risk för att miljöskadan ökar i sådan omfattning att ett akut avhjälpande är nödvändigt.

Under senare år har ett antal fall visat på bristande ekonomisk säkerhet för efterbehandling. Naturvårdsverket konstaterar att det finns flera olika omständigheter som lett till att säkerheten är ofullständig för att finansiera avhjälpandet. Naturvårdsverket konstaterar vidare att det underlag som lämnas till domstolen bygger på en skattning av kostnader för avhjälpande som kommer att inträffa långt fram i tiden. Detta innebär att den säkerhet som ställs kan betraktas som en ögonblicksbild av den kostnad som kommer att inträffa i framtiden, men att olika omständigheter under tidens gång kan komma att ändras. Domstolen gör en rimlighetsbedömning av ställd säkerhet och har möjlighet att kräva högre säkerhet exempelvis om de lösningar som anges för efterbehandling har en något högre osäkerhet.

Riksrevisionen redogör för fyra nutida exempel där den ekonomiska säkerheten varit undermålig när verksamhetsutövaren gått i konkurs: Kaunisvaara, Dannemora, Svärtråsk och Blaiken. Åtgärdskostnaderna för dessa gruvor skiljer sig kraftigt åt, mest beroende på vilken typ av malm som brutits.³¹ Det är olika omständigheter som påverkat den otillräckligt ställda säkerheten. Ett bolag hade exempelvis upprättat anläggning utan tillstånd och underlåtit att göra anmälan. Tillsynsmyndigheten kan begära omprövning av den ekonomiska säkerhetens storlek, men det bygger på att tillsynsmyndigheten har kännedom om de ändrade förhållandena i tid. I de fall som nu är aktuella har det inte gjorts någon justering av den ekonomiska säkerhetens storlek. Verksamhetsutövaren har dessutom i minst två fall inte byggt upp en tillräcklig säkerhet innan behovet av avhjälpande inträffat, trots att villkoren för säkerheten uppfyllts.³²

Naturvårdsverket har gått igenom samtliga domar för verksamhetsutövare med aktiva gruvor under tidsperioden 2008–2016. Tidigare domar omfattas av Riksrevisionens granskning som sammanställde ekonomiska säkerheter till och med 2014. Naturvårdsverket konstaterar att det finns exempel där den villkor gällande den ekonomiska säkerheten ändrats. Dessa ändringar avser utökad verksamhet eller ny anläggning och inte andra förändrade tekniska eller ekonomiska villkor.³³

I sin prövning av den ekonomiska säkerhetens storlek och slag tar mark- och miljödomstolen, eller i förekommande fall Mark- och miljööverdomstolen, inte ställning till gruvprojektets lönsamhet, utan till om de kostnader som anges bedöms vara tillräckliga för efterbehandlingsåtgärder.

En ekonomisk bedömning görs under en gruvans tillståndsprocess bara av en myndighet, Bergsstaten, i samband med ansökan om brytningskoncession. Bergsstaten bedömer vid koncessionsansökan, som föregår miljöprövningen och prövning av ekonomisk säkerhet hos mark- och miljödomstolen, sannolikheten att fyndigheten kan tillgodogöras ekonomiskt. Den bedömning som Bergsstaten gör grundar sig på uppskattningar där avhjälpandekostnaderna inte är specificerade och bedömningen görs med historiska mineralpriser som underlag. Felmarginalen mellan beräknade och faktiska kostnaderna kan uppgå till 20–25 procent. Efterbehandlingskostnaderna specificeras inte i detta skede.³⁴ I processen sker därmed ingen prövning av verksamhetsutövarens möjligheter att uppnå tillräcklig lönsamhet för att klara drift av gruvan. Lämpligheten av successiv uppbyggnad av den ekonomiska säkerheten, i förhållande till verksamhetsutövarens ekonomiska möjligheter att vid varje tidpunkt ha tillräcklig ekonomisk säkerhet uppbyggd för motsvarande behov av avhjälpande, prövas inte heller under tillståndsprocessen.

Bedömning av ekonomiska förutsättningar av projektet görs i stället av marknadens aktörer. Den bedömning som gruvprojektens ägare och finansiärer gör av lönsamheten omfattas som regel dock av sekretess om inte de tekniska rapporter som görs för projektet ska publiceras enligt

31 I Svärtråsk och Blaiken bröts sulfidmalm, i Dannemora och Kaunisvaara bröts järnmalm.

32 Däremot har andra frågor gällande den ekonomiska säkerheten prövats. Se promemorian *Ekonomiska säkerheter och statens kostnader*. Naturvårdsverket 2017, dnr. NV-039-16.

33 Se PM Ekonomiska säkerheter och statens kostnader. Naturvårdsverket 2017, dnr. NV-03195-16.

34 Ibid.

krav från vissa aktiemarknader. Sådana krav på publicering av tekniska rapporter inklusive lönsamhetskalkyler och uppskattning av kostnader för miljöskydd finns i Australien, Kanada och USA men inte i Sverige. Det underlag som lämnas har ett osäkerhetsintervall på 10–15 procent, avhjälpandekostnaderna är sällan specificerade.

Miljötillstånd kan således ges till bolag utan hänsyn till lönsamhetskalkylens marginaler. Vid konkurs kan en otillräcklig ekonomisk säkerhet orsakas av att konkursboet saknar medel för att täcka efterbehandlingskostnader för åtgärder som inte anmälts eller som anmälts, men där omprövning av den ekonomiska säkerheten inte hunnit avgöras. Nutida exempel visar att verksamhetsutövare med otillräcklig lönsamhet har sämre förutsättningar att under drift utföra åtgärder för att undvika miljöskada.³⁵

Naturvårdsverket konstaterar att Aitikgruvan sticker ut vad gäller total avfallsmängd och efterbehandlingsbehov. Den ekonomiska säkerheten för Aitik motsvarar cirka två tredjedelar av den totalt ställda ekonomiska säkerheten för alla gruvprojekt i drift i Sverige. Verksamhetsutövaren Boliden har till Naturvårdsverket och SGU redogjort för den metodik de utvecklat för att revidera avfallshanteringsplaner och beräkna kostnader för olika avhjälpandeåtgärder i framtiden. Naturvårdsverket konstaterar att om verksamhetsutövaren skulle gå i konkurs leder även små procentuella förändringar i form av underskattningar av den ekonomiska säkerheten för efterbehandling av Aitik till mycket stora ekonomiska konsekvenser för staten om ansvarig för efterbehandling saknas.

Naturvårdsverket konstaterar slutligen att avfallets mängd och egenskaper är av stor betydelse för efterbehandlingskostnaden. Sambandet är inte nödvändigtvis lika starkt mellan kostnad och drifttid eller gruvans storlek.

10.4. Utvinningsindustrins ekonomiska omfattning och nettoeffekter

Den huvudsakliga vinsten från gruvverksamheten är de mineral som görs tillgängliga för samhällsbyggnad och för produktion av varor. Utöver den grundläggande funktionen innebär gruvverksamheten skatteintäkter, sysselsättning och förutsättningar för serviceindustri, forskning och teknisk utveckling. Utvinningsindustrins direkta ekonomiska omfattning uppskattar SGU under perioden 2000–2014 till 362 miljarder kronor, se tabell 4.

SGU har sammanställt gruvindustrins ekonomiska omfattning utöver bolagsskatt, se figur 7. Utdelning till staten, avsättningar samt skatter och avgifter var drygt 10 miljarder kronor år 2012.³⁶

Ovanstående visar att gruvindustrin sammantaget bidrar till statens ekonomi med skatteintäkter, till sysselsättning och indirekt till annan industri, teknikutveckling och forskning. Det går dock inte att beräkna nettoeffekter för just avfallshantering och efterbehandlingskostnader.

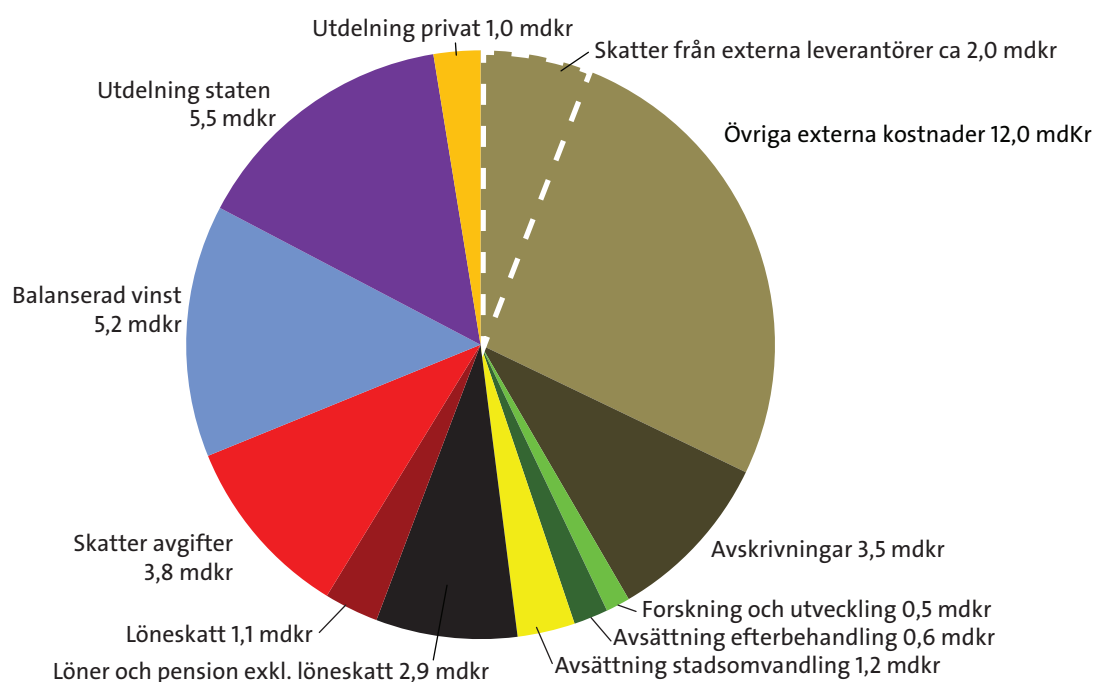
Tabell 4. Ekonomiska nyckeltal för gruvbranschen 2000–2014.*

Omsättning	Rörelseresultat	Bolagsskatter
362 mdkr	88 mdkr	17 mdkr

* Källa: SCB Företagens ekonomi samt SGU Bergverksstatistik.

35 Ibid.

36 <http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2014/april/gruvbranschen-investerar-i-sverige/> citerad 2017-02-07.



Figur 7. Gruvnäringens omsättning, skatter och vinster 2012. Totalt 37,3 miljarder kronor.

10.5. Sammanfattande iakttagelser statens kostnader för efterbehandling av gruvor

Statens totala kostnader för utredning och åtgärder uppgick till cirka 710,6 miljoner kronor fram till och med november 2016. Till detta tillkommer en årlig kostnad för provning och tillsyn. Hur stor del av denna kostnad som täcks av avgifter enligt principen om kostnadstäckning har inte kunnat utredas inom ramen för detta uppdrag.

Ett mindre antal av de återstående historiska objekten kommer att åtgärdas. I vilken takt detta sker beror på det ekonomiska utrymmet och de prioriteringar som görs enligt Naturvårdsverkets nationella plan för efterbehandling. Ökade kostnader kan uppstå med ökade miljökrav men också med större gruvor, större ytor och mer avfall. En viktig faktor är de exempel där den ställda ekonomiska säkerheten visat sig understiga verklig kostnad i mycket stor utsträckning. Orsakerna varierar, men gemensamt för de objekt som belastar eller inom en nära framtid beräknas belasta staten är bristande lönsamhet och otillräckligt finansierade åtgärder under drifttiden. Hög ekonomisk risk hos verksamhetsutövaren innebär därmed högre miljörisk för samhället. Det är inte möjligt att bedöma sannolikheten för att ekonomiska säkerheter kommer att tas i anspråk och mark- och miljödomstolen tar inte ett projekts ekonomiska risk i beaktande när den prövar den ekonomiska säkerhetens storlek och art.

Omfattningen av framtida efterbehandlingskostnader för staten är osäker. Det är kvaliteten i bedömningen av de ekonomiska säkerheterna i fråga om omfattning som har betydelse för överensstämmelse mellan uppskattad och faktisk kostnad.

En enskild verksamhetsutövare står för en mycket stor del av det framtida efterbehandlingsbehovet.

Gruvindustrin genererar stora inkomster till samhället, men nettoeffekter för efterbehandling är mycket svårt att beräkna.

11. VERKSAMHETSUTÖVARNAS KOSTNADER FÖR EFTERBEHANDLING AV GRUVOR

Avsnittet beskriver översiktligt de viktigaste kostnadsposterna för efterbehandling av en gruva. Kostnadsposterna gäller efterbehandling av dagbrott, gråbergsdeponi, sand- och klarningsmagasin, industriområde och vattenrening. Där inget annat anges bygger avsnittet på rapporten *Redogörelse för kostnader för sanering och efterbehandling av gruvor*. Rapporten togs fram 2017 av Ramböll Sverige AB på Naturvårdsverkets uppdrag.³⁷

11.1. Sammanfattning: främsta kostnadsposter och osäkerhetsfaktorer

Efterbehandling av ett gruvområde innebär att varaktigt minimera negativa effekter på människors hälsa och miljö som kan komma från gruvverksamheten. Det eftersträfvade resultatet är stabila landskap där spridning av föroreningar minimeras, och med förutsättningar för biologisk mångfald, markanvändning och produktion av ekosystemtjänster. Efterbehandling kan påbörjas under drifttiden eller efter att driften upphört.

Kostnaderna för efterbehandling av avfallsanläggningarna – gråbergsdeponi och sandmagasin – utgör vanligtvis lejonparten av den slutliga efterbehandlingskostnaden. Förståelse för hur dessa kostnader uppkommer, vidhängande osäkerheter och riskfaktorer för kostnadsbäraren är därmed viktiga parametrar för den sammantagna kostnadsbilden av en gruvans livscykel.

Varje efterbehandling är platsspecifik och utgår från de lokala förutsättningarna. De faktorer som primärt styr efterbehandlingskostnaden för en gruva är storleken på ytan som behöver efterbehandlas, metoden som krävs för en fullgod täckning och tillgången till material för täckning. Gruvindustrins sluttäckningskostnader för sulfidhaltiga gruvavfall är i dagsläget 60–200 kronor per kvadratmeter efterbehandlad yta. Efterbehandlingen av gråbergsupplag och sandmagasin utgör generellt 70–80 procent av de totala efterbehandlingskostnaderna. Om behandling av dagbrottssjö och utgående vatten krävs kan dessa kostnader utgöra huvudparten av resterande andel. Kostnaderna för efterbehandling av industriområdet är generellt försumbara jämfört med kostnaderna associerade med gruvavfallet.

Den totala kostnaden för sanering och efterbehandling av verksamhetsområdet vid en gruva beror på följande faktorer:

- Avfallsmängder: ytorna och mängderna som behöver efterbehandlas.
- Miljömål: de krav som ställs, eller mål som sätts, på efterbehandlings effektivitet. Det kan vara gränsvärden för utsläpp, utformning i landskapsbilden, grad av aktiv hantering och fortlöpande kontroll.
- Materialtillgång: transportavstånd för material som krävs för täckning är en faktor av stor betydelse för de slutliga kostnaderna. I de fall material med rätt egenskaper finns tillgängligt på plats är slutkostnaden betydligt lägre än när material transporteras långa sträckor eller tillverkas på plats.
- Avfallens sammansättning: avfallens benägenhet att vittra och fälla ut metaller avgör vilken metod för exempelvis täckning eller överdämning som krävs.
- Efterbehandlingsstrategi: omfattning och hantering av avfall under drift eller andra strategiska val (släntvinklar, särskallning, förtjockning, avpyritisering, utformningen av deponier.). Omfattning och tidigareläggning av kontinuerlig täckning och exempelvis igensättning och överdämning, andel efterbehandlingskostnader som är överförda till driftskostnad.
- Efterbehandlingsmetod: val av metod för efterbehandling av deponier, exempelvis torrtäck-

³⁷ Ramböll Sverige 2017: *Redogörelse för kostnader för sanering och efterbehandling av gruvor*. Slutrapport. Finns hos Naturvårdsverket, dnr. NV-03195-16.

ning, överdämning, kvalificerad täckning. Valet av metod är en sammanvägning av ovanstående faktorer.

- Kontroll, underhåll och utvärdering: Efterbehandlingsåtgärdens effektivitet verifieras med recipientkontroll. Underhåll kan krävas för att åtgärda erosionsskador eller andra brister i konstruktionen. Vid brister i effektiviteten eller vid oförutsedd spridning av förorening kan åtgärder omprövas och nya åtgärder krävas.

Hur ovanstående faktorer påverkar kostnaderna beskrivs närmare i avsnitt 11.11.

Beräkningen av efterbehandlingskostnaderna omfattar många parametrar och precisionen kan variera mycket. Om beräkningsunderlaget är otillräckligt och om felaktiga val av mål, strategi och metod görs kan kostnader för det slutgiltiga utförandet komma att skilja sig mycket från det beräknade. En otillräcklig karakterisering av avfall eller ett otillräckligt underlag för bedömning av andra förutsättningar, exempelvis hydrogeologi, hydrologi och ekologi, medför att kostnadsberäkningarna blir ofullständiga och osäkra. Om valda metoder och utförande av efterbehandling inte prövas i ett tidigt skede, och senare utvärderas samt eventuellt förbättras, kan skillnaden vara stor mellan den faktiska, slutliga kostnaden och den planerade. En betydande underskattning av efterbehandlingskostnaden kan bero på att behovet av kvalificerad täckning underskattats eller på att tillgången på lämpligt tätskiktmaterial överskattats.

11.2. Gruvdriften i Sverige: yta och produktionsmängd

Efterbehandlingsbehovet av gruvor varierar mycket och är specifikt för varje objekt. Omfattningen av utvinningen, materialens egenskaper (malm, gråberg, jordtäckte) och de lokala förutsättningarna (topografi, hydrologi och geologi) är unika för varje gruva. Aitik utanför Gällivare är den största gruvan i Sverige med avseende på mängden malm och gråberg som bryts samt storleken på dagbrott, sandmagasin och gråbergsdeponi (över 2 000 ha). Några kilometer bort, utanför Malmberget, finns resterna av Nautanen koppargruva som var i drift några år runt sekelskiftet 1900, och som bör räknas som ett av de minsta objekten. På detta gruvområde, som är några hektar stort, finns högar av slagg- och anrikningssand som förorenar en bäck. Varp-högarna schaktades bort för 10 år sedan och togs emot av anrikningsverket i Aitik.

I tabell 5 sammanställs information om gruvbrytning i Sverige 2013, samt ungefärliga ytmått på objekten som finns inom respektive verksamhetsområde. Ytorna är uppskattade med hjälp av flygfoto och är därför inte exakta. Två siffror i kolumnen för avfallsmagasinens yta betecknar i ordningsföljd gråbergsdeponi (1) och sandmagasin (2). För de gruvor där endast en siffra anges avses gruvområdets totala yta.

I tabell 6 redovisas gråbergsproduktionen vid svenska gruvor fördelat på Norrbotten, Västerbotten och övriga Sverige.

11.3. Dagbrott – efterbehandlingsåtgärder och kostnader

Även om torrtäckning sker, handlar efterbehandling av dagbrott ofta om att låta vattennivån återställa sig och bilda en dagbrottsjö. Efterbehandlingsåtgärderna består då till stor del i att kontrollera vattenkvaliteten i dagbrottssjön och eventuellt utlopp.

En annan möjlig efterbehandlingsåtgärd är att återfylla dagbrottet med gråberget som en gång togs ut från det. Syftet med återfyllning är att deponera gråberget under en vattenspegel och därmed minimera risken för oxidation. Att återfylla ett dagbrott efter avslutad drift är dock mycket kostsamt. Samtidigt innebär det en besparing eftersom åtgärden innebär en efterbehandling även av gråbergssupplaget. Gråbergssupplaget ligger ofta nära dagbrottet för att minimera transportkostnaderna under drift. Om återfyllning av dagbrottet är ekonomiskt och miljömässigt motiverat beror på de lokala förhållandena.

Tabell 5. Malm- och gråbergsproduktion i svenska gruvor 2013 (SGU 2014) samt mått för dagbrotten och avfallsanläggningar (deponi och sandmagasin).

Gruva	Gråbergs- produktion (t)	Malm- produktion (t)	Dagbrott (km)	Gråbergsdeponi + sandmagasin (ha)
Dannemora	290 000	2 600 000		
Zinkgruvan	220 000	1 100 000		76
Lovisagruvan	29 000	40 000		55
Garpenbergsfältet	720 000	1 600 000		156
Maurliden Västra	1 140 000	70 000	0,2 × 0,3	42
Maurliden Östra	140 000	200 000	0,2 × 0,3	26
Svartliden	350 000	410 000	1 × 0,2	39 + 32
Kristineberg	300 000	680 000		116
Björkdal	2 960 000	1 260 000	1,2 × 0,3	280
Renström	200 000	290 000		3
Kankberg	280 000	300 000		13
Tapuli	8 700 000	3 690 000	0,7 × 0,5	127 + 125
Aitik	38 000 000	37 070 000	3 × 1	650 + 1 400
Malmberget	7 300 000	10 530 000		260
Kirunavaara	10 400 000	19 010 000		650 + 450
Gruvberget	500 000	1 620 000	1 × 0,6	164

Tabell 6. Gråbergsproduktion 2013 (16 gruvor).

	Norrbottnens län	Västerbottnens län	Södra Sverige	Totalt
Massa (miljoner ton)	64,9	5,4	1,3	71,5
Andel	91 %	8 %	2 %	100 %

Återfyllning med gråberg omöjliggör återöppnande av dagbrottet, medan en dagbrottsjö är möjlig att tömma. Ett exempel är dagbrottet i Leveäniemi som tömdes för några år sedan så att järnmalmsutvinningen kunde återupptas.

Gråberg beläget på deponi mäter omkring 30 procent större volym än den ursprungliga volymen i fast klyft. Om endast små mängder malm brutits kan inte hela gråbergsvolymen rymmas i dagbrottet. Ibland kombineras brytning i dagbrott och under jord vid samma gruva, vilket innebär att allt gråberg inte rymms i dagbrottet.

Om gråberg deponeras i dagbrottet sker en kontroll, och ofta även en behandling,³⁸ av vattnet i dagbrottssjö och utlopp. Vattenbehandlingsbehovet blir större vid återfyllning av dagbrottet. På sikt kan vattenbehandling upphöra när oxidationen har upphört. Förekomst av reaktivt gråberg i dagbrottets väggar kan leda till påslag av metaller och förlänga behovet av vattenbehandling.

Kostnaden för behandling av dagbrottsvatten (inklusive vattenbehandling av dagbrottssjön) är låg på årsbasis i jämförelse med kostnaden för återfyllnad.

Nedanstående kostnadsexempel, tabell 7, avser efterbehandling av dagbrott.

38 Om det inte rör sig om en sulfidmalmsgruva sker inte alltid efterbehandling av vattnet.

Tabell 7. Kostnadsexempel efterbehandling av dagbrott.

Kostnadspost	Beskrivning	Kostnad
Återfyllning av gråberg i dagbrott.	Transportkostnader, schaktning.	15–20 kr/ton 1 Mton: 15–20 Mkr
Behandling av dagbrottsjön.	Vattenbehandling består ofta av kalkning. Engångskostnad.	1–2 kr/m ³ 1 miljon m ³ : 1–2 Mkr
Rening av utgående vatten från dagbrottsjön.	Svårbedömd kostnad. Vattenbehandling består ofta av kalkning.	5–10 kr/m ³ 50 000 m ³ /år: 0,25–0,5 Mkr
Investering doseringsstation.	Engångsinvesteringskostnad.	1,5–2 Mkr

11.4. Gråbergsdeponier – efterbehandlingsåtgärder och kostnader

Gråbergsdeponier efterbehandlas vanligen med någon form av täckning men i vissa fall kan gråberg tippas i dagbrottet och överdämmas. Kraven på täckning beror till stor del på gråbergets vittringsbenägenhet. Gråberg från järngruvor och andra sulfidfattiga fyndigheter i Sverige orsakar begränsad mängd metallhaltigt och surt lakvatten. Här används täckning främst för att skapa ett växtsubstrat. Sådana deponier täcks med ett lager morän som tillåter växtetablering, motsvarande efterbehandling (enkel täckning) som görs av ett industriområde. Där gråberget innehåller sulfidmineral, samt vid Sveriges koppar-, bly- och zinkgruvor och i vissa fall guldgruvor, är risken stor för att det bildas metallhaltigt och surt lakvatten. Här är kraven på täckning högre och kan omfatta kvalificerad täckning (täckning med flera olika material, och höga krav på materialens egenskaper). Kostnaden per kvadratmeter mellan en enkel och en kvalificerad täckning skiljer sig med en faktor 5 till 10.

Efterbehandling av gråberg innebär att gråbergsdeponins slänter görs flacka, deponins form anpassas för täckning och täckning görs med morän eller kvalificerad täckning med tätskikt, skyddsskikt och vegetationsskikt. En annan strategi vid efterbehandling av gråbergsupplag är att lägga tillbaka materialet i dagbrottet, i de fall ett sådant finns (se föregående avsnitt). Täckningen måste vara tät och vattenhållande. Vattnet förhindrar syretransport till gråberget eftersom syre rör sig mycket långsammare genom vatten än genom luft. Förutom att förhindra syretransport till materialet måste täckningen begränsa vatteninfiltrationen för att minska transport av redan utlakade metaller. Täckningen måste vara beständig under mycket lång tid och klara regn, torr- och våtcykler, frys- och töcykler, rotpenetration osv.

Gruvindustrins sluttäckningskostnader för reaktivt gruvavfall ligger i dagsläget i storleksordningen 60–200 kr per kvadratmeter efterbehandlad yta. Avståndet till morän med lämplig kvalitet är den viktigaste posten bakom kostnadsspannet. Det kan vara stora ytor som är i behov av kvalificerad täckning. Till en hektar yta krävs ca 10 000 ton morän som uppfyller kravet på tätskikt.

Om tillgänglig morän inte uppfyller funktionskraven för tätskikt är alternativen att transportera morän från en annan täkt eller att förbättra moränen från den lokala täkten. För att öka tätheten i morän tillsätts exempelvis bentonit (blandas i proportion 3–5 procent). Det finns dock andra metod- och materialval. Pågående FoU-arbete har exempelvis visat att inblandning av grönlutslam, ett restmaterial från massaindustrin, kan vara ett alternativ (blandningsproportion 10–15 procent). Finns inte morän med rätt kvalitet i nära anslutning till efterbehandlingsobjektet och det uppstår ett behov av att skaffa morän från annan täkt ökar kostnaden avsevärt.

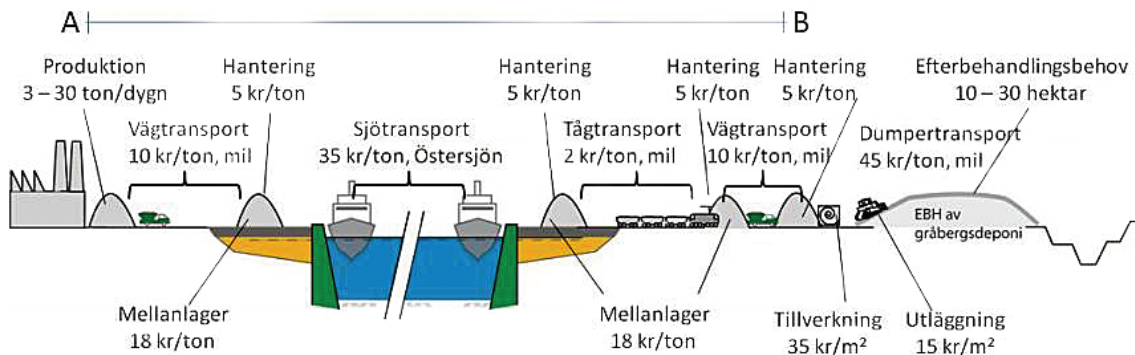
I tabell 8 redogörs för de arbetsmoment som utförs för att efterbehandla en gråbergsdeponi. Observera att anskaffning av tillsats samt blandning inte alltid är aktuellt.

Kostnaden för transport av tillsatsmaterial varierar med sträcka och transportmedel. Tre alter-

Tabell 8. Kostnadsposter vid kvalificerad täckning av gråbergsdeponi.*

Kostnadspost	Beskrivning	Kostnad
Schaktning	Vanligtvis öppnas täkt i anslutning till gruvområdet. Materialet schaktas med grävmaskin.	37 kr/m ²
Sortering	Morän innehåller block och sten i olika proportioner som behöver sorteras.	6 kr/m ²
Transport av moränen	Transport av material till efterbehandlingsobjektet. Kostnad varierar beroende transportmedel och avstånd.	5 kr/m ² (avstånd 1 000 m) –90 kr/m ² (avstånd 2 mil).
Inköp samt transport av tillsats	Andelen bentonit som behöver blandas i moränen är lägre än grönslutslam. Varierar beroende på avstånd och tillsats.	Mellan 16 kr/m ² (150 kr/ton, restmaterialets värde är noll) och 125 kr/m ² (avser bentonit).
Blandning	Blandning av morän och tillsats, kostnad beroende på blandningsmetod.	35–45 kr/m ² .
Utläggning och packning	Tätskiktmaterial behöver läggas ut och packas för att uppnå önskad funktion. Kostnaden skiljer sig om ytan är plan eller är en slänt.	15 kr/m ²
Övriga eventuella åtgärder	Omschaktning av slänter, avjämnande eller tätande lager närmast gråberget, sprutsådd för att förhindra erosion, byggherrekostnad för projektering, kontroll, bygglösning etc.	

* Kostnaderna är beräknade per yta (m²), den yta som kräver täckning. Kostnadsberäkningar anges ofta per volym (m³) eller massa (ton).



Figur 8. Schematisk bild av kostnader associerade med inköp och transport av tillsatsmaterial.

nativa transportsätt, förenade med olika kostnader, är väg-, sjö- och tågtransport. Byte mellan transportmedel medför behov av mellanlager, se figur 8. Då tillkommer kostnaden för mellanlager (ca 18 kr/ton) tillkommer, liksom ytterligare kostnad för hantering av materialet (ca 5 kr/ton) vid varje tillfälle detta är aktuellt. I hamnområden ingår ofta mellanlagring under två veckor. En transportkostnad om cirka 300 kr/ton bedöms vara tillräckligt för leverans av restmaterial till stora delar av Sverige och från större delarna av området runt Östersjön. Exempelvis kostar transport av rotat avloppsslam från Stockholm till Aitik, cirka 315 kr/ton.

Ett räkneexempel där tillgång på morän, användning av tillsatser, samt transportavstånd varierar och medför olika efterbehandlingskostnader redovisas i avsnitt 11.10.8.

11.5. Sandmagasin – efterbehandlingsåtgärder och kostnader

Det finns generellt två olika metoder för efterbehandling av ett sandmagasin: torrtäckning (jordtäckning motsvarande täckning av gråbergssupplagen) och vattentäckning av anrikningssanden. Huvudsyftet med efterbehandling av ett sandmagasin är att dammen ska vara stabil i ett långtidsperspektiv.

Beroende på vilken metod som används påverkas gruvdammens funktionskrav i ett långtidsperspektiv. Dammsäkerhetsriskerna är högre vid vattentäckning än vid jordtäckning eftersom konsekvenserna skulle bli större vid ett eventuellt haveri, i och med att en mängd fritt vatten och vattenmättad sand skulle strömma ut okontrollerat. En vattentäckning kräver tillsyn på obestämmd eller mycket lång framtid.

En vattentäckning innebär att ett vattentryck oupphörligen mer eller mindre belastar dammkonstruktionen vilket är negativt för stabiliteten. Det finns också en risk för att grundvattennivån i magasinet och dammen med tiden förändras och stiger till en högre position. Därför är kraven på fyllningsmaterialen vid vattentäckt sandmagasin högre avseende täthet, erosionsstabilitet och vittringsbeständighet. Kraven på fyllningsmaterialen kan medföra långa transporter av material, alternativt processande av befintliga material.

En torr jordtäckning och dränerade dammar innebär att vattentrycket mot dammen begränsas, vilket är positivt för stabiliteten i både kort- och långtidsperspektiv. Därför kan stödfyllningen utföras med brantare lutning, och fyllningsmaterial med lägre krav kan användas.

Generellt blir dock principlösningen för efterbehandling densamma för gruvdammar med vattentäckt sandmagasin som för dammar med torr täckning. För att erhålla en tillfredsställande säker stabilitet i ett långtidsperspektiv krävs att nedströmsslänten flackas med en fyllning. Vilken slutlig lutning och vilka fyllningsmaterial som ska anläggas måste utredas för den specifika dammen.

I ett långtidsperspektiv kan filter- och dräneringslager sättas igen och förlora sina funktioner. Därför ställs höga krav på utformningen och på materialen i stödfyllningen.

Täckning av sandmagasinet i samband med torrtäckning motsvarar efterbehandlingen av ett gråbergssupplag. En kvalificerad täckning utförs på stränder (beach) och på övriga ytor som inte ligger under grundvattenytan. Kostnaden motsvarar kostnaderna för täckning av gråbergssupplaget.

Deponering av förtjockad sand under drift syftar till att utnyttja tillgänglig yta mer effektivt och minska de framtida efterbehandlingskostnaderna (genom att eventuell yta som kräver kvalificerad täckning minskas). Förtjockning innebär investering i en förtjockningsstation under driftperioden samt driftkostnader såsom el, pumpar, polymer och eventuellt bindemedel (vid *paste*-tillverkning).

Konstruktionen av en tät damm med tätkärna är tre gånger dyrare än en dränerande damm av typen inåtdamm. Kostnader för drift och underhåll är inte medräknade i kostnaderna nedan. En inåtdamm är delvis grundlagd på sandmagasinet vilket kräver mer övervakning, varvid kostnaderna för drift och underhåll ofta är betydligt högre.

Deponering av förtjockad sand och exempelvis *paste* kräver investeringar och medför även högre driftkostnader som måste beaktas i den totala budgeten.

Efterbehandling av sandmagasin efter torrläggning motsvarar efterbehandling av gråbergssupplaget med kvalificerad täckning.

KOSTNADSEXEMPEL FÖR KONSTRUKTION OCH FÖRSTÄRKNING AV GRUVDAMMAR

Genomsnittlig höjd: 15 meter. Största dammhöjd: 25 meter. Längd: 600 meter.

Dränerande damm, torrtäckning

Uppbyggnad, inåtdamm	6,8 miljoner kr
kr/m (600 m)	12 000 kr/m
Efterbehandling torrtäckning	7,5 miljoner kr
kr/m (600 m)	13 000 kr/m

Tät damm, vattentäckning

Uppbyggnad	27 miljoner kr
kr/m (600 m)	45 000 kr/m
Efterbehandling	13 miljoner kr
kr/m (600 m)	22 000 kr/m

KOSTNADSEXEMPEL FÖR BEHANDLING AV 500 000 TON/ÅR

Station för förtjockad deponering

Investering:	35 Mkr
Drift, årligt:	1–2 Mkr

Station för paste-deponering:

Drift, årligt, beroende på andel bindemedel 1–5 procent:	45 Mkr 20–200 Mkr
--	----------------------

KOSTNADSEXEMPEL FÖR KVALIFICERAD TÄCKNING AV 1 HA SANDMAGASIN

Enkel täckning	0,1–0,2 Mkr
Lokal morän av god kvalitet	1 Mkr
Modifierat morän med tillsatts av restmaterial	1,5–1,8 Mkr
Modifierat morän med tillsatts bentonit	2–2,5 Mkr

KOSTNADSEXEMPEL FÖR EFTERBEHANDLING AV ETT INDUSTRIOMRÅDE

Markberedning och moräntäckning av ett industriområde (1 ha) med lokal morän. Utläggning av 0,3 meter material och växtetablering.

Markberedning och moräntäckning (15 SEK /m ²)	150 000 kr*
---	-------------

*Kostnaden förutsätter att byggnaderna är rivna

11.6. Industriområde – efterbehandlingsåtgärder och kostnader

Efterbehandling av ett industriområde innebär ofta att ytlagret schaktas bort, eftersom detta kan innehålla förhöjda halter av miljöskadliga ämnen. Därefter återställs vegetationsskiktet. De schaktade massorna deponeras tillsammans med gråberget. Mängderna förorenade massor är förhållandevis små jämfört med gruvavfallet.

Kostnaden för efterbehandling är svår att uppskatta. Den enskilda faktor som påverkar kostnaderna mest är områdets yta. Både funktionskrav och materialmängd för täckning är dock låga, lokal morän kan oftast användas.

Om spill av kemikalier förekommit under drifttiden kan även kostnader för destruktion eller omhändertagande av farligt avfall uppkomma.

11.7. Vattenrening

Nederbörd som kommer i kontakt med gruvavfallet eller grundvatten som strömmar genom dagbrott, gruvgångar och/eller deponier, kan medföra att lakvatten från avfallsmagasin och vatten som ansamlas i dagbrottet behöver renas. Två vattenbehandlingsinsatser beaktas i kostnadsexemplet nedan:

- Engångskalkning av dagbrottssjön.
- Kalkning av utgående vatten som genereras från gråbergssupplaget och sandmagasinet under en omställningsperiod (10 år efter avslutad efterbehandling).

Lakvatten från deponier ansamlas i diken och leds eller pumpas till dammar eller anläggningar för vattenrening. Flera metoder finns för behandling av utgående vatten från gruvområdena varav kalkning (neutralisering) med syfte att höja pH och fälla ut metaller är den vanligaste. Kalkning eller tillsats av andra kemikalier i utgående vatten kräver investering i en doserings- och blandningsstation.

11.8. Kostnadsposter vid vattenrening

Kostnaderna associerade med vattenrening kan delas upp i investeringskostnader för kalkstationen (blandning, lagring, el- och vattenledningar osv.) och driftkostnader (kemikalier, el, förbrukningsmaterial). Driftkostnaderna för kemikalier styrs både av materialkostnader och gruvans geografiska läge. Transport, behov av elgenerator, osv. kan fördyra behandlingspriset.

Målet med efterbehandling är att behovet av vattenrening ska upphöra på sikt. Merparten av dessa kostnader bör därför minska och upphöra efter en omställningsperiod då effekterna av efterbehandlingsåtgärderna börjar märkas.

För material som mesakalk, flygaska och andra industriella restmaterial kan inköpspriset generellt sett vara svårt att fastställa. Dessa material utgör ofta en kostnad för producenten (deponeringskostnad, deponiskatt i vissa fall) och i vissa fall kan värdet vara negativt (mottagaren tar betalt för att ta emot dem). Transportkostnaden tillkommer vilket ofta resulterar i att producenten och mottagaren kan komma överens om att materialet levereras kostnadsfritt till mottagaren.

Tabell 9. Prisexempel*, 2009 (GARD-guide – INAP**)

Material	Mängd (ton/ton AP***)	Effektivitet (%)	Kostnad (kr/ton)
Kalk (CaCO_3)	1	30–50	75–115
Kalciumhydroxid	0,74	90	460–770
Bränd kalk	0,56	90	600–1 800
Lut	0,8	100	5 000–7 000

*Prisexempel från internationellt exempel inklusive bulkleverans. Stora variationer förväntas över tid och plats.

** International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. *The Global Acid Rock Drainage Guide*. www.gardguide.com

*** AP: Acid potential, syrabildningspotential, uttrycks som mängden kalciumkarbonat som behövs för att neutralisera bildad syra.

KOSTNADSEXEMPEL FÖR RENING AV UTGÅENDE VATTEN

Kostnad för vattenrening påverkas av vattnets kemiska sammansättning (främst pH och metallhalter) och är därmed svårbedömda (5–10 kr/m³).

- Investeringskostnad i en doseringsstation 1,5–2 Mkr
- Vattenbehandling av 50 000 m³/år 0,2–0,5 Mkr

11.9. Sammanställning av efterbehandlingskostnader

I tabell 10 sammanställs efterbehandlingskostnader med indelning av kostnader per kategori. Kostnaderna för torrtäckning av sandmagasin motsvarar de för kvalificerad täckning av gråbergssupplag.

Tabell 10. Sammanställning av efterbehandlingskostnader efter kategori.

Kostnadspost	Gruvtyp	Beskrivning	Kostnad
Transport	Dagbrott	Återfyllning med dumper	15–20 kr/ton
	Gråbergsdeponi, skyddsskikt	Transport av morän och tillsats	A: 14 kr/m ² ; B: 14 kr/m ² C: 14 kr/m ² ; D: 14 kr/m ²
	Gråbergsdeponi, tätskikt 0,5 m	Transport av morän	A *: 5 kr/m ² ; B **: 90 kr/m ² C *: 5 kr/m ² ; D *: 5 kr/m ²
Schaktning	Gråbergsdeponi, skyddsskikt	Vanligtvis öppnas täkt i anslutning till gruvområdet.	A: 37 kr/m ² ; B: 37 kr/m ² C: 37 kr/m ² ; D: 37 kr/m ²
	Gråbergsdeponi, tätskikt 0,5 m		A: 13 kr/m ² ; B: 13 kr/m ² C: 13 kr/m ² ; D: 13 kr/m ²
	Dagbrott	Återfyllning av 1 Mton gråberg	15–20 Mkr (schaktning samt transport)
Sortering	Gråbergsdeponi, tätskikt 0,5 m		A: 6 kr/m ² ; B: 6 kr/m ² C: 6 kr/m ² ; D: 6 kr/m ²
Anskaffning av tillsats	Gråbergsdeponi, tätskikt 0,5 m		A: - ; B: - ; C **: 16/32/53 kr/m ² ; D **: 75–125 kr/m ²
Blandning	Gråbergsdeponi, tätskikt 0,5 m		A: - ; B: - ; C: 35–45 kr/m ² ; D: 35–45 kr/m ²
Utläggning	Gråbergsdeponi, skyddsskikt 1,5 m		A: 15 kr/m ² ; B: 15 kr/m ² C: 15 kr/m ² ; D: 15 kr/m ²
	Gråbergsdeponi, tätskikt 0,5 m		A: 15 kr/m ² ; B: 15 kr/m ² C: 15 kr/m ² ; D: 15 kr/m ²
	Industriområde (1 ha)	Inkluderar markberedning, växtetablering	150 000 kr (15 SEK/m ²)
Vattenbehandling (av dagbrottsjön)	Dagbrott	Engångskostnad	1–2 kr/m ³ 1 miljon m ³ blir 1–2 Mkr
Investering	Dagbrott	Doseringsstation	1,5–2 Mkr
	Sandmagasin	Station för förtjockad deponering	35 Mkr (behandlar 500 000 ton/år)
	Sandmagasin	Station för paste-deponering	45 Mkr
	Vattenrening	Doseringsstation	1,5–2 Mkr
Drift	Sandmagasin	Station för förtjockad deponering	1–2 Mkr (500 000 ton/år)
	Sandmagasin	Station för paste-deponering	20 – 200 Mkr (500 000 ton/år; 1–5 procent bindemedel)
	Dagbrott	Behandling av utgående vatten. Svårbedömd kostnad.	5–10 kr/m ³ . 50 000 m ³ /år blir 0,25–0,5 Mkr

A: Morän av god kvalitet 1,5 km från efterbehandlingsobjektet

B: Morän av god kvalitet 20 km från efterbehandlingsobjektet

C: Modifierad morän

D: Modifierad morän

* Transportavstånd 1 000 m – mellan moräntäkt och efterbehandlingsplats.

** Transportavstånd 2 mil – mellan moräntäkt och efterbehandlingsplats.

*** Tre valda transportkostnader A–B, 150 kr/ton (16 kr/m²), 300 kr/ton (32 kr/m²) och 500 kr/ton (53 kr/m²).

**** Bentonitblandning med 3–5 procent.

Notera att på slänter ligger utläggningskostnaderna för tätskiktet tre gånger högre än på flacka ytor.

11.10. Vilka faktorer påverkar kostnaderna?

Nedan sammanfattas de viktigaste faktorerna som påverkar kostnaderna för efterbehandling av olika objekt.

11.10.1. Avfallshantering under drifttiden – strategi för avfallshanteraren

En av de största kostnaderna vid mineralutvinning är att lossöra och transportera gråberg för att frigöra malmen. Kostnaden för att avskilja, transportera och deponera anrikningssand är också betydande för verksamhetsutövaren. En lönsam utvinning förutsätter att mängden avfall som lossörs och hanteras minimeras och optimeras i förhållande till de värdefulla mineral som erhålls vid anrikning.

För att minska efterbehandlingskostnaderna och för att maximera effektiviteten i de åtgärder som görs är det viktigt att ha en helhetssyn på gruvverksamheten i tid och rum. Avfallshantering är en viktig faktor som påverkar verksamhetens kostnader både under drifttiden och efter att brytningen upphört. Kostnadseffektivisering i delar av verksamheten, exempelvis under driften, kan leda till ökade kostnader vid efterbehandlingsskedet. Avfallshantering med kontinuerlig efterbehandling, eller med efterbehandlingens målsättning som en faktor kan höja efterbehandlingens effektivitet och minska senarelagda efterbehandlingskostnader, men samtidigt öka kostnaderna för avfallshantering under drift. En effektiv avfallshanteringsstrategi är utformad efter platsspecifika förutsättningar och möjliggörs av att verksamhetsutövaren har ett gott beslutsunderlag. Goda kunskaper och anpassade strategier och metoder möjliggör tidig implementering och effektivt utförande av efterbehandling. I strategin bör också ingå att kontinuerligt utföra och utvärdera efterbehandlingsåtgärder även under drifttid för att nå en ständig förbättring. Verksamhetsutövaren bör återkoppla resultat och analys från tillsyn och annan utvärdering till åtgärder för avfallshantering och efterbehandling.

Avfallshantering som leder till ökade efterbehandlingskostnader

- Deponier optimerade för produktion och inte för efterbehandling. Deponier över stora ytor (för att minska transportkostnader under drift) eller deponier med branta slänter innebär omfattande täckning, respektive schaktning av slänter inför efterbehandling.
- Att blanda reaktivt och icke reaktivt avfall ger ökade merkostnader då ytan som kräver kvalificerad täckning kan bli större. I vissa fall kan dock det syrabildande avfallet buffras av neutraliserande avfall.
- Användning av reaktivt gruvavfall för vägkonstruktion.

Avfallshantering som leder till minskade efterbehandlingskostnader

- Selektiv deponering: Syrabildande gråberg kan sorteras och deponeras i särskilda avgränsade celler, omgärdade av buffrande eller inert gråberg. En framgångsrik selektiv deponering av gråberg kan sänka kostnaderna för efterbehandling.
- Avpyritisering: Anrikningssanden kan behandlas och avpyritiseras (avsvavlas) för att minska efterbehandlingsbehovet. Det reaktiva koncentratet som bildas utgör en liten del som omhändertas separat. Den icke reaktiva sanden kan användas i efterbehandlingen vilket också minskar kostnaderna. Avsvavling kräver investering och utgör en merkostnad under drifttiden. Kostnaden har inte kvantifierats i denna redogörelse.
- Förtjockad sand: Deponeringsteknik med olika grader av förtjockad anrikningssand (anrikningssand med mindre andel vatten) syftar till att minska förlusten av vatten till sandmagasinen. Sandmagasinen blir stabilare och mängderna återcirkulerat processvatten minskar.
- Igensättning. Gråberg eller anrikningssand, med eller utan tillsatser, används för att sätta igen orter och tunnlar under jord. Igensättningen stabiliserar underjordsgruvan, minskar avfallsmängden och möjliggör ofta ett större uttag av mineral. Igensättning innebär avfallshantering och är samtidigt en brytningsmetod.
- Samdeponering av gråberg och anrikningssand. Därmed minskar porstorleken och syretillförseln till gråbergssuppletet.

11.10.2. Avfallets mängd

Förenklat styrs efterbehandlingskostnaden för ett objekt primärt av storleken på ytan som behöver efterbehandlas, som i sin tur beror på avfallsmängd och deponiernas konstruktion (höjd, släntvinkel, topografi).

På grund av markytans topografi är dock kostnaderna för gruvdammarna runt ett sandmagasin inte proportionella mot sandmagasinets yta. Inte heller förhållandet mellan fyllningsmängd och dammhöjd är linjärt. En höjning av dammen med 10 meter (+ 60 procent byggekostnad) orsakar nästan tre gånger högre efterbehandlingskostnader (+ 170 procent).

Mängden material som behöver schaktas eller läggas ut vid efterbehandling av ett industriområde står i direkt proportion till områdets yta och är den enskilda faktor som påverkar efterbehandlingskostnaderna mest.

Volymen vatten som ska behandlas (dagbrottssjö, uppsamlingsdiken och utskov från sandmagasin) är en avgörande faktor tillsammans med reningskraven. Åtgärdernas omfattning bestämmer kostnaderna för vattenrening.

Delar av efterbehandlingskostnaderna är mer fasta, exempelvis etableringskostnader, anläggningar, service och konsulttjänster. Etableringskostnader för maskiner, sorteringsverk, blandningsstation, vattenreningsanläggning osv. påverkas i lägre utsträckning av mängden avfall eller vatten som behöver behandlas. Driftkostnader som kemikalier, material, tillsatser med mera är ofta proportionerliga till mängderna som ska behandlas.

11.10.3. Avfallets egenskaper

Avfallets egenskaper – exempelvis i vilken utsträckning det är syrabildande och halten lakbara metaller – avgör vilka strategier och metoder som krävs vid avfallshantering och efterbehandling. Gråbergets och anrikningssandens mineralogi, kemiska egenskaper och fysikaliska egenskaper (storleksfördelning, hållfasthet och täthet) avgör hur materialet reagerar efter brytning, under deponi och vid efterbehandling. I synnerhet tillgång till syre och kontakt med vatten avgör, tillsammans med avfallets egenskaper vilka risker avfallet medför, och hur stora dessa kan bli. Det är stor skillnad mellan sulfidfattigt gråberg vid vissa guldfyndigheter och järngruvor, och vid mycket sulfidrika bly-, zink- och koppargruvor. Sulfidhalterna kan variera från nära noll till tiotals procent i gråberg. Vid en fyndighet kan variationen också vara stor mellan olika bergartstyper och beroende på närhet till malmen.

Metallinnehåll samt syrabildning påverkar även kostnaderna för vattenrening: utgående vatten från gråbergsdeponi och sandmagasin, samt behandling av dagbrottssjö.

En faktor som skulle kunna leda till fördyring vid efterbehandling av ett industriområde kan vara om ett omfattande spill av kemikalier har skett på området, vilket skulle kräva andra efterbehandlingsåtgärder än deponering tillsammans med gruvavfallet (exempelvis deponi för farligt avfall eller destruktion, beroende på transport- och mottagningskostnader).

11.10.4. Efterbehandlingsmetoden

Behandlingsstrategier och tekniker som används är styrande faktorer för slutkostnaden; olika objekt kräver olika efterbehandlingstekniker som medför olika kostnader. Varje efterbehandling är dock gruspecifik och utgår från de lokala förutsättningarna.

Olika typer av sandmagasin som kräver olika efterbehandlingstekniker. Kraven på fyllningsmaterialet är olika, vilket medför olika efterbehandlingskostnader. För en gruvdamm med torrtäckning på sandmagasinet är kraven på fyllningsmaterialet lägre än en damm med vattentäckt sandmagasin. Täckning av sandmagasin med torrtäckning motsvarar kostnaderna för efterbehandling av gråbergssupplag med kvalificerad täckning. Det bör tilläggas att det vanligtvis är högre krav på vattentäckta sandmagasin än vid kvalificerad täckning av gråbergssupplag eller torrtäckning av sandmagasin.

Deponering av gråberg i dagbrott är mycket kostsamt (den största enskilda kostnadsposten vid efterbehandling av dagbrott), men kan ändå vara ekonomiskt och miljömässigt motiverat, beroende på de lokala förhållandena.

11.10.5. Gruvans läge och materiallogistiken

Oberoende av metodval och efterbehandlingskrav står materialtransporten (lastning, transport och tippning) för en stor del av efterbehandlingskostnaderna. Detta eftersom stora volymer material (gråberg, morän, jord- och schaktmassor etc.) omdisponeras vid all efterbehandling. Avståndet till materialen och tjänsterna blir därför en viktig faktor för de slutliga kostnaderna. Efterbehandlingskostnaderna är svåra att bedöma utan tillförlitlig kunskap om materiallogistiken på platsen.

11.10.6. Kvalificerad täckning – tillgång till täck- eller fyllnadsmaterial

Vid efterbehandling av objekt där material med rätt kvalitet finns tillgängligt i närheten är den slutliga kostnaden cirka hälften jämfört med ett fall där material, exempelvis tät morän, behöver transporteras långa sträckor eller tillverkas på plats.

I många fall finns inte morän med rätt kvalitet i närområdet, vilket medför att stora volymer morän behöver transporteras långa avstånd. Det kan vara fördelaktigt att i stället förbättra den morän som finns i närområdet genom inblandning av ett tätande material som transporteras längre avstånd, men i mindre mängd. Eventuella processkostnader för att få fram kvalitativa täck- och fyllningsmaterial kan dock bli betydande för efterbehandling av gråbergsdeponi och sandmagasin.

I räkneexemplet i tabell 11 jämförs fyra fall av kvalificerad täckning av ett gråbergsupplag. I beräkningen har restmaterialet ett värde av noll kronor och transportkostnaden för restmaterial, beroende på transportavstånd är 150 kr/ton (16 kr/m²), 300 kr/ton (32 kr/m²) och 500 kr/ton (53 kr/m²). Kostnadsnivåerna motsvarar transport med lastbil en sträcka på 15–50 mil. Kostnaden för blandning av den modifierade moränen är 35–45 kr/m², och för utläggning ca 15 kr/m². Blandningsproduktionen bedöms i dagsläget ligga mellan 50–100 ton/timme. Bentonitens värde, inklusive leverans till platsen är 2 500 kr/ton.

Tabell 11. Exempel på efterbehandlingskostnader med fyra olika förutsättningar.

		a) Morän av god kvalitet	b) Morän av god kvalitet	c) Modifierad morän	d) Modifierad morän
Skydds-skikt, 1,5 m*	Schaktning	37 kr/m ²	37 kr/m ²	37 kr/m ²	37 kr/m ²
	Transport	14 kr/m ²	14 kr/m ²	14 kr/m ²	14 kr/m ²
	Utläggning	15 kr/m ²	15 kr/m ²	15 kr/m ²	15 kr/m ²
Tätskikt, 0,5 m	Schaktning	13 kr/m ²	13 kr/m ²	13 kr/m ²	13 kr/m ²
	Sortering	6 kr/m ²	6 kr/m ²	6 kr/m ²	6 kr/m ²
	Transport	5 kr/m ² *	90 kr/m ² **	5 kr/m ² *	5 kr/m ² *
	Anskaffning av tillsatts	-	-	16/32/53 kr/m ² ***	75–125 kr/m ² ****
	Blandning	-	-	35–45 kr/m ²	35–45 kr/m ²
	Utläggning	15 kr/m ²	15 kr/m ²	15 kr/m ²	15 kr/m ²
	Summa EBH-kostnad	105 kr/m²	190 kr/m²	141/157/188 kr/m²	200–260 kr/m²

* Transportavstånd 1 000 m – mellan moräntäkt och efterbehandlingsplats.

** Transportavstånd 2 mil – mellan moräntäkt och efterbehandlingsplats.

*** Tre valda transportkostnader från A – B, 150 kr/ton (16 kr/m²), 300 kr/ton (32 kr/m²) och 500 kr/ton (53 kr/m²)

Notera att på slänter ligger utläggningskostnaderna för tätskiktet tre gånger högre än på flacka ytor.

**** Bentonitinblandning med 3–5 procent.

I fall a) finns morän med god kvalitet inom 1 km från efterbehandlingsområdet.

I fall b) är avståndet 2 mil. Som framgår av tabellen ökar transportkostnaden för morän till tätskiktet från 105 kr/m² till 190 kr/m² på grund av avståndsökningen. I fall c), redovisas kostnader där lokalt förekommande morän med sämre kvalitet modifieras med tillsats av ett restmaterial. Det sistnämnda har ekonomisk potential om avståndet till lämplig morän är stort. I fall d), redovisas kostnader där lokalt förekommande morän med sämre kvalitet modifieras med tillsats av bentonit. Även den metoden har ekonomisk potential om avståndet till lämpligt morän är stort.

Som framgår av tabellen kan modifiering inte konkurrera om morän av god kvalitet finns nära gråbergsdeponin. Modifieringsalternativet kan göras mer kostnadseffektiv genom följande:

- minska transportkostnaderna, flertalet restmaterial kan transporteras till efterbehandlingsplatsen till en lägre kostnad än 300 kr/ton.
- öka blandningseffektiviteten
- minska inblandningsmängden av tillsats (förutsätter effektiv blandning).
- minska tät- och/eller skyddsskiktets maktighet.

11.10.7. Underhåll och efterkontroll

Tillsyn och underhåll av doseringsstation för vattenrening och annan tillsyn kan bli en betydande post om gruvområdet är beläget långt från stationeringsort för personalen som genomför löpande underhåll, om infrastruktur saknas och om behandlingen behöver pågå under lång tid.

Vattenbehandling inkluderar även det slam som bildas på grund av kalktillförsel. Under drift kan slammet deponeras tillsammans med övrigt gruvavfall om risken för remobilisering av metaller i slammet är låg. Möjligheten att deponera slammet upphör på sikt när sandmagasinet och gråbergssupplagen är efterbehandlade och i de fall då vattenbehandlingen behöver fortsätta under en övergångsperiod. Då måste slammet omhändertas på annat sätt, vilket bidrar till ökade efterbehandlingskostnader.

Gällande sandmagasin kräver dammkonstruktionen inåtdamm mer övervakning än övriga dammtyper beroende på att den delvis är grundlagd på sandmagasinet. Detta medför generellt betydligt högre kostnader för drift och underhåll. En damm med vattentäckning kräver tillsyn på obestämd eller mycket lång tid, vilket är dyrt och innebär varaktig risk.

11.10.8. Räkneexempel: en konceptuell gruva och fyra olika scenarier

Efterbehandlingskostnaderna är objektspecifika och beror på många olika faktorer. Stor variation mellan åtgärder och kostnader förekommer mellan olika objekt. För att illustrera ett kostnads spann redovisas ett räkneexempel med nyckeltal för en konceptuell gruva. Exempelgruvan är en sulfidmalmsgruva. Som tidigare redogjorts för kan kostnaden för efterbehandling av andra gruvtyper vara betydligt lägre än för den minst kostsamma sulfidmalmsgruvan. Efterbehandlingskostnader kan också vara långt högre än i nedanstående exempel.

Det bör återigen betonas att efterbehandlingsåtgärder och tillhörande kostnader är objektspecifika. Det är alltså inte möjligt att generalisera en kostnadsbild för efterbehandling av svenska gruvor utifrån dessa exempel, men exemplen illustrerar ett antal platsspecifika förutsättningar, åtgärdskrav och tillhörande kostnader. Räkneexemplen visar betydelsen av kvalificerad täckning för efterbehandlingskostnaden. Tillgång till lämpligt tätskiktmaterial och en deponeeringsstrategi som minimerar ytorna med reaktivt gruvavfall är avgörande för de slutliga efterbehandlingskostnaderna.

Exempelgruvan, av sulfidmalms typ, har ett anrikningsverk i anslutning till gruvan. Berget har en densitet av 2,6 ton/m³ och gråberget och anrikningssanden har densiteten 1,8 ton/m³.

Gruvområdet består av ett dagbrott, ett gråbergssupplag, ett sandmagasin och ett klarningsmagasin. Sand- och klarningsmagasinen är byggda i en naturlig depression (dalgång) som är upp-dämd.

I gruvan har 5 miljoner ton malm brutits och lika mycket gråberg. Måtten för gruvområdet är följande:

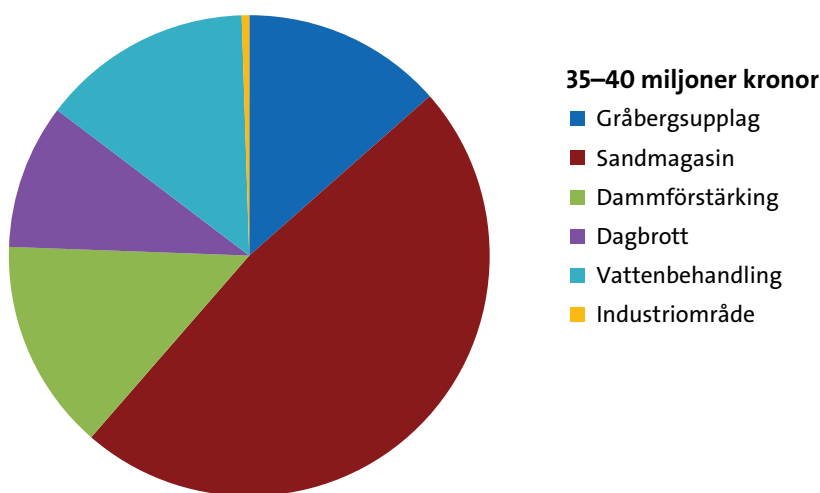
- Dagbrottet: ytan är 8 ha (280 × 280 m) och 50 meter djup. Volymen är 3,8 miljoner kubikmeter.
- Gråbergssupplaget: ytan är 10 ha (300 × 350 m) och 30 meter hög.
- Sandmagasinet: ytan är 18 ha (300 × 600 m), sandmaktigheten är 15 meter i genomsnitt, dammen är 600 meter lång och dammens högsta höjd är 25 meter.
- Industriområdet: ytan är 2 ha.
- Behovet av vattenrening har antagits bero på nederbörden. Lakvattenbildningen antas bli ca 300 mm/år och m².

I samtliga scenarier ingår investeringen i en vattenbehandlingsanläggning (1,5–2 miljoner kronor) samt behandling av utgående vatten från upplag och sandmagasin i posten vattenbehandling nedan. Vattenbehandlingsbehovet antas minska efter att efterbehandling utförts och oxidationen upphört. En omställningsperiod på 10 år har valts för beräkningarna. Resultaten visar att även om den årliga kostnaden för vattenbehandling är förhållandevis liten är det önskvärt att minimera mängden vatten som behöver behandlas för att minska totalkostnaden över tid.

Beräkning har gjorts utifrån fyra olika scenarier:

Scenario 1

35–40 miljoner kronor: Ett gynnsamt läge med bra lokala förutsättningar, tät morän finns för att täcka avfallet, selektiv deponering har utförts. Bra infrastruktur som gör vattenreningen effektiv och billig.

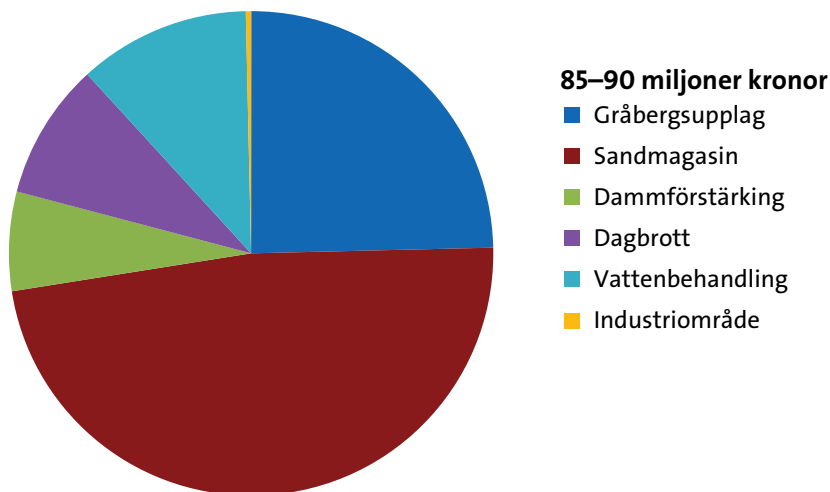


Figur 9. Scenario 1. Efterbehandlingskostnad för verksamhetsområdet vid gynnsamma förhållanden, där täckningsmaterial av lämplig kvalitet finns att tillgå.

Gråbergssupplag:	Hälften täcks med kvalificerad täckning med lokal morän.
Sandmagasin:	Hela täcks med kvalificerad täckning med lokal morän.
Damm:	Förstärkning, torr täckning.
Dagbrott:	Kalkning av hela vattenvolymen, en gång.
Vattenbehandling:	Investering i en doseringsstation + 10 års drift.
Industriområdet:	Enkel utjämning och städning.

Scenario 2

85–90 miljoner kronor: Ett ogynnsamt läge där material behöver transporteras långa sträckor och moränen behöver förbättras med bentonit som behöver anskaffas. Ingen selektiv deponering har skett. Större mängd vattenreningskemikalier behövs.



Figur 10. Scenario 2. Efterbehandlingskostnad för verksamhetsområdet vid ogynnsamma förhållanden, där täckningsmaterial behöver tillverkas eller transporteras.

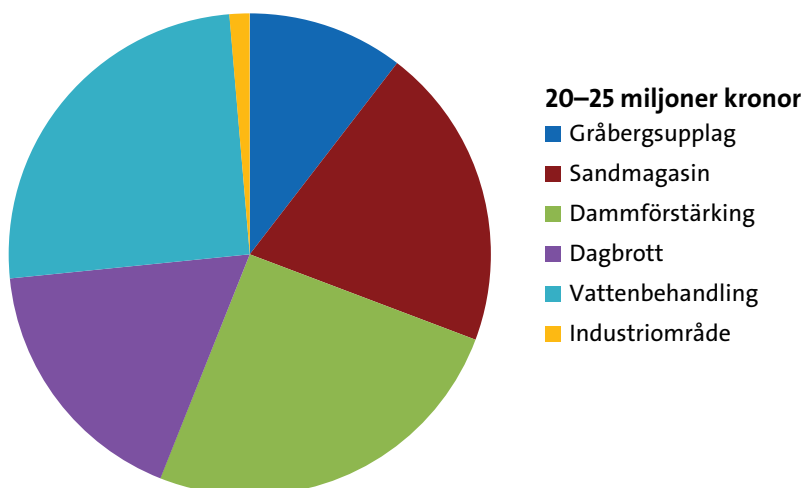
Gråbergsupplag:	Hela täcks med kvalificerad täckning med modifierad morän.
Sandmagasin:	Hela täcks med kvalificerad täckning med modifierad morän.
Damm:	Förstärkning, torr täckning.
Dagbrott:	Kalkning av hela vattenvolymen en gång, mer kemikalier behövs.
Vattenbehandling	Investering i en doseringsstation + 10 års drift.
Industriområdet:	Enkel utjämning och städning, mer material behövs.

Scenario 3

20–25 miljoner: Svavelrikt avfall sorteras särskiljs. Endast 10 procent av ytan behöver täckas med kvalificerad täckning. Övriga förhållanden är ogynnsamma. Moränen behöver förbättras med bentonit, som behöver anskaffas.

Selektiv deponering av svavelrikt gråberg innebär inga omfattande merkostnader, medan avsvavling kräver investeringar och anpassning av anrikningsprocessen. Avsvavling minskar sluttäckningskostnaden för anrikningssanden med ca 35 miljoner kronor, vilket motsvarar 7 kronor/ton. Ur ett ekonomiskt perspektiv skapar 7 kronor/ton utrymme för att bekosta avsvavling.

I scenario 3 blir kostnaden för vattenbehandling mer framträdande då den förblir konstant, medan de andra minskar. Anrikningssandshantering och täckning av sandmagasinet står för en betydande andel av efterbehandlingskostnaderna.



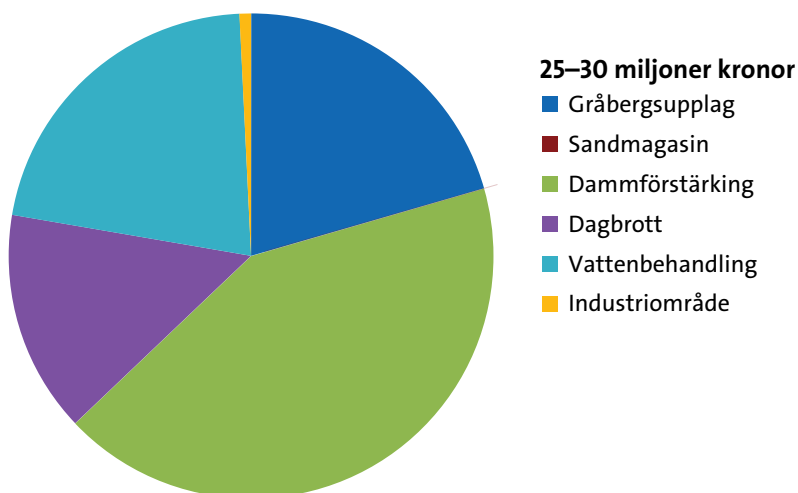
Figur 11. Scenario 3. Efterbehandlingskostnaden för verksamhetsområdet. Med en effektiv avfallshandtering minskar åtgärdsbehovet.

Gråbergssupplag:	10 procent täcks med kvalificerad täckning med modifierad morän
Sandmagasin:	10 procent med kvalificerad täckning med modifierad morän
Damm:	Förstärkning, torr täckning
Dagbrott:	Kalkning av hela vattenvolymen, mer kemikalier behövs
Vattenbehandling:	Investering i en doseringsstation + 10 års drift
Industriområdet:	Enkel utjämning och städning, mer material behövs

Scenario 4

25–30 miljoner: Samma gynnsamma förutsättningar som Scenario 1, men här väljs istället vattentäckning av sandmagasinet. Ett gynnsamt läge med bra lokala förutsättningar, tät morän finns för att täcka avfallet, selektiv deponering har utförts. Bra infrastruktur gör vattenreningen effektiv och billig.

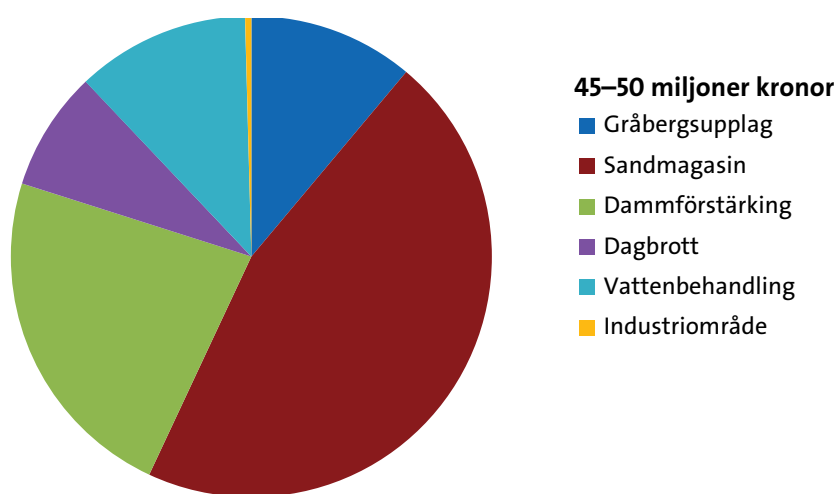
En metod som vid första anblicken verkar lovande är vattentäckning av sandmagasinet som skapar en effektiv barriär utan användning av täckmassor. Av figur 12 framgår att dammförstärkning blir mer kostsam, men att sluttäckningskostnaden "försvinner". Denna jämförelse tar inte hänsyn till investeringskostnaden för dammkonstruktionen som behöver vara "tät" och är därmed mer kostsam än en filtrerande damm som slutligen kommer att torrläggas.



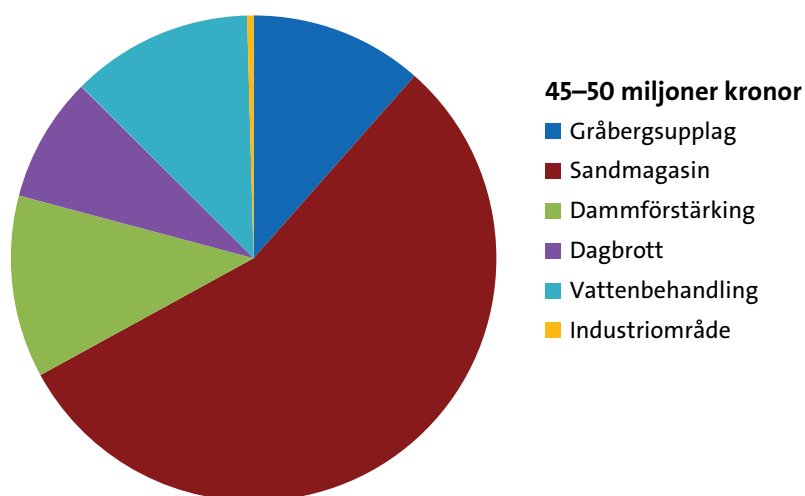
Figur 12. Scenario 4. Efterbehandlingskostnaden för verksamhetsområdet när vattentäckning används som alternativ till torrtäckning av sandmagasinet i Scenario 1. Kostnaden för dammkonstruktionen är ej inräknad.

Gråbergssupplag:	Hälften täcks med kvalificerad täckning med lokal morän
Sandmagasin:	Vattentäckning
Damm:	Förstärkning
Dagbrott:	Kalkning av hela vattenvolymen, en gång
Vattenbehandling	Investering i en doseringsstation + 10 års drift
Industriområdet:	Enkel utjämning och städning

I figur 13 och 14 presenteras kostnaderna inklusive dammkonstruktion, vilket visar att slutkostnaden blir likvärdig. En viktig aspekt är även ansvaret för anläggningen efter att den lagts ned. En vattenfylld damm innebär evigt ansvar för verksamhetsutövaren vilket inte är önskvärt.



Figur 13. Efterbehandlingskostnaden för verksamhetsområdet enligt Scenario 4, med vattentäckning av sandmagasinet, *inklusive* investeringskostnad för dammkonstruktionen och vattentäckning.



Figur 14. Efterbehandlingskostnaden för verksamhetsområdet enligt Scenario 1 (det vill säga torrtäckning av sandmagasinet), *inklusive* investeringskostnad för dammkonstruktionen.

11.11. Faktorer som påverkar skillnaden mellan beräknad kostnad och faktiskt utfall

Nedan listas faktorer som särskilt påverkar differensen mellan beräknad kostnad och faktiskt utfall.

11.11.1. Svårigheter att karaktärisera avfallets reaktivitet och täktens kvalitet

Avvikelser mellan planerade och slutliga efterbehandlingskostnader tros främst bero på att behov av kvalificerad täckning underskattats och att tillgång på lämpligt tätskiktmaterial överskattats. Svårigheter att karaktärisera gruvavfallens egenskaper och att bedöma moränkvaliteten i täkten innan schaktningen påbörjats leder till stora osäkerheter i kostnadsbedömningen för efterbehandling. Svårigheten kan bero på bristande underlag och analys.

Som exempel kan nämnas efterbehandlingen av Svärtrräskgruvan. Gråberget bedömdes i ett tidigt skede som svagt syrabildande och innehållet av buffrande mineral bedömdes vara tillräckligt för en enkel täckning. Det har visat sig att gråberget var mer reaktivt och kommer att kräva en kvalificerad täckning. Svårigheten att karaktärisera avfallets reaktivitet och bedöma behovet av mängden morän till sluttäckningen, samt att bedöma moränkvaliteten i täkten innan schaktningen påbörjats, ledde till att efterbehandlingskostnaderna underskattades.

11.11.2. Felaktiga strategiska val

En sent påbörjad efterbehandling utan kontinuerlig utvärdering av valda efterbehandlingsmetoder riskerar medföra att surt metallhaltigt lakvatten bildas, en process som är svår att hejda när den väl startat. Felaktig eller otillräcklig användning av metoder för att särhålla, deponera och utvärdera avfallens karaktär under drift leder till dyrare åtgärder för efterbehandling.

11.11.3. Planering av materiallogistik

Som tidigare konstaterats står materialtransporten (lastning, transport och tippning) för en stor del av efterbehandlingskostnaderna, oberoende av metodval och efterbehandlingskrav. Med välplanerad materiallogistik kan slutkostnaderna begränsas. Mellanlagring medför extra moment och bör minimeras för att undvika extra kostnader. Det är viktigt att allt material deponeras på rätt plats direkt. Kombinerade positiva effekter kan nås om materialet återprocessas och därefter deponeras på rätt plats direkt. Miljövinst uppstår då färdigbrutet eller malt material återvinns.

11.11.4. Val av entreprenör

Entreprenörer prissätter offerter beroende på storlek av objekt och bedömning av olika riskmoment i projektet. Sambandet mellan objektens storlek och efterbehandlingskostnaderna är inte självklart. Lokala variationer är stora. Osäkerheten kan dock minskas genom att tidigt planera och projektera. Räkneexemplen visar att kostnaderna för samma objekt kan variera i ett spann från 25 till 90 miljoner kronor, beroende på om hanteringen av gruvavfallet begränsar behovet av kvalificerad täckning samt på tillgången till lämpligt tätskiktmaterial.

Entreprenadarbeten upphandlas av aktörer verksamma i bygg- och anläggningsbranschen. Tillgång till entreprenör som kan utföra arbetet styrs i viss mån av konjunkturen samt arbetets av omfattning. För större arbeten blir mindre aktörer ofta underentreprenörer åt större. Vid årsskiftet 2016–2017 upphandlades en entreprenad för sluttäckning av ett mindre dagbrott i Svärtrräsk. Anbud lämnades av sex entreprenörer och prisspannet varierade mellan 24 och 47 miljoner kronor.³⁹ Mindre än 1 miljon kronor skilde tre av de fyra anbudena, medan ett var betydligt högre. Två anbudsgivare var stora byggbolag. En av dessa var bland de billigaste, medan den andra var den dyraste. Förklaringen till denna stora spridning ligger främst i vilken tidigare erfarenhet anbudsgivarna har av efterbehandling av gruvavfall.

39 SGU 2017: Personlig kommunikation med Mattias Fackel 2017-02-06, e-post, dnr: NV-03195-16.

11.11.5. Objektets storlek

Efterbehandlingskostnaderna är inte direkt proportionerliga till objektets storlek. Generellt leder uppskalning till lägre specifik kostnad (kr/m² eller kr/ton). Det beror i regel på att utrustning kan användas mer effektivt. För dammar gäller dock motsatt förhållande. En dammhöjning leder till en exponentiell kostnadshöjning på grund av släntfotens geometri. I räkneexemplet blir kostnaden för att säkra en 15 meter hög damm ca 5,6 miljoner kronor. En höjning av dammen med 10 meter (+ 60 procent) orsakar nästan tre gånger högre efterbehandlingskostnader (+ 170 procent). För en given mängd avfall styrs den nödvändiga dammhöjden av dalgångens topografi och är därmed platsspecifik.

11.12. Sammanfattande iakttagelser verksamhetsutövarnas kostnader

Verksamhetsutövarnas kostnader för hantering av gruvavfall och för efterbehandling förväntas stiga i takt med ökade miljökrav och större avfallsmängder då trenden går mot allt större fyndigheter med lägre halter. Kostnader för efterbehandling kan minska i och med omfattande igen-sättning, återfyllnad av underjordsgruvor, eller med andra metoder som minskar avfallsmängder.

Effektiva avfallsstrategier under drift kan minska framtida efterbehandlingskostnader. Verksamhetsutövarna har möjlighet att sänka sina kostnader genom att planera för minskat efterbehandlingsbehov redan under start och drift.

Bland de faktorer som påverkar skillnaden mellan faktiskt och beräknat utfall finns felaktig karakterisering av avfallens reaktivitet, felaktiga strategiska val och bristande planering av materiallogistik (transportkostnaden är en stor kostnadspost), men även val av entreprenör och objektets storlek.

Det kan också konstateras att enhetskostnaderna i högre utsträckning varierar beroende av objekt, än över tid.

12. KOSTNADER OCH TEKNIKVAL ÖVER TID

Efterbehandling av gruvor följer rådande praxis och regelverk. Under de senaste 20–30 åren har praxis utvecklats i takt med att regelverken har förändrats och blivit strängare och att kunskapsläget ökat. I takt med att en miljölagstiftning införts och utvecklats har kraven på efterbehandling ökat. Historiskt har därför kostnaderna för efterbehandling ökat. Längre tillbaka i tiden handlade efterbehandling främst om att ta bort infrastrukturen och byggnaderna i området. Gruvavfallet lämnades på plats utan åtgärder, som i Nautanen eller gruvorna i Bergslagen. Många efterbehandlingsåtgärder utförda för 30–40 år sedan hade främst en effekt på landskapsbilden, motsvarande dagens enkel täckning. Många objekt har därför genomgått efterbehandling på nytt när metallutlakningen visat sig fortsätta.

Förutsättningarna för mineralprospektering och mineralutvinning idag innebär att större fyndigheter med lägre halter utvinns. Det innebär att mängden gruvavfall blir större. Samtidigt görs ansträngningar att omhänderta avfallet i samband med drift för att minska framtida kostnader.

12.1. Återanvändning av gråberg

Icke reaktivt gråberg kan användas på liknande sätt som bergkross om gråberget uppfyller de krav som ställs på bergkrossens egenskaper. I de fall bergkrossen får användas utan begränsningar blir transportkostnaderna avgörande. Gruvorna finns i regel långt bort från mer tätbebyggda områden där behovet av anläggningsmaterial är stort. Gråberg blir ett lokalt anläggningsmaterial. Bergkross är ett förhållandevis billigt material och om bergtäkt finns tillgänglig inom en till två mils radie, begränsas ekonomin för gråbergprodukter till lokal avsättning.

Gråberg som tidigare avsatts för anläggningsändamål kan dock innehålla förhöjda metallhalter. Ett exempel är de omfattande marksaneringsåtgärderna under förberedande arbete av Kirunas nya centrum. Gråberg från den gamla Tuolluvaaragruvan har tidigare använts som anläggningsmaterial. Det gråberget innehåller förhöjda halter av kobolt och omfattande schaktning av massor har krävts inför ny markanvändning.

12.2. Utvinna mer från samma koncentrat

Forskning och utveckling pågår för att utveckla anrikningsteknik som gör det möjligt att utvinna metaller från mineraliseringar med låga halter och av komplex sammansättning. Mineraliseringen innehåller då flera mineral som i olika kombinationer kan utvinnas samtidigt. De lägre halterna var tidigare inte möjliga att utvinna och kunde förorena utvinningens huvudprodukt.

Arbete pågår även för att utveckla metoder för anrikning av sulfidmineral ur anrikningssand. Ett högsavligt koncentrat deponeras i en särskild del av sandmagasinet, medan den avsvavlade sanden kan deponeras på ett enkelt sätt och även användas som konstruktionsmaterial. Denna metod kommer att minska efterbehandlingskostnaderna.

12.3. Återprocessa deponerat avfall

I takt med teknikutvecklingen och metallprisernas förändring kan gråberg och lågvärdig malm som en gång deponerats återigen bli lönsam att processa.

Efterfrågan på sällsynta jordartsmetaller (REE) leder exempelvis till att gråbergssupplag och sandmagasin undersökts på nytt. Exempelvis lämnas upp till 5 procent av guldet i anrikningssanden vid anrikning av guldmalmer. För sulfidmalmer med koppar, bly och zink brukar runt 10 procent av de värdefulla mineralen följa med i avfallet. Kvarlämnade mineral kan i framtiden bli en ekonomisk resurs när mineraltillgång och anrikningstekniker förändras.

- SGU uppskattar exempelvis att 41 000 ton REE och 1,5 miljoner ton fosfor finns i LKAB:s sandmagasin.
- Ett annat exempel är den nedlagda gruvan i Yxsjöberg där ett forskningsprojekt pågår för att undersöka möjligheten att utvinna volfram från 40 år gammal anrikningssand.
- I Sydafrika undersöks möjligheten att återprocessa historisk anrikningssand från flera gruvor i Witwatersrandområdet. Målet är att utvinna guld och uran från sanden och samtidigt oxidera de kvarvarande sulfidresterna för att undvika framtida lakvattenbildning.

Även om teknikutveckling möjliggör utvinning av fler och mer metaller är det ofta inte lönsamt att processa om gruvavfallet. Vittringen som gruvavfallet genomgår försvårar ofta återvinning av eller ytterligare utvinning ur gruvavfallet. Även om FoU-arbetet blir lyckosamt och gruvavfallet processas igen kommer mängden anrikningssand att förbli densamma. Att processa gråberg innebär att gråbergssupplagen minskar och sandmagasinet växer. Att utvinna fler och mer metaller från samma mineralisering har många miljömässiga och ekonomiska fördelar, men mängden gruvavfall och dess föroreningspotential förändras marginellt så länge sulfidmineralen inte koncentreras som i exemplet från Sydafrika. Om mer metall utvinns ur avfallet kan också föroreningspotentialen sänkas.

13. REFERENSER

- Hanaeus Å. & Ledin, B., 2010: *Efterbehandling av gruvavfall i Falun 1992–2008. Sammanfattande slutrapport för Faluprojektet. Naturvårdsverket rapport 6398.*
<http://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2014/april/gruvbranschen-investerar-i-sverige/> citerad 2017-02-07.
- Länsstyrelsen i Västerbotten: *Hemställan om statligt bidrag till efterbehandling av Svärträskegruvan och Blaikengruvan*. Diariernr: 577-8945-2016.
- Länsstyrelsen i Örebro, årsredovisning för 2015.
- Naturvårdsverket, 1998: *Gruvavfall – Miljöeffekter och behov av åtgärder. Rapport 4948.*
- Naturvårdsverket, 2002: *Metodik för inventering av förorenade områden. Bedömningsgrunder och vägledning för insamling av underlagsdata. Naturvårdsverket 1999–2002. Rapport 4918.*
- Naturvårdsverket, 2016: *Nationell plan för fördelning av statliga bidrag för efterbehandling. Rapport 6720.*
- Naturvårdsverket, 2017: PM Ekonomiska säkerheter och statens kostnader. dnr. NV-039-16.
- Naturvårdsverket, 2017: PM om tillsyn Naturvårdsverket dnr. NV-03195-16.
- Proposition 1998/1999:1 Förslag till statsbudget. Utgiftsområde 20, allmän miljö- och naturvård.
- Ramböll Sverige AB, 2017: *Redogörelse för kostnader för sanering och efterbehandling av gruvor. Slutrapport*. Finns hos Naturvårdsverket, dnr. NV-03195-16.
- Regeringens beslut om ansökan om statligt bidrag för efterbehandling av Svärträskegruvan och Blaiken gruvan. 2017-02-16, M2016/02738/Ke.
- Regeringens yttrande 2014-01-21 (ärende UF2013/70885/UD/RS) till EU-kommissionen i kommissionens ärendenummer 2011/2117.
- Riksrevisionen, 2015: *Gruvavfall – Ekonomiska risker för staten. RiR 2015:20.*
- SGU 2017: Personlig kommunikation med Mattias Fackel 2017-02-06, e-post, dnr: NV-03195-16.

BILAGA 1.

Kartläggning av genomförda efterbehandlingar av gruvverksamhet sedan 1985

Namn på objekt	Typ av malm	Efterbehandling startad	Län
Adak	Komplex sulfidmalm	1997	Västerbotten
Bersbo	Sulfidmalm	1986	Östergötland
Blötberget	Järnmalm	2008	Dalarna
Bodåsgruvans bergmullsupplag	Järnmalm	2008	Gävleborg
Enåsengruvan	Sulfidmalm	1994	Gävleborg
Falugruva	Komplex sulfidmalm	1993	Falun
Gladhammars gruvor	Sulfidmalm	2011	Kalmar
Grängsgruvan	Sulfidmalm	1995	Dalarna
Holmtjärnsgruvan	Sulfidmalm	1991	Västerbotten
Hornträskgruvan	Sulfidmalm	1996 och 2005	Västerbotten
Kedträskgruvan	Komplex sulfidmalm	1991 och 2012	Västerbotten
Kimhedengruvan	Sulfidmalm	1995	Västerbotten
Kristineberg, delområden	Komplex sulfidmalm	2011	Västerbotten
Laisvall	Sulfidmalm	2001	Norrbottn
Långselegruvan	Sulfidmalm	1995	Västerbotten
Näslidengruvan	Sulfidmalm	1990	Västerbotten
Pahtohavare	Sulfid- och oxidmalm	1997	Norrbottn
Rakkejaurgruvan	Sulfidmalm	2002	Västerbotten
Ranstadverket	Alunskiffer (U)	1990	Västra Götaland
Rudtjebäcken	Komplex sulfidmalm	1993	Västerbotten
Rävlidengruvan	Sulfidmalm	1990	Västerbotten
Rävlidmyrgruvan	Sulfidmalm	1992	Västerbotten
Saxberget	Sulfidmalm	1991 och 1997	Dalarna
Stekenjokk	Sulfidmalm	1988	Västerbotten
Storliden	Sulfidmalm	2009	Västerbotten
Uddengruvan	Sulfidmalm	1993	Västerbotten
Vassbo	Sulfidmalm	1980 och 2004	Dalarna
Viscaria	Sulfidmalm	1997	Norrbottn
Yxsjöberg	Sulfidmalm	1993	Örebro
Åkerberg	Sulfidmalm	2001	Västerbotten
Åkulla Östra	Sulfidmalm	1998 och 2012	Västerbotten
Åsen östra och västra, mellersta	Sulfidmalm	1993	Västerbotten

Objekt som inte utvärderas	Skäl att utvärdering inte skett	Län
Dannemora	Efterbehandling ej slutförd, och den EBH som genomfördes på 90-talet hade endast i syfte att motverka damning	Uppsala
Silvergruvans vaskverk	Metod gräva upp och deponera på annan plats utesluts ur utvärderingen	Örebro
Johannesborgs vaskverk, Vena gruvfält	Metod gräva upp och deponera på annan plats utesluts ur utvärderingen	Örebro
Laver	Tidigare EBH under 70-talet, komplettering pågår	Norrbottn
Loussavaara	Åtgärder endast med fokus på skydd mot olycksfall	Norrbottn
Långdalsgruvan	Inget underlag att utvärdera första EBH (gråberg i dagbrott) och resten är inte genomfört än	Västerbotten

BILAGA 2. RESULTAT AV UTVÄRDERINGARNA

Adak

Typ av gruva Komplex sulfidmalm (Cu, Au och Ag)	Län Västerbotten	Kommun Malå
Anläggningsdelar Ett f.d. industriområde, ett sandmagasin och fyra gruvor. Gruvorna Adak, Lindsköld och Karlsson var dagbrott och underjordsgruva, medan Brännmyrsgruvan endast var underjordsgruva. Anrikningsverket totalförstördes vid brand 1978. Samtliga ovanjordsanläggningar är rivna.		
Efterbehandlingsmetod Sandmagasinet är täckt med 0,5 m morän med god vattenhållande förmåga som tätskikt samt 1,5 m ospecificerad morän som skyddsskikt. På industriområdet har massor grävts bort och deponerats på sandmagasinet. Industriområdet har sedan kalkats samt påförts morän. Underjordsgruvorna inom området har brutits med igensättningsbrytning vilket innebär att de efterhand återfyllts med gråberg. Efter avslutad drift har både underjordsgruvorna och dagbrotten vattenfyllets. Ingen aktiv efterbehandling har skett av gruvorna i övrigt.		
Platsspecifika förhållanden Området, inklusive sandmagasinet, avvattnas mot nordväst till sjön Rudtjejaure och vidare till Rudtjebäcken och söderut mot Skeppträskån. Båda vattendragen mynnar slutligen i Skellefteälven.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Övergripande mål var att fördröja och reducera vittrings- och utlakningsförloppet från sandmagasinet, att fälla ut metaller i utspolad anrikningssand och skydda den från erosion samt att transportera bort gruvavfall och förorenad jord från industriområdet och höja pH på kvarvarande försurade delar. Inga mätbara mål har hittats.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Det finns två efterbehandlingsplaner för området, en från 1992 och en från 1996. Den första omfattar industriområdet, utspolad anrikningssand och sandmagasinet, den andra omfattar utspolad anrikningssand, sandmagasinet och Brännmyrsgruvan. Inför framtagande av efterbehandlingsplanerna karaktäriserades anrikningssanden tämligen grundligt (med hänsyn tagen till dåvarande kunskap) och geokemisk modellering användes för att bedöma effektiviteten av täckningen. (NSG 1992; NUTEK 1996) I Adak låg anrikningssanden öppen för oxidation och vittring i

nästan 20 år innan sandmagasinet slutligen efterbehandlades med torrtäckning.

Svenska staten ägde och disponerade fyndigheterna i Adak. Boliden AB drev verksamheten genom ett legodriftavtal samt senare genom ett entreprenadavtal. Numera är ansvaret för Adak överflyttat till Sverige geologiska undersökning (SGU).

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Drifttid	1940–1978
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Industriområdet 1994
Efterbehandling	Gruvorna Adak, Lindsköld och Karlsson var dagbrott och underjordsgruva, medan Brännmyrsgruvan endast var underjordsgruva. Underjord har gråberget använts för igensättningsbrytning och det finns således inga gråbergssupplag på området. Samtliga underjordsgruvor och dagbrott har vattenfyllets efter avslutad drift. Ingen aktiv efterbehandling har skett av gruvorna i övrigt. På industriområdet har cirka 105 000 m ³ massor grävts bort och deponerats på sandmagasinet (0,7–1 m tjockt lager). Industriområdet har sedan kalkats (50 kg kalkstenskross/m ²) samt påförts 0,3–0,4 m morän. (SGU 2007)
Kompletterande åtgärder	2006 anlades erosionsskydd (sprängsten 0–300 mm) vid Adakdagbrottet.
Hantering av läckagevatten	–
Övrigt	1998 skedde ett dammgenombrott i invallningen runt Adaks före detta dagbrott varvid ca 20 000 m ³ metallförorenat vatten strömmade ut i omgivningen och slutligen till Skeppträskån. En ansevärd mängd kalk tillfördes berörda områden som åtgärd. Efterbehandlingsarbeten kan ha bidragit till dammgenombrottet (SGU, 1998) En undersökning vid Lindskölds- och Adakschakterna visar att dagbrottssjöarna har en betydande föroreningspåverkan. (Kemakta, 2004)

Sandmagasin

Yta	Ca 47,54 ha I ett område mellan sandmagasinet och sjön Rudtjejaure och delvis ner i Rudtjejaure har anrikningssand spolats ut. Uppskattad area på 8 ha med en mäktighet av 0,3–1,0 m. (SGI 1991; SGI 1992)
Mängd	Ca 5,86 Mton med en mäktighet på ca 10 m. (Amdahl 1979; SGI 1991)
Avfallets egenskaper	Anrikningssanden i Adak är vittringsbenägen. Nettorensningspotentialen (NNP) är negativ, mellan –2 och –10 (med undantag för den översta metern i

	sandmagasinet). Undersökningar inför framtagande av efterbehandlingsplanen visade att vittringsfronten i magasinet låg på djup mellan 0,4 och 1,5 m under markytan. (SGI 1991; SGI 1992)
Driftstid	1945–1977
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1997–1998
Efterbehandling	Åtgärder i samband med att driften i gruvan upphörde inkluderade släntning, dikning och viss massförflyttning. Insådd med korn och gräsfrön, gödsling, ytterligare insådd, övergödsling och kalkning skedde i omgångar mellan 1977–1981. Målsättningen med efterbehandlingen var att vegetera industriområdet och sandmagasinet samt att stoppa vinderosion. 1986 konstaterades att växtligheten till stor del dött. (Länsstyrelsen Västerbotten, 2012) 1997–1998 täcktes sandmagasinet med ett tätskikt på 0,5 m morän med god vattenhållande förmåga men med ett förhållandevis lågt krav på täthet (hydraulisk konduktivitet på 5×10^{-8} m/s) samt ett skyddsskikt på 1,5 m ospecificerad morän. Vid genomförande las tätskiktet ut i två delskikt om vardera 0,25 m och stenar större än 15 cm sorterades bort. Tätskiktet skulle packas till motsvarande 93 % av maximal packningsgrad erhållen vid tung laboratoriestampning (modifierad proctor), detta var dock svårt att uppfylla och utfallet motsvarar ca 87–90 % packningsgrad. I samband med täckningen av sandmagasinet åtgärdades vallarna till en lutning på 1:3 för att undvika problem med erosion. En kanal och ett bräddavlopp (utskov) byggdes på magasinets överyta i den nordvästra delen för att kunna styra flödet av vatten i samband med vårflood och kraftig nederbörd. (SGU 2007) Det 8 ha stora området där anrikningssand spolats ut (mellan sandmagasinet och sjön Rudtjejaure) åtgärdades genom att ca 5000 ton CaCO_3 frästes in och därefter täcktes med 0,3 m morän. Den anrikningssand som spolats ut i sjön Rudtjejaure åtgärdades ej. (SGU 1998; SGI 1992)
Kompletterande åtgärder	Efterbehandlingen har kompletterats med diverse åtgärder på erosionsskador och dikesförbättringar under perioden 1999–2016. Mätningar visar att pH i provpunkt P5B och P6 är lågt och i viss mån sjunkande. För att motverka flödet av metaller planerade SGU att under 2010 anlägga dammar som invändigt skulle kläs med kalk, innan provpunkt P5B. Någon ny damm anlades ej men kalk tillfördes vattensamlingen vid provpunkt P5B, dock utan påtaglig effekt. Kalk har också tillförts dammar uppströms provpunkt P3D (utlopp till Skeppträskån) med gott resultat. Det finns för närvarande preliminära planer på att anlägga nya kalkdammar uppströms P5B och P6 samt återigen kalka uppströms P3D, men det är dock ej beslutat ännu.
Hantering av läckagevatten	Det finns enligt SGU (2007) inget vattenlås eller bräddavlopp från täckningen som möjliggör specifik bräddpunkt för

	överskottsvatten som kommer från magasinet (under täckningen). Runt magasinet finns dock ett uppsamlade dike som även tar hand om detta lakvatten vilket leds från sandmagasinet via diken som mynnar i Rudtjejaure. Ingen behandling av vattnet sker.
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet för Adak-fältet omfattar idag provtagning och flödesmätning i fem kontrollpunkter (P2B, P3D, P5B, P6 och P13) två gånger årligen. Konduktivitet och pH mäts i fält och vattenprover analyseras filtrerat med avseende på metaller och svavel. För Cu finns en fastställd larmgräns i respektive provpunkt. (SGU 2016) Initiellt var miljökontrollen betydligt mer omfattande än den är idag. Nio syresonder installerades i sandmagasinet 1999 och mätningar utfördes något mer än 10 år.
Resultat av utförd efterbehandling	Före efterbehandlingsåtgärderna på 90-talet konstaterades stora läckage av metaller från såväl sandmagasin som industriområde. I ytvatten varierade pH från 3,8 till 5,7 och tillskottet av Cu till Skeppträskån uppskattades till 1170 kg/år. Kontrollprogrammet för verksamheten har reviderats vid flera tillfällen vilket bl.a. inneburit att det under 2009–2011 inte finns några analysresultat för recipienterna. Halterna har generellt klingat av med tiden med undantag för vissa år och provtagningar. En utvärdering av täckningsåtgärder från 2007 visar att läckaget av koppar från Adak till Skeppträskån minskat till 0,5–2,0 % av läckaget före åtgärd (d.v.s. utsläpp av 6–25 kg Cu per år). Utvärderingen konstaterar att det dock inte är möjligt att kvantifiera hur mycket av minskningen som beror på täckningen av sandmagasinet och hur mycket som beror på efterbehandlingen av industriområdet. (SGU, 2007; Länsstyrelsen Västerbotten, 2012) Även i Rudtjebäcken har halterna minskat efter genomförda efterbehandlingsåtgärder. Minskningen är dock inte kvantifierad på samma sätt som för Skeppträskån. Metallutsläppen går enbart att relatera till utsläppsnivåer före utförd efterbehandling, det finns inga uppgifter om naturliga bakgrundshalter i området vilket försvårar bedömningen av åtgärdens slutliga effekt. Kontrollmätningar i de installerade syresonderna konstaterade att syrgaskoncentrationerna generellt låg under 1 % mellan åren 1999–2006. Den låga syrgashalten bedömdes 2007 kunna tolkas som en indikation på en väl fungerande täckning, men en reservation för att den åtminstone delvis skulle kunna vara en funktion av hög vittringshastighet gjordes. En fältundersökning av torrtäckningen i Adak genomfördes 2011. Resultatet från

undersökningen visar på att förhållandena i sandmagasinet är tämligen stabila och så har varit sedan efterbehandlingen. Täckningen bedömdes väl uppfylla sitt syfte och någon antydan på sulfidoxidation till följd av infiltration av syre genom täckningen konstaterades inte. Oxidationsfronten bedömdes inte röra på sig och utläckaget av sekundärt fastlagda metaller ansågs inte vara omfattande. (SGU, 2007; Golder, 2011)

Från egenkontrollprogrammet kan det konstateras att provtagning i de punkter som representerar ytvatten från sandmagasinet (provpunkt P5B och P6) konsekvent uppvisat mycket låga pH värden ($< 3,0$) de senaste fem åren. Under samma tidsperiod har utgående halter av Cu varierat mellan 44–270 $\mu\text{g/l}$ och 340–1000 $\mu\text{g/l}$ i respektive provpunkt. För As är motsvarande siffror 1,5–6,0 $\mu\text{g/l}$ och 14–770 $\mu\text{g/l}$, och för Zn 260–950 $\mu\text{g/l}$ och 130–740 $\mu\text{g/l}$. (SGU 2016)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandling har planerats och utförts efter att ett antal specifika studier genomförts, vilka i sin tur har legat till grund för val av metod. Totalt togs två efterbehandlingsplaner fram. Överlag förefaller planerna ha följts men det finns ett antal ingående moment, kopplade till efterbehandlingen av sandmagasinet, som antingen inte har utförts eller som inte gett avsedd effekt (t.ex. sådd och packning av moränskikt). Av underlaget går det inte att bedöma om anledningen till detta är en konsekvens av planeringen av efterbehandlingen eller kunskap som först erhöles i samband med åtgärdernas genomförande.
Efterbehandlingsmetod	Den första efterbehandlingen som genomfördes på 1970-talet (kalkning och sådd) var inte lyckad och kompletterande utredningar och en ny efterbehandling genomfördes. Den slutligt valda metoden (kvalificerad torrtäckning) bedöms som rimlig med tanke på de alternativ som platsen medger. De valda metoderna kan således anses vara branschpraxis vid dåvarande tidpunkt.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontroll utfördes i samband med efterbehandlings genomförande samt har fortgått efter avslut och sker nu i statlig regi genom SGU. Med tanke på det övergripande målet med efterbehandlingen förefaller kontrollen under genomförandet och tiden direkt efter avslut ha varit rimlig och omfattar det mest väsentliga och vad som kan anses ha varit branschpraxis vid den tiden.
Resultat	Vad gäller industriområdet förefaller efterbehandlingen ha uppnått erforderliga resultat. Gruvorna har vattenfyllets, ingen ytterligare aktiv efterbehandling har gjorts. För sandmagasinet förefaller utförda undersökningar visa på att förhållandena i sandmagasinet är stabila. Täckningen bedöms väl uppfylla det syfte som sattes upp i samband med efterbehandlingen, vilket i första hand var att begränsa syretransporten till avfallet snarare än vattentransporten.

Någon antydan på sulfidoxidation genom infiltration av syre genom täckningen förefaller inte, inte heller verkar oxidationsfronten röra på sig, och utläckaget av sekundärt fastlagda metaller verkar inte heller vara omfattande. Resultaten från de genomförda geotekniska undersökningarna visar även att packningen av täckningen generellt verkar ha kunnat genomföras tillfredsställande. Även mäktigheten på tätskiktet är i den storleksordning som var avsett. Utlakningen av metaller från Adak mot Skeppträskån har reducerats kraftigt till 0,5–2 % av det som uppmättes innan området åtgärdades. Metallbelastningen från Adak till Rudjtebäcken har också minskat efter genomförd efterbehandling, om än inte lika tydligt. Efterbehandlingen förefaller således sammantaget ha utförts med gott resultat. En viss belastning på recipienterna kommer i praktiken alltid att finnas.

Referenser

- Amdahl, K, 1979: Adakfältet 1920–79, en dokumentation
- Golder, 2011: Fältundersökning av tätskikt Adak
- Kemakta, 2004: Fältundersökningar av dagbrottssjöar och testceller i Adak.
- Länsstyrelsen Västerbotten, 2012: Tillsynsprojekt–Efterbehandling av sulfidmalmsgruvor.
- NSG (Nämnden för Statens Gruveendom), 1992: Efterbehandlingsplan för Adaks gruvfält
- NUTEK (Verket för näringslivsutveckling), 1996: Efterbehandlingsplan för Adaks gruvfält
- SGI (Statens geotekniska institut), 1991: Efterbehandling av Sandmagasinet i Adaks gruvfält. Etapp I–Sammanställning av befintligt material
- SGI (Statens geotekniska institut), 1992: Efterbehandling av sandmagasinet i Adaks gruvfält. Etapp II –Efterbehandlingsåtgärder
- SGU (Sveriges geologiska undersökning), 1998: Adakgruvan–efterbehandling av sandmagasin. Uppföljning 1998
- SGU (Sveriges geologiska undersökning), 2007: Utvärdering av täckningsåtgärder vid Adak, Bersbo och Saxberget. Del 1– Sammanställning av nuläge och förslag på fortsättning
- SGU (Sveriges geologiska undersökning), 2016: Årsredovisning 2015 Adak.

Bersbo

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu)	Län Östergötland	Kommun Åtvidaberg
Anläggningsdelar Ett mindre sandmagasin, stora mängder vittringsbenäget gråberg (varp) huvudsakligen samlat i två upplag, vattenfyllda dagbrott och gruvschakt.		
Efterbehandlingsmetod Varpen har koncentrerats till två upplag, Steffenburgsupplaget och Storgruveupplaget. Upplagen har sedan torrtäckts med lite olika utformningar. Varp har även deponerats i dagbrott och gruvschakt och på så sätt vattentäckts. De rensade ytorna har kalkats och påförts morän.		
Platsspecifika förhållanden Mellan Storgruveupplaget och Steffenburgsupplaget finns en vattendelare. Storgruveupplaget dräneras mot väster vid Dagstollet till ett dike och vidare till Gruvsjön. Gruvsjön avvattnas via en bäck genom Myren till Strålången. Strålången avvattnas i sin tur via en bäck till Risten. Steffenburgsupplaget dräneras via Kuntebobäcken till Bäckan mellan Strålången och Risten. Grönhögen avvattnas via diken och bäckar till Båtviksgölen och vidare till Risten. Risten följs av flera sjöar och mellanliggande åar (Risten, Såken, Borken och Yxningen).		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Minska metalläckaget och reducera föroreningstransporten med 90 %.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Åtgärden är utförd i statlig regi och var en av de första och största i sitt slag i Sverige. Engagemanget från Åtvidabergs kommun i egenskap av huvudman var mycket viktigt för projektets genomförande. Efterbehandlingen föregicks av mycket utredningar och åtgärderna är utformade som pilotprojekt i fullskala. Den uppföljande funktions- och miljökontrollen har varit omfattande. För denna sammanställning har endast utvärderande rapporter använts för informationshämtning.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	Gruvan lade ner 1902. Brytningen påbörjades redan under 1500-talet men har inte varit kontinuerlig.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1986–1989
Efterbehandling	Varp har delvis deponerats i schakt och på så sätt vattentäckts.

	I anslutning till Steffenburgsupplaget har 119 000 m ³ varp deponerats i fem vattenfyllda gruvhål. I anslutning till Storgruveupplaget har 77 000 m ³ varp deponerats i ytterligare fem vattenfyllda hål.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	Steffenburgsupplaget 3,5 ha Storgruveupplaget 2,8 ha
Mängd	Totalt ca 750 000 m ³ varp finns i området fördelat på två upplag och återfyllt i gruvor.
Avfallets egenskaper	Äldre grovkornig varp med jämförelsevis höga metallhalter. Förhållandena för vittring och lakvattenbildning beskrivs som stora. Materialet har inte karaktäriserats i någon större omfattning.
Driftstid	Gruvan lades ner 1902. Brytningen påbörjades redan under 1500-talet men har inte varit kontinuerlig.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1986–1989
Efterbehandling	Varp har koncentrerats till två stora upplag. På så sätt har ytorna med gruvavfall halverats. De ytor som frigjorts har kalkats och påförts morän (0,3 m). Upplagen har täckts med kvalificerad torräckning med lite olika utformning. Steffenburgsupplaget har täckts med 0,5 m tät lera (packat i tre delskikt) som tätskikt och 2 m morän som skyddsskikt. Cementstabiliserad flygaska (Cefyll) har använts i övergångszoner, invid en stolpe och mellan täckningen och den tätande muren. Storgruveupplaget har täckts med ett 0,25 m tjockt lager med makadam som injekterades med cementstabiliserad flygaska (Cefyll) som tätskikt. Därpå lades ett 2 m tjockt skyddsskikt av packad morän. Skälet att Cefyll valdes istället för lera vid Storgruveupplaget var att materialet var lättare att lägga i branta sluttningar. Materialet bedömdes även vara tätt, starkt och motståndskraftigt mot bl.a. nedträngning av rötter. Runt båda upplagen byggdes i jordlagren en mur bestående av cementstabiliserad flygaska (Cefyll) som injekterades i makadam. Muren konstruerades i uppgrävda gravar som nådde under grundvattenytan. Tätskikten anslöts sedan till den härdade muren. Åtgärden genomfördes för att helt undvika syreinträngning genom jordlagren i upplagens anslutning till omgivande mark.
Kompletterande åtgärder	I samband med uppföljningen upptäcktes att syre läckte in till Storgruveupplaget. Detta orsakades av att det översta ortsystemet i gruvan via ett schakt hade direktkontakt med den täckta varpen. Därav tätades det översta ortsystemet inifrån 1995–1996.

Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Omfattande miljö- och funktionskontroll bedrevs i samband med efterbehandlingsarbetena och tiden därefter. De båda täckningarna följdes till exempel upp genom installation av ett flertal grundvattenrör, perkolationsmätare, syrediffusionsceller, permeabilitetsceller, porttrycksmätare och syresonder. Det framgår inte av det underlag som använts för utvärderingen om det pågår egenkontroll i området idag, men sannolikt gör det inte det.
Resultat av utförd efterbehandling	Funktionen på täckningen av varpupplagen har utvärderats med avseende på dess effektivitet som vatten- och syrebarriär 0–12 år efter genomförda efterbehandlingsarbeten. Utvärderingen visar att båda tätskiktsmaterialen fungerar väl, men att packad lera fungerar bättre som syrebarriär och något bättre som vattenbarriär än cementstabiliserad aska (Cefyll). Lokala läckagepunkter har kunnat konstateras för båda tätskicken, framför allt i anslutning till omgivande mark. Skyddsskikten på 2 m har visat sig något väl tilltagna men samtidigt en garanti för att uttorkning inte drabbar tätskiktet. Täckningen vid Steffenburgsupplaget uppskattades i en undersökning 10 år efter avslutad efterbehandling ha minskat metalltransporten (Cd, Zn och Cu) med 80–95 %. Ytvattenprovtagning har samtidigt visat att efterbehandlingen medfört kraftigt minskade Cd, Zn och Cu halter i sjöar och vattendrag nedströms båda upplagen. Enligt Naturvårdsverket (2002) har koncentrationen av koppar och kadmium minskat med ca 85 % medan zink minskat med ca 45 %. Vid utloppet från Storgruveupplaget har koncentrationen av koppar minskat till hälften medan kadmium och zink är på samma nivå som innan efterbehandlingen (<i>Naturvårdsverket</i> 2002). Efterbehandlingen verkar av allt att döma haft resultat. Metallhalterna i grund- och ytvatten i anslutning till upplagen är dock fortfarande mycket höga. Huvudorsaken tros vara sekundära vittringprodukter i det täckta materialet. Det saknas en uppskattning av hur lång tid det kommer ta att tvätta ut redan vittrade mineral och nå den punkt där metalläckaget har en direkt koppling till primärvittringen. En utvärdering av miljösituationen efter genomförd efterbehandling har uppskattat att Storgruveschaktet är den mest betydelsefulla källan till Cd, Zn och Cu i området.

Sammanfattande bedömning

Planering inför	Bersbo var ett pionjärprojekt i Sverige vad gäller
------------------------	--

efterbehandling	efterbehandling av vittrande gruvavfall. Därför gjordes mycket omfattande studier och pilotprojekt. Planering gjordes med den tidens kunskap och praktiska förutsättningar som utgångspunkt. Enligt uppgift genomfördes åtgärderna enligt planen.
Efterbehandlingsmetod	Efterbehandlingsåtgärderna omfattade främst schakt och torrtäckning med olika typer av tätskikt följt av skyddsskikt. Metoderna bedöms ha varit väl genomtänkta och studerade. Vissa kompletterande åtgärder har fått vidtas i efterhand.
Uppföljande miljökontroll	Under och efter genomförandet har omfattande miljökontroll utförts både avseende vattenkemi, men även studier av moräntäckningarnas funktion och geotekniska stabilitet. Av underlaget att döma förefaller omfattningen vara relevant och anpassad till projektets förutsättningar, mål och genomförande.
Resultat	Metallläckaget till recipienterna har minskat betydligt, vilket var efterbehandlingsens målsättning, och pH i den närbelägna Gruvsjön har ökat. Utfallet av efterbehandlingen förefaller således ha varit gott. Det kvarstår alltjämnt några frågor, främst rörande fortsatt höga metallhalter i yt- och grundvatten nära upplagen samt uppskattning av tidsaspekten för uttvättning av sekundära vittringsprodukter. En viktig lärdom från projektet i Bersbo är att redan vittrat gruvavfall inte ska läggas under vatten på grund av upplösning av sekundära mineral som är utfällda i det vittrade materialet (Naturvårdsverket 1993). Med tanke på att efterbehandlingen var den första och vid tidpunkten den största i sitt slag och att metallläckaget till recipienterna minskat så bedöms efterbehandlingen ha gett avsedd effekt.

Referenser

Länsstyrelsen Östergötland, 2005: Miljösituationen i Bersboområdet—en sammanställning av undersökningar genomförda 1975–2002.

Naturvårdsverket, 1993: Rapport 4202 Gruvavfall från sulfidmalmsbrytning—metaller och surt vatten på drift.

Naturvårdsverket, 2002: Uppföljning av efterbehandlingsprojekt inom gruvsektorn—Åtgärder, kostnader och resultat.

Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2007: Utvärdering av täckningsåtgärder vid Adak, Bersbo och Saxberget, Del 1 Sammanställning av nuläge och förslag på fortsättning.

Sweco, 2007: Huvudstudie avseende föroreningar i recipienter nedströms Bergsbo gruvområde, Åtvidabergs kommun. På uppdrag av länsstyrelsen Östergötland.

Blötbergets sandmagasin

Typ av gruva Järnmalm	Län Dalarna	Kommun Ludvika
Anläggningsdelar Sandmagasin		
Efterbehandlingsmetod Täckning med rötat slam och vegetering.		
Platsspecifika förhållanden Söder om sandmagasinet finns en klarningsbassäng i och omkring sjön Norsen.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Saknas
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Produktionen i gruvan upphörde 1979 och en efterbehandlingsplan upprättades samma år. I planen uppgavs att ett mindre område i norra delen av magasinet skulle användas som sandtäkt av fyllandsmaterial inom den närmsta bygden. När denna verksamhet upphört skulle området avjämnas, besås och planteras. 2006 fick bolaget ett föreläggande från tillsynsmyndigheten att genomföra efterbehandling av området enligt plan då inga åtgärder var gjorda och marken nyttjades för terrängkörning vilket genererade damning för närboende. 2008 lämnade bolaget in en ny efterbehandlingsplan för det aktuella området. Kravet på tallplantering togs då bort p.g.a. att området blivit en rik fjärilslokal.

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Ca 15 ha (varav ca 5 ha redan var bevuxen med tall och lämnades utan åtgärd)
Mängd	–
Avfallets egenskaper	–
Driftstid	19XX–1979
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	2008–2010
Efterbehandling	0,1–0,2 m rötat slam på anrikningssanden och 0,1–0,2 m lager med torv ovanpå. Norra slänten har justerats genom nedschaktning till lutning 1:3 och massorna har flyttats in mot

magasinet.

Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Inget pågående egenkontrollprogram.
Resultat av utförd efterbehandling	2011 hölls slutbesiktning. Då visade det att täckningen och vegeteringen gett avsedd effekt och växtskiktet var tätt och frodigt över hela området.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Två efterbehandlingsplaner har upprättats. Den senaste, och som enligt uppgift låg till grund för genomförandet, upprättades 2008. Vid den tiden fanns ett flertal referensprojekt att använda som utgångspunkt för framtagandet av efterbehandlingsplan och design av åtgärd. Någon regelrätt planering eller framtagande av specifikt underlag verkar dock inte ha skett utan fokus har varit att förbättra växtlighet samt reducera geotekniska risker (slänter). I underlaget saknas uppgifter om målsättning med efterbehandlingen.
Efterbehandlingsmetod	Efterbehandlingen omfattade justering av slänter samt påförande av organiskt material (rötat slam) och rena massor för att förbättra växtetablering. Åtgärderna bedöms som rimliga för platsen.
Uppföljande miljökontroll	Det saknas uppgifter om målsättning med efterbehandlingen samt även vilken miljökontroll som genomfördes under åtgärden samt efter avslut. Då inte heller några specifika utredningar utförts, till exempel uppföljning av vattenkvalitet, bedöms miljökontrollen inte ha varit tillfyllest. Någon aktiv tillsyn förefaller inte heller bedrivas i dagsläget.
Resultat	Eftersom det saknas målsättning samt data som beskriver uppföljande miljökontroll är det inte möjligt att bedöma resultatet av genomförd efterbehandling. Uppgifter om geotekniska aspekter och risker finns inte heller redovisat. Åtgärden förefaller ha utförts enligt efterbehandlingsplanen, med en viss justering som godkänts av tillsynsmyndigheten. Slutbesiktning har skett där det konstaterades att täckningen gett avsedd effekt med avseende på växtetablering.

Referenser

Länsstyrelsen Dalarna, 2011: Slutbesiktning av efterbehandlingsåtgärder vid f.d. Blötbergsgruvans sandmagasin.

Sweco, 2008: Anmälan om efterbehandlingsåtgärder vid Blötbergsgruvans sandmagasin. På uppdrag av SSAB Svenskt Stål AB.

Bodås gruvmulldsupplag

Typ av gruva Järnmalm	Län Gävleborg	Kommun Hofors
Anläggningsdelar Gruvmullddeponi och två dammar som skapats för att valla in deponin.		
Efterbehandlingsmetod Omfördelning av massor, kalkning och vattenöverdämning genom grundvattenhöjning.		
Platsspecifika förhållanden Deponin anlades genom invallning av en myrmark som är belägen inom ett sammanhängande område av vattendrag, sjöar och myrmarker omgivet av högre berg och moränkullar. Delar av deponin ligger på ett utströmningsområde. Den norra dammvallen avgränsar upplaget mot Igeltjärn och den södra dammvallen avgränsar upplaget mot en våtmark.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande åtgärds mål</u> Utsläpp från magasinet ska inte innebära något hinder för en god ekologisk status i recipienterna nedströms Igeltjärn och Ryttdammsbäcken. <u>Mätbara åtgärds mål</u> Höjning av dämningssgränsen med 0,5 m. Alkaliniteten nedströms magasinet ska inte understiga 0,1 mekv/l. pH i vattendragen nedströms magasinet ska inte understiga 6,0.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Gruvmull är finmaterial som avskilts i anrikningsprocessen (och som idag benämns anrikningssand).

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Totalt hela magasinet: ca 12,4 ha (varav torr deponi 8,8 ha, norra sjön 2,5 ha och södra sjön 1,1 ha)
Mängd	Ca 335 000 m ³
Avfallets egenskaper	Restprodukter i form av gruvmulld från Bodåsgruvans anrikningsverk. Gruvmullen består till största delen av oxidmineral (främst magnetit) och partier med sulfidmineral (främst pyrit men även kopparkis, zinkblände och blyglans).
Driftstid	1956–1973
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	2008–2009
Efterbehandling	Centralt i deponin återfinns en specialdeponi innehållande material med hög pyrithalt (ca 44 % svavel). Specialdeponin är täckt med ett membran (bentonitmatta) och en

	skyddstäckning. Denna och ett flertal ytterligare åtgärder såsom kalkning och schaktning genomfördes innan den slutliga efterbehandlingen på 2000-talet. När efterbehandlingen påbörjades stod en del av deponin redan under vatten. Åtgärderna omfattade igenläggning av dränerade diken och utlopp från den södra dammvallen, utbyggnad och förstärkning av dammvallar i syfte att höja grundvattenytan (mellan 0,6 och 0,8 m efter åtgärd), omfördelning av gruvnull för att säkerställa avrinning från upplaget mot den norra vattenansamlingen samt kalkning av gruvnullsdeponin på en yta av 23 000m². De delar av deponin som tidigare stod över vattenytan täcktes med minst 0,5m morän. Mot den norra vattenansamlingen anlades ett erosionsskydd och recipienter kalkades.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	I den norra dammvallen finns ett utlopp mot Igeltjärn som reglerar vattennivån i den norra vattenansamlingen. Överskottsvatten leds till ett mindre magasin med en kalkstensbädd och vidare till Igeltjärn.
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	Risk att dammvallen utsätts för inre erosion varvid genomsläppligheten ökar och grundvattenytan i magasinet sjunker. Om utloppet lämnas utan tillsyn finns risk att det sätts igen och medför att vattenytan kan stiga och överströmning sker, vilket i sin tur kan leda till erosion av partier av dammvallen.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Före, under och efter genomförandet av efterbehandlingen har regelbundna kontroller skett. Kontrollerna har omfattat mätningar av grundvattennivåer, fältmätningar och analyser av metaller i såväl grundvatten som ytvatten i och kring deponin. Egenkontrollprogrammet pågår fortfarande.
Resultat av utförd efterbehandling	Den efterbehandling som genomförts 2008–2009 har resulterat i att grundvattennivåerna i magasinet har höjts ca 1 meter, pH i grundvatten har ökat och metallhalterna i grundvatten minskat. Under de senaste två åren (2014–2015) har pH och alkalinitet legat över de satta åtgärds målen, även om pH har tangerat detta. Enligt en uppföljning av utförda efterbehandlingsarbeten från 2015 har åtgärderna gett avsedd effekt, men på grund av variationer i pH och alkalinitet rekommenderas att kontrollprogrammet fortsätter ytterligare några år.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Den slutliga efterbehandlingen på 2000-talet gjordes efter omfattande anpassade utredningar och bedömningar (till exempel geokemi och geohydrologi) vilket genererat
--	--

	specifika åtgärdsförslag för att uppfylla upprättade åtgärds mål. Geotekniska stabilitetsbedömningar har genomförts bland annat avseende dammarna som byggdes på för att uppnå den önskade vattennivåhöjningen.
Efterbehandlingsmetod	Valda efterbehandlingsmetoder (massförflyttning, kalkning, vattenöverdämning och moräntäckning) och bedöms vara väl anpassade för platsen och objektet. Metoden vattenöverdämning är platsspecifikt anpassad samt innebär ett geotekniskt ansvar med avseende på dammstabilitet.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontroll har skett innan, under och efter genomförande. Det antas även att kontroll fortfarande sker. Uppföljning har skett av grundvatten och ytvatten genom fältmätningar samt laboratorieanalyser. Miljökontrollen förefaller vara tillräcklig.
Resultat	Under 2014–2015 har pH samt alkalinitet legat över de föreslagna åtgärds målen. Uppföljning av utförda efterbehandlingsarbeten visar att åtgärderna har gett effekt. Dock går det inte inom ramen för denna för denna utvärdering avgöra om det övergripande målet är uppfyllt.

Referenser

Envipro Miljöteknik AB, 2005: Efterbehandling av gruvmulldsupplaget i Bodås–Åtgärdsförslag

Sandvik, 2010: Redogörelse angående avhjälpande åtgärder vid Bodås gruvmulldsupplag, Hofors kommun

Sandvik, 2015: Bodås gruvmulldsupplag–Uppföljning av utförda efterbehandlingsarbeten

Enåsen

Typ av gruva Sulfidmalm (Au)	Län Gävleborgs län	Kommun Ljusdal
Anläggningsdelar En dagbrottssjö, ett sandmagasin och klarningsmagasin samt ett gråbergssupplag och f.d. industriplan.		
Efterbehandlingsmetod Sandmagasin och gråbergssupplag har torrtäckts med olika moränutformningar. I dagbrottssjön har marginalmalm, förorenade massor och cyanidpåverkad sand deponerats innan vattenfyllning.		
Platsspecifika förhållanden Gruvområdet i Enåsen avrinner till recipienten Enåns vattensystem som förenar sig med älven Ljusnan.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☒ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	Det finns en efterbehandlingsplan för industriområdet från 2012. En tidigare efterbehandlingsplan ska finnas för de åtgärder som utfördes på 1990-talet, men den har inte funnits tillgänglig för denna utvärdering. Ett beslut från tillsynsmyndigheten angående efterbehandlingsplanen finns dock från 1993. Efterbehandlingen verkar i stort vara utfört enligt vad som beskrivs i beslutet, men alla moment finns inte beskrivna och därför går det inte att bedöma fullt ut.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Övergripande mål för efterbehandlingen av industriplan är: - Bra markmiljö och minskad (grund)vattenpåverkan som sekundärt mål - Området ska passa till omgivningen (skogsmark) - Långtidslösning som inte kräver någon kontinuerlig tillsyn I tillsynsmyndighetens beslut om efterbehandlingsplan från 1993 framgår inga övergripande eller mätbara åtgärds mål för gruvområdet. (Länsstyrelsen, 1993)
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☐ Nej
Övrigt	Det pågår arbete för att ta fram en ny efterbehandlingsplan för gruvområdet eftersom de insatser som gjordes på 1990-talet inte varit tillräckliga. Efterbehandlingsplanen beräknas vara klar 2017.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
--------------------------	--

Drifttid	1984–1989 dagbrott 1989–1991 underjord
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1994
Efterbehandling	I dagbrottet har marginalmalmsrester, metallförorenade massor från industriområdet samt cyanidlakad sand deponerats. Dagbrottet har sedan behandlats med teknisk kalk för att förhindra transport av vittringsprodukter ner i gruvorterna och sedan vattenfyllets på naturlig väg. Dagbrottssjön är idag ca 35 m djup. Ingångar till underjordsgruvan är igenpluggade.
Kompletterande åtgärder	Dagbrottssjön kalkas med regelbundna intervall för att höja pH och minska de höga metallhalter i vattnet.
Hantering av läckagevatten	Det finns idag inget dike som kontrollerar bräddningen från dagbrottet. Det kan komma att bli aktuellt i samband med kommande efterbehandlingsåtgärder att anlägga ett bräddningsdike runt dagbrottet. (<i>Länsstyrelsen, 2017</i>) Enligt en resultatutvärdering av genomförda efterbehandlingsinsatser från 2012 är det troligt att utflöde från dagbrottssjön sker via grundvatten, men något tydligt utströmningsområde har inte hittats. (<i>Golder, 2012</i>)

Gråbergssupplag/avfallssupplag

Yta	11 ha
Mängd	Ca 1,3 Mton
Avfallets egenskaper	Gråbergets sammansättning har undersökts i två prover 2012. Undersökningarna inkluderar ABA-tester, totalhalter av metaller, skakförsök och sekventiell lakning. Resultat från undersökningarna visar på att gråberget i de båda proverna är på gränsen till potentiellt syrabildande och gråbergssupplaget som helhet bedöms vara syrabildande. Detta eftersom den tillgängliga buffringskapaciteten är mycket låg (mellan 4–7 ton kalk/1000 ton gråberg) och inte bedöms kunna räcka för att buffra syra om medelhalten sulfidsvavel överstiger ca 0,3–0,5 viktprocent. Skakförsöken och lakttesterna antyder att gråberget lakas ut på sina vittringsprodukter mer eller mindre omedelbart och infiltrerar grundvattnet. (<i>Golder, 2012</i>)
Drifttid	1984–1991
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Något eller några år efter sandmagasinet, d.v.s. kring 1995.
Efterbehandling	Gråbergssupplaget har täckts med en enkel torrtäckning på 0,4 m morän. Moräntäckningen har enligt provtagning i efterhand visat sig ha delvis blandats med det övre lagret gråberg efter utläggning.
Kompletterande åtgärder	Rötslam i ett skikt om ca 0,3 m har påförts gråbergssupplaget i ett senare skede.
Hantering av läckagevatten	Läckagevatten från gråbergssupplaget uppsamlas i nordväst och

	injiceras med lut innan det pumpas till dagbrottet. (Länsstyrelsen, 2017)
Geotekniska risker	–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Sandmagasin: 9 ha Klarningsmagasin: 22 ha
Mängd	1,7 Mton avfallssand (beräknat metallinnehåll ca 1 300 kg Au, 3 400 kg Ag, 480 ton Cu, 26 000 ton Fe, 260 ton Zn och 110 ton Pb, sanden innehåller även ca 13 000 ton svavel)
Avfallets egenskaper	En undersökning 1993 gjord på fem prover visar att anrikningssanden vid utförda ABA-tester är potentiellt syrabildande enligt nettoneutraliseringspotentialen (NNP = – 6,3 till –17,4) och syrabildande enligt kvot mellan neutraliserings- och syrabildningspotentialen (NPR = 0,3–0,5). Fuktkammarförsök utfördes på två av proverna under 18 veckor och under den tiden visade endast ett av proven tecken på syrabildning. (Jönsson & Johansson 1993) En mer omfattande undersökning gjordes på 11 prover 2012 och omfattade ABA-tester, totalhalter av metaller, skakförsök och sekventiell lakning. ABA-testerna visade att trots ett lågt svavelinnehåll (kring 0,06–1,01 viktprocent) så var alla prover syrabildande enligt kvoten mellan neutraliseringspotentialen och den maximala potentiella syrabildningen (NP:MPA). (Golder, 2012)
Drifttid	1984–1991
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1994
Efterbehandling	Vid sandmagasinet har anrikningssand som under driften bräddat över magasinkanten grävts upp och återförts till sandmagasinet. Likaså har anrikningssand som använts i vägkonstruktioner återförts till sandmagasinet. Sandmagasinet har efterbehandlats genom en kombination av överdämning och moräntäckning (EBH-plan 1993–04–02). Anrikningssanden har sedan torrtäckts med morän och besåts med gräs och björkfrön. I denna utvärdering har olika uppgifter framkommit angående torrtäckningens utformning. Enligt uppgift från 2001 har sandmagasinet torrtäckts med ca 1 m morän med genomsnittlig hydraulisk konduktivitet på $3,9 \times 10^{-8}$ m/s. Enligt uppgift från provgropsgrävningar 2012 ska täckningen bestå att ett tätpackat dubbelt moränskikt med mäktighet på 0,8 m följt av ett överliggande skyddsskikt på 0,3 m löst lagrad morän. I provgropar som grävdes 2012 kunde inte den packade moräntäckningen urskiljas från den överlagrade täckningen. Total moräntäckning i gropar var 0,8–1,2 m med en uppmätt hydraulisk konduktivitet på $6,7 \times 10^{-8}$ m/s. (Mifoblankett, 2001: Golder, 2012) I sandmagasinets klarningsdel ska en mindre del kisaska ha

	deponerats. Klarningsdelen är vattentäckt. (<i>Mifoblankett, 2001</i>)
Kompletterande åtgärder	2003 skickades en anmälan från bolaget till tillsynsmyndigheten angående kompletterande efterbehandling med rötslam. Anmälan godkändes 2006 men det är oklart när åtgärden faktiskt genomfördes.
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Ett egenkontrollprogram finns för Enåsen och som omfattar kontroll av vattenkvalitet på utgående vatten från gråbergssupplaget, från dagbrottssjön, i Ensjöns utlopp (Ensjöbäcken), samt från klarningsmagasinet och i den slutliga recipienten.
Resultat av utförd efterbehandling	En undersökning utförd 2012 konstaterar att efterbehandlingen av varken sandmagasin eller gråbergssupplag varit framgångsrik. De genomförda moräntäckningarna bromsar troligen inte syretransporten nämnvärt och syredriven vittring fortsätter att ske. Täckningen med rötslam bedöms fungera bättre, men en potentiell risk finns att nitrat från slammet infiltrerar och istället för syre driver oxidationen av sulfider. Från undersökningen görs också bedömningen att vittringen i sandmagasin och gråbergssupplag kommer fortgå under en lång tid framöver. Samma undersökning konstaterar att dagbrottssjöns vattenpelare är syresatt och att det kan antas att sulfider i dagbrottets väggar och i deponerat material vittrar och kommer fortsätta vittra så länge det finns löst syre. Den årliga kalktillförsel som krävs för att korrigera vattenkvaliteten i dagbrottssjön är beräknat till minst 10,5 ton. (<i>Golder, 2012</i>) Det pågår arbete för att ta fram en ny efterbehandlingsplan för gruvområdet eftersom de insatser som gjordes på 1990-talet inte varit tillräckliga. Efterbehandlingsplanen beräknas vara klar 2017.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Den efterbehandling som genomförts bedöms till viss del vara utförd något annorlunda än vad som avsågs i efterbehandlingsplanen från 1990-talet när det gäller materialval och utformning av moräntäckning. Efterbehandlingsplanen togs fram utan några omfattande utredningar vilket inte var i strid med branschpraxis.
Efterbehandlingsmetod	De åtgärder som planerats och genomförts bedöms vara i enlighet med branschpraxis för början på 1990-talet och anses som rimliga utifrån den kunskap man hade då.

Uppföljande miljökontroll	I utvärderingen har det saknas tillgång till förstahandsuppgifter om miljökontroll under genomförande av efterbehandlingen och direkt efter dess slutförande. Däremot finns en del, dock inte heltäckande uppgifter i (<i>Naturvårdsverket, 2002</i>) angående miljökontrollen. Miljötekniska undersökningar med syfte att utreda geokemiska förhållanden har dock genomförts på senare tid för att ligga till grund för en ny efterbehandlingsplan. Ett egenkontrollprogram finns idag för Enåsen med kontrollpunkter på utgående vatten från gråbergssupplag, i dagbrottssjö, i Ensjöns utlopp (Ensjöbäcken), samt i klarningsmagasin och i den slutliga recipienten. Miljökontrollen får i dagsläget anses vara godkänd.
Resultat	De undersökningar som har genomförts inom ramen för egenkontrollen samt inför den uppdatering av efterbehandlingsplanen som ska ske visar att de tidigare genomförda efterbehandlingsarbetena uppenbarligen har varit otillräckliga och att målet med en långtidslösning som inte kräver någon kontinuerlig tillsyn inte bör betraktas som uppfyllt. Ytterligare arbete kommer att krävas för att uppnå en tillfredsställande efterbehandling av Enåsen.

Referenser

- Boliden, 2012: Efterbehandlingsplan Enåsengruvans industriområdet, Ljusdals kommun
- Envipro Miljöteknik, Holmström H, Pyyny M, 2001: Vattenkemisk undersökning av dagbrottet vid Enåsengruvan
- Jönsson H, Johansson K-E, 1993: Enåsen–efterbehandling. Undersökning av vittringsegenskaperna för anrikningssand
- Länsstyrelsen, 1993: Beslut angående efterbehandlingsplan för Enåsens gruvområdet.
- Länsstyrelsen, 2017: E-post med kompletterande uppgifter 2017-01-30.
- Mifoblankett, 2001: Enåsen gruvan.
- Naturvårdsverket, 2002: Rapport 5190 Uppföljning av efterbehandling inom gruvsektorn–åtgärder, kostnader och resultat.
- Golder, 2012: Resultatrapport Enåsen.

Falu koppargruva

Typ av gruva Komplex sulfidmalm (Cu)	Län Dalarna	Kommun Falun
Anläggningsdelar Dagbrott och underjordsgruva med anrikningsverk samt upplag och två sandmagasin. Delar av gruvan underjord är idag besöksgruva på grund av kulturhistoriska värden och därför länshålls dessa delar.		
Efterbehandlingsmetod Gruvan: Delvis vattenfylld underjordsgruva, uppsamling och rening av läckagevatten samt flytt av rödfärgsråvara inom gruvområdet. Kisbränderdeponin: Tvättning och sluttäckning. Ingarvsmagasinet och Galbergsmagasinet: Kvalificerad torrtäckning.		
Platsspecifika förhållanden Grundvattenströmningen i berget är mycket begränsad. Den hydrauliska kontakten mellan gruvan och omgivande mark är dålig och grundvattenflödet sker till största del förbi underjordsgruvan och ner mot Faluån eller läcker fram i Stollen/Gruvdiket istället för att dräneras till gruvan—trots pågående länshållning. Gruvområdet är flackt och grundvattnet från gruvområdet ned mot staden mynnar i Faluån, men i viss mån dräneras det via avloppsreningsnätet. Faluån och sjön Tisken är recipienter för lakvatten från Faluns gruvavfall. Tisken mynnar i Sjön Runn som i sin tur avbördas till Dalälven och vidare mot Östersjön. (<i>Naturvårdsverket, 2010b; Naturvårdsverket, 2010e</i>)		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande åtgärds mål</u> - Miljöpåverkan på ekosystemen i Faluån och Runn ska minska. - Faluån och Runn ska hysa livskraftiga bestånd av fisk, som inte har markant högre metallhalter än regionens övriga vattenområden. - Faluområdet ska inte längre betecknas som en "hot spot" i frågan om metalltillförsel till Östersjön. - Efterbehandlingsåtgärder ska utformas så att världsarvet Falun inte skadas och övriga kulturvärden i största möjliga utsträckning bibehålls.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Falu koppargruva är Sveriges äldsta gruva där det genom åren förutom Cu även brutits svavelsulfid, Zn, Pb, Ag, Au och Bi. Idag är gruvans enda industriella produkt pigment för framställning av Falu rödfärg. 1987 tillsatte regeringen Dalälvsdelegationen, med uppdrag att

utarbete ett åtgärdsprogram för att rena Dalälven inom 10 år. Gruvavfallet i Falun konstaterades vara den klart dominerande källan för metallutsläpp till Dalälven och åtgärder föreslogs för de objekt som svarade för de största utsläppen. Tre gruvavfallsobjekt åtgärdades därav under en 15 års period: kisbränderdeponin, Ingarvsmagasinet och gruvområdet. Efterbehandlingsarbetet finansierades genom ett samarbetsavtal mellan bolaget och tillsynsmyndigheterna Naturvårdsverket, länsstyrelsen Dalarna och miljönämnden i Falu kommun. Området kring Falu koppargruva är utsett till världsarv av UNESCO och har ett stort kulturhistoriskt värde vilket hänsyn behövde tas till när efterbehandlingsåtgärderna utformades.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva Intensiv brytning och drivning av orter ledde till ett större ras 1687 då en stor del av underjordsgruvan rasade ihop och tre dagbrott förenades till den så kallade "Stora stöten".
Driftstid	Från 600-talet till 1992
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1993–2007 Flytt av rödfärgsråvara inom gruvområdet. 1996 Grundvattenavskärande dränering. 2006 Uppsamlingssystem för läckagevatten.
Efterbehandling	Delvis vattenfylld underjordsgruva. Flytt av rödfärgsråvara inom gruvområdet inom ramen för ordinarie verksamhet vid Rödfärgsverket. Eftersom området har ett så pass stort kulturhistoriskt värde kunde inte det historiska gruvavfallet (ca 350 000 m ³ varp och okända mängder slagg) på gruvområdet åtgärdas genom täckning eller bortschaktning. Istället fick efterbehandlingsåtgärder utformas för att minska vattenflödet genom gruvavfallet (grundvattenavskärande dränering) och samla upp läckagevatten i ett system av dräneringsledningar. Läs mer under hantering av läckagevatten nedan.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	För att förhindra att gruvan och Stora stöten vattenfylls sker länsuppsugning av gruvvatten så att vattennivån i gruvan hålls kring –210 m till –215 m under markytan. Förorenat läckagevatten från gruvområdet samlas upp och renas. Mellan 1988–2007 skedde reningen med det kommunala avloppsvattnet vilket gav upphov till driftproblem. Från 2008 renades gruvvattnet i en separat anläggning i anslutning till rödfärgsverket. Från 2011 är det meningen att det uppsamlade läckagevattnet ska behandlas så att metaller i inkommande vatten omvandlas till användbara produkter. (Naturvårdsverket, 2010a; Naturvårdsverket, 2010e)

Avfallsupplag (kisbränderdeponin)

Yta	Ca 110 000 m ² Kisbränderdeponin bestod ursprungligen av en svacka och en liten sjö, Skålpussen. Innan deponering av kisbränder påbörjades, hade delar av området sedan lång tid tillbaka fyllts ut med framförallt slagg.
Mängd	Totalt ca 700 000 m ³ (varav 570 000 m ³ kisaska, 115 000 m ³ slagg och 15 000 m ³ diverse)
Avfallets egenskaper	Kisbränder (eller kisaska) är den restprodukt som uppkommit vid rostning av svavelkis (pyrit) vid den f.d. svavelsyrafabriken. I kisbränderdeponin förekommer i huvudsak kisbränder och slagg. Kisbränderna har olika utseende och sammansättning beroende på att sätten för att utvinna svavelkis ur malmen har varierat. Kisbränder har en kornstorlek som motsvarar jordarterna silt till sand och innehåller förutom S en stor del lakbara metaller (såsom Cu och Zn). Kisbränder skiljer sig från slagg och varp genom att metallerna inte sitter bundna i metallsulfider. Detta medför att ingen vittringsprocess krävs för att metallerna ska lakas ur. En studie av utlaknings- och vittringspotential hos kisbränder utfördes 1993 på 5 prover. Försöken visade att Cd, Zn och Cu lakades ut i första lakningssteget, och att Pb betedde sig tvärtom. (<i>Naturvårdsverket, 2010c</i>)
Drifttid	1850–1993
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1995–2006 in-situ tvättning 2007–2008 sluttäckning
Efterbehandling	Kisbränderdeponin efterbehandlades genom tvättning in-situ samt efterföljande sluttäckning. Tvättningen pågick i ett decennium och utfördes enbart sommartid. Till tvättningen användes ungefär 400 2 200 m ³ vatten per dygn och tvättvattnet tillfördes vid infiltration i uppbyggda bassänger. Inom en mindre del av deponin spreds tvättvattnet genom sprinkling. Tvättvattnet samlades sedan upp i ett antal vertikala och horisontella brunnar och dräneringar och pumpades till en behandlingsanläggning där det behandlades genom kalkfällning och luftning. Vattnet pumpades sedan tillbaka till anlagda sedimentationsbassänger och därifrån vidare till recipienten Faluån. Reningseffekten var över 99 % för Zn, Cu och Cd. Det metallhydroxidslam som bildades vid kalkfällningen omhändertogs genom avvattning (naturlig torkning och frysning) i särskilda bassänger. Efter tvättningen ansågs avslutad sluttäcktes ungefär halva kisbränderdeponin med ett tätskikt följt av ett skyddsskikt av morän, och den andra halvan med ett kombinerat tät- och skyddsskikt. Sluttäckningen varierar således på olika delytor. Längs med diken inom kisbränderdeponin utfördes en extra tätning med bentonitmatta och HDPE-duk. Slutkonstruktionen innehåller inget dräneringsskikt. Totalt användes drygt 118 000 m ³ morän vid sluttäckningen. (<i>Naturvårdsverket, 2010c</i>)

Kompletterande åtgärder	2009–2010 utfördes kompletterande täckning med morän intill Skålpussen, där kisbränder hade trängt upp. (<i>Stora Enso, 2010; Stora Enso, 2011</i>)
Hantering av läckagevatten	Idag sker ingen hantering av läckagevatten från kisbränderdeponin.
Geotekniska risker	Sluttäckningen försågs inte med något separat dräneringsskikt. Den hydrauliska konduktiviteten är kring 1×10^{-9} m/s för samtliga tätskikt. Trots detta visar täckningen ändå lägre vattengenomsläpplighet än vad som förväntades. (<i>Stora Enso, 2011</i>)

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Ingarvsmagasinet: 16 ha Galgbergsmagasinet: uppgift saknas
Mängd	Ingarvsmagasinet: ca 1 200 000 m ³ Galgbergsmagasinet: uppgift saknas
Avfallets egenskaper	<u>Ingarvsmagasinet</u> Hälften av volymen utgörs av sulfidhaltig anrikningssand från våt alkalisk anrikning resterande hälft utgörs av gråberg och annat gruvavfall. Anrikningssanden är sulfidhaltig och har hög vittringspotential. <u>Galgbergsmagasinet</u> Innehåller anrikningssand från anrikningsverket men även äldre anrikningssand från ett tidigare upplag öster om gruvan.
Drifttid	Ingarvsmagasinet: 1982–1993 Galgbergsmagasinet: 1944–1982
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Ingarvsmagasinet: 1997–2004 (sluttäckning) Galgbergsmagasinet: 1989–1997 samt 2001
Efterbehandling	<u>Ingarvsmagasinet</u> Efterbehandlingsarbetena vid Ingarvsmagasinet inleddes med terrasserings och omformningsarbeten. Därefter sluttäcktes sandmagasinet med ett tätskikt av aska–slamblandning som placerades ut i två 0,5 m tjocka skikt och packades genom överfarter med bandgående grävmaskin. Ovanpå anlades ett 0,5 m tjockt skydds- och växtetableringsskikt av morän och mindre mängder barkavfall. Skyddsskiktet sprutsåddes med gräsfrö efter utläggning. På en mindre del av ytan—där det förekom redan oxiderat material—förstärktes tätskiktet med ett slam från ett pappersbruk med låg genomsläpplighet. Vid släntkrön och delar av slänterna förstärktes tätskiktet. (<i>Naturvårdsverket, 2010d</i>) <u>Galgbergsmagasinet</u> Vid Galgbergsmagasinet gjordes en torrtäckning bestående av ett tätskikt av aska–slamblandning speciellt framtagen för ändamålet av skogsindustrin. Tätskiktet las ut i två lager om 0,5 m i taget och packades däremellan. Ett 0,5 m tjockt skydds- och vegetationsskikt anlades ovanpå med tillskott av bark och liknande överskottsmassor. (<i>Länsstyrelsen Dalarna, 2004</i>)
Kompletterande åtgärder	—

Hantering av läckagevatten	<u>Ingarvsmagasinet</u> Läckagevatten från sandmagasinet avleds via Ingarvsdiket som passerar längs magasinets norra släntfot. För att uppnå en grundvattensänkning anlades fem dräneringspunkter med vattenlås längs magasinets norra släntfot. Syftet med vattenlåsen är att grundvatten ska tillåtas dränera ur magasinet, samtidigt som syre hindras från att tränga in via dräneringspunkterna. (Naturvårdsverket, 2010d)
Geotekniska risker m.a.p. täckning	<u>Ingarvsmagasinet</u> Sluttäckningen av magasinet med två mäktiga tätskikt av kraftigt vattenhållande (kapillärbindande) material erbjuder stort frostmotstånd. Även på 100 års sikt är det inte troligt att hela det mäktiga tätskiktet blir utsatt för frostpåverkan. Med skiktuppbbyggnad med 1 m tätskikt, vars undre del är mer eller mindre vattenmättad, och därutöver 0,5 m moräntäckning bedöms förutsättningar vara goda att rötter till träd och buskar inte penetrerar djupare än en dryg meter.
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	—

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Ett kontrollprogram för uppföljning av metalltransporter efter Faluprojektets avslutning gäller sedan 2008. Kontrollprogrammet redovisas årligen till tillsynsmyndigheten och omfattar idag (enligt underlag från 2011) nedanstående moment för de olika delobjekten. - Gruvområdet: provtagning sker i Gruvdiket som avvattnar den del av gruvområdet där rödfärgsråvaran ligger. Övrigt läckagevatten från gruvområdet samlas upp och renas. Provtagning och flödesmätning sker en gång i månaden. Vattenprovtagningen redovisas med avseende på pH och halter av Zn, Fe, Cu och Cd. - Kisbränderdeponin: områdets påverkan på omgivningen kontrolleras genom provtagning i tre ytvattenprovpunkter, samt upp- och nedströms i recipienten Faluån. Provtagning sker en gång i månaden. Grundvattennivåer övervakas genom mätning i 12 st. grundvattenrör. - Ingarvsmagasinet: kontrollverksamhet sker upp- och nedströms i Ingarvsdiket, i Stångtjärnsbäcken samt vid en läckagepunkt. Grundvatten provtas endast från en lokal uppströms magasinet. Vid provtagningen sker flödesmätning och bestämning av pH samt halter av Zn, Fe, Cu, Cd och N–tot. - För en samlad kontroll av områdenas omgivningspåverkan utförs även vattenprovtagning i Faluåns utlopp i sjön Runn. (Stora Enso, 2010; Stora Enso, 2011a) Vid utförandet av efterbehandlingsåtgärderna pågick betydligt mer omfattande miljö- och funktionskontroller än vad som
----------------------	---

omfattas av egenkontrollprogrammet idag. Vid kisbränderdeponin gjordes till exempel uppföljningar av täckningens funktion (omfattade bestämning av tätskiktets hydrauliska konduktivitet samt installation av lysimetrar för att mäta sluttäckningens funktion med avseende på vattengenomsläpplighet). (Naturvårdsverket, 2010c) Efterbehandlingen av Galgbergsmagasinet ingick inte i det s.k. Faluprojektet och övervakas därmed inte heller enligt samma kontrollprogram som övriga delobjekt. Gällande kontrollprogram för Galgbergsmagasinet omfattar idag provtagning i två ytvattenprovpunkter en gång per månad (enligt underlag från 2011). Vid Galgbergsmagasinet har täckningens funktion som syrebarriär, samt dess motståndskraft mot rotpenetration följts upp ca 10 år efter utläggning. Fjorton syresonder installerades i magasinet (dels i tätskiktet och dels i avfallssanden direkt under tätskiktet) och provtogs mellan 1997–2000. (Stora Enso, 2011b; Naturvårdsverket, 2010d)

Resultat av utförd efterbehandling

Gruvan

Metalltransporten i Gruvdiket har minskat kraftigt sedan uppsamlingssystemet för läckagevatten på gruvområdet togs i drift. Reduktionen av Zn, Cd och Cu har beräknats till mellan 90 och 95 %.(Naturvårdsverket,2010

Kisbränderdeponin

Uppföljning av täckningens funktion med avseende på vattengenomsläpplighet visade att läckaget genom tätskiktet var 5–15 mm/år i en slänt där metallhydroxidslam använts som kompletterande tätskikt. Mätningar på en relativt plan yta på deponin visade att läckaget var betydligt större (mellan 10–80 mm/år). Den uppsatta målsättningen på metallreduktion på 90 % enligt föreslagen åtgärd har enligt utvärdering överträffats. (Naturvårdsverket, 2010a; Naturvårdsverket, 2010c)

Ingarvsmagasinet:

Reduktionen av halten Zn är ca 80–90 %, av Cd ca 80–95 % och av Cu 25–90 %. Den högre angivna reduktionen gäller för när gruvan och anrikningsverket var i drift och det lägre värdet är beräknat på utsläppet efter det att gruvan och anrikningsverket tagits ur drift.(Naturvårdsverket, 2010d)

Galgbergsmagasinet

En uppföljning av täckningens funktion som syrebarriär utförd 1997–2000 visar på mycket låga syrgashalter i mätningar i avfallssanden direkt under tätskiktet. Samtliga provmätningar visade på värden under 1,5 % O₂ och de flesta värden låg lägre än 0,5 % O₂. Generellt var syrgashalterna låga även i tätskiktet. Vid ett flertal mättillfällen var vattenmättnaden, framför allt i tätskiktet, så hög att porgasprover inte kunde tas. (Naturvårdsverket, 2010d)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingen föregicks av ett mycket omfattande planerings- och utredningsarbete, bland annat genomfört av den så kallade Dalälvsdelegationen. Ett avtal upprättades mellan berörda parter för att reglera vilken efterbehandling som skulle göras. Bedömningen är att förberedelserna för efterbehandlingen gjorts med den tidens kunskap och anpassat till platsspecifika förutsättningar, både tekniska och kulturmiljömässiga. Även idag skulle planeringen anses ha varit omfattande.
Efterbehandlingsmetod	Omfattande utredningar låg till grund för valet av specifika åtgärder för de olika delobjekten. Åtgärderna anses vara en kombination av konventionella och mer okonventionella metoder. Detta gäller specifikt in-situ tvättningen av kisbränderna som pågick ett decennium innan materialet sedan täcktes. Att välja en aktiv efterbehandlingsmetod för gruvområdet som går ut på att långsiktigt samla upp, pumpa och rena gruvvatten är i Sverige ovanligt. Baserat på områdets karaktär och kulturhistoriska miljö anses dock åtgärderna sammantaget ha varit väl motiverade och genomförda.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontroll av områden som efterbehandlats sker årligen. Resultat från kontrollen redovisas till tillsynsmyndigheten. Omfattningen bedöms vara relevant med hänsyn till fastlagda övergripande och mätbara åtgärds mål.
Resultat	Efterbehandlingen av gruvområdet, restupplager vid svavelsyrafabriken, sandmagasinen m.m. i ett område som är ett kulturarv har varit mycket omfattande och föregicks av ett stort utrednings- och planeringsarbete. Övergripande och mätbara åtgärds mål upprättades och enligt den ännu pågående miljökontrollen förefaller efterbehandlingen ha nått och i vissa avseenden även överträffat målen. Falu gruva är även idag ett område med många utmaningar, både tekniska och kulturmiljömässiga. Då vissa lösningar bygger på långsiktig rening av vatten kommer efterbehandlingen och kontrollen att behöva fortgå under lång tid framöver. Med hänsyn till fastlagda mätbara åtgärds mål förefaller efterbehandlingen mycket väl ha uppnått avsedd effekt.

Referenser

Naturvårdsverket, 2010a: Rapport 6398 Efterbehandling av gruvavfall i Falun 1992–2008, sammanfattande slutrapport för Faluprojektet.

Naturvårdsverket, 2010b: Rapport 6399 Historisk bakgrund och genomförandet av Faluprojektet.

Naturvårdsverket, 2010c: Rapport 6400 In-situ-tvättning av kisbränderdeponin i Falun, åtgärder vid f.d. svavelsyrafabriken.

Naturvårdsverket, 2010d: Rapport 6401 Efterbehandling av Ingarvsmagasinet i Falun, sluttäckning med aska–slamblandning.

Naturvårdsverket, 2010e: Rapport 6402 Åtgärder på gruvområdet vid Falu gruva.

Länsstyrelsen Dalarna, 2004: Rapport 2005:23a Efterbehandling av gruvavfall i Falun–kompletterande åtgärder för att minska metallläckaget till Faluån–Dalälven–Östersjön. Huvudstudie.

Stora Enso, 2010: Miljörapport för 2009 Faluprojektet, kisbrändersaneringen, Ingarvsmagasinet och rödfärgsråvaran.

Stora Enso, 2011a: Miljörapport för 2010 Faluprojektet, kisbrändersaneringen, Ingarvsmagasinet och rödfärgsråvaran.

Stora Enso, 2011b: Årsredovisning av mätresultat vid Kopparberget 2010.

Gladhammars gruvor

Typ av gruva	Län	Kommun
Sulfidmalm (Cu, Co och Fe)	Kalmars län	Västerviks kommun
Anläggningsdelar Gladhammars gruvfält är uppdelat i tre olika fält: Ryssgruvefältet, Holländarefältet och Sohlbergsfältet (från nordväst mot sydost). Hela gruvfältet är ca 1,5 km långt och sträcker sig längs en höjd som kallas Käringryggen. Nedanför bergssluttningen och gruvområdet ligger Tjurbosjön, och i en sänka till nordost en hytta. Från Holländarefältet löper ett 270 m långt stoll, kallat St. Pers nyckel, som mynnar vid Tjurbosjön. Stollet anlades för att dränera gruvan. Innan efterbehandlingen påbörjades låg ca 48 000 m ³ gruvavfall utspritt i gruvområdet, vid hyttan och Tjurbosjöns strandområde. Gruvavfallet bestod av varp (gråberg), slagg, vaskmull (anrikningssand) och lakrest, den dominerande avfallsfraktionen var varp (såväl fyndig som ofyndig).		
Efterbehandlingsmetod Lakrest och vaskmull vid Tjurbosjöns strand schaktades bort och lämnades för externt omhändertagande. Varp och slagg inom gruvområdet har schaktats ihop och deponerats under vatten i Tjursbosjön (Gruvviken). Varp och slagg vid Tjursbosjöns strandlinje har också schaktats och deponerats längre ut i viken. Under arbetets gång kalkades sjön dagligen för att komma tillrätta med höga halter Cu och omfattande grumling. Stollgången pluggades med en massiv betongplugg. Totalt har ca 62 000 ton varp och slagg samt 8 500 ton lakrest och vaskmull omhändertagits.		
Platsspecifika förhållanden Framför allt påverkas den närliggande recipienten Tjursbosjön av gruvorna i Gladhammar. Även de närmast följande sjöarna Ekenässjön och Kyrksjön påverkas i mindre omfattning.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande mål</u> Människors fysiska hälsa ska inte påverkas. Effekterna på det akvatiska livet i Tjursbosjön ska på sikt elimineras. Effekterna i vattendragen nedströms Tjursbosjön ska minska på längre sikt. Effekterna på bottenlevande organismer i Tjursbosjön ska minska. <u>Mätbara mål</u> Metallspridningen från gruvområdet till Tjursbosjön ska minska med minst 90 %, liksom spridningen från Tjursbosjön till vattensystemet nedströms. Halten Cu i Tjursbosjön ska på längre sikt inte överstiga 4 µg/l. Kvarlämnade massor ska inte innehålla högre halt As än 37 mg/kg TS.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej

Övrigt

Gruvorna i Gladhammar tillhör Sveriges äldsta och var i drift i omgångar under flera hundra år. Efterbehandlingen har skett med statliga medel. Området utgör en fast fornlämning och är en del av ett riksintresseområde för kulturmiljövården. Efterbehandlingen föregicks av omfattande undersökningar som resulterat i en fullständig huvudstudie. Undersökningarna har bland annat omfattat inventering och karaktärisering av avfallen, grundvattengeokemi, hydrogeologisk åtgärdsutredning med mera.

De mätbara åtgärds mål som har satts upp för efterbehandlingen är gällande vid ett komplett genomförande av etapp 1 (åtgärder för att stoppa källan till föroreningarna) och etapp 2 (muddra sedimenten i Tjursbosjön). Än så länge har endast etapp 1 genomförts och det är oklart, på grund av höga kostnader förknippat med etapp 2, om den senare kommer genomföras. Det upplag av sparad varp som anlagts i enlighet med miljödom kan komma att avvecklas. Miljödomstolen har upphävt de villkor som reglerade den delen. Nu har en anmälan inkommit till Länsstyrelsen som innebär ett förslag att injektera grönlut i upplaget för neutralisering och som kan betyda att upplaget slutar läcka metaller och kan bevaras.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Drifttid	1525–1892 Studier visar att gruvbrytning kan ha påbörjats redan på 1100-talet. En mindre försöksbrytning efter Co skedde 1952–1953.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	2011
Efterbehandling	Pluggning av stollgången med en massiv betongplugg. Åtgärden skulle medföra en höjning av grundvattenytan och en minskning i den avsänkningstratt som den dränerade gruvan åstadkommit.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	Ca 30 737 m ²
Mängd	Ca 62 000 ton varp och slagg, motsvarande 46 690 m ³ .
Avfallets egenskaper	Inför åtgärdsutredningen har varp och slagg provtagits och undersökts bland annat genom bestämning av pasta-pH, syrabasräkning, fuktkammarförsök, skakförsök, oxiderade tillgänglighetstester samt sekventiella lakningar. <u>Varp</u> Beräkningar på varpinnehåll visar att kopparkis är

	dominerande sulfidmineral, i snitt håller varpen en kopparkishalt på ca 1,67 %. Andelen pyrit är tämligen liten, ca 0,03 %. Neutraliseringspotentialen (NP) i varpen är inte hög vilket resulterar i en generellt låg nettoneutraliseringspotential (NNP) och bedömningen att varpen är potentiellt syrabildande. Fuktkammarförsök utförda på varpen visar att det är otvetydigt att materialet oxiderar och vittrar. <u>Slagg</u> Prover på slaggen visade en positiv nettoneutraliseringspotential (NNP) vilket sannolikt beror på slaggbildande medel som tillsatts i processen vid smältning av kopparmalm. Slaggen bedömdes inte ha någon framtida försurande potential. Däremot var utlakningen av Cu i slaggen betydligt högre än för de övriga avfallsslagen. Cirka 48 % av Cu beräknades vara utlakningsbar i ett längre tidsperspektiv.
Efterbehandling	Varp och slagg ifrån Holländarefältet (ca 37 000 ton), Sohlbergfältet (ca 2 500 ton), Hyttan och Tjursbosjöns strandlinje (ca 13 300 ton) har schaktats upp, sorterats i fraktioner (större respektive mindre än 50 mm) och slutligen deponerats under vatten i Gruvviken (Tjursbosjön). Det finkorniga gruvavfallet (varp mindre än 50 mm) hanterades innan deponering genom säckning och kalkning (motsvarande 20 % av gruvavfallets vikt). En särskild upplagsyta konstruerades av fyllnadsmassor, ett lager stenfri morän, ett 1,5 mm tjockt helsvetsat geomembran och 0,5 m sand. På ytan las sedan 800–1000 m³ varp som skulle sparas för framtida mineralogiska och geologiska studier. Avrinnande vatten avleds kontrollerat genom en enda punkt med provtagningsmöjlighet.
Kompletterande åtgärder	–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Ca 1642 m ²
Mängd	Ca 8 500 ton lakrest och vaskmull, motsvarande ca 1 240 m ³ .
Avfallets egenskaper	Inför åtgärdsutredningen har lakrest och vaskmull provtagits och undersökts bland annat genom bestämning av pasta-pH, syra-basräkning, fuktkammarförsök, skakförsök, oxiderade tillgänglighetstester samt sekventiella lakningar. Både lakresten och vaskmullen bedömdes ha en försurande potential trots låg andel pyrit. Materialet innehöll höga halter As (upp till 4 720 mg/kg TS i vaskmullen).
Efterbehandling	Lakrester och vaskmull vid Tjursbosjöns strand (ca 8 500 ton) har schaktats ihop och lagts i stack för avrinning på anlagda mellanlagringsytor. Därefter har massorna transporterats bort för omhändertagande vid extern avfallsanläggning. Där gränsen mellan avfall och underliggande sand kunde urskiljas schaktades ytterligare 30 cm bort. Vid schakt under vatten var

det svårt att avgöra när lakrest och vaskmull tog slut och när naturligt material tog vid. Där schaktades ner till en på förhand fastställd nivå.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll

Den efterföljande miljökontrollen kommer att utföras under en tidsperiod motsvarande fyra omsättningstider för Tjursbosjön (det vill säga 32 år fram till 2045).
Miljökontrollen omfattar följande:

- Provtagning av grundvatten och mätning av grundvattennivåer i rör mellan Holländarefältet och Tjursbosjöns strand, längs den igenlagda stollgångens längdriktning samt mellan Sohlbergsfältet och Gladhammarsbäcken (2 gånger per år).
- Mätning av gruvvattennivåer (4 gånger per år) för kontroll av vattenståndsförändringar i gruvan med anledning av stollgångens pluggning.
- Ytvattenprovtagning i Sohlbergsbäcken och avrinnande vatten från gruvfältet, recipientinlopp och utlopp (Tjursbosjön, Ekenässjön, Kyrksjön), uppströms och nedströms Hyttan i Torsfallen (2 gånger per år).
- Provtagning i 3 provpunkter i Tjursbosjön (1 gång per år).
- Provtagning av dricksvattenbrunnar (1 gång per år)
- Provtagning av lakvatten från högen med sparad varp för framtida forskning (4 gånger per år).
- Analys av ytvattenavrinning 1 gång/år
- Porvattenanalys i sediment vart sjätte år
- Bottenfauna och fiskundersökning omkring 2032

Resultat av utförd efterbehandling

Allt synligt gruvavfall är borta och risken för påverkan på människors hälsa därigenom minimerad. Uppsatta åtgärds mål har ännu inte följts upp eftersom målsättningen gäller först 2045 (efter fyra omsättningar av Tjursbosjön).
Från den senaste miljökontrollen kan det dock konstateras att:

- Medelvärden för metallhalter i Tjursbosjön har minskat jämfört med referensvärdet från huvudstudien (minskning på 23 % för As, 84 % för Co, 38 % för Cu, 51 % för Pb och 67 % för Zn).
 - Avrinnande ytvatten från Holländarefältet har betydligt lägre halter metaller idag än vid huvudstudien (minskning på 86 % för Co, 50–53 % för Cu, 51–69 % för Pb och 61–67 % för Zn). I den mindre mängd material som blev kvar på gruvfältet antas det finnas en hel del metaller kvar, ursköljning kommer ske med tiden och halter förväntas därmed minska ytterligare i framtiden.
 - I Sohlbergsbäcken syns fortfarande höga halter av Cu–dock i nivå med vad som uppmättes vid huvudstudien.
-

- Grundvattennivåer inom gruvområdet är i nivå med tidigare års mätningar och det går generellt inte att se en höjning av grundvattennivån. Det skiljer sig dock mycket mellan grundvattenrören.
- Metallhalter i grundvattnet varierar inom gruvområdet. Låga halter vid Stollgångens förlängning tyder på att pluggningen blev bra och fungerar väl. Flera grundvattenrör visar sjunkande halter av Cu och Co mellan 5 och 70 % gentemot huvudstudien. Ett rör visar däremot en haltökning av Co (45 %) och Cu (60 %) jämfört med huvudstudien. Detta tyder antagligen på att det stigande vattnet i gruvan hittat en diffus avrinningsväg via sprickor i berget som påverkar just detta rör.
- Recipientkontrollen visar att halten Cu minskat med 35 % och Co 77 % vid Tjurbosjöns utlopp jämfört med tiden innan efterbehandlingen. Vid Ekenässjöns utlopp är motsvarande siffror 15 % för Cu och 30 % för Co (halten Zn var under 2015 betydligt högre än tidigare år—orsaken till detta är okänd). Vid Kyrksköns inlopp har halten Cu minskat med 37 %, men för övriga metaller syns ingen skillnad gentemot mätningar utförda innan efterbehandling. Vid Kyrksköns utlopp syntes 2015 högre halter. Vid Perstorpsgölen syns ingen skillnad gentemot tidigare mätningar med undantag för halten Zn som var förhöjd (orsak okänd).
- Den sparade högen med varp för framtida forskning lakar mycket metaller, undantaget As. pH i lakvattnet ligger mellan 3,8–4,1.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingen har skett i statlig regi och föregicks av ett omfattande utredningsarbete, fördjupad förstudie och huvudstudie enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual för efterbehandling av förorenade områden. Underlagsmaterialet för upprättande av mål, omfattning och utförande av efterbehandlingen har varit gediget i förhållande till även vad som normalt görs för förorenade markområden. Även i förhållande till efterbehandling av gruvor föregicks arbetet av mycket noggsamma studier. Efterbehandlingsplanen samt de åtgärds mål som togs fram byggdes sålunda på ett detaljerat underlag framtaget under ett flertal år inom ramen för ett projekt.
Efterbehandlingsmetod	Traditionell förorenad mark metod med schaktning och deponering på annan plats, samt efterbehandling av gruvavfall med inblandning med buffrande material och deponering i sjö under vattenöverdämning. Pluggning av stollgång för att försöka minska avsänkningen i anslutning till gruvan. De valda åtgärderna är platsspecifika och efterbehandlingen bedöms vara väl anpassad till platsen.

Uppföljande miljökontroll	Ett omfattande miljökontrollprogram är på plats för att följa upp efterbehandlingsresultat. Programmet omfattar mätningar både i yt- och grundvatten. Uppsatta åtgärds mål gäller från 2045 varför kontrollprogrammet kommer att fortsätta åtminstone fram till dess. Kontrollprogrammet bedöms som omfattande.
Resultat	Åtgärds målen skall först gälla efter 2045 men generellt kan det redan nu konstateras att åtgärderna lett till en klar minskning i utgående metalltransport och halter i både ytvatten och grundvatten. Utifrån vad som går att bedöma idag verkar åtgärderna haft avsedd effekt även om vissa oklarheter i vissa specifika punkter föreligger. Sammantaget har efterbehandlingen haft effekt men ännu kvarstår mycket arbete.

Referenser

Västerviks kommun, 2005: Sammanfattande huvudstudierapport, Effekter av äldre koppar- och koboltbrytning, Systempåverkan och möjliga åtgärder.

Västerviks kommun, 2005: Inventering och karaktärisering av avfallen vid Gladhammars gruvor, undersökning av utbredning, halter, vittringsbenägenhet och lakegenskaper.

Västerviks kommun, 2012: Projekt- och erfarenhetsrapport över efterbehandling av gruvavfall vid Gladhammars gruvor, Västerviks kommun.

Västerviks kommun, 2016: Miljökontroll Avrapportering efterkontroll 2015

Västerviks kommun, 2017: Program för efterkontroll, Projekt Gladhammars gruvor. Reviderad 2017-02-01

Gränsgruvan

Typ av gruva Sulfidmalm, (Pb, Zn, Cu, Au och Ag)	Län Dalarna	Kommun Ludvika
Anläggningsdelar En återfylld underjordsgruva och gråbergsupplag.		
Efterbehandlingsmetod Brytningsrum återfylldes med gråberg. Kvarvarande gråberg och gruvområdet täcktes med en enkel moräntäckning.		
Platsspecifika förhållanden Från Gränsgruvan avrinner mindre bäckar som tillsammans bildar en större bäck som mynnar i Malån. Malån stäcker sig från Malsjön ner till Gårlången som fortsätter ner i Kolbäcksåns vattendrag. Direkt nedströms Gränsgruvan ligger Persbo däljor, ett riksintressant naturområde med en formation från istiden.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Minska metallläckaget
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Efterbehandlingsplanen för Gränsgruvan godkändes av tillsynsmyndigheten våren 1995 och huvuddelen av efterbehandlingsarbetet skedde hösten 1995. Efterbehandlingen slutbesiktades utan anmärkningar sommaren 1996.

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1941–1952 samt 1965–1978
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1995
Efterbehandling	Schakt och gruvhål fylldes igen med ca 15 000– 20 000 m ³ gråberg. Gruvschakt och brunnar pluggades igen med betonglock och ovanpå las ett tunt lager (ca 0,5m) morän. Björk och gräs har planterats in på området. Gruvvattenbassängen täcktes med morän efter att plastduken i bassängen avlägsnats.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Gråbergsupplag/avfallsupplag

Yta	–
Mängd	Ca 20 000 m ³
Avfalllets egenskaper	Vittringsbenäget gråberg.
Driftstid	1941–1978
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1995
Efterbehandling	Det gråberg som inte kunde återföras till gruvan samlades ihop och täcktes med ca 1 m morän. Området är idag kraftigt bevuxet med ungskog.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet omfattar ytvattenprovtagning i tre provpunkter. Provtagning sker uppströms och nedströms Persbo däljor. I provpunkten nedströms finns ett skibord installerat och flödesmätning sker 12 gånger per år och prov för analys tas 4 gånger per år. Referensprover togs innan efterbehandlingen genomfördes. Två examensarbeten (2006 och 2010) har också utförts i området vilket bidragit med ytterligare mätningar av vattenkvalitet.
Resultat av utförd efterbehandling	Egenkontrollen de första 10 åren efter utförd efterbehandling visade på minskande metallhalter och ökande pH i ytvatten. Efterbehandlingen bedömdes då som framgångsrik. 2004 ändrades läget för en provpunkt i egenkontrollprogrammet och höga metallhalter kunde därmed konstateras. Undersökningar därefter har påvisat att det sker ett metallläckage från gråbergsupplaget. Vegetationen i anslutning till upplaget uppvisar skador från surt och metallhaltigt lakvatten. Examensarbetet från 2006 visade att sulfathalterna nedströms upplaget är 20–700 gånger högre än i referenspunkten. Examensarbetet från 2010 uppskattade att metalltransporten ut från området är i storleksordningen 15 kg Cd och 8,5 ton Zn samt 336 ton sulfat. pH-värden kring 3,1–3,2 har uppmätts vid båda examensarbetena.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Ingen efterbehandlingsplan har funnits tillgänglig för denna utvärdering och det går inte att bedöma hur planeringen inför det genomförda arbetet har gått till.
--	--

Efterbehandlingsmetod	Efterbehandlingsmetoderna som använts bedöms alla vara braschpraxis för tiden vid utförandet. Efterbehandlingsarbetet antas ha genomförts med dåtida praxis, det vill säga den morän som använts för täckning har varit ospecificerad och ingen kontroll har genomförts för att kontrollera om minskad sulfidvittring har uppnåtts.
Uppföljande miljökontroll	Ytvattenprovtagning i två eller flera punkter. Miljökontrollen bedöms vara något begränsad.
Resultat	Utförd efterbehandling bedömdes vara framgångsrik fram till dess att en annan referenspunkt för ytvattenprovtagning valdes. Det är oklart hur detta ska tolkas men därefter har två examensarbeten påvisat läckage av surt lakvatten och sulfathalter upp till 700 gånger högre än referenspunkten. Miljökontrollen och de resultat som framkommit får sålunda anses påvisa att efterbehandlingen inte nått tillfredsställande resultat.

Referenser

Boliden, 1995: Efterbehandlingsplan för Gränsgruvan

Västerbergslagens utbildningscentrum, 2010: Kartläggning av Gränsgruvans metalläckage till närliggande recipienter

Umeå Universitet, 2006: Metalläckage till närliggande vattenrecipient från Gränsgruvan, Ludvika kommun

Holmtjärn

Typ av gruva Sulfidmalm (Au, Cu och Ag)	Län Västerbotten	Kommun Norsjö
Anläggningsdelar Verksamhet bedrevs underjord och på området fanns förutom gruvan t.ex. en rampnedfart, två reningsbassänger, ventilationsschakt, gråbergsupplag och ett antal byggnader. Även äldre dagbrott och skärpningar finns inom området.		
Efterbehandlingsmetod Gruvan har återfyllts med gråberg och slam från reningsbassängerna. Efter avslutad drift har gruvan naturligt fyllts med vatten. Rampnedfarten har fyllts igen med gråberg och täckts med 1 m morän. Kvarvarande gråberg i upplaget har täckts med 1,3 m morän och ytorna där reningsbassängerna låg har täckts i samma omfattning. Samtliga byggnader har rivits och fraktats bort. Vägar har lämnats obehandlade. Ventilationsschaktet har gjutits igen med betong och sedan täckts med jord. Rening av dränagevatten från bland annat ventilationsschaktet pågår sedan sommaren 2013.		
Platsspecifika förhållanden Gruvområdet dränerar till recipienten Holmtjärnen genom två mindre vattendrag. Holmtjärnen i sin tur avvattnas via Holmtjärnsbäcken till Alträskån som förenas med Petikån vidare ut i Skellefteäven. Holmtjärnen och Holmtjärnsbäcken är inte klassade som en vattenförekomst. I närområdet finns också den äldre, ej efterbehandlade Granlidengruvan, som dränerar till samma recipient. Det är oklart hur stor del av de förhöjda halterna som noteras i utloppen av Holmtjärnen som härrör från Holmtjärnsgruvan.		

Inför Efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	Utfört enligt efterbehandlingsplanen med kompletteringar.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Inga specificerad övergripande åtgärds mål framgår av efterbehandlingsplanen.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej Det framgår i alla fall inte av dokument
Övrigt	Förslag till efterbehandlingsplan lämnades in 1990. Planen blev godkänd av tillsynsmyndigheten 1992 efter kompletteringar. Ändring i efterbehandlingsplanen avseende växtetablering beslutades 1994.

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1984–1992
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1991–1994
Efterbehandling	Slam från bassängerna transporterades ner i gruvan och bassängerna täcktes sedan med 1,3 m morän. Rampen ned till underjordsgruvan fylldes med gråberg och täcktes med 1 m

	morän Gruvan vattenfylldes på naturlig väg. Ventilationsschaktet har gjutits igen med betong och sedan täckts med jord.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	2013 installerades rening för att minska metallhalter i dränagevattnet från bland annat ventilationsschaktet. Reningssystemet har utvecklats av bolagets teknikavdelning för att användas som temporär rening till dess att kompletterande efterbehandlingsåtgärder genomförs. Dränagevattnet från ventilationsschaktet rinner från en sedimentationsbassäng till en pump och pumpas därifrån när vattennivån är tillräckligt hög till en reningscontainer. Containeren är fylld med en blandning av agglomererat sågspån, kutterspån och fint kalkstensmjöl. (<i>Boliden, 2013</i>)

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	–
Mängd	Ursprungligen ca 60 000 m ³ . Efter återfyllning i gruvan återstod 40 000–50 000 m ³ .
Avfallets egenskaper	Den genomsnittliga mängden kalcit i gråberget har överslagsmässigt beräknats vara otillräcklig för att kunna buffra den syra som bildas vid vittring av materialets sulfidinnehåll. (<i>Länsstyrelsen Västerbotten, 2012</i>)
Drifttid	1984–1992
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1991–1994
Efterbehandling	Gråbergssupplaget har utjämnats till en höjd på ca 10 m och med släntlutning 1:2,5. Sedan har materialet täckts med 1,3 m morän. Grässådd med inblandning av tallfrön har skett på ytan. (<i>Länsstyrelsen Västerbotten, 2012</i>)
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet omfattar provtagning av ytvatten i sex provpunkter och grundvatten i fem grundvattenrör 2 gånger per år. Vattenprover analyseras för pH, konduktivitet och halter av metaller, svavel och sulfat (totalhalter för ytvatten och lösta halter i grundvattnet). För både yt- och grundvatten ingår provtagning i referenspunkter. Under perioder då anläggningen för passiv rening är i bruk provtas varannan vecka uppsamlat dränagevatten från ventilationsschakt och gråbergssupplag, före respektive efter rening. Under dessa perioder provtas samtidigt också diket
----------------------	---

	som passerar genom gruvområdet och dränage från området runt ventilationsschakt. Egenkontrollen omfattar även regelbunden tillsyn av gruvområdet 2 gånger per år. Tillsynen omfattar bland annat allmänt intryck, vegetation i området, dikens funktion mer mera. (<i>Boliden 2016</i>).
Resultat av utförd efterbehandling	Höga metallhalter i utgående vatten från området visar att ytterligare kompletterande åtgärder krävs vid Holmtjärnsgruvan. En hydrogeologisk och miljöteknisk utredning från 2014 visar att gråbergssupplaget sannolikt är den största källan till höga metallhalter. Metalltransporten sker troligtvis genom både grund- och ytvattenflöde. (<i>Bergab, 2014</i>) Vid den passiva reningen så har reningsgraden för Cu och Pb generellt sett varit god för det vatten som pumpats via containern (haltreduktion på ca 98 % för åren 2014–2015). För As, Zn och Cd fungerar reningen inte lika bra. Då containern innehåller en blandning av sågspån och krossad kalksten så krävs att innehållet ersätts med jämna mellanrum. Under 2015 uppstod en del problem med vattenreningssystemet. (<i>Boliden, 2016</i>)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingen gjordes utifrån en efterbehandlingsplan som redovisades 1990 och som godkännts av myndigheter 1992 efter ett platsbesök och kompletteringar. Efterbehandlingsplanen är framtagen enligt den standard och branschpraxis som rådde då, och inga direkta utredningar förefaller ha genomförts inför planeringen.
Efterbehandlingsmetod	Vald efterbehandlingsmetod, återfyllning av gråberg och slam i underjordsgruvan följt av naturlig vattenfyllning samt täckning av kvarvarande gråbergssupplag, betraktas som rimliga utifrån den kunskap som rådde när åtgärderna planerades. Det finns begränsat med valmöjligheter för utformning av efterbehandling vid underjordsgruvor, och således bedöms vald metod vara anpassat till den specifika lokalen. Detaljutformning av konstruktioner på täckning och tätning etc. hade utifrån kunskap som råder idag planerats annorlunda. En passiv anläggning för vattenrening är i drift sedan 2013 för att omhänderta läckagevatten från gruvan.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontrollen omfattar både ytvatten och grundvatten och bedöms vara tillräcklig då det påträffats läckage från området som numera åtgärdas genom en vattenreningsanläggning. Drift, tillsyn och provtagning vid vattenreningsanläggningen ingår numera också i miljökontrollen. Kontroll av täckningens funktion och beständighet bedöms saknas.
Resultat	Eftersom vattenrening pågår och kompletterande efterbehandling av området planeras kan den ursprungliga planeringen och efterbehandlingen inte bedömas ha gett avsedd effekt.

Referenser

Bergab, 2014: Holmtjärnsgruvan–Hydrogeologisk och miljöteknisk utredning.

Boliden, 2013: Information angående installation och utveckling av passiv regning vid nedlagda gruvan Holmtjärn.

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Holmtjärn.

Länsstyrelsen Västerbotten, 2012: Tillsynsprojekt–Efterbehandling av sulfidmalmsgruvor.

Hornträskgruvan

Typ av gruva Sulfidmalm (Zn och Cu)	Län Västerbotten	Kommun Lycksele
Anläggningsdelar En underjordsgruva samt tre dagbrott (E dagbrottet och de två sammanvuxna dagbrotten N och G). En industriplan omfattande tidigare malmupplag och klarningsdamm, samt ett gråbergsupplag. Ingen anrikning har skett på plats.		
Efterbehandlingsmetod Hornträskgruvan efterbehandlades ursprungligen 1996 och åtgärder inkluderade då bland annat återfyllning av dagbrotten, torrtäckning av gråbergsupplag och igenfyllda dagbrott samt industriplan med morän. Ett par år senare upptäcktes att efterbehandlingen inte uppnådde önskat resultat, vilket initierade ett omfattande arbete med ytterligare efterbehandling under 2005–2013. Åtgärderna har omfattat förändrad vattenhantering, injektering med buffrande material samt kvalificerad torrtäckning.		
Platsspecifika förhållanden Hornträskgruvan ligger i en sluttning i direkt anslutning till sjön Hornträsket (en vattenförekomst tillhörande Umeälvens avrinningsområde). Geografiskt ligger gruvan i ett område som kännetecknas av en sulfidik berggrund med mineralfyndigheter.		

Inför Efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☒ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	- För framtida markanvändning ska marken ha en sådan kvalitet att etablering av skog på området möjliggörs. - Det ytliga grundvattnet som avleds från området till sjön Hornträsket via diken ska ha metallhalter som inte väsentligt överstiger bakgrunds-nivån i området. - Ca 90 % reduktion av Cu samt ca 70 % reduktion av Zn och Cd ifrån gruvområdet utgående ytvatten. - Medelhalter av metaller i kvarvarande material på industriplanen ska vara under MKM (riktvärden för mindre känslig markanvändning).
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej Sannolikt inte
Övrigt	Hornträskgruvan bedrevs med tillstånd enligt Miljöskyddslagen och den efterbehandlingsplan som togs fram när gruvan avslutades godkändes av tillsynsmyndigheten (efter samråd med kommunen och Naturvårdsverket) och ansågs vid den tidpunkten vara tillfredsställande. Den slutliga efterbehandling som skett 2005–2013 är ett resultat av omfattande tillsyn från tillsynsmyndigheten. De

undersökningar och det underlagsmaterial som har tagits fram i det senare efterbehandlingsskedet är omfångsrikt. Planen för hur den kompletterande efterbehandlingen skulle utföras har utarbetats och förändrats allt eftersom arbetet pågått.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1981–1991
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1996 samt 2005–2013
Efterbehandling	1996 efterbehandlades Hornträskgruvan i enlighet med en efterbehandlingsplan. Åtgärder inkluderade då att schakta ur slam från gruvvattenbassängerna och deponera det i gruvans underjordsdel tillsammans med gråberg. Läns pumpningen avslutades och gruvan vattenfylldes. Rampöppningen och gruvvattenbassängen fylldes igen med gråberg som täcktes med 30 cm morän. Även de tre dagbrotten återfylldes med gråberg och täcktes med 30 cm morän. 2005 gjordes en injektering av kalk och rötslam till vattenmättad zon vid samtliga dagbrott. 2007–2008 infiltrerades kalk i den omättade zonen kring samtliga dagbrott och ett avjämnande lager med kalk påfördes ytor med sulfidiskt material. 2009–2010 fylldes N- och G-dagbrottet med morän för att skapa en förbättrad ytavrinning och motverka infiltration av grundvatten. Dagbrotten täcktes sedan med en kvalificerad täckning och en förhöjd bergyta anlades för att förändra grundvattenflödet i dagbrotten. Täckningen bestod av följande lager: - Dräneringslager - Tätskikt - Täckskikt - Växtetableringslager 2011 täcktes E-dagbrottet med en kvalificerad täckning bestående av följande lager: - Avjämningslager av morän för att erhålla en lutning som möjliggör avrinning av vatten, - Alkalisk buffert på 0,2 m bestående av mesakalk, - Tätskikt bestående av en HDPE-liner (geomembran), - Dräneringslager på 0,3 m med grus i fraktionen 5–25 mm, - Skyddsskikt på 1,2 m bestående av morän med fraktionsstorlek 0–100 mm, och - Växtetableringsskikt på 0,3 m med rötslam.

(Boliden, 2009 och Envix, 2012)

Kompletterande åtgärder	2005 avledning av ytvatten via skärmdiken (med bredd 1 m och djup 1,5 m) inom hela gruvområdet. 2007 grävdes ytterligare diken för avledning. 2012–2013 utfördes insådd och skogsplantering i gruvområdet.
Hantering av läckagevatten	Se under gråbergssupplag nedan.

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	Ca 1,6 ha
Mängd	Ca 30 000–40 000 m ³ (motsvarar ca 82 500–110 000 ton)
Avfallets egenskaper	Huvuddelen av gråberget härrör från rampdrivning och innehållet av kalcit har där beräknats till 0–0,2 % och innehållet av svavel till 0–3 %. En mindre mängd gråberg härrör från dagbrottsbrytningen och där har svavelhalten beräknats vara mellan 3–10 %. (<i>Boliden, 1992</i>) 2010 gjordes en miljöteknisk markundersökning på områdets industriplan och i samband med det utfördes laktester i två steg enligt standardiserad skakmetod på samlingsprover av gruvavfall. Analys av lakvatten gjordes vid L/S 2 och L/S 10. Laktetestet visade att delar av gruvavfallet uppfyllde kriterier för inert avfall enligt deponiförordningen (vilket sannolikt förklaras av neutraliseringsåtgärder som tidigare genomförts). (<i>Boliden, 2011</i>) Mineraliseringen och omgivande berg innehåll bl.a. följande mineral: svavelkis (FeS₂), kopparkis (CuFeS₂), arsenikkis (FeAsS) och Zinkblände (ZnS).
Drifttid	1981–1991
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1996 samt 2005–2013
Efterbehandling	1996 efterbehandlades gråbergssupplaget och den närliggande industriplanen genom att torrtäckas med 0,5 m morän. 2005–2006 gjordes en infiltrering av mesakalk- och rötslamlösning via dikessystemet i gråbergssupplaget. Efter infiltreringen fylldes diken med krossad kalksten. Vid industriplanen injekterades kalk och rötslam ner till vattenmättad zon. 2011 täcktes upplaget med en kvalificerad täckning och en barriär anlades mot ytligt grundvatten. Den kvalificerade täckningen består av följande lager: - Avjämningslager av morän för att erhålla en lutning som möjliggör avrinning av vatten, - Alkalisk buffert på 0,2 m bestående av mesakalk, - Tätskikt bestående av en HDPE-liner (geomembran), - Dräneringslager på 0,3 m med grus i fraktionen 5–25 mm, - Skyddsskikt på 1,2 m bestående av morän med fraktionsstorlek 0–100 mm, och - Växtetableringsskikt på 0,3 m med rötslam.

	Samma år sanerades industriplanen genom selektiv schaktning. Förorenade massor avlägsnades och deponerades i dagbrott A4 vid Kristinebergsgruvan. (<i>Envix, 2012 och Länsstyrelsen Västerbotten, 2012</i>)
Kompletterande åtgärder	2005 avledning av ytvatten via skärmdiken (med bredd 1 m och djup 1,5 m) inom hela gruvområdet. 2007 grävdes ytterligare diken för avledning. 2012–2013 utfördes insådd och skogsplantering i gruvområdet.
Hantering av läckagevatten	Det pågår ingen rening av läckagevatten i gruvområdet idag. Under den pågående efterbehandlingen skedde tillfällig pumpning och rening av grundvatten från schakt på industriplanen. Reningen bestod av filtrering kombinerat med fällning av lösta metaller med mesakalk. Det renade vattnet leddes till en grop i permeabel mark där det fick infiltrera till en närliggande myr. Reningssystemet hade en verkningsgrad mellan 96 % och 99 %. (<i>Envix, 2012</i>)
Geotekniska risker	Höjden på gråbergssupplaget efter den första efterbehandlingen 1995 var kring 10 m och slänterna justerade till lutningen 1:2,5. Uppgifter om nuvarande släntlutning och utformning har inte gått att hitta. Upplaget har dock avjämnats för att möjliggöra avrinning av ytvatten samt åstadkomma en ännu säkrare släntlutning än den ursprungliga. Ett växtetableringsskikt har anlagts och insådd har skett. Risken för erosion anses därmed vara kraftigt reducerad. Tjockleken på växtetableringsskiktet och skyddsskiktet anses också vara tillräckligt för att motverka eventuell rotpenetration.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Det befintliga egenkontrollprogrammet i Hornträskgruvan omfattar en provpunkt för ytvatten (P12). Punkten är belägen strax ovanför utflödet till recipienten Hornträsket och representerar allt ytvatten som avrinner från gruvområdet (samt den uppströms liggande myren). Punkten provtas två gånger i månaden med avseende på flöde, pH och konduktivitet. En gång i månaden tas ofiltrerade prov för analys av metaller. Närsalter analyseras kvartalsvis. Kontrollprogrammet omfattar sju stycken grundvattenrör varav två i anslutning till industriplanen (rör 6 och 9) samt fem nedströms de igenfyllda dagbrotten (rör 11, 13, 14, 15 och 16). Grundvattenrören provtas två gånger per år (i maj och i september) med avseende på pH, konduktivitet och totalhalter av metaller. Det befintliga egenkontrollprogrammet redovisar data från och med 2008. Provtagningsdata från 1993 och framåt ska finnas men har inte gått att få tag på. Egenkontrollen utförs numera huvudsakligen med syftet att övervaka hur läckaget från gruvområdet påverkar möjligheten till uppfyllelse av miljö kvalitetsnormerna i Hornträsket. (<i>Boliden, 2015</i>)
----------------------	--

**Resultat av utförd
efterbehandling****Ytvattenpåverkan**

I provpunkt P12 visas en stark reduktion av metallhalter efter upplagets kvalificerade moräntäckning och övriga åtgärder som vidtogs samtidigt på området. Vid jämförelse av halter åren före efterbehandlingen (2008–2011) mot halter efter (2012–2015) är minskningen av de primära problemmetallerna Cu, Zn och Cd i intervallet 97–99 %. Det uppsatta mätbara åtgärds målet för ytvatten är därmed uppfyllt med god marginal.

Medelhalter i ytvatten från gruvområdet har sedan efterbehandlingen avslutades varit:

73,2 µg/l för Cu

2,9 µg/l för Cd

1334 µg/l för Zn

Det saknas data för att kunna utvärdera hur dessa värden står sig mot halter uppmätta tidigare än 2008 samt gentemot naturliga bakgrundshalter i området.

Grundvattenpåverkan

Halter av metaller i det ytliga grundvattnet vid industriplanen (rör 6 och 9) har enligt Bolidens årsredovisning minskat påtagligt sen åtgärderna 2011. Metallhalter i grundvattnet kring de anläggningar som efterbehandlats med kvalificerad täckning visar också en minskande trend.

Tillgång på data finns endast från grundvattenrör 13 som är beläget mellan E-dagbrottet och recipienten. Medelhalter i grundvattenrör 13 har sedan efterbehandlingen avslutades varit:

19,3 µg/l för Cu

1,1 µg/l för Cd

6190 µg/l för Zn

Det saknas underlag för att avgöra om det övergripande åtgärds målet gällande ytligt grundvatten uppfylls.

Föroreningar på industriplan

Medelhalter i slutprov från material på industriplanen var vid efterkontrollen i nivå med riktvärden för MKM. Åtgärds målen för schaktsaneringen är därmed uppnådda.

Markanvändning

Enligt det övergripande åtgärds målet ska marken vid Hornträskgruvan återställas till sådant skick att det lämpas för skogsbruk. Insådd och skogsplantering har skett som en del av efterbehandlingen men det finns inga uppgifter kring resultatet.

(Envix, 2012 och Boliden, 2015)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En efterbehandlingsplan togs fram 1992 och samråd skedde med myndigheterna. Planeringen förefaller ha skett enligt den branschpraxis som då rådde, men planen föregicks inte av några direkta utredningar och efterbehandlingen har fått kompletteras vid flera tillfällen. Efterbehandlingsplanen har sålunda i praktiken under 2000-talet kompletterats och förändrats med ett antal delutredningar och nya förslag och omfattar numera även mätbara åtgärds mål.
Efterbehandlingsmetod	Den ursprungliga planen där dagbrotten fylldes med gråberg och täcktes med ca 0,3 m morän har kompletterats. Den ursprungliga efterbehandlingen visade sig fungera mindre väl. I dag är dagbrotten igenfyllda och täckta med en kvalificerad täckning. Även det kvarvarande gråberget är täckt med en likadan täckning. Den kvalificerade täckningen inkluderar även ett alkaliskt lager bestående av mesakalk. Tätskiktet består inte av lera eller lerig morän utan är ovanligt avancerad och består av en tät HDPE-liner. Hänsyn har även tagits till geotekniska risker i området då gråbergssupplaget släntats av.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontrollen omfattar både ytvatten och grundvatten och syftar främst till att övervaka läckaget. Några syresonder eller lysimetrar finns inte installerade för att kontrollera tätskiktets nuvarande och långsiktiga funktion. De sista kompletterande åtgärderna genomfördes 2013 och det är idag för tidigt att uttala sig om miljökontrollen är tillräcklig.
Resultat	De första åtgärderna som genomfördes baserade på den ursprungliga och godkända efterbehandlingsplanen var inte tillräckliga. Kompletterande utredningar och åtgärder har sedan vidtagits och utförts och den kvalificerade täckningen av dagbrott och gråbergssupplag som numera är pålagd är ovanligt avancerad och bör minska infiltrationen av både syre och nederbörd samt fungera som neutraliserande. Den slutliga efterbehandling som skett 2005–2013 är ett resultat av omfattande tillsyn från tillsynsmyndigheten. Då de sista åtgärderna genomfördes 2013 är det svårt att uttala sig om effekterna, men baserat på den miljökontroll som skett sedan dess så har halterna i utgående vatten minskat kraftigt (upp till 99 %), vilket tyder på att åtgärderna har haft effekt men det är för tidigt att uttala sig om de långsiktiga effekterna.

Referenser

Boliden, 1992: Hornträskgruvan efterbehandlingsplan

Boliden, 2009: Anmälan angående kvalificerad täckning av tidigare dagbrott N och G vid Hornträskgruvan Lycksele kommun

Boliden, 2011: Anmälan angående slutliga efterbehandlingsåtgärder för Industriplanen vid Hornträskgruvan Lycksele kommun

Boliden, 2015: Årsredovisning 2015 Hornträskgruvan Lycksele kommun

Envix, 2012: Efterbehandling av Hornträskgruvan, Slutrapport etapp II E–dagbrottet, gråbergsupplaget och industriplanen.

Länsstyrelsen, 2012: Beslut om Godkännande av efterbehandlingsåtgärder vid industriplan, gråbergshög och E–dagbrott vid Hornträskgruvan Lycksele kommun.

Kedträskgruvan

Typ av gruva Komplex sulfidmalm (Zn)	Län Västerbotten	Kommun Norsjö
Anläggningsdelar Ett delvis återfyllt och sedan vattenfyllt dagbrott, två f.d. sedimentationsbassänger, en industriplan, tre ståltäckta schaktöppningar till underjordsgruvan och ytor för f.d. gråbergssupplag och upplag med avrymningsmassor.		
Efterbehandlingsmetod Gråberg och massor från industriplanen deponerades i dagbrottet tillsammans med kalk och täcktes sedan med morän. Resterande volym av dagbrottet har sedan vattenfyllts. Slam från vattenrening under efterbehandlingen deponerades i schakt vid dagbrott i den mån det fick plats. Resterande slam i bassängssystemet försågs med bentonitmatta som täcktes av ett 0,5–0,75 m tjockt lager av sandig morän.		
Platsspecifika förhållanden Skellefteälv recipient.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☒ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	Gråberget var betydligt mer vittrat än vad provtagningen innan indikerat och mängden kontaminerat material från industriplan var större än vad som tidigare beräknats. Följden blev att stora mängder kalk krävdes och att stora mängder slam genererades i vattenreningssteget. Vattenreningen blev underdimensionerad och villkoren blev för svåra att uppfylla.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande åtgärds mål</u> Minskat metallutsläpp till yt- och grundvatten, recipienten ska inte påverkas på ett betydande sätt av den efterbehandlade Kedträskgruvan. Markkvalitet som inte hotar utveckling av skogs- och våtmarkekosystem som nya användningsformer. Grundvattennivåer som inte ger negativa konsekvenser för djur- och växtliv i angränsande ekosystem. Området ska passa till myrmarks–dominerat landskap. Området ska vara säkert att vistas i. <u>Mätbara åtgärds mål</u> - Grundvatten: maximalt måttliga lösta halter av Zn (<300 µg/l) och Cd (<1 µg/l) som årsmedelvärde i grundvattenrör 16 inom en 5-års period från efterbehandling. För Cu ska en minskande trend uppvisas. As utelämnas från målsättningen då höga halter är naturligt förekommande i området. - Ytvatten: summahalt av Zn, Cu och Pb max 1000 µg/l som månadsmedelvärde efter 3 års utspolningsperiod i diket sydost om gruvområdet. Vattenkvaliteten i dagbrottssjön ska nå samma värde efter 7 år. - Markkvalitet: enligt MKM (mindre känslig markanvändning). - Landskap och biodiversitet: minst 10 % av efterbehandlat

området ska passa för våtmarksvegetationsutveckling, och minskad mängd landformer/vandringshinder för rennärning till mindre än 30 % av gruvområdets bredd.

(Boliden, 2012; Boliden, 2016)

Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift?

☒ Ja ☐ Nej

Övrigt

Kedträskgruvan har brutits i tre omgångar. En omfattande provbrytning skedde i slutet på 1960-talet och en underjordsgruva var i drift 1989–1991. Därefter efterbehandlades gruvan enligt en efterbehandlingsplan godkänd 1990. Kedträskgruvan återöppnades som dagbrott mellan 1998–2000 och efterbehandlades på nytt enligt en efterbehandlingsplan godkänd 2012. (Boliden, 2016)

Gruva

Typ av verksamhet

☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva

Drifttid

1966–1971 genomfördes en omfattande provbrytning. 1989–1991 i drift, underjordsgruva. 1998–2000 i drift, dagbrott.

Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder

1991 och 2012–2013

Efterbehandling

Efterbehandling 1991 skedde genom att gråberg deponerades i rampmyningen till underjordsgruvan och i botten på provbrytningsdagbrottet. Resterande mängd gråberg transporterades bort och deponerades på annan plats. Övriga underjordsdelar är vattenfyllda. Det finns inga permanenta pluggningar. 2012–2013 kalkades och tömdes dagbrottet. Sedan återfylldes det med huvudsakligen syrabildande gråberg, mindre syrabildande gråberg, kontaminerade massor från industriplanen och torv (ca 383 000 m³). Neutralisering av massorna med kalk har skett under deponeringen. De deponerade massorna täcktes av morän och sedan vattenfylldes resterande volym av dagbrottet till en sjö. Under efterbehandlingsarbetet pågick rening av vatten i reningsbassänger. Slam som uppstod deponerades i schakt vid dagbrottet i den mån det fick plats. Resterande slam (<1000 m³) i bassängssystemet försågs med bentonitmatta som täcktes av ett 0,5–0,75 m tjockt lager av sandig morän. (Boliden, 2012; Boliden, 2016)

Kompletterande åtgärder

Växtetablering och stödkalkning av de vattenspeglar som skapats. Diverse åtgärder för att främja biologisk mångfald har genomförts såsom grävning av landtungor för ö-bildning och trädfällning vid strandkanten. Ett försök med lavetablering har genomförts under 2015. (Boliden, 2016)

Hantering av läckagevatten

–

Gråbergssupplag/avfallssupplag

Yta	Ca 2,5 ha (före efterbehandling)
Mängd	Ca 265 000 m ³ (före efterbehandling)
Avfallets egenskaper	Potentiellt syrabildande gråberg. ABA-tester visar att 14 av 18 gråbergsprover har en nettoneutraliseringspotential (NNP) mindre än –20 och är att betrakta som syrabildande. För de andra 4 proverna är resultatet osäkert (NNP mellan –16 och –2). Förutom ABA-tester har lakteter och bestämning av svavel-halt gjorts som en del av materialkarakteriseringen. På grund av sulfid/sulfat-relationen bedömdes 95 % av sulfiderna fortsatt vara ovittrade innan efterbehandlingen. Undersökningar av avfallets egenskaper visade ett betydande behov av neutralisering av massorna i samband med deponering/efterbehandling. (Boliden, 2012)
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1991 och 2012–2013
Efterbehandling	Gråberget har i omgångar deponerats underjord, på annan plats och slutligen i dagbrottet. Inget gråbergssupplag finns således kvar på plats.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet i Kedträsk omfattar idag provtagning av yt- och grundvatten 2 gånger per år. 5 stycken grundvattenrör provtas och analyseras med avseende på pH, konduktivitet och lösta halter metaller och sulfat. Ytvattenprover tas i dagbrottssjön och i två diken (sydost och nordost om gruvområdet) och analyseras för totalhalter av metaller och sulfat, samt pH och konduktivitet. Under entreprenadtiden 2012–2013 skedde provtagningen mer frekvent. (Boliden, 2016)
Resultat av utförd efterbehandling	Det mätbara åtgärds målet för markkvalitet är uppfyllt och landskapsutveckling anpassat för våtmarksvegetation likaså. Åtgärds målet för landskap anpassat för rennärning är inte uppfyllt eftersom en större vattenspegel än planerat har formats vilket utgör ett vandringshinder. De mätbara åtgärds målen för yt- och grundvattenkvalitet kan tidigast utvärderas hösten 2016, 2018 och 2020. (Boliden, 2014) Egenkontrollen från 2015 visar att summahalten (lösta halter) av Zn, Cu och Pb i diket sydost om gruvområdet (provpunkt 2906) ligger under åtgärds målet på maximalt 1000 µg/l.

Sannolikt kommer det mätbara åtgärds målet för diket satt till 2016 att uppfyllas.
För dagbrottssjön är 2020-års åtgärds mål inte uppfyllt. Halten Zn dominerar summahalten (94–99 %) och fluktuerar kraftigt. Åtgärds målet för grundvatten som är satt till 2018 var inte uppfyllt vid egenkontrollen 2015 då halter av Zn, Cd och Cu ökade. (*Boliden, 2016*)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Relativt omfattande utredningar har legat till grund för framtagandet av efterbehandlingsplanen som är grundlig och omfattande. Planen har även tagit hänsyn till den syrabildande kapaciteten i avfallet och i samband med återfyllning har buffrande material blandats in i gråberg som sedan vattenmättats, vilket varit genomtänkt. Efterbehandlingsplanen har även inkluderat landskapsanpassning och olika landformer. Planering av vattenrening var även en del av planen.
Efterbehandlingsmetod	Återfyllning i dagbrott och inblandning av buffrande material av gråberg och övriga förorenade massor från området har skett. Vattenrening av uppkommet lakvatten skedde också i samband med arbetena. Återfyllning av kalkslam från vattenrening skedde sedan i schakten. Det material som inte fick plats i schakten täcktes "in-situ" med bentonitmatta och morän. Metoderna får anses vara relativt nya till sin användning då återfyllning med vittrat gråberg och inblandning av buffrande material inte är den vanligaste åtgärden. Åtgärderna som helhet bedöms som rimliga.
Uppföljande miljökontroll	Tämligen omfattande miljökontroll sker i grundvattenrör och ytvattendiken i området. Mätbara mål finns även framtagna för verksamheten men dessa kan först börja utvärderas efter provtagning 2016. Ytterligare mål finns för 2018 och 2020.
Resultat	Det är ännu för tidigt att säga om den kompletterande efterbehandlingen varit framgångsrik. Delvis tyder resultaten på att viss måluppfyllelse skedde redan 2016. Förhöjda halter finns dock fortfarande och då främst i det delvis återfyllda och vattenmättade dagbrottet. Det buffrande materialet verkar inte ännu i tillräckligt hög grad motverka desorption och upplösning. Framförallt verkar det gälla Zn. Efterbehandlingen, efterbehandlingsplanen och de utredningar som legat till grund för denna förefaller dock ha varit ambitiösa.

Referenser

Boliden, 2012: Slutlig efterbehandlingsplan Kedträsk
Boliden, 2014: Slutredogörelse Kedträsk efterbehandling
Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Kedträskgruvan

Kimheden

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, Zn, Pb, Ag och Au)	Län Västerbotten	Kommun Malå
Anläggningsdelar En underjordsgruva, två mindre dagbrott (återfyllda), ett kvarvarande gråbergsupplag och ett f.d. industriområde.		
Efterbehandlingsmetod Dagbrotten är återfyllda med gråberg och täckta med morän. Gråbergsupplag och industriområde till stor del tömt på bergmassor. Kvarvarande gråberg täckt av morän. Uppsamlingsdiken leder vatten ifrån Kimheden till gruvområdet i Kristineberg.		
Platsspecifika förhållanden Kristinebergsgruvans sandmagasin nummer 4 är primärrecipient för det vatten som avrinner från Kimheden, därifrån går vattnet sedan ut i Vormbäcken i Vindelälvens vattensystem. Topografin i området lutar kraftigt.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☒ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Att minska utläckaget av metaller.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Ett förslag på efterbehandlingsplan lämnades in av bolaget 1995 och fastställdes av tillsynsmyndigheten samma år. Det tog således mycket lång tid från det att driften i gruvan upphörde (1974) tills att området slutligt efterbehandlades. Inför framtagandet av efterbehandlingsplanen genomfördes hydrogeologiska undersökningar och grundvattenmodellering som visade att det på grund av topografin i området skulle bli svårt att uppnå vattenmättade förhållanden i dagbrotten. Det var således inte realistiskt att räkna med en betydande minskning av infiltrationen och åtgärden fokuserade därmed på att huvudsakligen minska syretillförseln.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1968–1974
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Mindre åtgärder 1982, 1984–85 och 1988–89 Slutlig efterbehandling 1995–96
Efterbehandling	På 1980-talet utfördes mindre efterbehandlingsåtgärder i omgångar. Först grävdes diken runt gruvområdet för att leda

	bort rent vatten och samla upp lakvatten. Sedan fylldes de båda dagbrotten delvis med gråberg och kalk och en partiell moräntäckning etablerades. I mitten på 1990-talet fylldes dagbrotten fullständigt med gråberg och material från vägar i området. En torrtäckning konstruerades med ett tätskikt på 0,3 m lerig morän och ett skyddsskikt på ca 1,5 m morän.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Uppsamling och avledning till reningsverket i Kristinebergs sandmagasin nummer 4.
Övrigt	Det finns en gällande bearbetningskoncession för området från 2002 (Kimheden K nr 1).

Gråbergsupplag/avfallsupplag

Yta	Ca 0,6 ha
Mängd	Ca 6 000 m ³
Avfallets egenskaper	Ingen dokumentation finns gällande undersökningar på avfallets egenskaper.
Driftstid	1968–1974
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Mindre åtgärder 1982, 1984–85 och 1988–89 Slutlig efterbehandling 1995–96
Efterbehandling	Gråberg har till stor del deponerats i dagbrotten, det gråbergsupplag som kvarstår på området har täckts med en kvalificerad torrtäckning bestående av ett tätskikt på 0,3 m lerig morän och ett skyddsskikt på ca 1,5 m morän.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Uppsamling och avledning till reningsverket i Kristinebergs sandmagasin 4.
Geotekniska risker	Enligt bolaget visar gruvområdets norra del tecken på erosion, men det är oklart om det är gråbergsupplaget som avses.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet i Kimheden omfattar uppföljning av vattenkvalitet i tre provpunkter med provtagning två gånger per år avseende pH, konduktivitet och totalhalter av metaller samt sulfat. Provpunkt 3502 representerar utgående ytvatten från Kimhedengruvan, och de andra två provpunkterna är belägna i Vormbäcken uppströms och nedströms punkten där vattnet från Kimheden rinner in. Enligt äldre egenkontrollprogram ska det ha funnits en eller flera syresonder installerade på det efterbehandlade gråbergsupplaget.
Resultat av utförd efterbehandling	En doktorsavhandling har genomförts med syfte att utvärdera efterbehandlingsåtgärderna i Kimheden. Resultatet från avhandlingen visar bland annat:

- På signifikanta minskningar av Cu och Zn halter i utgående vatten (ca 77–98 % mellan 1991 och 2009).
- Att pH fortsatt är lågt (varierar mellan 3–5).
- Metallhalter i utgående vatten stabiliserades snabbt efter genomförda åtgärder och har varit desamma sedan dess.
- Trots att efterbehandlingen gav effekt så är metallhalter i utgående vatten fortsatt för höga för att släppas ut obehandlat till omgivningen.
- De förhöjda metallhalterna i utgående vatten idag beror sannolikt på pågående oxidation av sulfider och inte på utsköljning av vittringsprodukter som bildats innan täckningen.
- Den främsta orsaken till fortsatt sulfidvittring är grundvattengenomströmning till följd av områdets topografi (vilket under delar av året ger en stor omättad zon i gråberget) i kombination med sprickor i omgivande dagbrottsväggar.
- En viss syrenedträngning sker också genom tätskiktet som på vissa ställen visat sig vara undermåligt.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Tämligen lång tid förflöt mellan gruvans nedläggning och fastställande av efterbehandlingsplanen. Planen fastställdes och godkändes i samråd med myndigheterna. Ett antal utredningar genomfördes innan efterbehandlingsplanen togs fram. Sammanfattningsvis och taget i beaktandet området i sig så anses planen vara tillfredställande och framtagen i enlighet med då rådande branschpraxis.
Efterbehandlingsmetod	Området består till större delen en underjordsgruva, dagbrott och gråbergssupplag. Dagbrotten är idag igenfyllda med gråberg samt kalk och täckta med en kvalificerad moräntäckning. Det kvarvarande gråberget är även det täckt med en kvalificerad täckning. Den valda metoden baserades på att utredningar visat att dagbrotten svårligen skulle fyllas upp med vatten och slutligt val av åtgärd bedöms som mer än lämplig.
Uppföljande miljökontroll	Ett enklare miljökontrollprogram finns och upprätthålls fortfarande. Syresonder har enligt uppgift funnits installerade tidigare, men några data eller utredningar med avseende på tätskiktets funktion har inte påträffats. Miljökontrollprogrammet är tämligen enkelt, men fungerande med tanke på områdets karaktär.
Resultat	Efterföljande utvärderingar visar på en kraftig minskning av halter i utgående vatten. Halterna är dock fortfarande höga och pH är lågt och kommer sannolikt att kvarstå så under en längre tid (mer än 100 år enligt <i>Villain, 2014</i>). En orsak kan vara den långa tid det tog mellan nedläggning och efterbehandling som i sin tur medförde att avfallen började oxidera. Den föreslagna och genomförda efterbehandlingsmetoden för området är vald i enlighet med gällande praxis för tiden, och

bör mer än väl kunna fungera som spärr för syre direkt från luften och förhindra oxidation av gråberget. En komplicerande faktor är dock att det troligen finns omättade sprickor i berg som transporterar in syre vilket kan orsaka vittring vilket inte uppmärksammats vid planeringen. Kvalitetskontrollen vid efterbehandlingen förfaller dock ha varit mindre god.

Referenser

Boliden, 1995: Efterbehandlingsplan Kristineberg Magasin 1B och Kimhedengruvan

Boliden, 2016: Årsredovisning Kimheden 2015

Villain, 2014: Reclamation of Acid-Generating Waste Rock by In-Pit Backfilling and Sealing: An Evaluation of the Kimheden Mine Site, Northern Sweden. Doctoral thesis

Kristinebergsgruvan

Typ av gruva Komplex sulfidmalm (Cu, Pb, Zn, Au och Ag)	Län Västerbotten	Kommun Lycksele
Anläggningsdelar Underjordsgruva där drift fortsatt pågår, fyra utbrutna dagbrott, fem sandmagasin, sedimentationsbassänger, gråbergssupplag och industriområde.		
Efterbehandlingsmetod Dagbrott A4: Fyllning med gråberg och externa förorenade massor följt av en kvalificerad torrtäckning. Övriga dagbrott: Ej påbörjat Magasin 1: Kvalificerad torrtäckning av delytor samt enkel torrtäckning med deponering under grundvattenytan för övriga delytor. Magasin 1B: Kvalificerad torrtäckning. Magasin 2: Enkel torrtäckning. Magasin 3: Enkel torrtäckning. Gråbergssupplag: Successiv efterbehandling med kvalificerad torrtäckning.		
Platsspecifika förhållanden Recipient för Kristinebergsgruvan och magasinsområdet är Vormbäcken, vilken ingår i Vindelälvens vattensystem. Vatten från magasin 1, 1b och 2 flödar österut och passerar magasin 3 och 4 innan det lämnar gruvområdet och avrinner via Vormbäcken.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Fastställda åtgärds mål saknas i det underlag som funnits tillgängligt för denna utvärdering. Det övergripande målet för efterbehandlingen antas ha varit att minska syretransporten in i gråbergssupplag och sandmagasin. (Werner, K et al, 2001)
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Gruvan i Kristineberg är fortfarande i drift underjord men anrikning av malm sker numera i Boliden. Anrikningsverket i Kristineberg var i drift mellan 1940–1991 och den anrikningssand som producerats har delvis använts för återfyll i gruvan och resten har deponerats i fem sandmagasin (1, 1B, 2, 3 och 4) belägna i en dalgång öster om industriområdet. Anrikningsverket i Kristineberg omhändertog malm från ett tiotal olika gruvor, så det är varierande mineralogisk sammansättning på den anrikningssand som deponerats. Ett omfattande svenskt forskningsprogram, det så kallade MiMi-projektet, har använt området i Kristineberg för diverse forskning mellan åren 1997–2004. Interesseorganisationen Georange har också bedrivit viss forskning vid sandmagasinen.

Det finns ett flertal olika efterbehandlingsplaner framtagna för Kristinebergsområdet, och dessa har inte varit tillgängliga som underlag i denna utvärdering.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1940–pågående Idag sker uteslutande brytning underjord, men 4 mindre dagbrott (A, A3, A4 och B) finns kvar på området från tidigare brytning.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Dagbrott A: – Dagbrott A3: – Dagbrott A4: ca 2011–2013 Dagbrott B: –
Efterbehandling	Avsikten är att fylla igen dagbrotten med gråberg och i viss mån slam från reningsbassängerna.

Dagbrott A

Deponering av gråberg i A-dagbrottet har ej påbörjats.
(Eriksson, N, 2014)

Dagbrott A3

Enligt efterbehandlingsplanen (gällande enligt beslut från 1998) skulle 15 000 m³ gråberg, förorenade massor från industriplan och rivningsmaterial från byggnader deponeras i dagbrott A3. Dagbrottet skulle sedan täckas med 1,5 m morän. Deponering har ej påbörjats.

Dagbrott A4

I dagbrott A4 har gråberg från Kristineberg deponerats tillsammans med förorenade massor från industriplanen vid Hornträskgruvan. De förorenade massorna har kapslats in i ett skikt av mesakalk. Dagbrottet har täckts med en kvalificerad torrtäckning utformat av ett tätskikt på 0,5 m bestående av morän inblandat med grönlutslam (hydraulisk konduktivitet 1×10^{-9} m/s), ett skyddsskikt på 1,5 m av ospecificerad morän, och ett vegetationsskikt på 0,3 m av morän blandat med rötslam. Inom delar av ytan anlades också ett dränerande skikt mellan tätskiktet och skyddsskiktet för att minska vattentrycket. Tätskiktets packningsgrad analyserades fortlöpande i fält vid genomförandet och lysimetrar installerades för utvärdering av tätskiktets funktion. (Boliden, 2013)

Dagbrott B

Avsikten i efterbehandlingsplanen (gällande enligt beslut från 1998) var att deponera 174 000 m³ material i B dagbrottet efter igengjutning av ett frånluftsschakt. Deponering pågår idag.

Underjordsgruvan

	Underjordsgruvan som fortfarande är i drift drivs med igensättningsbrytning vilket innebär att den återfylls med gråberg efter hand att malmen bryts ut.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Länshållning av underjordsgruvan sker alltjämnt. Gruvvattnet behandlas i ett reningsverk genom neutralisering (kalkning), metallutfällning och flockning. Processen bygger på recirkulation av slam för att åstadkomma partikeltillväxt vilket gör att densiteten på slammet ökar. Då större flöden pumpas upp från gruvan avleds överskjutande vatten direkt till magasinområdet där kalkneutralisering och sedimentering sker i magasin 4. Höga halter svavel i malmen (över 20 %) medför att gruvvattnet är surt med ett pH-värde omkring 3.

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	Ca 4 ha
Mängd	Ca 400 000 m ³ gråberg
Avfallets egenskaper	Utförda ABA-tester på två gråbergsprover från Kristineberg visar att materialet har låg neutraliseringspotential (NP) och en icke obetydlig syrabildningspotential (AP). Kvoten mellan neutraliseringspotentialen och syrabildningspotentialen (NPR) är mindre än 1, d.v.s. materialet bedöms vara potentiellt syrabildande. Fuktkammarförsök (22 veckors lakning) visar att de två gråbergsproverna oxiderar relativt snabbt men att metallhalter i lakvattnet är måttliga. (Eriksson, N, 2014)
Drifttid	I drift
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Successiv efterbehandling under drift
Efterbehandling	Det gråberg som inte kan användas för återfyll av brytningsrum underjord transporteras upp ur gruvan och deponeras i utbrutna dagbrott eller läggs på ett gråbergssupplag norr om rampöppningen i sydvästra delen av magasin 2. Gråbergssupplaget ska enligt gällande avfallshanteringsplan efterbehandlas successivt i etapper. Det befintliga gråberget på upplaget ska täckas med kvalificerad moräntäckning (0,3 m tätskikt och 1,5 m skyddsskikt) och framtida deponering kommer att ske i "celler" som efterbehandlas successivt. Gråbergssupplaget kommer släntas av till lutningen 1:3. (Eriksson, N, 2014) I den pågående provotidsredovisningen för Kristinebergsgruvan har Boliden yrkat på att gråbergssupplaget inte ska täckas successivt (Boliden, 2017).
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Läckagevatten från gråbergssupplaget leds via ett dike till kalkreningsstationen mellan magasin 3 och 4. (Eriksson, N, 2014)

Geotekniska risker

–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Sandmagasin 1: 12 ha Sandmagasin 1B: 2 ha Sandmagasin 2: 12 ha Sandmagasin 3: 42 ha Sandmagasin 4: 74 ha
Mängd	Sandmagasin 1: 1,3 Mton Sandmagasin 1B: 0,1 Mton Sandmagasin 2: 1,2 Mton Sandmagasin 3: 9,5 Mton Sandmagasin 4: 8 Mton
Avfallets egenskaper	Anrikningssanden som finns deponerad i Kristineberg har karakteriserats i olika omgångar under åren, bland annat genom forskningsprogrammet MiMi och av bolaget vid utredningar inför framtagande av efterbehandlingsplaner. Utförda undersökningar inkluderar kornstorleksfördelning, vattenhalt, densitet, hydraulisk konduktivitet, mineralogi, kemiska fullanalyser, statiska ABA-tester och kinetiska fuktkammarförsök. Dominerande sulfidmineral i anrikningssanden är pyrit, svavelkis, zinkblände, blyglans, arsenikkis och kopparkis. Karbonater förekommer i låga halter huvudsakligen i form av kalcit. Anrikningssanden har bedömts vara potentiellt syrabildande med en neutraliseringspotential (NP) nära noll och syrabildningspotential (AP) på ca 300 kg CaCO₃/ton. Kvoten mellan neutraliseringspotentialen och syrabildningspotentialen (NPR) är mindre än 1. Fuktkammarförsök som utförts bekräftar anrikningssandens reaktivitet och potential att bilda sura lakvatten. (Eriksson, N, 2014)
Drifttid	Sandmagasin 1: 1940–1943 Sandmagasin 1B: sent 1960–tal till sent 1970–tal Sandmagasin 2: 1944 till tidigt 1950–tal Sandmagasin 3: 1952–okänt Sandmagasin 4: 1952–fortfarande i drift
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Sandmagasin 1: 1996 Sandmagasin 1B: 1996 Sandmagasin 2: Mitten av 1990–talet Sandmagasin 3: 2010–talet Sandmagasin 4: vattentäckt, ej efterbehandlat
Efterbehandling	<u>Sandmagasin 1</u> En enkel täckning med 1 m tjockt moränskikt över de delar av sandmagasinet där anrikningssanden permanent är placerad under grundvattenytan, och en kvalificerad täckning med 0,3 m lerig morän och ett skyddsskikt bestående av 1,2 m morän på övriga ytor. Innan moränen påfördes las 10 kg/m ² kalk ut på anrikningssanden.

Sandmagasin 1B

Täckt med en kvalificerad täckning bestående av 0,3 m morän med maximal hydraulisk konduktivitet på 5×10^{-9} m/s som tätskikt, ovanpå det ett skyddslager på 1,5 m ospecificerad morän. Innan morän påfördes så las kalk ut på anrikningssanden. I sandmagasin 1B finns magnetkis och pyrit separat deponerat från 1960-talet. Deponeringen gjordes för att spara materialet för senare svavelsyraframställning som aldrig blev av.

Sandmagasin 2

Efterbehandlad med en enkel täckning bestående av 1 m tjockt moränskikt på delar av ytan, samt vattendämning med ett vattendjup kring 1,0 m på övrig yta.

Sandmagasin 3

Enkel täckning med 1,0 m tjockt moränskikt. Dammkrönet har avjämnats och nedströmsslänten förstärkts med sprängsten till lutningen 1:3. Delytor av sandmagasinet är under vattendämning med ett vattendjup på kring 1,0 m.

Sandmagasin 4

Magasinet är vattenfyllt och inte efterbehandlat, det används som sedimentationsbassäng efter ett kalkreningssteg för utgående vatten från gruvområdet. Dammvallen har successivt höjts för att utöka lagringskapaciteten i magasin 4.

Kompletterande åtgärder

Kompletterande åtgärder på magasin 2 har genomförts där lakvatten från gråbergssupplaget runnit ut på den efterbehandlade magasinsytan och förorenat täckningen. Ytterligare morän har lagts ut.

Hantering av läckagevatten

Vattenavrinning sker från magasin 1, 1B och 2 till magasin 3 och 4. Vattnet som rinner från magasin 3 passerar en kalkstation innan det rinner in i magasin 4 där det kalkslam som bildas sedimenterar. Från magasin 4 går vattnet via ett utskov i dammen till recipienten Vormbäcken, årligen bräddas ca 3,3 miljoner m³. Vartefter urtvättningen av gamla vittringsprodukter sker från det efterbehandlade magasinsområdet kommer kalkförbrukningen och slamproduktionen minska. (Eriksson, N, 2014)
Vattenreningen kommer sannolikt behöva fortgå under flera årtionden till dess att genomförda efterbehandlingsåtgärder på gruvområdet gett fullgod effekt.

Geotekniska risker m.a.p. täckning

Att utformningen på vissa täckningar inte är tillräckliga för att förhindra sulfidoxidation. Att täckningarna inte är beständiga över tid. Svårigheter med att etablera växtlighet och minska risken för erosion. Dammkonstruktioner av gråberg med stor potential för vittring och metallurlakning.

Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet

Magasin 4 är en riskanläggning på grund av de konsekvenser ett dammbrott skulle kunna medföra. Enligt tidigare godkänd efterbehandlingsplan skulle magasin 4 efterbehandlas genom

vattenöverdämning. En fördjupad dammsäkerhetsutredning från 2010 konstaterade brister i nedströmsdammens konstruktion vilket medförde att vattenöverdämning inte längre ansågs vara en lämplig efterbehandlingsmetod. Magasin 4 avses därför att efterbehandlas genom torrtäckning.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll

Ett egenkontrollprogram finns för hela Kristinebergsområdet från 2005. I programmet ingår uppföljning av ytvattenkvalitet vid fyra provpunkter kring gruvområdet (dränage från gråbergssupplaget, utskov sandmagasin 2 och två utskov från sandmagasin 4). Egenkontrollprogrammet omfattar också uppföljning av vattenkvaliteten i recipienten Vormbäcken i fyra provpunkter.

Resultat av utförd efterbehandling

I en forskningsartikel från 2010 konstateras att mellan åren 1998–2009 har det skett en signifikant förbättring med avseende på grundvattenkvalitet i gruvområdet Kristineberg. Förbättringen har gått snabbare i områden som täckts med torrtäckning, men varit större i områden där anrikningssanden också är placerad under grundvattenytan. Lösta halter av ämnen som Al, Cd, Co, Cr, Cu och Ni har nästan helt upphört. (Alakangas, L and Nason, P, 2010)

Enligt miljörapporten för 2015 överskrids MKN för Cd och gränsvärden för SFÄ för Cu och Zn i recipienten Vormbäcken nedströms gruvområdet i Kristineberg. För att MKN ska uppnås krävs minskade utsläpp från magasin 4 vid Kristinebergsgruvan. (Boliden, 2016)

Eftersom verksamheten i Kristineberg fortsatt pågår och data för utvärdering av utförd efterbehandling för vissa delobjekt inte funnits tillgängligt för denna utvärdering är det svårt att beskriva vad efterbehandlingsåtgärderna hittills har haft för effekt.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling

Inför planering av efterbehandlingsåtgärder för sandmagasinen utfördes hydrogeologiska bedömningar under slutet av 1980-talet samt början av 1990-talet för att avgränsa de sandmagasin som kunde efterbehandlas genom enklare täckning och vilka delar som krävde kvalificerad täckning. Morän har sedan lokaliseras som uppfyllde de krav som ställdes på tätskikt. Efterbehandlingen har sedan skett i etapper på magasinens områden. Viss återfyllnad har planerats för verksamhetens mindre dagbrott men dessa har enbart delvis genomförts. De där avslutad deponering genomförts så har en mer kvalificerad täckningsmetod använts. Området är komplext och brytning av malm sker även idag och området är inte helt efterbehandlat, vilket gör att det är svårt att bedöma om efterbehandlingen planerats väl.

Efterbehandlingsmetod

Delområden har efterbehandlats bl.a. genom vattenöverdämning, förhöjd grundvattenyta (enkel

	moräntäckning) och kvalificerad täckning med tätskikt av morän. Sammantaget får detta anses vara en av de mer avancerade efterbehandlingarna som genomfördes under 1990-talet. Dagbrotten där deponering avslutats har efterbehandlats mer nyligen och då med alternativa tätskiktsmaterial. Även dessa täckningar bedöms vara något mer avancerade än flertalet lösningar. Gråberg ska täckas successivt och det är oklart om detta påbörjats. Vattenrening kommer att ske under tiotals år efter avslutat verksamhet i magasin 4 men då denna har avslutats ska magasinet avvattnas och torrtäckas. Området är som tidigare nämnts komplicerat och drift pågår och det är svårt att uttala sig generellt om lämpligheten i de slutliga valen av metoder.
Uppföljande miljökontroll	Eftersom gruvan ännu är i drift är efterbehandlingskontroll delvis integrerad med driftssituationen. Ytvattenprovtagning sker i fyra punkter inom verksamhetsområdet och egenkontrollprogrammet omfattar också uppföljning av vattenkvaliteten i recipienten Vormbäcken i fyra provpunkter.
Resultat	Då gruvan är i drift och området komplext så är det oklart om de efterbehandlingar som genomförts redan erhållit resultat. Den forskning som bedrivits antyder dock att så är fallet. Vad som är klart är sålunda att de uppströms liggande sandmagasinen i systemet uppvisar minskade metallhalter (dessa är opåverkade av dagens gruvvatten och verksamhet). Störst minskning har skett i den vattenöverdämda delen medan den snabbaste haltninskningen skedde under torrtäckningen. Det är dock för tidigt att uttala sig om efterbehandlingen som helhet då drift fortfarande pågår.

Referenser

- Alankangas, L and Nason, P, 2010: Declining element concentrations in groundwater after remediation in sulphide-rich tailings at Kristineberg, northern Sweden. Paper from IMWA 2010.
- Boliden, 2013: Anmälan angående efterbehandling av A4-dagbrottet vid Kristinebergsgruvan, Lycksele kommun.
- Boliden, 2016: Miljörapport 2015 för Kristinebergsgruvan.
- Boliden, 2017: Personlig kontakt granskning av underlag
- Carlsson, E, 2002: Sulphide-rich tailings remediated by soil cover-evaluation of cover efficiency and tailingsgeochemistry, Kristineberg, northern Sweden. Doctoral thesis at Luleå University of Technology.
- Eriksson, N, 2014: Avfallshanteringsplan för Kristinebergsgruvan, på uppdrag av Boliden Mineral AB.
- Holmström, H, 2000: Geochemical processes in sulphidic mine tailings, field and laboratory studies performed in northern Sweden at the Laver, Stekenjokk and Kristineberg mine-sites. Doctoral thesis at Luleå University of Technology.
- Höglund, L.O. et al, 2004: MiMi report 2003:3 Performance Assessment Main Report.
- Naturvårdsverket, 2002: Rapport 5190 Uppföljning av efterbehandling inom gruvsektorn-åtgärder, kostnader och resultat.

Mifoblankett, 2001: Kristinebergsgruvan (senast uppdaterad 2007-10-17)

Werner, K et al, 2001: MiMi report 2001:3 Mine waste deposits and mines in Kristineberg, Sweden–
Summary of remediation programme and identification of potentially critical assumptions.

Laisvall

Typ av gruva Sulfidmalm (Pb och Zn)	Län Norrbotten	Kommun Arjeplog
Anläggningsdelar En stor underjordsgruva, fyra sandmagasin, två klarningsmagasin och två gråbergssupplag samt ett större industriområde.		
Efterbehandlingsmetod Gruvan har återfyllts med anrikningssand, sandmagasinen har avvattnats och dammar har fått justerade släntlutningar samt ytor har växtetablerats. Ett av klarningsmagasinen (Saivastjärnen) delvis efterbehandlats med moräntäckning i grundare delar.		
Platsspecifika förhållanden Området ligger inom två avrinningsområden: med recipienten Laisan i väst (Vindelälvens avrinningsområde) och Aisjaure i öst (Skellefteälvens avrinningsområde). Efter avslutad drift avleds allt dränage- och ytvatten från sandmagasinen till Aisjaure via klarningsmagasin C (Saivastjärnen).		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☒ Delvis
Om nej, beskriv avvikelser	Val av metod och efterbehandlingsåtgärd har förändrats och omarbetats med tiden.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Efterbehandlingen bör möjliggöra framtida markanvändning för skogsbruk, rennäring och/eller friluftsliv. (Länsstyrelsen, 1996)
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Bolaget redovisade 1991 ett förslag till efterbehandlingsplan som var framtaget efter ett flertal samråd med länsstyrelsen och Naturvårdsverket. Efter ytterligare samråd kompletterade bolaget efterbehandlingsplanen 1994. Efter att Arjeplogs kommun och Naturvårdsverket getts möjligheten att yttra sig fastställdes efterbehandlingsplanen för Laisvall av tillsynsmyndigheten 1996. Inför framtagandet av efterbehandlingsplanen utfördes en utredning angående eventuell påverkan på grundvatten från sandmagasinen samt angående miljöeffekter på grund av vattenfyllnad av gruvan. Utöver dessa utredningar finns det inga uppgifter om vilket underlag som använts för att ta fram den ursprungliga efterbehandlingsplanen. (Boliden, 1991; Länsstyrelsen, 1996)

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
--------------------------	---

Driftstid	1943–2001
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	2001–2002
Efterbehandling	Underjordsgruvan har (under olika tidsperioder) återfyllts med 10 Mton anrikningssand samt 0,2 Mton blyslagg från Rönnskärsverken. Metall- och kabelskrot har avlägsnats och gruvan har sedan vattenfyllts. Alla ventilationsschakter (23 stycken) och rampöppningar har gjutits igen. (<i>Länsstyrelsen, 2001</i>)
Kompletterande åtgärder	Uppgift saknas.
Hantering av läckagevatten	Nej.

Gråbergssupplag/avfallssupplag

Yta	Gråbergssupplag schakt 4: ingen uppgift Gråbergssupplag schakt 5: ingen uppgift
Mängd	Gråbergssupplag schakt 4: ca 5300 ton Gråbergssupplag schakt 5: ca 7200 ton (<i>Boliden, 1991</i>)
Avfallets egenskaper	Delar av gråberget är sulfidhaltigt. I upplaget vid schakt 4 anges cirka 1300 ton av gråberget innehålla sulfider med en genomsnittlig Pb- och Zn-halt på 0,67 % respektive 0,38 %. För upplaget vid schakt 5 är motsvarande siffror 1400 ton, 1,5 % Pb och 0,14 % Zn. De sulfidförande partierna i gråbergssupplagen har inte kunnat lokaliseras. Det saknas uppgifter om svavel- och kalcithalter. (<i>Boliden, 1991</i>)
Driftstid	Okänt.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Okänt.
Efterbehandling	Gråbergssupplagen har enbart åtgärdats genom att överytan har utjämnats. Släntlutningen 1:1 erhöles vid utlastningen av gråberget och den bedömdes inte behöva åtgärdas. (<i>Boliden, 1991</i>)
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Sjömagasinet: 20 ha H-magasinet: 85 ha A-magasinet: 60 ha B-magasinet: 70 ha (<i>Boliden, 1991</i>)
Mängd	Sjömagasinet: 2 Mton H-magasinet: ca 25 Mton

	A–magasinet: ca 10 Mton B–magasinet: ca 11 Mton <i>(Boliden, 1991; Boliden, 2002)</i>
Avfallets egenskaper	En provtagning av sandmagasin gjord i början av 1980-talet visade att anrikningssanden i Laisvall har en svavelhalt lägre än 0,5 % och att förhållandet kalcit/svavel är cirka 5/1. Utav provtagningen konstaterades att sandmagasinen i Laisvall inte syns orsaka någon mera omfattande vittring. Metallhalter i anrikningssanden varierar mellan 0,24–0,39 % för Pb och 0,06–0,17 % för Zn. Metallerna förekommer i mineralen blyglans och zinkblände, två sulfidmineral som vittrar när de kommer i kontakt med syre men inte ger upphov till syraproduktion. <i>(Boliden, 1991)</i>
Drifttid	Sjömagasinet: 1943–1977 H–magasinet: 1977–2001 A–magasinet: 1952–1977 B–magasinet: 1952–1977 <i>(Boliden, 1991)</i>
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Sjömagasinet: 1976–1980 samt 2001–2009 H–magasinet: 2001–2009 A–magasinet: 1978–1983 samt 2001–2009 B–magasinet: 1978–1983 samt 2001–2009 <i>(Boliden, 1991)</i>
Efterbehandling	De tre äldre magasinerna efterbehandlades ursprungligen innan 1985 och åtgärder inkluderade då huvudsakligen gräsetablering. Nedan redogörs för den efterbehandling som skett efter gruvan togs ur drift 2001 och fram till efterbehandlingsarbetena vid sandmagasinen avslutades 2009. <u>Sjömagasinet</u> Förstärkning med gråberg vid ytvattenutflöden. Vid nedströmsdammen har släntkrönet schaktats in och getts en slänthlutning på 1:2,5. Områden som varit utsatta för vinderosion har påförts morän och rötat slam. Insådd av gräs har skett. <u>A–magasinet</u> Vid A–magasinet har utskovet av trä rivits och dammen har getts en slänthlutning på 1:3 genom att de övre delarna av dammvallen har omfördelats och flackats ut. Sandytan i magasinet har efterbehandlats med morän och rötat slam (totalt cirka 4 400 m³) i omgångar samt besåts med gräs. Mindre erosionsskador har åtgärdats. <u>B–magasinet</u> Vid B–magasinet har ytvattenutflöden där begynnande erosion konstaterats förstärkt med gråberg, och dammen har flackats ut till en slänthlutning på 1:2. <u>H–magasinet</u>

	Den vattenfyllda delen av magasinet har avsänkts och den befintliga spärrdammen mellan den sandtäckta och den vattenfyllda delen av magasinet har förlängts så att delarna helt avskilts från varandra. Ett stensatt utskov har anlagts för vattenavledning från magasinet. Slänten nedströms har täckts med 0,3 m morän och dammkrönet har tagits ner till samma nivå som sandytan i magasinet för att hindra att en fri vattenspegel uppstår emot dammen. Sandytan i magasinet har efterbehandlats i omgångar. I viss mån har delar av ytan täckts med morän och totalt har ca 10 000 m³ komposterad spillbark, ca 12 500 m³ rötat slam och ca 1 000 m³ komposterat slam använts på H-magasinet. Insådd av gräs har skett vid ett flertal tillfällen. 2004 upptäcktes en större erosionsskada på östra slänten vid H-magasinet till följd av att smältvatten runnit över dammkrönet. Skadan åtgärdades genom igenfyllning med morän och diverse åtgärder genomfördes för att minska risken för nya erosionsskador. (Boliden, 1991; Länsstyrelsen, 2000; Sweco, 2004; Länsstyrelsen, 2012; Boliden, 2010a; Boliden, 2010b; Boliden, 2016)
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Läckagevatten och ytvatten från magasinområdet samlas upp och avleds till recipienten Aisjaure via klarningsmagasin C (Saivastjärn) som fungerar som sedimentationsfälla för vattentransporterade mineralpartiklar. (Boliden, 2016)
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	<u>Sjömagasinet och A-magasinet</u> Båda magasinerna är avvattnade och porttrycksgradienter i nedströmsdammarna har bedömts vara så låga att dammkropparna inte längre behöver uppfylla de funktionskrav som normalt ställs på dammar. Både Sjömagasinet och A-magasinet dammkroppar bedöms vara stabila i ett långtidsperspektiv. (Boliden, 2000) <u>H-magasinet</u> Efter erosionsskadan 2004 gjordes en riskbedömning på dammslänten vid magasin H. Risken för framtida problem med regnerosion och erosion orsakat av flöde över dammkrönet bedömdes då vara stor. Ett antal åtgärder föreslogs för att reducera risken. Vid efterföljande tillsynsbesök har inga anmärkningsvärda brister i genomförda åtgärder funnits och tillsynsmyndigheten har konstaterat att inga nya erosionsskador har uppstått. (Sweco, 2004; Länsstyrelsen, 2009)
Övrigt	I klarningsmagasin C (Saivastjärn) sänktes vattennivån till nedre dämningssgräns efter avslutad drift, senare höjdes nivån något för att minska grumligheten. Delar av klarningsmagasinets nedströmsdamm har rivits och materialet använts för att läggas ut på de grundare delarna av magasinet.

Detta gjordes för att minska risken att svanar ska grumla upp sedimentet med höga metallhalter. Det pågår idag utredningar gällande fortsatta efterbehandlingsåtgärder i klarningsmagasin C (Saivastjärn). (Boliden, 2016)

Uppföljning och resultat

Miljökontroll

Laisvalls gruvområde övervakas genom ett kontrollprogram som idag omfattar 12 ytvattenprovpunkter. Laisansystemet och omgivningen kring gruvområdet provtas 1 gång per år och Aisjauresystemet provtas 4 gånger per år. Utgående vatten från klarningsmagasin C (Saivastjärn) som avbördar de stora sandmagasinen provtas 12 gånger per år. Vart femte år genomförs även ett omfattande recipientkontrollprogram i sjöarna Laisan och Aisjaure. Provtagningsdata från 2001 (när gruvan togs ur drift) fram till 2015 visar ingen egentlig skillnad i halter före och efter utförd efterbehandling. Eftersom den nedlagda gruvan har en fortsatt påverkan på omgivningen med förhöjda Pb- och Zn-halter kommer fortsatta åtgärder krävas. Den främsta påverkan kommer från klarningsmagasin C (Saivastjärn), där svanar vistas och grumlar upp bottensediment. Grumlingen leder till ett utläckage av vatten med förhöjda halter samt att svanarna får i sig kontaminerade sediment och vattenväxter. Boliden arbetar med att ta fram åtgärdsförslag till en lösning på problemet. (Boliden, 2016)

Resultat av utförd efterbehandling

I provpunkt LAPPC som avvattnar avrinningsområdet med sandmagasinen (utgående vatten från klarningsmagasin C) syns stora variationer i Pb- och Zn-halter sett över året. Pb varierar mellan enstaka µg/l till över 100 µg/l och för Zn är variationen mellan tiotals µg/l till över 1500 µg/l. Provtagningsdata från 2001 (när gruvan togs ur drift) fram till 2015 visar ingen egentlig skillnad i halter före och efter utförd efterbehandling. Eftersom den nedlagda gruvan har en fortsatt påverkan på omgivningen med förhöjda Pb- och Zn-halter kommer fortsatta åtgärder krävas. Den främsta påverkan kommer från klarningsmagasin C (Saivastjärn), där svanar vistas och grumlar upp bottensediment. Grumlingen leder till ett utläckage av vatten med förhöjda halter samt att svanarna får i sig kontaminerade sediment och vattenväxter. Boliden arbetar med att ta fram åtgärdsförslag till en lösning på problemet. (Boliden, 2016)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling

En efterbehandlingsplan togs fram 1991 och samråd skedde med tillsynsmyndigheten och Naturvårdsverket 1996. Enligt uppgift var den enda utredningen som genomfördes en utredning avseende påverkan på grundvattnet från sandmagasinen och ev. miljöeffekter p.g.a. vattenfyllning av underjordsgruvan. Med tanke på områdets komplexitet med flera sandmagasin, dock de äldre efterbehandlade innan 1985 kan det tyckas att underlaget varit något begränsat. Planeringen förefaller dock ha skett enligt den branschpraxis som då rådde.

Efterbehandlingsmetod	Underjordsgruvan vattenfylldes och schakt samt ingångar har gjutits igen, vilket är branschpraxis och en lämplig metod. I samband med brytningen i Laisvall har även ca 10 Mton anrikningssand återfyllts i gruvan. Gråbergssupplagen förefaller inte ha åtgärdats alls, vilket möjligen kan vara acceptabelt då utredningar från 80-talet visar att materialet är nettobuffrande. Det är oklart om eventuella geotekniska risker förekommer eller om tillräcklig hänsyn har tagits till sådana. Kvarvarande släntlutningar förefaller dock baserat på tillgängligt underlag vara något branta. Äldre utredningar visar att gråberget och anrikningssanden inte är syraproducerande men dock innehåller förhöjda halter av bly och zink, vilket torde utgöra direktexponeringsrisker samt att bly- och zinksulfider fortsatt kan vittra. Någon enhetlig efterbehandling förefaller dock inte ha skett av sandmagasinen. De äldre magasinerna efterbehandlades primärt med gräsetablering, vilket var vanligt vid den tiden. Åtgärderna har sedermera kompletterats med täckning av morän, rötslam och bark då åtgärderna inte verkat ha fungerat tillräckligt väl. Senaste kompletteringen skedde 2009 och utredningar förefaller pågå och ytterligare kompletterande åtgärder är inte otänkbara.
Uppföljande miljökontroll	Den miljökontroll som sker omfattar inte enbart gruvan utan även recipienterna. Provtagning sker i flera provpunkter. Till detta genomförs även ett omfattande recipientkontrollprogram vart femte år. Kontrollen omfattar även fysiska besök och inspektion av diken och vegetation. Programmet förefaller vara mer än godkänt och väl utformat. Detta visas inte minst av de korrigerande åtgärder och utredningar som genomförts på senare år.
Resultat	Framtagandet av efterbehandlingsplanen togs fram enligt dåvarande branschpraxis och godkändes av myndigheterna. Med tanke på områdets komplexitet är det dock tveksamt om planen till fullo fångade upp alla frågeställningar, och underlaget förefaller ha varit begränsat t.ex. avseende risker och geoteknik. Detta bekräftas även av att de åtgärder som ursprungligen föreslogs sedermera har fått kompletteras. Då de kvarvarande avfallen (gråberg och sandmagasin) förefaller vara nettoneutraliserande så verkar spridningen av metaller i de nedströms liggande recipienterna vara låga. En viss spridning av metaller sker dock från Saivastjärnen, möjligen p.g.a. grumling, vilket även medför risker avseende direktexponering. Kompletterande åtgärder är planerade. Baserat på de alla kompletterande åtgärder som krävts sedan nedläggningen 2001 så bedöms det ursprungliga resultatet av efterbehandlingen som tveksam. Området förefaller dock idag vara under kontroll p.g.a. det omfattande miljökontrollprogrammet, vilket kontinuerligt identifierar möjliga förbättringar. Den miljökontroll som sker av området är omfattande och väl fungerande.

Referenser

Boliden, 1991: Efterbehandling i Laisvall, förslag till efterbehandlingsplan

Boliden, 2000: PM Dammstabilitet i Laisvall (Sjömagasinet och Damm A)

Boliden, 2002: Redovisning av avvecklingsplan för magasin H vid Laisvallgruvan

Boliden, 2010a: Underrättelse om vidtagande av åtgärder för att begränsa grumling orsakad av svanar i Saivasjauretjärnarna vid Laisvallgruvans gamla klarningsmagasin.

Boliden, 2010b: Miljörapport för verksamhetsåret 2009 Laisvalls gruvområde

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Laisvalls gruvområde

Eniro, 2016: www.eniro.se

Länsstyrelsen, 1996: Beslut om fastställning av efterbehandlingsplan för anläggningarna i Laisvall

Länsstyrelsen, 2000: Anmälan om ändring av efterbehandlingsplan för Bolidens gruvverksamhet i Laisvall

Länsstyrelsen, 2001: Beslut om Redovisning av förfarandet vid avveckling av underjordsgruvan i Laisvall

Länsstyrelsen, 2009: Angående anmälan om erosionsskada på östra slänten på magasin H vid Laisvallgruvan

Länsstyrelsen, 2012: Anmälan om genomförda efterbehandlingsinsatser i Laisvallgruvan

Sweco, 2004: Laisvallgruvan: Erosionsskador på dammslänten vid magasin H: riskbedömning och åtgärder

Långsele

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, Zn, Ag och Au)	Län Västerbotten	Kommun Skellefteå
Anläggningsdelar Gruvområdet inrymmer två f.d. industriplaner, två igengjutna schakt, ett vattenfyllt dagbrott/rasområde och ett slutfyllt och täckt dagbrott.		
Efterbehandlingsmetod Två dagbrott/dagöppningar har fyllts med gråberg och anrikningssand. Ett av dagbrotten har sedan täckts och besåts, det andra dagbrottet/rasområdet är vattenfyllt.		
Platsspecifika förhållanden Brubäcken belägen ca 2 km öster om Långselegruvan, är primärrecipient och mynnar i Skellefteälvens vattensystem. Ytvatten från gruvområdet rinner via ett mindre dikes- och bäcksystem innan det når Brubäcken.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☒ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	Från underlag som använts för denna utvärdering ges uppfattningen att båda dagbrotten skulle återfyllas helt och sedan torrtäckas. Ett av dagbrottet (det där ett ras till underjordsgruvan skett) har inte återfyllts helt och är idag vattenfyllt, eftersom materialet i området inte räckt för att återfylla hela volymen.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Utforma området så att det varaktigt blir lämpligt för skogsbruk.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Det finns flera efterbehandlingsplaner för Långsele. Den första från 1987 då gruvan fortfarande var i drift innehåller förslag till principer för efterbehandling. I den beskrivs hur efterbehandlingsarbeten för vissa delområden utförts innan gruvan läggs ned. En efterbehandlingsplan från 1990 omnämns i underlag men har inte funnits tillgänglig för denna utvärdering. Slutligen har en komplettering till efterbehandlingsplanen från 1990 inlämnats av bolaget 1995. I den beskrivs förslag till komplettering för efterbehandling av dagbrottsöppningarna som återfyllts med anrikningssand.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Drifttid	1956–1991
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Återfyllning av gråberg och anrikningssand har skett successivt under gruvans sista år i drift.

Slutlig efterbehandling skedde 1995–1996.	
Efterbehandling	Ett dagbrott/dagöppning som har utökats genom ras har successivt återfyllts under gruvans drift. Gråberg från den närliggande gruvan i Långdal har använts, liksom gråberg från upplagen i Långsele. Gråberget har vid utförandet tryckts ned och placerats under den tänkta grundvattenytan. Då materialet i området inte räckt för att återfylla hela volymen har vattenfyllning skett och en 15 m djup dagbrottssjö bildats. Ett annat dagbrott/dagöppning har helt återfyllts med gråberg i botten och cyklonerad anrikningssand överst. Ytan täcktes ursprungligen med 0,5 m morän, men enligt beskrivna kompletteringar i efterbehandlingsplanen från 1995 har täckningen kompletterats upp till 1 m med 90 % packningsgrad. Detta eftersom hydrogeologiska undersökningar visat att anrikningssanden inte bedömdes ligga permanent under grundvattenytan. Industriplanen och ytor för tidigare upplag har täckts med avbaningsmassor och morän. Stora områden har gröngjorts genom industrisådd med gräs- och björkfrö. På senare tid har även lav spridits ut i området.
Kompletterande åtgärder	År 2000 anlades ett dike på industriområdet för att avleda bräddvatten från det vattenfyllda dagbrottet/dagöppningen. Ett antal år senare grävdes diket om och en moränvall anlades mellan industriområdet och de efterbehandlade dagbrotten/dagöppningarna. Moränvallen agerar som en vattendelare och vatten från dagbrotten/dagöppningarna avleds numera utan att passera industriområdet vars yta idag är en våtmark.
Hantering av läckagevatten	–
Övrigt	Anrikningsverk fanns inte vid Långsele utan Bolidens anrikningsverk användes vid anrikning. Anrikningssand kördes till Långsele i syfte att efterbehandlas. Anrikningssanden och allt gråberg som funnits på gruvområdet i Långsele har vid efterbehandlingen återförts till dagbrott/dagöppningar för deponering. Inga gråbergsupplag finns därmed kvar på området.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet omfattar uppföljning av vattenkvalitet i fyra ytvattenprovpunkter och sex grundvattenrör. Provtagning sker två gånger per år i maj och september. Bestämning sker av pH samt metaller och sulfat (totalhalter för ytvatten och lösta halter i grundvatten). Om sjön vid dagbrottet/rasområdet bräddar tas prov även där. Egenkontrollen omfattar även regelbunden tillsyn av området.
Resultat av utförd efterbehandling	Utgående vatten från gruvområdet innehåller höga halter av metaller. Framför allt är det halter av Zn som är förhöjda (1000–6000 µg/l). Flödet i diket är lågt och under stora delar av året är diket stillastående eller tomt. Vatten i

dagbrottet/rasområdet håller en relativt god kvalitet. Grundvattnet i samtliga rör innehåller höga metallhalter. I anslutning till dagbrottet/rasområdet syns skador på vegetationen.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	I samband med upprättande av efterbehandlingsplanen verkar en utredning omfattande jämförelser mellan olika efterbehandlingsstrategier ha genomförts. Denna har sedan utmynnat i en efterbehandlingsplan som sedermera uppdaterades 1995 då åtgärder slutligen genomfördes. Några konkreta mål med efterbehandlingen verkar inte ha ställs (vilket kan anses ha varit branschpraxis vid denna tidpunkt).
Efterbehandlingsmetod	De valda metoderna med återfyllning av gråberg (samt cyklonerad sand) i utbruten gruva och i dagbrott var branschpraxis vid tidpunkten. På grund av att gråberg inte bedömdes ligga under permanent grundvattenyta har den enkla moräntäckningen kompletterats med en 1 m mäktig täckning kompakterad till 90 %. Detta anses även det ha varit branschpraxis vid tidpunkten. I övrigt har ytvattenavrinning hanterats genom diken och anläggande av ytvattendelare.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontroll genomförs i fyra ytvattenpunkter och i sex grundvattenrör. Provtagning genomförs två gånger per år och om dagbrottssjön/rasområdet även det bräddar så tas vattenprov ut i denna punkt också. Miljökontrollen får anses vara fullt tillräcklig.
Resultat	Förhöjda utgående metallhalter påvisas fortfarande i områdets ytvattenprovtagning. Även grundvattenrören uppvisar höga metallhalter. Viss skada på vegetation kan även det påvisas i anslutning till dagbrott/rasområde och kompletteringar fick ske senast 2000. Vattnet i dagbrottet uppvisar dock en tämligen god vattenkvalitet. Sammantaget verkar åtgärder haft viss effekt.

Referenser

Boliden mineral, 1987: Långselegruvan Boliden mineral AB–Plan för efterbehandling

Boliden mineral, 1995: Efterbehandlingsplan Långselegruvan

Boliden mineral, 2016: Årsredovisning 2015 för Långselegruvan

Boliden, 2017: Personlig kontakt, granskning av underlag

Näsliden

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, Zn, Au)	Län Västerbotten	Kommun Malå
Anläggningsdelar Ett vattenfyllt dagbrott, en vattenfylld underjordsgruva med tre ventilationsschakt, en industriplan med sedimentationsbassänger för gruvvatten öster om dagbrottet och ett gråbergssupplag sydost om dagbrottet.		
Efterbehandlingsmetod Efterbehandlingsåtgärder på 1990-talet inkluderade att gråbergssupplaget täcktes med morän och slänter avrundades och besåddes med gräs. En del av gråberget deponerades i dagbrottet tillsammans med kalkslam. På senare tid har området stödvegeterats med rötslam och ytterligare gräs har såtts in. Dagbrottet har vattenfyllts och slänterna runt dagbrottet flackats av. Ventilationsschakten har gjutits igen med betong, likaså sandfickan. Gruvlaven revs på området och täcktes med morän. Svackor på industriområdet fylldes igen med morän. Ytterligare efterbehandling av Näsliden har skett de senaste åren. Industriplanen har selektivt schaktats och massor deponerats på gråbergssupplaget. Upplaget har torrtäckts på nytt med en s.k. kvalificerad torrtäckning bestående av ett tätskikt med morän och grönlutslam (GLS) och ett skyddsskikt av morän. pH-höjande passiva barriärer har anlagts som en extra säkerhet med buffrande effekt.		
Platsspecifika förhållanden Ytvatten från gruvområdet avvattnas österut via ett dike som mynnar i Slybäcken men även söderut via ett dike mot Mörttjärnen. 2011 grävdes ett nytt dike runt gråbergssupplaget för att bättre samla upp förorenat vatten. Ytvatten som tidigare gått till Mörttjärnen har därmed minskat i mängd. Slybäcken är därmed primärrecipient och mynnar i Skäppträskån tillhörande Skellefteälvens vattensystem.		

Inför Efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande åtgärds mål för efterbehandlingsplan 2013.</u> Ska uppnås 10 år efter utförd efterbehandling. Området ska vara säkert att vistas i. Halter i yt- och grundvatten som avleds från området ska inte innebära risk för nedströms recipienter. Halter i mark som inte hotar utveckling av skogs- och våtmarksekosystem som nya markanvändningsformer. Grundvattenhalter som inte ger negativa konsekvenser för djur- och växtliv i angränsande ekosystem. Efterbehandlat område ska passa in i skogs- myrmark dominerat landskap. <u>Funktionskrav på täckningen</u> De funktionskrav som satts för täckningen av gråbergssupplaget är: - Täckningsmaterialet ska bestå av långtidsbeständigt material (mer än 1000 år). Beständigheten ska vara vetenskapligt bevisad. - Täckningen ska släppa igenom högst 1 mol O₂/m²/ år.

- Tätskiktet ska aldrig ha lägre vattenmättnadsgrad än 85 %, över 90 % eftersträvas.
- Tjälskydd ovan tätskikt på minst 1,5 m.
- Ytskikt som möjliggör snabb växtetablering.

Mätbara åtgärds mål

- Ytvatten: Zn ska ej överskrida 60 µg/l, Cd ska ej överskrida 0,1 µg/l, Cu ska ej överskrida 45 µg/l, Ni ska ej överskrida 15 µg/l i provpunkt 3707 i Slybäcken (nedströms gråbergssupplaget) 5 år efter utförd efterbehandling.
- Grundvatten: Zn bör ej överskrida 2500 µg/l, Cd bör ej överskrida 9 µg/l och Cu bör ej överskrida 450 µg/l i grundvattenrör 4, 7 år efter utförd efterbehandling.
- Markkvalitet: enligt MKM

(Boliden, 2013)

Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift

☐ Ja ☒ Nej

Övrigt

Efterbehandlingsplanen godkändes 1987 och efterbehandling gjordes 1990. Observera att mål ovan gäller efterbehandlingsplan 2013 och ej den tidigare. Senare har flera mindre kompletteringar skett.

En miljöteknisk undersökning från 2012 visade att de fortsatta höga halterna metaller i yt- och grundvatten från Näslidengruvan huvudsakligen urlakas från sulfidhaltigt gråberg i delar av industriplanen och gråbergssupplaget. Ytterligare en efterbehandlingsplan, betydligt mer omfattande än den förra togs fram 2013 för fortsatta efterbehandlingsarbeten.

(Boliden, 2013)

Vid Näsliden pågår ett storskaligt forskningsförsök som leds av SP Processum i samarbete med Boliden och LTU (Luleå tekniska universitet) med flera. Syftet med projektet är att hitta ett reproducerbart sätt att blanda grönlutslam (GLS) med tillgänglig morän från närområdet, för att skapa ett vattenmättat tätskikt med tillräckligt låg permeabilitet.

(Boliden, 2014)

Gruva

Typ av verksamhet

☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva

Driftstid

1962–1989

Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder

1990 med flera kompletteringar under 2000-talet.
2015–2016 enligt ny efterbehandlingsplan.

Efterbehandling

På 1990-talet deponerades gråberg och kalkslam från reningsanläggningen i Rakkejaur i dagbrottet. Dagbrottet har sedan vattenfyllts och slänterna runt omkring flackats av. Ventilationsschakten har gjutits igen med betong, likaså sandfickan. Gruvlaven revs på området och täcktes med

	morän. Svackor på industriområdet fylldes igen med morän. Enligt den senare efterbehandlingsplanen har industriplanen selektivt schaktats och täckts med morän under 2015. De urschaktade massorna har deponerats på gråbergssupplaget och inkluderats i den nya kvalificerade torrtäckning som utförts 2016.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	Ca 4,1 ha
Mängd	Ca 350 000 m ³
Avfallets egenskaper	Gråberget som finns upplagt i gråbergssupplaget vid Näslidengruvan utgörs av potentiellt syrabildande gråberg. Syrabildningspotentialen (SP) överstiger neutraliseringspotentialen (NP), vilket resulterar i en negativ nettoneutraliseringspotential (NNP). Gråbergssupplaget innehåller sulfidhaltigt gråberg med metallhalter för arsenik, zink, koppar och kadmium, överstigandes Naturvårdsverket riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM), och är en källa för metaller i recipienten. Gällande zink överskrider riktvärdet på endast en analys i ett borrhål. För metallerna bly och nickel ligger halterna under riktvärdet. (Boliden, 2013)
Driftstid	1962–1989
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1990 med flera kompletteringar under 2000-talet. 2015–2016 enligt ny efterbehandlingsplan.
Efterbehandling	1990 efterbehandlades gråbergssupplaget genom att slänterna avjämnades (1:3) och hela upplaget täcktes med 0,3 m morän hämtad från en moräntäkt i anslutning till gruvområdet. Området har sedan såtts in med gräsfröblandning och gödslats med handelsgödsel i omgångar. Området har även planterats med tallplantor. Någon vegetation etablerades dock inte på området. Mindre kompletteringar har sedan skett 2006 och 2011, se nedan. 2016 startade torrtäckning av gråbergssupplaget på nytt med en s.k. kvalificerad torrtäckning. Täckningen består av två på varandra packade 0,25 m tjocka tätskikt bestående av morän inblandat med grönlutslam (GLS), och ovanpå det ett 1,8 m tjockt skyddsskikt av opackad morän. På ytan anläggs ett vegetationslager av slam som harvas in i moränen och ytan sås in. En stödgärd i form av en pH-höjande passiv barriär vid släntfoten har anlagts som en extra säkerhet med buffrande effekt. Täckningen pågår fortfarande. (Boliden, 2013, Boliden, 2017)

Kompletterande åtgärder	2006 las rötslam ut på plana ytor på gråbergsupplaget för att öka växtetableringen. Totalt las 7000 ton rötslam ut på området i ett skikt med tjockleken 10–15 cm. Ytorna såddes in och gråbergupplaget har idag ett tjockt växtskikt med gräs. 2011 grävdes ett nytt dike runt gråbergsupplaget för att bättre samla upp förorenat vatten. Ytvatten som tidigare gått till Mörttjärnen har därmed minskat i mängd.
Hantering av läckagevatten	Från och med 2012 så sker vattenrening av läckagevatten från gråbergsupplaget under sommarhalvåret i en mobil vattenreningsanläggning. Vattenreningen bygger på en justering av pH till drygt 9,5 med 25 w % NaOH i syfte att fälla främst koppar, kadmium och zink.
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Kontrollprogrammet omfattar provtagning av ytvatten på 13 platser kring gruvan. 6 av dessa provtas 3 gånger om året, resterande 7 provtas 2 gånger om året. Uppföljning av vattenkvalitet i recipienten sker både uppströms och nedströms gruvområdet. I kontrollprogrammet ingår också provtagning i 13 grundvattenrör. (Boliden, 2016)
Resultat av utförd efterbehandling	Läckagevatten från gråbergsupplaget genererar ett lågt pH (normalt kring 3) och tydligt förhöjda metallhalter i diket nedströms (provpunkt 3706). Eftersom täckningen av upplaget inte varit tillräckligt bra har bolaget 2016 genomfört en kompletterande täckning och andra åtgärder inom gruvområdet. De uppsatta övergripande och mätbara åtgärds målen kommer inte att utvärderas förrän på 2020-talet så det är för tidigt att utvärdera om den nya efterbehandlingen gett effekt. Vattenreningen som varit i drift sedan 2012 har påverkat nedströms liggande provpunkter på ett positivt sätt. I andra nedströms liggande provpunkter (Skepträskån och Malån) syns ingen tydlig påverkan av Näslidengruvan.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	I den ursprungliga efterbehandlingsplanen saknades mål för efterbehandlingsarbetet samt utredningar för hur efterbehandlingen skulle genomföras samt vilka konsekvenser åtgärderna skulle ha. Den planering som fanns visades vara otillräcklig varför ett antal kompletteringar har genomförts samt en ny efterbehandlingsplan tagits fram 2013. I denna finns tydligt uppställda mål samt en mer kvalificerad metod för efterbehandling.
Efterbehandlingsmetod	De efterbehandlingsmetoder som ursprungligen genomförts var en enkel moräntäckning, delvis återfyllning i dagbrott med gråberg och kalkslam samt utläggande av morän och sådd av morän på industriområde. Metoderna får anses vara

	branschtypiska för de efterbehandlingar som genomfördes i början av 1990-talet. I den nya efterbehandlingsplanen är kvalificerad täckning den huvudsakliga metoden. Materialvalet till den kvalificerade täckningen är relativt oprövat och är en del av ett forskningsprojekt. Väl specificerade mål med tätskiktet finns men det är oklart om uppföljning av dessa utförs (inom ramen för forskningsprojektet).
Uppföljande miljökontroll	Miljökontroll genomförs i ytvatten och i grundvattenrör. Mål finns för efterbehandlingen både i ytvatten och i grundvatten. Kontrollen anses vara tillräckligt.
Resultat	Den efterbehandling som genomfördes på 1990-talet visade sig vara otillräcklig. Efter vissa kompletterande åtgärder på 2000-talet har en ny efterbehandlingsplan tagits fram och området efterbehandlats på nytt. Eftersom åtgärds mål först skall uppfyllas på 2020-talet är det för tidigt att säga om de nya efterbehandlingsåtgärderna har gett avsedd effekt.

Referenser

Boliden, 2013: Efterbehandlingsplan Näsliden

Boliden, 2014: Information avseende förändrad tidplan för efterbehandlingen av Näslidengruvan

Boliden, 2015: Anmälan angående mindre ändring i efterbehandlingsplan för Näslidengruvan samt beskrivning av utförande av efterbehandling i Näsliden.

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Näslidengruvan

Pahtohavare

Typ av gruva Sulfid- och oxidmalm (Cu)	Län Norrbotten	Kommun Kiruna
Anläggningsdelar Två dagbrott och ett gråbergsupplag.		
Efterbehandlingsmetod Ett dagbrott har delvis återfyllts med gråberg och sedan vattenfyllts, medan det andra vattenfylldes direkt. Båda dagbrotten är instängslade. Gråbergsupplaget har torrtäckts med 0,5–1,0 m morän och planering av träd/buskar har utförts.		
Platsspecifika förhållanden Området dräneras till Pahtohajoki och därefter vidare till Mettä Rakkurijärvi, del av Kalixälvens avrinningsområde.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Finns inga uppgifter om åtgärds mål.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Åtgärder i Pahtohavare har följt den efterbehandlingsplan som togs fram 1993. Området och åtgärderna har besiktigats 1998, 1999, 2001 och 2004 av tillsynsmyndigheten och då framkom inga synpunkter på behov av ytterligare åtgärder.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☐ Underjordsgruva
Driftstid	1989–1997
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1997–1998
Efterbehandling	Det södra dagbrottet har vattenfyllts. Ett stensatt utloppsdike grävdes i dammvallen för att släppa ut bräddvatten till Pahtajoki. Östra och södra kanten mot dagbrottet har avrundats till en mjukare form och yttersidan av vallen är avsläntad. Dagbrottet har omgärdats med ett industristängsel som endast är öppet mot söder. Det sydöstra dagbrottet återfylldes så långt det gick med gråberg till anslutande terränghöjd och täcktes sedan med 0,5 m morän. Den del av dagbrottet som inte fylldes med gråberg har vattenfyllts. Dagbrottet har sedan helt omgärdats med industristängsel. (Viscaria AB, 1998)

Kompletterande åtgärder	Det finns inga uppgifter om kompletterande åtgärder.
Hantering av läckagevatten	Det pågår ingen rening av läckagevatten från gruvområdet.

Gråbergssupplag/avfallssupplag

Yta	Uppgift saknas.
Mängd	Uppgift saknas.
Avfallets egenskaper	Uppgift saknas.
Driftstid	1989–1997
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1997–1998
Efterbehandling	Gråbergssupplaget har avrundats till naturliga former, större block har avlägsnats och håligheter fyllts igen. Ytan har sedan täckts med 0,5–1,0 m morän. Släntkrön och släntfötter har avrundats mjukt och tillförts morän. Skärmdiken har anlagts för att minska tillförseln av ytvatten. 30 st. stycken träd/buskar har planterats på gråbergssupplaget. Massor från malmupplaget har lagts upp mot släntfoten på gråbergssupplagets östra del och sedan täckts med 1,0 m morän. Ytan där malmupplaget låg har också täckts med 1,0 m morän. (Viscaria AB, 1998)
Kompletterande åtgärder	Det finns inga uppgifter om kompletterande åtgärder.
Hantering av läckagevatten	Det pågår ingen rening av läckagevatten från gråbergssupplaget.
Geotekniska risker	

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	1997 upprättades ett miljökontrollprogram för området efter avslutad drift. Programmet omfattade 2 ytvattenprovpunkter och provtagningsfrekvensen var 6 provtagningar per år. I enlighet med kontrollprogram och överrenskommelse med tillsynsmyndigheten har ingen provtagning i Pahtohavare utförts sedan 2004. (Viscaria AB, 1997: Viscaria AB, 2005)
Resultat av utförd efterbehandling	Vid en jämförelse av pH uppströms (provpunkt VVA10) och nedströms (provpunkt VVA11) gruvområdet för åren innan gruvdrift påbörjades (1981–1988) och efter den avslutades (1997–2002) syns inga tecken på negativ påverkan i vattendraget. pH har i båda punkterna varierat kring 7 både före och efter gruvdrift. I den nedströms liggande provpunkten har provtagningen efter driften upphörde visat på stigande halter av vittringsprodukter som sulfat och spårelement. Då halterna emellertid fortsatt är att betrakta som låga och karbonatinnehållet mer än väl

buffrar syrabildning så konstateras det att eventuella försurningseffekter av den pågående sulfidvittringen inte är att vänta.
(Viscaria AB, 2003)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En efterbehandlingsplan togs fram 1993. Några uppgifter på att särskilda utredningar genomfördes inför planeringen finns inte och det förutsätts att planen togs fram enligt branschpraxis.
Efterbehandlingsmetod	Området efterbehandlades genom att gruvorna vattenfylldes. Det södra dagbrottet fylldes även igen med gråberg och täcktes med morän. Kvarvarande gråbergsupplag har täckts med morän (0,5– 1 m). De valda metoderna får anses ha varit branschpraxis och utformade enligt områdets karaktär.
Uppföljande miljökontroll	Ett miljökontrollprogram omfattande ytvattenprovtagning ett antal tillfällen per år fanns mellan 1997–2002 då programmet avslutades efter överenskommelse med tillsynsmyndigheten.
Resultat	Efterbehandlingen har besiktats av myndigheterna vid ett antal tillfällen, sist 2004, utan anmärkning. Det nu avslutade miljökontrollprogrammet har även visat att ingen skillnad funnits mellan pH före och efter gruvdriften. I den nedströms liggande punkten har dock halterna av spårelement och sulfat varit något förhöjda dock låga. Sammanfattningsvis har efterbehandlingsåtgärderna gett avsedd effekt.

Referenser

Viscaria AB, 1997: Kontrollprogram för Viscaria och Pahtohavare gruvområden efter avslutad drift

Viscaria AB, 1998: Miljörapport 1997

Viscaria AB, 2003: Miljörapport 2002

Viscaria AB, 2005: Miljörapport 2004

RAKKEJAURGRUVAN

Typ av gruva Sulfidmalm, (Cu, Ag, Zn, Au)	Län Västerbotten	Kommun Malå
Anläggningsdelar Ett dagbrott, ett 320 meter djupt gruvschakt, gråbergs- och malmupplag, diken och ett kemiskt reningsverk med tillhörande bassänger.		
Efterbehandlingsmetod Deponering av gråberg och vittrat material i dagbrottet som sedan täckts med en kvalificerad torrtäckning. Underjordsgruvan har vattenfyllts och schaktöppningen förseglats. Malm- och gråbergsupplag har täckts med kvalificerad täckning. Två biologiska barriärer har byggts och myrområdet i utströmningsområdet har täckts.		
Platsspecifika förhållanden Recipient till gruvan är Skäppträskån som rinner ut i Malån som mynnar Skellefteälven.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande mål</u> Målen med efterbehandlingen var att minska uttransport av metaller till en "acceptabel halt", undanröja behovet av vattenrening, inte försvåra en eventuell framtida brytning och forma området till att smälta in i omgivande landskap. Bolaget ska vidta lämpliga åtgärder i syfte att förhindra att renar kan komma ned i dagbrottet. (Länsstyrelsen, 2001)
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	En efterbehandlingsplan för Rakkejaur las fram av bolaget 1998. Ett flertal ändringar och kompletteringar i efterbehandlingsplanen gjorde att det tog 4 år innan planen godkändes av tillsynsmyndigheten och arbetet kunde starta. Tillsynsmyndigheten har i och med ett tillsynsprojekt konstaterat att: "Det är tydligt att alla frågor rörande efterbehandlingen inte var avgjorda i den ursprungliga planen från 1998 utan hanterats i relativt stor utsträckning via kompletteringar". Fokus i efterbehandlingsplanen har varit att minska metalltransporter till recipienten Skäppträskån. Myrområdet i flödesriktning har en separat efterbehandlingsplan. I Rakkejaur gick det lång tid mellan att driften i gruvan upphörde och slutlig efterbehandling utfördes. Det gick nästan 30 år med endast partiella och tillfälliga efterbehandlingsåtgärder i området.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	Tidiga brytningar redan 1927. Ett schakt på 300 m upprättades 1938–1942. Den huvudsakliga gruvdriften skedde i dagbrott 1966–1970. Provbrytning skedde under 1985–1991.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Efterbehandlingsåtgärder har utförts i omgångar under drift med slutlig efterbehandling 2002–2005.
Efterbehandling	Vid den slutliga efterbehandlingen fick det delvis vattenfyllda dagbrottet läns pumpas och kalkas. Sedan deponerades massor från malmupplag och gråbergsupplag i dagbrottet tillsammans med jordavrymningsmassor, smittad morän och betong från rivna anläggningsdelar. Ytan täcktes sedan med geotextil, geonät och morän för att öka bärigheten tillräckligt för att kunna genomföra slutlig torrtäckning. Problem med bärigheten kvarstod och täckningsarbeten kunde inte genomföras förrän efter avvattning då det igenfyllda dagbrottet slutligen täcktes med ett tätskikt av rötat slam och ett skyddsskikt av morän. Underjordsgruvan har förseglats med ett kraftigt betongfundament och sedan vattenfyllets. Industriplanen kalkades med 5 kg/m ² och täcktes sedan med 0,3 m osorterad morän. Ett myrområde nedströms industriplan och dagbrott användes under drift som filter för avrinnande yt- och grundvatten. Torven i myren fungerade som katjonbytare och fastlade metaller mycket effektivt. Myren efterbehandlades genom att täckas med 0,3 m bark inblandat med rötat avloppsslam. Därefter täcktes myren med 0,5 m morän och 5 cm krossad kalksten. Biologiska barriärer installerades på gruvområdet, en vid dagbrottet och en vid myrområdet. Barriärerna bestod av ett genomsläppligt grövre material blandat med rötslam och kalksten.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Ett reningsverk var i drift fram till 2004, idag sker ingen hantering av läckagevatten annat än avledning via diken.

Gråbergsupplag/avfallsupplag

Yta	Gråberg: ca 17 000 m ² Malmupplag: ca 28 000 m ²
Mängd	Gråberg: ca 27 500 m ³ Malmupplag: okänt
Avfallets egenskaper	Inga analyser är gjorda på gråberget. Malmmineral utgörs främst av pyrit, men även växlande mängder zinkblände, arsenikkis, magnetkis, kopparkis och mindre mängder blyglans.
Driftstid	1927–1991. De största mängderna uppstod vid brytning i dagbrott 1966–1970.

Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Efterbehandlingsåtgärder har utförts i omgångar under drift med slutlig efterbehandling 2002–2005.
Efterbehandling	Vid den slutliga efterbehandlingen täcktes resterande massor i malm- och gråbergsupplagen med en kvalificerad torrtäckning och släntades av. Den kvalificerade täckningen bestod av ett tätskikt med rötslam och mesakalk, ett skyddsskikt med 1 m osorterad morän och ett växtetableringsskikt av slam och bark. Då myren under gråbergshögen visar sig ha för lågt pH-värde beslutas om myrutgrävning mellan 2002–2003. 23 185m ³ grävs ut och en konstgjord sjö uppförs. (NTG (Kund: Boliden), 2002–2003)
Kompletterande åtgärder	2005 kompletterades en del erosionsskador och växtetablering av gräs utfördes.
Hantering av läckagevatten	Ett reningsverk var i drift fram till 2004, idag sker ingen hantering av läckagevatten annat än avledning via diken.
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet omfattar vattenprovtagning i recipienten Skäppträskån uppströms och nedströms gruvområdet samt i det dike som avleder vatten från gruvområdet till ån. Recipienten provtas varje kvartal medan diket provtas varje månad. Uppföljning av vattenkvalitet sker även i 10 grundvattenrör som installerats på området. Bestämning sker av pH, konduktivitet, metallhalter och sulfat (totalhalter för ytvatten och lösta halter för grundvatten). Egenkontrollen omfattar även regelbunden tillsyn av området.
Resultat av utförd efterbehandling	Efter den slutliga efterbehandlingen har den totala ytvattentransporten av metaller (Al, As, Cd, Cu, Ni, Pb och Zn) ut från gruvområdet minskat från 3500 kg/år (2004) till 159 kg/år (2015). Zn står för en stor majoritet av metalltransporterna. Zn, Cd och Cu halter är fortsatt förhöjda men en minskande trend finns. Grundvattnet inom området uppvisar fortfarande höga halter Zn och Ni, men en tydlig nedgående trend finns. Grundvattnet är ett återstående problem där mer utredning krävs för att kunna beskriva problembilden och eventuellt föreslå åtgärder (<i>Länsstyrelsen 2012</i>) Enligt bolagets årsredovisning är skillnaden i metallhalter i recipienten uppströms och nedströms gruvområdet små.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En lång tid förflöt mellan nedläggningen av gruvan och faktisk efterbehandling. Efterbehandlingsplanen lämnades in 1998 och kompletterades efter synpunkter från tillsynsmyndigheten. Med tanke på tillsynsmyndighetens kommentar " <i>Det är tydligt att alla frågor rörande efterbehandlingen inte var avgjorda i den ursprungliga planen från 1998 utan hanterats i relativt stor utsträckning via kompletteringar</i> " så bedöms den ursprungliga
--	--

	planeringen ha varit otillräcklig.
Efterbehandlingsmetod	Det kvarvarande materialet d.v.s. gråberget deponerades i dagbrottet som sedan täcktes med en kvalificerad torrtäckning. Underjordsgruvan är vattenfylld och schaktöppningen förseglats. Kvarvarande malm- och gråbergssupplag har släntats av och täckts med en kvalificerad täckning. Två biologiska barriärer har byggts och myrområdet i utströmningsområdet har täckts. De kvalificerade täckningarna har bestått av ett tätskikt bestående av rötslam och mesakalk. Liknande täckningar har använts i andra projekt och får sålunda anses vara en del i branschpraxis.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontrollen omfattar idag främst vattenprovtagning i recipient och utsläppspunkt, dock förefaller uppföljande mätningar på tätskiktets funktion och beständighet saknas, vilket med tanke på tätskiktets utformning kan vara lämpligt.
Resultat	Resultaten från miljökontrollen visar att utsläppta mängder har minskat kraftigt (<95 %) och att halterna i recipienten inte skiljer sig nämnvärt från uppströmspunkt till nedströmspunkt. Ur den synvinkeln samt att det tidigare krävdes aktiv rening (fram till 2004) så bedöms efterbehandlingen ha gett avsedd effekt. Dock kvarstår höga, men minskande, halter i grundvattnet.

Referenser

Boliden, 1998: Efterbehandlingsplan för Rakkejaurgruvan

Boliden, 1998: Kompletteringar till efterbehandlingsplan Rakkejaurgruvan

Boliden, 2009: Årsredovisning Rakkejaur 2008

Boliden, 2010: Årsredovisning Rakkejaur 2009

Boliden, 2016: Årsredovisning Rakkejaur 2015

Länsstyrelsen Västerbotten, 2012: Tillsynsprojekt–efterbehandling av sulfidmalmsgruvor.

Länsstyrelsen Västerbotten, 2001: Föreläggande avseende efterbehandling vid Rakkejaurgruvan

NTG, 2002: Kvalitetsplan Rakkejaurgruvan, Efterbehandling 2002–2003

Ranstadsverket

Typ av gruva Alunskiffer (U)	Län Västra Götaland	Kommun Skövde och Falköping
Anläggningsdelar En numera vattenfylld dagbrottssjö (Tranebärssjön) där brytningen av alunskiffer skedde, lakrestområdet där skifferrester från uranutvinningen deponerades samt själva industriområdet med byggnader.		
Efterbehandlingsmetod Delvis återfyllt och sedan vattenfyllt dagbrott, tätning och torrtäckning av lakrestområdet, behandling av lakvatten samt rivning av ett antal installationer och byggnader inom industriområdet.		
Platsspecifika förhållanden Närrecipienter är Marbäcken och Pösan. Marbäcken rinner ut i Pösan nedströms. Pösan rinner via Slafsan slutligen ut i Hornborgarån och Hornborgarsjön. Kalkberggrund gör att pH och alkalinitet är relativt höga i hela regionen. Pösan är något jordbrukspåverkad.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande åtgärds mål</u> - Minimera läckaget av föroreningar till miljön. - Anpassning till de naturliga hydrologiska förhållandena. - Avloppsvattenrening, pumpning och annat underhåll onödiggör. - Åtgärderna ska ha en varaktighet som ska mätas i sekler. - Såväl dagbrotts- som lakrestområdet anpassas till naturmiljön (naturlig vegetation på lakrestområdet och allemansrätten skulle gälla).

(Mifoblankett, 2003)

Mätbara miljö kvalitetsmål

Tillsynsmyndigheten har beslutat om följande miljö kvalitetsmål för utsläpp av läckagevatten från gruvavfallet till recipienten Marbäcken:

- As och Co: 2 µg/l årsmedelvärde och 4 µg/l maxvärde
- Cd: 0,1 µg/l maxvärde
- Cr: 1,5 µg/l årsmedelvärde och 3 µg/l maxvärde
- Fe: 1000 µg/l årsmedelvärde och 2000 µg/l maxvärde
- Ni: 10 µg/l årsmedelvärde och 20 µg/l maxvärde
- Pb: 0,7 µg/l årsmedelvärde och 1,5 µg/l maxvärde

- U: 11 µg/l årsmedelvärde och 22 µg/l maxvärde
- Zn: 8 µg/l årsmedelvärde och 16 µg/l maxvärde

(Länsstyrelsen Västra Götaland, 1997)

Mätbart åtgärds mål lakrestdeponin

Krav på täckningen att endast 10–15 % av nederbörd skulle tränga ner till lakrester (motsvaras av en hydraulisk konduktivitet på 5×10^{-9} m/s i tätskiktet).

(Naturvårdsverket, 2002)

Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift

☒ Ja ☐ Nej

Lakvatten från avfallssanden har kontinuerligt samlats upp och behandlats i en neutraliseringsanläggning under drift. Avfallssanden var delvis täckt med ett tunt lager morän under 1970-talet. (Brodd, P, 2004)
Redan när brytningen inleddes uppstod problem med hantering av restprodukter i form av skifferlakrester och slam från neutralisering av laklösningar. 1970 inleddes därför försök som syftade till att studera vittring av lakrester. Parallellt startade försök med olika deponeringstekniker i gropar på lakrestområdet. (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2011)

Övrigt

Ranstadsverket ägdes av AB Atomenergi där större delen ägdes av staten och merparten av pengarna kom från staten. Där utvanns under en kort period uran ur alunskiffer. Anläggningen byggdes för att Sverige skulle kunna vara självförsörjande på uran, men det gick inte att få lönsamhet i brytningen. 1990 beslutade tillsynsmyndigheten om en efterbehandlingsplan för Ranstadsverket.

Gruva

Typ av verksamhet

☒ Dagbrott ☐ Underjordsgruva

Driftstid

1965–1969 samt FoU verksamhet 1969–1987

Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder

1990–1993

Efterbehandling

Det gamla dagbrottet fylldes delvis med skifferrester som täcktes med morän. Därefter vattenfylldes dagbrottet mellan hösten 1991 och våren 1993 genom naturlig infiltration av grundvatten. Dagbrottssjön fick namnet Tranebärssjön.

Kompletterande åtgärder

–

Hantering av läckagevatten

Från dagbrottssjön (Tranebärssjön) började vatten brädda över våren 1993. Det bräddade vattnet har hela tiden släppts ut orenat (Länsstyrelsen, 2017)

Övrigt

Under de 30 år som dagbrottet pumpades torrt bildades ett influensområde på ca 3 km². I detta område var skiffret utsatt för vittring och när grundvattenytan höjdes tvättades dessa vittringsprodukter ut och bottenvattnet innehåller därför relativt höga halter av metaller sommartid när sjön är skiktat. Höst och vår brukar sjön cirkulera vilket har medfört att hela

sjön blivit rostfärgat. Fenomenet har dock avtagit under senare år.
(Naturvårdsverket, 2002, Länsstyrelsen, 2017)

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	250 000 m ²
Mängd	Ca 1 miljon m ³ (lakrest)
Avfallets egenskaper	Avfallet består till största del av lerliknande material av krossad alunskiffer. Alunskiffret har likande egenskaper som sulfidmalm med höga halter pyrit. (Brodd, P, 2004)
Driftstid	1965–1969 samt FoU verksamhet 1969–1987 Det är oklart om restprodukter deponerades under tidsperioden då FoU pågick.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1970 Delvis täckning med ett tunt lager morän. 1990–1993 Kvalificerad torrtäckning.
Efterbehandling	Lakresterna har täckts med en kvalificerad torrtäckning med funktionskravet att endast 10–15 % av nederbörden skulle tränga ner till avfallssanden (motsvarande en hydraulisk konduktivitet på 5×10^{-9} m/s för tätskiktet). Täckningen är utformad enligt följande: - 0,2 m tjockt tätskikt av lera, - 0,2 m tjockt dräneringsskikt (tjockkalksten), - 1,2 m tjockt skyddsskikt av morän, - vegetationsskikt av matjord. Täckningen har sedan vegeterats med gräs och örter och plantering har utförts med huvudsakligen björk och gran. (Naturvårdsverket, 2002) Vid genomförandet av efterbehandlingsarbetena skedde strikta kvalitetskontroller av tätskiktets funktion genom laboratorie- och fältstudier av parametrar som packningsgrad, vattenhalt och finpartikelfraktion. (OECD, 1999)
Kompletterande åtgärder	Efterbehandlingsåtgärderna av gruvavfallområdet och det läckagevatten som läcker ut från gruvavfallet har krävt kompletterade åtgärder, i form av ändring av flöden och vattennivåer i omgivande diken, vilket nödvändiggjort nya detaljbeslut från tillsynsmyndigheten. (Mifoblankett, 2003)
Hantering av läckagevatten	De täckta lakresterna dräneras med diken och läckagevattnet transporterades sedan till ett kalkfällningsverk för rening. Reningsverket och tillhörande sedimentationsbassäng anlades 1996. Kalkfällningsverket renade läckagevatten från gruvavfallsområdet fram till 2005 då miljömålen för halterna vid utflödet till Marbäcken konstaterades vara uppfyllda. (Naturvårdsverket, 2002; Mifoblankett, 2003; WSP, 2005)

Geotekniska risker

Att täckningen inte är beständig över tid.

Uppföljning och resultat**Miljökontroll**

Miljökontroller har skett vid Ranstadsverken sedan 1960-talet. (WSP, 2005)

1993 utformades ett omfattande kontrollprogram (KP1) för dagbrottssjön och lakrestdeponin. Programmet har reviderats ett flertal gånger men har bibehållit samma struktur och lokala miljömål som använts för utvärdering. Under 2005 genomfördes en total genomgång av all data med syfte att beskriva tidstrender, geokemiska processer och bedöma risker för människors hälsa och miljö. Efter utredningen togs ett nytt kontrollprogram (KP2) fram som gäller från och med 2007. Någon ändring av kontrollprogrammet har därefter inte skett, förutom att en vattenföringsmätstation har tagits bort under 2017 för att minska framtida skötselbehov.

Syftet med KP1 var att:

- kontrollera tätskiktet på lakrestdeponin
- bedöma lakrestdeponins påverkan på yt- och grundvatten, samt
- bedöma dagbrottssjöns påverkan på ytvattenkvaliteten.

Kontrollprogrammet genomfördes bland annat genom uppföljning av halter svavel och metaller i ett antal ytvattenprovpunkter (såsom en referenspunkt, nedströms lakrestdeponin, vid ytan, botten och utloppet i dagbrottssjön), uppföljning av halter svavel och metaller i grundvattenrör och dricksvattenbrunnar, kontroll av tätskiktets funktion i grundvattenrör och lysimetrar, samt mätning av pH i lakrestdeponin. Provfiske och kontroll av bottenfauna ingick i kontrollprogrammet vart tredje år. Ett lokalt miljömål för ytvatten fanns i KP1 utformat för en provpunkt, för övriga provpunkter saknades mål och därmed också direktiv för hur data skulle tolkas och utvärderas.

Syftet med KP2 är att utgå från de skyddsobjekt där risk föreligger och att kontrollera att miljötillståndet vid dessa skyddsobjekt inte systematiskt och långsiktigt försämras. (Naturvårdsverket, 2002; Naturvårdsverket, 2008; Studsvik report, 1994)

Resultat av utförd efterbehandling**Dagbrottssjön**

En utvärdering från 2005 av miljödata från egenkontrollprogram KP1 konstaterar att Tranebärssjön uppvisar höga halter av vissa metaller, särskilt i bottenvattnet, till följd av vittring av alunskiffer och restprodukter i avrinningsområdet. Metalltillförseln sker framförallt i sjöns djupare delar.

Halter av Ni och Co kan användas som markörer för pyritvittringens intensitet och de uppvisar en signifikant

minskande trend under perioden 1993–2003 vilket indikerar att pyritvittringen i dräneringsområdet minskar med en halveringstid om ca 3–4 år. Halter av U uppvisar ingen signifikant trend under perioden 1996–2003.

Dagbrottssjön bidrar till ett signifikant tillskott av framförallt U och Ni till ytvattenrecipienten Pösan. Påverkansområdet bedöms dock vara begränsat och en betydligt mindre påverkan syns i Hornborgaån nedströms Pösan. (WSP, 2005)

Enligt Naturvårdsverket (2002) ser man problem med att vattenfyllning ett dagbrott med utlakning av vittrade produkter som bildats under drift.

2015 beräknades utsläppet av uran via Tranebärssjöns utlopp vara ca 72 kg. Det kan jämföras med transporten av uran till Hornborgarsjön via Hornborgarån som 2011 beräknades till 1800 kg. Sedan Tranebärssjön började brädda över har utsläppen av metaller minskat. Uranutsläppet minskar dock i ganska långsam takt men det går hela tiden åt rätt håll (Länsstyrelsen, 2017).

Lakrestdeponin

Från 1993 till 1995, d.v.s. åren efter avslutad täckning av lakrestdeponin, syns en stigning i pH-värde. Därefter från 1995–1999 ser man en stabilisering av pH-värdet i deponin kring 6–7.

Halter av metaller nedströms lakrestdeponin minskar från 1993 till 1999, men var fortsatt höga.

(Naturvårdsverket, 2002)

Utvärderingen från 2005 konstaterade att lakrestdeponin bidrog till ett litet men signifikant tillskott av U till recipienten Marbäcken. Lakrestområdets påverkan på recipienterna bedömdes vara avsevärt mindre än den från dagbrottssjön. De lokala miljömål som definierats för ett antal metaller vid utflödet till Marbäcken konstaterades vid utvärderingen 2005 vara uppfyllda från och med år 1998. Kalkfällningsverket som renat läckagevatten från gruvavfallsområdet las därmed ned. (WSP, 2005; Mifoblankett, 2003)

Utsläppet av uran till Marbäcken, dvs. läckaget från lakrestdeponin, beräknades 2015 till 4,6 kg (Länsstyrelsen, 2017).

Täckningen av lakrestdeponin har i överlag gett gott resultat. Nedan sammanfattas några av erfarenheterna från efterbehandlingen av lakresterna i Ranstad:

- På en del håll har växtetablering varit dålig vilket kan bero på varierande kvalitet i växtjordstäcket.
 - Tätskiktets funktion motsvarar förväntningarna, beräkningar/mätningar visar hydraulisk konduktivitet på $2-3 \times 10^{-9}$ m/s.
 - Trots ett effektivt tätskikt har lakvattenmängderna varit större än förväntat vilket troligen kan förklaras med att torv- och gyttjelager under lakresten pressats ihop och blivit svårgenomträngliga vilket medför att
-

	lakvatten ansamlats i lågpunkter på torv- och gyttjelagren.
	- För samtliga metaller har halter i recipienten legat under kriterier i miljömålen sedan 1998 och miljömålen i sin helhet bedöms uppfyllda år 2000.
	(Kemakta, 2010)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Valet av metoder för efterbehandling anses vara tidstypiska. Liksom för andra efterbehandlingar fram till och med (och oftast efter också) så har man utgått från områdets naturliga förutsättningar vid val av material. I detta fall lera, kalksten och morän. Planeringen får efter omständigheterna anses vara tillfyllest.
Efterbehandlingsmetod	De metoder som valdes var en kombination av kvalificerad täckning, aktiv rening och sedermera uppfyllnad av dagbrottet. Möjligen är det en brist att dagbrottet dränerades under nästan 30 år innan det tilläts att fyllas upp. Täckningen på lakresten bedöms dock som tillfyllest.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontrollen i de två olika miljökontrollprogrammen får anses vara relevanta, liksom de lokala miljömål som införlivades i och med uppdateringen av kontrollprogrammet. Miljökontrollen har varit omfattande. Även utvärdering av tätskikt och liknande har varit inkorporerat i miljökontrollen.
Resultat	Ett behov av kompletterande åtgärder har funnits inom området. 2005 ansågs dock miljömålen vara uppfyllda och reningsverket togs ur drift. Med anledning av detta anses efterbehandlingen ha gett avsedd effekt.

Referenser

Brodd, P, 2004: Long term heavy metal contamination from leakage water sediments. Examensarbete Uppsala Universitet.

Kemakta, 2010: Kunskapsläge om miljökonsekvenser av prospektering, utvinning och bearbetning av mineraltillgångar av uran, på uppdrag av Naturvårdsverket.

Länsstyrelsen Västra Götaland, 1997: Beslut om miljö kvalitetsmål för efterbehandlingen av gruvavfallsområdet vid Ranstad.

Länsstyrelsen Västra Götaland, 2017: Personlig kontakt, e-post.

Naturvårdsverket, 2002: Rapport 5190 Uppföljning av efterbehandlingsprojekt inom gruvsektorn– Åtgärder, kostnader och resultat.

Naturvårdsverket, 2008: Rapport 5803 Miljökontroll av omgivningspåverkan vid efterbehandlingsåtgärder.

Mifoblankett, 2003: Ranstadverket (senast reviderad 2011–12–15)

OECD, 1999: Environmental activities in Uranium mining and milling. A joint NEA/IAEA Report.

Strålsäkerhetsmyndigheten, 2011: Utredning av ansvaret för Ranstadverkets avveckling.

Studsvik report, 1994: Efterbehandling Ranstad–utsläpp och recipientkontroll 1993.

WSP, 2005: Rapport Ranstad: miljö- och hälsoriskbedömning av Tranebärssjön och lakrestområdet, på uppdrag av AB SVAFO.

Rudtjebäcken

Typ av gruva Komplex sulfidmalm (Cu och Zn)	Län Västerbotten	Kommun Malå
Anläggningsdelar Ett f.d. industriområde och två igengjutna schakt.		
Efterbehandlingsmetod Gråberget som använts som utjämningsmassor har schaktats ihop, transporterats och slutligen deponerats i sandmagasinet i Adak.		
Platsspecifika förhållanden Primär recipient är Rudtjebäcken som sedan rinner till Uttertjärnen och vidare ut i Kokträsket, Skellefteälvens vattensystem. Uppströms gruvområdet ligger Adak-fältet.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan? Om nej, beskriv avvikelser	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma Enligt efterbehandlingsplanen från 1992 skulle vid behov någon decimeter morän läggas på industriområdet efter bortschaktning av gråbergmassorna. I ett beslut från tillsynsmyndigheten 1994 så godkändes att bolaget inte skulle behöva lägga ut morän så det är oklart om det faktiskt gjordes. (<i>Boliden, 1992; Länsstyrelsen Västerbotten 1994</i>)
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Enligt efterbehandlingsplanen är målet att "påtagligt minska metallavgången från gruvområdet"
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Anrikning av malm skedde i Adak. Allt gråberg har använts för efterbehandling av området alternativt fraktats bort och deponerats på sandmagasinet i Adak, så inget gråbergsupplag finns på platsen.

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1951–1975
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Industriområdet åtgärdades 1993–1994
Efterbehandling	På 1970-talet när verksamheten las ned revs byggnaderna och fraktades bort. De två schakten göts igen. Laven revs och täcktes med gråberg och hela området avjämnades med de gråbergsupplag som fanns på platsen. I början på 1990-talet konstaterades det att gråberget som använts som utjämningsmassor var vittrat med metalläckage som följd. Mellan 5000 och 7000 m ³ gråberg schaktades då ihop och transporterades till sandmagasinet i Adak. Det är oklart om ytorna sedan täcktes med några decimeter morän

	eller inte. Grässådd med inblandning av tallfrö har skett. (Boliden, 1992; Boliden, 2016)
Kompletterande åtgärder	2010 las röttslam ut på området för att stimulera bättre återväxt. Året efter såddes röttslammet in med vägläntsblandning. (Boliden, 2016)
Hantering av läckagevatten	Ingen aktiv hantering eller rening.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Uppföljning av vattenkvaliteten sker både uppströms och nedströms gruvområdet i Rudtjebäcken, utgående vatten i dike från gruvområdet och från eventuellt bräddat vatten från ventilationsschaktet. Bestämning sker av pH samt totalhalter av metaller och sulfat. Provtagning sker två gånger per år. (Boliden, 2016)
Resultat av utförd efterbehandling	Det går inte att se någon tydlig trend för ökning eller minskning av någon av metallhalterna. Provtagningarna visar inte på någon omfattande påverkan från området på recipienten Rudtjebäcken, då halterna uppströms och nedströms gruvområdet ligger inom samma nivåer. (Boliden, 2016)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En efterbehandlingsplan togs fram 1992 när gruvan redan var nedlagd. Planen är tämligen kortfattad, och några utredningar fanns inte som underlag.
Efterbehandlingsmetod	Det gråberg som hade nyttjats som utjämningsmassor schaktades bort och deponerades på sandmagasinet i Adak (som numera är efterbehandlat). Korrigering åtgärder, vilka bedöms som estetiska genomfördes 2010 då röttslam lades på med efterföljande sådd av gräs. Åtgärderna bedöms sammantaget som rimliga.
Uppföljande miljökontroll	Uppföljning av vattenkvalitet sker årligen både uppströms och nedströms området. Provtagning sker även av från området utgående vatten. Taget i beaktande området som sådant bedöms kontrollen som rimlig.
Resultat	Miljökontrollen visar på likartade halter uppströms och nedströms dvs. att ingen direkt påverkan från området finns. Efterbehandlingen bör därmed ha gett avsedd effekt, trots att det i tillgängligt underlag för denna utvärdering saknats data som kan påvisa en minskad metallbelastning över tid.

Referenser

Boliden, 1992: Efterbehandlingsplan Rudtjebäcken
 Boliden, 2016: Årsredovisning Rudtjebäcken 2015
 Länsstyrelsen Västerbotten, 1994: Anmälan om ändring av efterbehandlingen vid Rudtjebäckengruvan
 Malå kommun

Rävlidengruvan

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, Zn)	Län Västerbotten	Kommun Lycksele
Anläggningsdelar En dagbrottssjö, igenpluggade ventilations- och hisschakt till förbindelseorten mellan Rävliden och Rävlidmyrgruvan, ytor för f.d. gråbergs- och moränupplag samt en f.d. bassäng för rening av gruvvatten.		
Efterbehandlingsmetod Gråberget har huvudsakligen deponerats i dagbrottet som sedan vattenfyllets, alternativt använts för att fylla igen bassängen för gruvvatten som sedan täckts med morän. Inga upplag finns kvar inom gruvområdet. Byggnader har avlägsnats, industriområdet och f.d. upplagsytor har täckts med morän.		
Platsspecifika förhållanden Rävlidengruvan avvattnas åt sydväst genom Rullån (ej statusklassad) vidare till Vindelälven som är Natura 2000 område. Påverkan på Kolbäcken som avvattnar delar av Rävlidengruvans industriområde österut kan inte uteslutas.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Finns inga uppgifter om åtgärds mål. Utöver efterbehandlingsplanen har Länsstyrelsen ställt krav på åtgärder (<i>Länsstyrelsen 2012</i>).
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej Sannolikt inte
Övrigt	Inför gruvans nedläggning och upprättandet av efterbehandlingsplanen utfördes en utredning om geohydrologiska konsekvenser vid avslut av pumpning. I övrigt bygger efterbehandlingsplanen från 1990 på mycket lite underlag.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☐ Underjordsgruva
Driftstid	1951–1987
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1990–1991.
Efterbehandling	Sulfidhaltiga massor har deponerats i dagbrottet som sedan vattenfyllets upp till 0,5–1,5 m under lägsta dagbrottskant. Slänter i morän som är belägna ovanför vattenytan schaktades ner till en lutning på ca 1:2,5. Skärmdiken norr och öster om dagbrottsområdet har anlagts samt en jordvall vid dagbrottets västra del.

	Övriga åtgärder på gruvområdet inkluderar igengjutning av förbindelseorten mellan Rävliiden och Rävliidmyrgruvan samt hiss- och ventilationsschakten, igenfyllning av bassängen för uppsamling och klarning av gruvvatten med gråberg, och moräntäckning (ca 0,3 dm) av ytor som använts för upplag samt den igenfyllda bassängen.
Kompletterande åtgärder	I dagbrottssjön sker pH-justerings med kalk med jämna mellanrum. Det har diskuterats om kompletterande åtgärder genom tillförsel av extra rötslam och växtetablering, men det är osäkert om detta utförts.
Hantering av läckagevatten	Ingen.

Gråbergsupplag/avfallsupplag

Yta	Ca 2 ha
Mängd	Ca 12 500 m ³
Avfallets egenskaper	Uppgifter saknas.
Driftstid	Oklart.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1990–1991.
Efterbehandling	Inget upplag finns kvar på området, allt gråberg har använts för återfyllning av dagbrott och bassäng (se ovan).
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Egenkontrollprogrammet i Rävliiden omfattar bräddvatten och dränagevatten från gruvområdet (provpunkt 3302b och 3302c). Punkterna kontrolleras två gånger per år med avseende på metallhalter, pH, konduktivitet och temperatur. Vattenkvaliteten i dagbrottet (provpunkt 3302) kontrolleras en gång på våren för att ligga till grund för eventuellt beslut om pH-justerings under sommaren. Ifall kalkning utförs provtas dagbrottet även på hösten. Kontrollprogrammet omfattar ingen grundvattenprovtagning.
Resultat av utförd efterbehandling	Det har inte gjorts någon utvärdering av utförda efterbehandlingsåtgärder sedan Rävliidengruvans efterbehandling slutbesiktigades 1991. Från bolagets årsredovisning 2015 går att utläsa att växtetableringen på området är bristfällig. Metallhalter i Rävliidengruvans dagbrott (provpunkt 3302) varierar vilket huvudsakligen beror på kalkning. Mellan 2013–2015 har halten Cu varierat mellan 2–114 µg/l, halten Zn mellan 115–5530 µg/l och Cd mellan 0,53–9,96 µg/l. Dikena till väster (provpunkt

3302b) och öster (provpunkt 3302c) uppvisar liknande halter över tid. Under 2015 uppvisades dock en klar ökning i metallhalter vilket bolaget skulle följa upp genom noggranna kontroller 2016.

2012 konstaterade tillsynsmyndigheten att utsläppen från Rävlidengruvan är mycket höga, vilket tyder på bristande efterbehandling. Metallhalter i de omgivande dikena är ibland högre än i utloppsvatten från dagbrottssjön vilket kan tyda på ett diffust läckage.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingsplanen verkar ha tagits fram utan tillförlitligt underlagsmaterial. De åtgärder som föreslogs kan dock anses vara branschpraxis vid tidpunkten. Några mål för efterbehandlingen förefaller inte ha funnits.
Efterbehandlingsmetod	Återfyllning av gråberg i håligheter, med eller utan vattenfyllning, enklare täckning av morän ovanpå exponerat gråberg, pluggning av orter och schakt kan alla anses vara standardåtgärder vid tidpunkten. Någon alternativ bedömning av andra möjligheter till efterbehandling verkar dock inte ha utförts. Återfyllning under vatten av vittrande och redan vittrat gråberg kan vara en delorsak till de förhöjda metallhalter som uppmäts. Den enklare moräntäckningen över gråberg återfyllt i gruvvattenbassäng är troligen inte heller tillräcklig för att förhindra vittring. Metoderna kan dock vara tillfyllest, men något underlag för att bedöma detta i efterbehandlingsplanen finns inte. En hydrogeologisk utredning avseende vattenfyllnad av dagbrott genomfördes dock innan området efterbehandlades.
Uppföljande miljökontroll	Ett egenkontrollprogram finns på plats och med tanke på områdets karaktär (dagbrott) bedöms den miljökontroll och tillsyn som sker vara tillfredsställande.
Resultat	Efterbehandlingen kan inte anses vara full tillräcklig. 2015 påvisades klart högre metallhalter i provtagningarna jämfört med tidigare. Metallhalter i de omgivande dikena är ibland högre än i utloppsvatten från dagbrottssjön vilket kan tyda på ett diffust läckage. 2012 konstaterade tillsynsmyndigheten att utsläppen från Rävlidengruvan är mycket höga, vilket de ansåg tyda på en bristande efterbehandling.

Referenser

Länsstyrelsen, 2012: Tillsynsprojekt–Efterbehandling av sulfidmalmsgruvor.

Boliden, 1990: Efterbehandlingsplan för Rävlidengruvan

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Rävlidengruvan I och II samt Rävlidengruvan

Länsstyrelsen, 2006: MIFO–blankett Rävlidengruvan

Rävlidmyrgruvan

Typ av gruva Sulfidmalm, (Zn, Cu, Pb, Ag och Au)	Län Västerbotten	Kommun Lycksele
Anläggningsdelar En underjordsgruva (kallad Rävlidmyrgruvan 2), två eller tre mindre återfyllda dagbrott, en större dagbrottssjö (kallad Sturedagbrottet eller Rävlidmyrgruvan 1), ett större upplag med gråberg och avrymningsmassor nedströms dagbrottssjön samt två mindre gråbergsupplag.		
Efterbehandlingsmetod Rävlidmyrgruvan efterbehandlades genom att samtliga byggnader avlägsnades, bassänger fylldes igen, underjordsgruvan pluggades och schakten göts igen. De mindre dagbrotten återfylldes med gråberg och täcktes med en okvalificerad täckning. I det större dagbrottet deponerades syraproducerande gråberg under vatten. Upplagen täcktes ursprungligen med 30–50 cm morän. Det stora upplaget har i efterhand även täckts med röt slam.		
Platsspecifika förhållanden Rävlidmyrgruvan ligger i direkt anslutning till sjön Hornträsket (en vattenförekomst tillhörande Umeälvens avrinningsområde).		

Inför Efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☐ Nej ☒ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Finns inga uppgifter om åtgärds mål. Utöver efterbehandlingsplanen har Länsstyrelsen ställt krav på åtgärder (<i>Länsstyrelsen 2012</i>).
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej Sannolikt inte
Övrigt	Efterbehandlingsplanen togs fram när gruvan avslutades och godkändes av tillsynsmyndigheten (efter samråd med kommunen och Naturvårdsverket) och ansågs vid den tidpunkten vara tillfredsställande. De åtgärder som utförts vid gruvan har inte gett tillräckligt goda resultat, och det står klart att ytterligare efterbehandling krävs för att komma tillrätta med problemen på plats. Placeringen av upplaget med gråberg och avrymningsmassor nedströms dagbrottssjön gör det dock svårt att efterbehandla. Boliden utför utredningar vid Rävlidmyrgruvan och informationen ska användas vid framtagandet av en ny efterbehandlingsplan.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1951–1974 i dagbrott (Rävlidmyrgruvan 1) 1976–1991 underjord (Rävlidmyrgruvan 2)
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1992–1997 samt återkommande kompletteringar

Efterbehandling	Underjordsgruvan (Rävlidmyrgruvan 2) är återfylld med anrikningssand, natursand, gråberg och slam från gruvvattenbassängen. Efter att länsumpningen avslutades har gruvan vattenfylld och pluggats igen. Samtliga ventilationsschakt har gjutits igen med en betongplatta som har täckts med morän. Ett eller två mindre dagbrott har återfyllts med gråberg och täckts med 30 cm morän redan under driftstiden. Ytterligare ett mindre dagbrott efterbehandlades vid stängning genom återfyllning med gråberg, täckning med 50 cm morän och plantering av träd. I Sturedagbrottet (Rävlidmyrgruvan 1) som var 70 m djupt placerades rester av malm och gråberg när driften upphörde. Slänterna avjämnades till en lutning på 1:2,5. Sedan vattenfylldes återstående delen av dagbrottet och dagbrottssjön är nu kring 30 m djup. (Boliden, 1992)
Kompletterande åtgärder	Vattnet i dagbrottssjön (Sturedagbrottet) åtgärdas kontinuerligt med släckt kalk Ca(OH)_2 för att åtgärda pH. 2003 utfördes ett forskningsförsök vid dagbrottssjön i Rävlidmyran. Till Sturedagbrottet tillfördes 400 ton kalciumhydroxid och 300 ton rötslam. Syftet var att nå gynnsamma förhållanden för sulfatreducerande bakterier (SRB) som kan reducera sulfat till svavelväte och därmed höja pH och fälla ut metaller i sura och metallhaltiga gruvvatten. Experimentet misslyckades och anledningen var sannolikt att inte tillräckligt med organiskt material tillsattes. (Lu, 2004)
Hantering av läckagevatten	Se under gråbergsupplag nedan.

Gråbergsupplag/avfallsupplag

Yta	Stora upplaget nedströms dagbrottssjön: ca 8 ha Lilla upplaget på gruvområde 1: ca 0,5 ha Lilla upplaget på gruvområde 2: ca 0,5 ha
Mängd	Stora upplaget nedströms dagbrottssjön: ca 20 000–30 000 m³ gråberg och 500 000–600 000 m³ avrymningsmassor Lilla upplaget på gruvområde 1: ca 5000 m³ gråberg Lilla upplaget på gruvområde 2: ca 5000 m³ gråberg (Boliden, 1992)
Avfallets egenskaper	Gråberget i stora upplaget nedströms dagbrottssjön innehåller ca 3–10 % pyrit och 0,5–1 % kalcit. Gråberget i lilla upplaget på gruvområde 1 innehåller ca 2–5 % pyrit och 0,2 % kalcit. Gråberget i lilla upplaget på gruvområde 2 innehåller ca 0–1 % pyrit och 0,5 % kalcit. (Boliden, 1992) Inga övriga uppgifter om avfallets egenskaper har gått att finna men enligt underlag ska det ha utförts fuktkammarförsök på material ifrån västra delen av det stora upplaget. (Boliden, 2016)

Driftstid	1951–1991
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1992–1994 samt större komplettering 2010
Efterbehandling	Enligt efterbehandlingsplanen så täcktes de båda mindre upplagen med 50 cm morän och träd planterades in. Det stora upplaget nedströms dagbrottssjön bestående av gråberg och avrymningsmassor åtgärdades endast genom trädplantering. Eventuellt har den västra slänten av upplaget där gråberget i stor utsträckning är placerat täckts med morän. (Boliden, 1992)
Kompletterande åtgärder	En rad kraftiga erosionsskador på det stora upplaget nedströms dagbrottssjön observerades i början på 2000-talet men lämnades då utan åtgärd. Erosionsskadorna förvärrades med tiden och problemet åtgärdades slutligen 2010 med en flackare släntlutning (mellan 1:3 och 1:4) och genom att upplaget täcktes med 15 000 m ³ rötslam för att etablera växtlighet. (Boliden, 2016)
Hantering av läckagevatten	Dagbrottssjön saknar utlopp och avvattnas genom det stora upplaget som agerar dammvall. Läckagevattnet samlas upp i skärmdiken och vid den västra delen av området finns en solcellsdriven doserpump utplacerad. En fixerad mängd lut (NaOH) tillförs vattnet. (Boliden, 2016)
Geotekniska risker	Risk för ytterligare erosionsskador och eventuella stabilitetsproblem i upplaget nedströms om dagbrottssjön går sannolikt inte att utesluta trots åtgärderna 2010. Dagbrottssjön och upplaget som agerar dammvall ligger i ett område med brant lutning ner mot recipienten Horsträsket. Grundvattengradienten i upplaget är kraftig och det uppstår ibland artesiskt grundvattentryck i släntfoten. Vidare har dammvallens vattenledande funktion sannolikt försämrats med tiden på grund av omfattande kalkning. Detta har medfört att vattenbalansen för dagbrottssjön är positiv och därmed utgör en potentiell stabilitetsrisk för damvallen. (Boliden, 2016)

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Det befintliga egenkontrollprogrammet i Rävlidmyrgruvan omfattar sex provpunkter för ytvatten. En är belägen i dagbrottssjön (3300), två punkter i skärmdiket som löper längs östra sidan av gruvområdet (33A och 3306), och tre punkter i skärmdiket som avvattnar västra sidan av dagbrottssjön och området kring underjordsgruvan (3301, 33B och 3305). Provtagning sker 6–7 gånger per år med avseende på konduktivitet, pH och analys av metaller (totalhalter). Kontrollprogrammet omfattar endast ett grundvattenrör uppströms dagbrottssjön (33GVR4) eftersom övriga grundvattenrör inom området inte längre än funktionsdugliga. Röret provtas 4 gånger per år med avseende på konduktivitet,
----------------------	--

	pH och analys av metaller. (<i>Boliden, 2016</i>) Egenkontrollprogrammet har pågått i liknande utformning minst sedan 2008. Provtagningsdata från andra punkter ska finnas från 1991 och framåt men har inte gått att få tag på.
Resultat av utförd efterbehandling	<u>Ytvattenpåverkan</u> Ytvattnet inom gruvområdet uppvisar stora variationer när det gäller pH och metallinnehåll. Beskrivningarna nedan gäller provtagningsdata från 2013 till 2015. I skärmdiket som avvattnar östra sidan av gruvområdet ligger pH stadigt kring 6 innan utflödet i Hornträsk (provpunkt 3306). I samma punkt varierar halten Cu mellan 25–100 µg/l, halten Zn mellan 1500–5500 µg/l och halten Pb mellan 0,25–0,62 µg/l. Skärmdiket som avvattnar västra sidan av dagbrottssjön och området kring underjordsgruvan uppvisar liknande pH, Zn och Pb halter vid utflödet i Hornträsk (provpunkt 3305). Halten Cu är dock högre och varierar mellan 80–500 µg/l. Längre upp i samma skärmdike nedanför den västra delen av upplaget (provpunkt 3301) ligger pH och varierar mellan 3,6 och 5,2. Där varierar halten Cu mellan 1500–6500 µg/l, halten Zn mellan 4000–20 000 µg/l och halten Pb mellan 4–18 µg/l. (<i>Boliden, 2016</i>) Det saknas data för att kunna utvärdera hur värdena från kontrollprogrammet står sig mot halter uppmätta innan gruvan las ned. Det kan dock konstateras att den efterbehandling som hittills har utförts inte nått tillfredsställande resultat vad gäller utsläpp till ytvatten. Ytterligare efterbehandling av Rävlidmyrgruvan kommer krävas.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En efterbehandlingsplan togs fram när gruvan avslutades och samråd skedde med myndigheterna. Planeringen förefaller ha skett enligt den branschpraxis som då rådde, men planen föregicks inte av några direkta utredningar och efterbehandlingen har fått kompletteras och kommer att behöva kompletteras igen. Delutredningar har genomförts inför uppdatering av efterbehandlingsplanen. Den ursprungliga planen och planeringen anses sålunda inte ha varit tillräcklig.
Efterbehandlingsmetod	De mindre dagbrotten inom området har återfyllts med gråberg, täckts med morän och träd har planterats. Det större dagbrottet, Sturedagbrottet återfylldes delvis med gråberg för att sedan vattenfyllas. Det stora gråbergsupplaget och avrymningsmassor nedanför Sturedagbrottet åtgärdades enbart genom trädplantering, vilket bedöms som diskutabelt. Erosionsskador som uppkommit ledde sedermera till att upplaget fick flackas ut 2010 till en släntlutning av 1:3 eller 1:4, rötslam har även påförts för att underlätta revegetering. Någon kvalificerad täckning förefaller inte ha påförts.
Uppföljande miljökontroll	Miljökontrollen omfattar både ytvatten (uppsamlade diken) och grundvatten (1 punkt) och syftar främst till att övervaka läckaget till uppsamlade diken samt den lutdosering som

finns. Med tanke på området bedöms den som tillfyllest även om det kan tyckas att de grundvattenrör som inte längre är funktionsdugliga borde ersättas.

Resultat

De första åtgärderna som genomfördes baserades på den ursprungliga och godkända efterbehandlingsplanen var inte tillräckliga. Kompletterande åtgärder har sedan fått vidtas bland annat har en lutdosering installerats för att minska belastningen (justera pH) i lakvattnet från Sturedagbrottet. Ytterligare utredningar har fått genomföras som kommer att fungera som underlag till en uppdaterad efterbehandlingsplan. De åtgärder som utförts vid gruvan har i dagsläget inte gett tillräckligt goda resultat, återfyllning med vittrande gråberg under vattenfyllnad i dagbrottet kan vara en bidragande orsak. Placeringen av upplaget med gråberg och avrymningsmassor nedströms dagbrottssjön gör det dock svårt att efterbehandla. Sammantaget kan inte den genomförda efterbehandlingen anses som fullt genomförd och resulterat i avsedd effekt och korrigerande åtgärder är planerade.

Referenser

Boliden, 1992: Rävlidmyrgruvan efterbehandlingsplan

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Rävlidmyrgruvan I och II samt Rävlidengruvan

Lu, 2004: Pit lakes from sulphide ore mining, geochemical and limnological characterization before treatment, after liming and sewage sludge treatments: case studies at Rävlidmyran and Udden, Sweden

Länsstyrelsen, 2012: Tillsynsprojekt–Efterbehandling av sulfidmalmsgruvor

Saxberget

Typ av gruva Sulfidmalm (Zn och Pb)	Län Dalarna	Kommun Ludvika
Anläggningsdelar Två sandmagasin, ett f.d. industriområde, en vattenfylld underjordsgruva med tre pluggade ventilationsschakt, f.d. reningsbassänger för gruv- och ytvatten med mera.		
Efterbehandlingsmetod Sandmagasinen har efterbehandlats genom en kvalificerad torrtäckning efter avsläntning och slutligen grässådd. Ett flertal området har efterbehandlats genom schaktning och även muddring, massorna har deponerats på sandmagasinen innan det täcktes. Underjordsgruvan har vattenfyllts och pluggats igen. Anrikningsverk och andra byggnader har rivits och forslats bort. Bassängen och lagringsytor har efterbehandlats och gruvområdet har slutligen täckts med morän.		
Platsspecifika förhållanden Det nya magasinet (i öster) avrinner liksom huvuddelen av det gamla magasinet (i väster) mot sjön Saxen via Vattfallsgropbäcken. Saxen avbördas till sjön Väsman och båda sjöarna ingår i Kolbäckåns vattensystem som rinner ut i Mälaren. En mindre del av det gamla magasinet avrinner mot Olsjön. Det nya magasinet är anlagt på en väldränerande bädd av grovt isälvsmaterial, medan det gamla magasinet ligger på morän och berg.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Förhindra den betydande ökning av metallutsläpp som efter verksamhetens upphörande sannolikt skulle ske om inga åtgärder vidtogs. Bolaget kommer äga marken fortsättningsvis och den avses inte nyttjas som s.k. produktiv mark. Målet var att uppnå minst 90 % reduktion i oxidationshastighet och minska utflödet av Zn med 85 %.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Efterbehandlingsprojektet i Saxberg var ett av de första i sitt slag i Sverige och är därför förknippat med omfattande teknik- och metodutveckling. Projektet har drivits som ett samarbete mellan bolaget och staten (genom Naturvårdsverket) eftersom bolagets ansvar varit begränsat gällande det historiska gruvavfallet. Ludvika kommun var huvudman för den del som avsåg åtgärder i byn Saxdalen. Bolagets första förslag till efterbehandlingsplan 1988 bygger på ett flertal utredningar och modellberäkningar för moräntäckning. Det finns en senare efterbehandlingsplan från 1992 som togs fram av bolaget tillsammans med

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1886–1988
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1991–1991 samt 1997
Efterbehandling	Underjordsgruvan har vattenfyllets och pluggats igen. Anrikningsverk och andra byggnader har rivits och forslats bort. Bassängen och lagringsytor har efterbehandlats och gruvområdet har slutligen täckts med morän.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Sandmagasin/Avfallsmagasin

Yta	Gamla magasinet: 18 ha Nya magasinet: 33 ha
Mängd	7,5 Mton eller ca 4 miljoner m ³ restprodukter har uppstått från verksamheten varav huvuddelen är anrikningssand.
Avfallets egenskaper	Svavelhalt i opåverkad anrikningssand ligger kring 2–3 % och halten Zn strax under 1 %. Halten buffrande mineral i form av kalцит har bestämts till 0,5–1 %. Anrikningssanden är relativt tät.
Driftstid	Gamla magasinet: 1892–1958 Nya magasinet: 1958–1988
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1993–1995
Efterbehandling	Den dominerande mängden gruvavfall som finns kvar i området är deponerat i sandmagasinen. Även kontaminerade massor inom gruvområdet och förorenade jord och muddermassor från nedre Saxdalen och sjön Saxen har deponerats i sandmagasinen. Alla slänter vid sandmagasinen planades ut eller fylldes ut för att uppnå en lutning på 1:3 innan de täcktes. Båda magasinen torrtäcktes med ett tätskikt på 0,3 m lerig morän (med packad hydraulisk konduktivitet på ca 5×10^{-9} m/s) och ett skyddsskikt på 1,5 m siltig morän (hydraulisk konduktivitet på ca $1,1 \times 10^{-8}$). Tätskiktet las ut i 2–3 delskikt för att lättare kunna packa materialet. Efter täckningen besåddes magasinen med gräs.
Kompletterande åtgärder	2006 las rötslam ut för att stimulera revegetering i erosionsskador som uppstått på nedströmssidan av de sydliga delarna av sandmagasinen.
Hantering av läckagevatten	–

Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Under efterbehandlingsens gång genomfördes ett omfattande kontrollprogram gällande både utförande och funktion. Funktionskontrollen av täckningen var omfattande och inkluderade följande moment: grundvattenstånd i magasin och i skyddsskikt, grundvattenkvalitet i magasin, läckage av nederbördsvatten och syrgas genom täckningen, syrgashalt och temperatur i magasinerna. Funktionskontrollen av täckningen avslutades 1996. Sedan 1996 pågår ett egenkontrollprogram för uppföljning av vidtagna åtgärder. Provtagning i syresonder ingick från början i programmet som dock har ändrats med tiden och idag omfattar (enligt en rapport av tillsynsmyndigheten från 2010) vattenprovtagning i 6 provpunkter med provtagningsfrekvens på 1–12 gånger per år samt kontinuerlig mätning av flödet från Nydammen.
Resultat av utförd efterbehandling	Slutsatser som dragits angående täckningens effektivitet 2006 kan sammanfattas som att tätskiktet fått den täthet som avsetts, syrgashalten under tätskiktet har gått ned till låga värden för båda magasinerna (<0,5 %), diffusionshastigheten för syre genom täckningen är högre under sommaren än vintern och under torrperioder är diffusionshastigheten genom skyddsskiktet ungefär 10 gånger högre än genom tätskiktet. En miljöanalys utförd av tillsynsmyndigheten 2010 konstaterar att effekter av sandmagasinens täckning kan avläsas genom minskade halter av Zn och Cd vid utloppet i Vattfallsgropbäcken. För Cu och Pb är utvecklingen oklar bland annat beroende på analystekniska problem. Efter gruvan las ned så steg halten Zn fram till dess att täckningen var slutförd och därefter visar utvecklingen på en fortlöpande haltreduktion. Baserat på flödesuppskattningar och fem års analyser av vattenkvalitet gjordes en bedömning 2010 att av det totala metallflödet till sjön Saxen kommer ca 40 % av Cd, Pb och Zn från de täckta sandmagasinerna, och för Cu är motsvarande siffra 70 %.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingen har utförts efter att ett antal specifika studier genomförts, vilka i sin tur har legat till grund för val av metod. Totalt togs två efterbehandlingsplaner fram. Framtagna planer verkar ha följts. Efterbehandlingsplanerna och de utredningar och den teknikutveckling som genomfördes var kopplade till faktiska mål.
Efterbehandlingsmetod	De använda metoderna kan anses vara lämpliga för objekten och de alternativ för efterbehandling som finns. Metoderna kan anses vara branschpraxis.
Uppföljande miljökontroll	En omfattande miljökontroll utfördes i samband med efterbehandlings genomförande (funktionskontroll) fram till 1996 samt har även fortgått efter avslut i form av ett egenkontrollprogram. Under de första åren efter genomförd efterbehandling mättes även syre under täckningen. Miljökontrollprogrammet får anses har varit väl utformat.
Resultat	Efterbehandlingen förefaller sammantaget ha utförts enligt efterbehandlingsplanerna. Resultat visar att tätskiktet fått den täthet som avsetts. En viss belastning på recipienterna kommer i praktiken dock alltid att kvarstå och idag kommer ca 40 % av Cd, Pb och Zn från de täckta sandmagasinen, och för Cu är motsvarande siffra 70 %. Vissa kompletteringar som till exempel utläggande av rötslam i eroderade partier har genomförts för att erhålla en bättre växtetablering.

Referenser

Boliden, 1988: Saxberget efterbehandlingsplan

Envipro Miljöteknik, 2000: Saxbergsprojektet–En dokumentation av projektets genomförande.

Länsstyrelsen Dalarna, 2010: Saxdalen– Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling.

Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2006: Utvärdering av täckningsåtgärder vid Adak, Bersbo och Saxberget, Del 1 Sammanställning av nuläge och förslag på fortsättning.

Stekenjokk

Typ av gruva Sulfidmalm, (Cu, Ag, Zn)	Län Västerbotten	Kommun Vilhelmina
Anläggningsdelar Gruvområdet består av delobjekten underjordsgruva, dagbrott, sandmagasin och industriområde.		
Efterbehandlingsmetod Underjordsgruvan har gjutits igen och vattenfyllets. I dagbrottet har rivningsmassor och gråberg deponerats och därefter vattenfyllets. Anrikningssand och resterande gråberg är deponerat i ett större vattentäckt sandmagasin.		
Platsspecifika förhållanden Recipienten för vattenutsläpp från gruvområdet är bäcken Stekenjokk, vilken sammanflyter med Saxån ca 4 km nedströms gruvområdet. Cirka 15 km efter sammanflödet mynnar Saxån i Kultsjön.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Återställa industriområdet och förhindra metalltransporterna från området på kort och på lång sikt. Åtgärds målen var i huvudsak formulerade kring att minska transporten av Zn från upplaget. I den efterbehandlingsplan som fastställdes av tillsynsmyndigheten och enligt vilken arbetet genomfördes, var målsättningen att utsläppen av zink från sandmagasinet skulle kunna hållas under 800kg/år (<i>Länsstyrelsen 2012</i>)
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Efterbehandlingsmetoden vattentäckning av sand- och klarningsmagasin var vid tidpunkten den första i sitt slag i Sverige. Vid utformningen av vattentäckningen genomfördes utredningar gällande vittring och urlakning, uppgrumling, dammens stabilitet, utskovens beständighet och möjligheten att bibehålla vattendjupet.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Drifttid	1976–1988
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Efter avslutad drift.
Efterbehandling	Underjordsgruvan har vattenfyllets och schaktöppningar är igengjutna. I dagbrottet har gråberg och rivningsmassor deponerats och sedan har vattenfyllning skett på naturligt väg.

Kompletterande åtgärder	Växtetablering beräknas utföras 2017. Kargt klimat och kort växtsäsong gör att den naturliga växtetableringen går långsamt. Försök att plantera utfördes i liten skala 2014–2016 för att hitta den bästa metoden för att sedan använda denna metod på hela industriområdet.
Hantering av läckagevatten	–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Ca 110 ha
Mängd	4,4 miljoner ton
Avfallets egenskaper	Mineraliseringen är en kompakt pyrit med hög andel av zinkblände och kopparkis. Studier på anrikningssanden visar att förekomsten av karbonater (ett karbonat/sulfid förhållande på 0,4) bidrar till ett stabilt och högt pH, minskar metallernas löslighet och begränsar oxidationstakten över tid.
Drifttid	1976–1988
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1991–1994
Efterbehandling	Sandmagasinet i Stekkenjokk begränsas av naturliga höjder samt jorddammar med en längd av ca 2700 m. Dammhöjden ligger på ca 11 m. Dammarna är i huvudsak byggda av morän. Slänterna ligger i en lutning 1:3 på utsidan och 1:2 på insidan. Damm S1 och S2 är dock 1:2,5 på insidan (<i>Boliden, 2017</i>). Deponeringen av sand har i huvudsak utförts i den södra delen av magasinet. Den norra delen utgör klarningsbassäng. Inom sandmagasinet finns gråberg upplagt längs dammens insida med en horisontell bredd av 2–10 m. Dammarna är utrustade med erosionsskydd med sten av en storlek på minst 300 mm. Krönen har besåts med gräs. Anrikningssanden har täckts med ett 5–10 cm tjockt lager natursand och ligger sedan permanent under vatten. Vattenytan i magasinet ligger på 0,5–2,0 m.
Kompletterande åtgärder	1995 kompletterades efterbehandlingen genom att intagskanalen till bräddavloppet fördjupades med avsikt att förhindra bottenfrysning. 1999 anlades tryckbankar på damm S3:s nedströmssida. Samma år byggdes ett nytt bräddavlopp i den sydliga delen av damm S3, detta för att klara den nya normen för maxflöde från Flödeskommiten (<i>Boliden, 2017</i>). Sedan 2010 har ett antal mindre åtgärder och undersökningar genomförts för att ta fram ett detaljerat åtgärdsförslag på dammsäkerhetshöjande arbeten. 2014 påbörjades säkerhetshöjande åtgärder på dammen och ytterligare åtgärder planeras för att förbättra dammarnas funktion.
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–

Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet

Dammen har bristande långtidsstaabilitet. Men efter de dammsäkerhetshöjande åtgärder som gjort och ska göras bedöms dammen vara mycket stabil med en säkerhetsfaktor på 2 (*Boliden, 2017*). Tåtkärnan är låg vilket ger ett lågt fribord, det vill säga avståndet från dammkrön till dämningssgräns. Magasin och dammar ligger på hög nivå ovanför trädgränsen och är därför utsatta för hårda vindar och därmed också en påtaglig vågerosion. Detta har dock tagits hänsyn till i dammdesignen och bestämning av minsta fribord. Det finns även vågbrytare i magasinet för att minska vågorna (*Boliden, 2017*).

Uppföljning och resultat**Miljökontroll**

Egenkontrollprogrammet i Stekenjokk omfattar intern tillsyn ett antal gånger per år med avseende på allmänt intryck, vegetation i området, vattennivå i dagbrott och sandmagasin, samt tillsyn av dammarna. Vid tillsynstillfällena tas ytvattenprover, nivåer mäts i vattenståndrören i dammen, och dessutom mäts flödet ut från dagbrottet samt dränet från dammarna.

Ytvattenprovtagning sker i 5 provpunkter (vid utskovet från sandmagasinet, i dagbrottet, i Saxån, i Stekenjokken uppströms sammanflödet med Saxån och i Stekenjokken uppströms gruvområdet). Provtagning sker mellan 2 och 4 gånger per år och analyser görs för totalhalter av metaller och sulfat, pH och konduktivitet.

Resultat av utförd efterbehandling

I efterbehandlingsplanen var målsättningen att utsläppen av Zn från sandmagasinet skulle minska och hållas under 800 kg/år (under drift låg utsläppen på 400–1500 kg/år). Provtagning under en tioårsperiod efter det att efterbehandlingen genomförts visar att transporten av Zn ut från upplaget har stabiliserat sig kring ca 50 kg/år. Huvuddelen av zinkläckaget bedöms komma från tidigare inlagrat processvatten i sandens porutrymme. Sedan 2001 har halten Zn stadigt legat kring 50–110 µg/l i utgående vatten från sandmagasinet.

Ett större påslag Zn syns ifrån det efterbehandlade dagbrottet där utgående halter sedan 2001 varierat mellan 150 µg/l och strax över 1000 µg/l. I provpunkten uppströms dagbrottet har halten Zn under samma tidsperiod legat kring 2–14 µg/l.

Efterbehandlingen som sådan bedöms ha gett avsedd effekt.. Röding har återvänt i vattendraget nedanför men finns också i själva oppdämningen. De kompletteringar som gjorts och som planeras syftar till att säkra dammarnas långsiktiga stabilitet.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Inför framtagande av efterbehandlingsplanen som skulle till stor del genomföras med överdämning verkar relevanta och tämligen omfattande studier ha genomförts. Efterbehandlingsplanen i sig verkar ha genomförts i stort sett enligt plan. Mindre insatser verkar dock ha gjorts avseende dammarnas geotekniska stabilitet i det långa perspektivet. Efterbehandlingen förefaller sålunda generellt ha föregåtts av relevanta utredningar, möjligen dock något begränsade.
Efterbehandlingsmetod	Vattenöverdämning får anses ha varit en relativt oprövad metod i Sverige vid tidpunkten och ett antal utredningar genomfördes i samband med framtagandet. Återfyllning i dagbrott samt vattenfyllning, igengjutning av underjordsgruvans öppning var vid tidpunkten att anse som branschstandard. Sålunda anses metoden som lämplig dock obeprövad.
Uppföljande miljökontroll	Ett relativt omfattande miljökontrollprogram har varit igång sedan efterbehandlingen genomfördes. Detta omfattar dels ren miljökontroll och dels dammstabilitet. Efter nedläggningen och efterbehandlingen har även omfattande forskningsstudier bedrivits, främst avseende det vattentäckta sandmagasinet. Miljökontrollen anses sålunda ha varit omfattande.
Resultat	Generellt så visar förekomsten av röding i magasinet på ett framgångsrikt efterbehandlat gruvområde och att vattenöverdämning kan vara ett effektivt sätt att efterbehandla gruvavfall. Detta inte minst då mängden Zn som årligen transporteras ut nästan ligger en tiopotens lägre än målsättningen. Högre halter läcker dock från det delvis återfyllda men vattenmättade dagbrottet och vissa frågetecken finns avseende långtidsstabilitet av dammarna i Stekenjokk. En del av planerade korrigerande åtgärder har utförts. Efterbehandlingen anses sålunda sammantaget ha gett avsedd effekt.

Referenser

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Stekenjokk–Efterbehandlat gruv–, industri- och sandmagasinområde.

Boliden, 2017: Personlig kontakt granskning av underlag.

Holmström, 2000: Geochemical processes in sulphidic mine tailings, Field and laboratory studies performed in northern Sweden at the Laver, Stekenjokk and Kristineberg mine-sites. Doctoral thesis at Luleå University of Technology.

Länsstyrelsen Västerbotten, 2012: Tillsynsprojekt–Efterbehandling av sulfidmalmsgruvor

Storliden

Typ av gruva Sulfidmalm (Zn och Cu)	Län Västerbotten	Kommun Malå
Anläggningsdelar När gruvan var i drift fanns det inom området vägar, ett industriområde med mobila byggnader, ett malmupplag, ett gråbergsupplag, sedimentationsbassänger och ramp till underjordsgruvan samt ventilationsschakt.		
Efterbehandlingsmetod Området har efterbehandlats genom att gråberg, slam från sedimentationsbassänger och övriga massor har deponerats under grundvattenytan i underjordsgruvan. Rampen och ventilationsschakten har gjutits igen och täckts med morän.		
Platsspecifika förhållanden Området dräneras via Mårkbäcken till Skeppträskåns vattensystem vilket utgör recipient. Fyndigheten ligger på den nordvästra sluttningen av berget Storliden. Berget ligger mellan två större sjöar, vilka ingår i Skellefteälvens avrinningsområde.		

Inför efterbehandlingen

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Övergripande åtgärds mål</u> Området ska, utan inskränkningar, kunna användas till renbete och skogsbruk efter avslutad drift. Dricksvattenkvaliteten i brunnar nedströms ska inte påverkas efter avslutad drift. Situationen för vattenmiljön i Mårkbäcken, Stora Skäppträsket och Lainejaure ska inte påverkas efter avslutad drift. Situationen för miljön i Malå–Storforsens naturreservat ska inte påverkas efter avslutad drift. <u>Mätbara åtgärds mål</u> Landskapsbilden i området ska återskapas. Markområdet ska återställas till skogsmark. Dricksvattenkvaliteten i brunnar nedströms ska vara likvärdig som innan gruvbrytning påbörjades. Vattenmiljön i Mårkbäcken, Stora Skäppträsket och Lainejaure ska vara likvärdig som innan gruvbrytning påbörjades. Miljön i Malå–Storforsens naturreservat ska vara likvärdig som innan gruvbrytning påbörjades.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Efterbehandlingen i Storlidengruvan har skett enligt en efterbehandlingsplan från 2007 (reviderad 2008). Efterbehandlingsplanen var godkänd av dåvarande miljödomstolen i Umeå.

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	2002–2008
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Successiv återfyllning under drift och slutlig efterbehandling 2009–2010
Efterbehandling	Brytning underjord har skett med s.k. igensättningsbrytning vilket innebär att gruvan successivt återfyllts under drift för att stabilisera och fylla igen utbrutna bergrum. Gråberg från Storlidengruvan, Renström, Kedträsk och Kankberg samt anrikningssand från Boliden och cement har använts (totalt ca 835 000 ton varav 262 000 ton från Storliden). Efter avslutad drift efterbehandlades gruvan genom att samtliga byggnader, installationer och maskiner avlägsnades. Farligt avfall och petroleumförorenade massor transporterades till godkända behandlingsanläggningar. Material från vägar, industriplanen, malm- och gråbergssupplagen samt slam från sedimentationsbassängerna (ca 12 000 m³) har deponerats i gruvan. Ytorna för upplag och bassänger har schaktats ned minst till nivån för naturlig mark. Gruvan har sedan vattenfyllts. Rampen och ventilationsschaktet har gjutits igen och täckts med omkringliggande avbaningsmassor (morän). Diket som avlett länshållningsvatten från gruvan lades igen och landskapsbilden återställdes.
Kompletterande åtgärder	2012 upptäcktes att vatten trängde upp från ett källsprång strax nedanför rampmynningen. Vattnet bildade större vattenspeglar och rann sedan genom skogsmark ner mot en tjärn som avvattnas till sjön Lainejaur. Beslut togs att rensa det igenlagda diket som avledde länshållningsvatten när gruvan var i drift för att åter avleda vatten mot Mårkbäcken och Stora Skäppträsket. 2013–2014 utfördes arbeten med att gräva ut diket och klä botten med geotextil och erosionsskydd. Samma år spreds finmald kalksten över den tjärn som tillfälligt mottog vatten från källsprånget. 2014 upptäcktes ett mindre område med anrikningssand (ca 310 ton) strax norr om rampmynningen i Storliden. Materialet grävdes upp och transporterades bort för externt omhändertagande. 2014–2015 pågick arbeten med ett återvegetera området. Det pågår idag utredningar kring eventuella kompletteringsåtgärder för tillfartsvägen där förhöjda metallhalter påträffats. Även de utfällningar (hydroxidslam) som uppstått när vatten tillfälligt avvattnades via skogsmark till en tjärn avses åtgärdas.
Hantering av läckagevatten	–
Övrigt	Inget gruvavfallsupplag finns kvar på platsen eftersom allt uppkommet gråberg deponerats i underjordsgruvan. Malmen har anrikats på annan plats. ABA-tester har utförts på gråberget och laktester på den anrikningssand som återförts ner i gruvan. Resultaten från

dess tester har inte funnits tillgängliga i denna utvärdering.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll

Egenkontrollprogrammet som gäller sedan 2014 omfattar uppföljning av vattenkvalitet i 7 ytvattenpunkter, 11 grundvattenrör och 4 privata dricksvattenbrunnar. Provtagningsfrekvensen för ytvattenprovpunkterna varierar från 1 till 3 gånger per år (högst frekvens i utlopp från gruvområdet och lägst frekvens i recipienter). Dricksvattenbrunnarna provtas 1 gång per år och samtliga grundvattenrör likaså. Vattenproven analyseras med avseende på pH, konduktivitet, alkalinitet, sulfat, fluorid, baskatjoner och spårelement. Det är oklart från underlag som använts för denna utvärdering om det skett förändringar i egenkontrollprogrammet de senaste två-tre åren. Utöver vattenprovtagningarna omfattar egenkontrollen även större recipientundersökningar gällande bottenfauna, vattenmossa, påväxtalger och sediment. Undersökningarna görs för att kunna göra jämförelser med de basundersökningar som genomfördes 1998–1999 innan gruvan togs i drift (och därmed följa upp de åtgärds mål som satts för efterbehandlingen). Sådana recipientundersökningar har utförts 2011 och i mindre skala 2014. Nästa planeras att genomföras senast år 2020.

Resultat av utförd efterbehandling

Då det gått relativt kort tid sedan driften i gruvan avslutade och efterbehandlingen genomfördes är det svårt att dra slutsatser kring resultatet. Från egenkontrollen 2014 (som är den senaste tillgängliga i denna utvärdering) går det dock att utläsa följande:

- Åtgärds målet för dricksvattenkvalitet i privata brunnar nedströms gruvområdet är ännu ej uppfyllt. Filter för rening av As har installerats i en brunn. Provtagning av grundvatten vid gruvområdet visar höga halter As i flera rör.
- Åtgärds målet för vattenmiljön i recipienten Mårkbäcken var uppfyllt vid recipientundersökningen 2011. För recipienterna Stora Skäppträsket och Lainejaure är åtgärds målet ännu inte uppfyllt.
- Åtgärds målet för miljön i Malå-Storforsens naturreservat har sannolikt inte utvärderats.

Ett flertal provpunkter (såväl ytvatten som grundvatten) uppvisar höga metallhalter efter utförda efterbehandlingsarbeten och det är oklart om halterna beror på utsköljning av gamla vittringsprodukter eller något annat. Någon resultatuppföljning och utvärdering gentemot uppsatta åtgärds mål har ännu inte genomförts för Storlidengruvan.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Själva efterbehandlingsplanen föregicks av ett antal utredningar. Efterbehandlingsplanen kompletterades utifrån synpunkter från tillsynsmyndigheten och är även godkänd av Miljödomstolen. Konkreta åtgärds mål finns men deras koppling till de planerade åtgärderna är något oklar. Planeringen anses vara rimlig.
Efterbehandlingsmetod	I samband med driften återfylldes gruvan med anrikningssand inte bara från gruvan utan även ett antal andra gruvor. Detta var alltså inte en del i genomförande av efterbehandlingsplanen. Vid efterbehandlingen fortsatte återfyllning med sulfidsmittade massor och hydroxidslam i underjordsgruva samt pluggning av ramp och moräntäckning av industriområde med flera schaktade ytor. Med tanke på hur gruvan var utformad och redan genomförd deponering vid drift så anses åtgärderna i huvudsak ha varit rimliga.
Uppföljande miljökontroll	Ett kontrollprogram finns med 7 ytvattenpunkter, 11 grundvattenrör och fyra privata brunnar. Provtagningsfrekvensen varierar mellan 1–3 ggr per år. Miljökontrollen bedöms som anpassad till området.
Resultat	Flertalet provpunkter uppvisar höga metallhalter och sedan efterbehandlingen genomfördes har ett antal kompletterande åtgärder fått genomföras, omledning av källsprång, bortgrävning av ca 300 ton anrikningssand mm. I dagsläget har inte alla åtgärds mål uppfyllts men det är för tidigt att genomföra någon resultatuppföljning.

Referenser

North Atlantic Natural Resources AB (NAN), 2002: Miljörapport 2001 för Storlidengruvan.

North Atlantic Natural Resources AB (NAN), 2009: Storlidengruvan Egenkontroll Efterbehandlat gruvområde.

North Atlantic Natural Resources AB (NAN), 2010: Miljörapport 2009 för Storlidengruvan.

Sweco, 2007: Efterbehandlingsplan för Storlidengruvan (på uppdrag av North Atlantic Natural Resources AB (reviderad 2008)).

Sweco, 2015: Rapport Storlidengruvan, Tillfartsväg och område med metallhydroxidslam, riskbedömning och förslag till åtgärder (på uppdrag av North Atlantic Natural Resources AB).

Zinkgruvan, 2015: Årsrapport 2014, nedlagd gruvverksamhet Storlidengruvan (uppdrag av North Atlantic Natural Resources AB).

Uddengruvan

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, Zn, Pb, Au, Ag)	Län Västerbotten	Kommun Skellefteå
Anläggningsdelar En dagbrottssjö, ett upplag med avbaningsmassor och gråberg söder om dagbrottssjön och en f.d. industriplan norr om dagbrottssjön.		
Efterbehandlingsmetod Dagbrottet har delvis återfyllts med avbaningsmassor, slam från bassänger, anrikningssand (små mängder) och gråberg från den intilliggande Kedträskgruvan. Dagbrottet har sedan vattenfyllts. Upplaget med avbaningsmassor och gråberg har släntats av och täckts med ca 0,5 m morän. På delar av upplaget (vissa slänter) har rötslam lagts på för att gynna växtetablering. Upplaget har planterats med skog. Industriplanen är avbanad, rötslam har lagts på och området har såtts in. Schaktöppningar är täckta med betonglock.		
Platsspecifika förhållanden Dagbrottsjön får sin tillrinning via grundvatten, ytvattenavrinning och nederbörd. Dagbrottsjön har endast ett utlopp i den nordöstra delen av sjön, via en bäck som så småningom leder ut i Skellefteälven. Gråbergsupplaget har sin huvudsakliga dränering mot Snickars–Stormyran, en torvmosse söder om upplaget, och mot dagbrottssjön. Mossen har precis som dagbrottssjön sin avrinning mot Skellefteåälven fast via två enskilda vattendrag.		

Inför Efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	Endast små avvikelser. Slammet i bassängerna skulle enligt plan köras till Gillervattemagasinet i Boliden. Så skedde ej, utan slammet kom att deponeras i dagbrottet.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Åtgärderna beskrivs som "ett sätt att försäkra sig om att utsläppen även i framtiden kommer att vara låga".
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej
Övrigt	Till grund för efterbehandlingsplanen gjordes en utredning (bedömning) av nuvarande och framtida metallflöde. Underlaget för bedömningen ansågs vara begränsat och osäkerheterna i resultatet därmed betydande.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1971–1974 dagbrott, 1980–1991 underjord
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1993
Efterbehandling	Underjordsgruvan har vattenfyllts och schaktgångarna är igengjutna med betonglock. I dagbrottet deponerades avbaningsmassor, byggnadsmaterial,

	slam från bassänger, anrikningssand (små mängder) och gråberg från området och den närliggande Kedträskgruvan. Dagbrottet fick sedan vattenfyllas under två års tid. Dagbrottets yta är ca 3,4 ha, maxdjupet 60 m och vattenvolymen ca 560 000 m ³ .
Kompletterande åtgärder	Vattnet i dagbrottssjön kalkas årligen för att motverka lågt pH och höga metallhalter. Kalkningen ger snabb effekt men vattenkemin i sjön försämras relativt snabbt igen p.g.a. tillrinning av vatten med sämre kvalitet från gråbergssupplaget. Dagbrottssjön kalkas nu fyra gånger per år genom spridning från båt. På så sätt sprids kalken ut på ett effektivare sätt. År 2015 spreds totalt 154 ton kalciumhydroxid.
Hantering av läckagevatten	Ingen hantering annat än att flödet kontrolleras. Vid utloppet från dagbrottssjön har ett Thomson överfall installerats för att möjliggöra flödesmätningar vid bräddning. Vattnet bräddar vanligen under höglödesperioder, är dock väldigt ovanligt att bräddning sker.
Övrigt	Mycket bristfälliga uppgifter från myndighetsbeslut i samband med efterbehandling av övriga området. Rester från ett sandupplag nordöst om dagbrottet ska ha deponerats i dagbrottet men det framgår inte vilka mängder eller hur området har åtgärdats.

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	12 ha
Mängd	Uppskattningsvis 1,0 Mton
Avfallets egenskaper	Gråbergsmassorna beräknas innehålla omkring en viktprocent svavel och 25 viktprocent buffrande mineral, varav mindre än 0,5 viktprocent är kalcit.
Driftstid	Okänt.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1993
Efterbehandling	Upplaget släntades till och täcktes med 0,5 meter morän. På delar av upplaget, främst slänterna, lades rötslam ut i efterhand för att gynna växtetablering. Efter det trädplanterades området. Under 2010 lades rötslam ut på industriplan och området såddes in under 2011.
Kompletterande åtgärder	Försök att injektera grönlutslam i rör i en försänkning (grop) på upplaget genomfördes 2016. I försänkningen ansamlas vatten och höga metallhalter och lågt pH har uppmätts. Injekteringen ingår i ett Vinnovafinansierat forskningsprojekt via Örebro Universitet.
Hantering av läckagevatten	Läckagevatten från gråbergssupplaget hamnar i dagbrottssjön där kalkning utförs på ett kontrollerat sätt.
Geotekniska risker	Upplagets höjd varierar från några meter till ca 10 m och dess slänter har lutningen 1:2 till 1:4.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Bolagets egenkontrollprogram omfattar intern tillsyn flera gånger per år med avseende på allmänt intryck på området, vegetation och dikens funktion etc. Vattenprovtagning görs numera två gånger per år, där samtliga 14 st. grundvattenrör provtas. I samband med kalkning tas vattenprover i dagbrottssjön av bolaget och dessa redovisas till tillsynsmyndigheten.
Resultat av utförd efterbehandling	I underlaget till efterbehandlingsplanen bedömdes den enkla moräntäckningen minska syretransporten till gråberget med en faktor 3–5. Moräntäckningen och växtetableringen bedömdes tillsammans halvera infiltrationen och lakvattenflödet på 10–15 års sikt. Direkta undersökningar för att verifiera resultatet har inte gjorts. Ett flertal undersökningar på områdets hydrogeologi och geokemi har gjorts på senare tid. Dessa indikerar att lakvatten från gråbergssupplaget i princip uteslutande hamnar i dagbrottssjön vilket är huvudorsaken till det låga pH och de höga metallhalterna i sjön. Gråbergssupplaget saknar en med dagens mått mätt effektiv syrebarriär och den torrtäckning som har utförts är inte optimal. En undersökning visar också att kalkningen av dagbrottssjön inte är särskilt effektiv och att det sannolikt bara är ytvattnet (de 10 översta metrarna) som påverkas.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En efterbehandlingsplan togs fram 1990 och kompletterades 1991. Underlaget till planen var begränsat till en översiktlig bedömning av nuvarande samt framtida utsläpp (metallflöden) samt en bedömning av lämplig mäktighet på täckning av gråberg. Planen följdes i huvudsak bortsett från att slam även deponerades i dagbrottssjön. Myndighetsdokumentationen förefaller ha varit bristfällig. På basis av det underlag som påträffats bedöms planeringen inför efterbehandlingen inte ha varit tillfyllest bl.a. verkar geohydrologiska utredningar ha saknats och vissa beslut och åtgärder kan diskuteras. Utredningarna har sedermera dock kompletterats med en geokemisk utredning samt geohydrologiska utredningar för att bättre utreda hur området och dagbrottssjön fungerar, och vissa kompletteringar har övervägts och korrigerande åtgärder sker regelbundet (kalkning).
Efterbehandlingsmetod	Dagbrott och underjordsgruvor efterbehandlas generellt genom naturlig uppfyllning med vatten då grundvattenytan återtar sitt läge. Så även vid Udden. I samband med efterbehandlingen deponerades i dagbrottet även diverse material från gruvan, slam, avbaningsmassor m.m. inklusive gråberg och massor från en närliggande gruva. Detta är erfarenhetsmässigt mindre lämpligt, beroende på typ av material, då dagbrottssjöar kan påverkas genom utlakning av lakbart material. Gråbergssupplaget täcktes med morän, ca 0,5 m, och en del slam lades på för att förenkla växtetablering.

Uppföljande miljökontroll	Miljökontroll och tillsyn sker vid flera tillfällen under ett år. Kontrollen omfattar även allmän tillsyn t.ex. dikens funktion m.m. I samband med kalkning sker även provtagning av dagbrottsjön. Inga uppföljningar av täckningens funktion förefaller ske.
Resultat	Erfarenhetsmässigt är deponering av äldre material inkl. avfall mindre lämpligt i ett dagbrott då det finns en risk att denna typ av avfall under lång tid lakar metaller, vilket medför att kalkning ofta behöver ske med återkommande intervall. I fallet Udden så verkar dock huvudförklaringen vara att gråbergssupplaget vittrar och lakvatten sprids i riktning mot dagbrottsjön. När det gäller efterbehandlingen av gråbergssupplaget så bedöms en täckning med 0,5 m morän ha en förbättringspotential. Det är oklart vilken typ av morän som använts, men mäktigheten bedöms inte som tillräcklig för att vare sig hindra syrepenetration eller infiltration av nederbörd. Uppföljande mätningar för att verifiera de antaganden som gjordes i efterbehandlingsplanen saknas även. Taget i beaktande rådande branschpraxis vid tidpunkten så bedöms efterbehandlingsplanen med föreslagna åtgärder dock som rimliga, men planen hade med all sannolikhet varit utformad på ett annat sätt idag och valet av mäktighet på täckningen, deponeringen av material i dagbrottet m.m. hade möjligen sett annorlunda ut. Den miljökontroll som idag omfattar korrigerande åtgärder genom kalkning medför att utsläppen från området är under kontroll.

Referenser

- Boliden, 1990: Uddengruvan efterbehandlingsplan
- Boliden, 1991: Komplettering av inlämnad efterbehandlingsplan Uddengruvan
- Boliden, 2010: Årsredovisning 2009 för Uddengruvan
- Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Uddengruvan.
- Golder, 2014: Geokemisk utredning Udden

Vassbo

Typ av gruva Sulfidmalm (Pb, Zn)	Län Dalarna	Kommun Älvdalen
Anläggningsdelar Ett sandmagasin, industriplan, dagbrott och ventilationsschakt		
Efterbehandlingsmetod Merparten av efterbehandlingen genomfördes tidigt 1980-tal då gråbergssupplag schaktades och täcktes, dagbrottet vattenfylldes och sandmagasinet efterbehandlades genom att tillföra konstgödsel som såddes in. 2004 påbörjades en kompletterande efterbehandling av sandmagasinet genom att täcka med komposterat avloppsslam. Täckningen pågår fortfarande.		
Platsspecifika förhållanden Recipient från gruvområdet är Guttan, en vattenförekomst med måttlig ekologisk status.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Några åtgärds mål för efterbehandlingarna som genomfördes på 1980- och 1990-talet är inte satta. Syftet med den kompletterande efterbehandlingen 2004 var att minska damning och skapa ett näringsskikt för växtetablering på sandmagasinet.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☐ Nej
Övrigt	1979 upprättades en översiktlig plan för efterbehandling som genomfördes efter gruvverksamheten avslutades 1982. 1984 konstaterades att efterbehandlingen av sandmagasinet hade utförts enligt överenskommelse. Åren efter användes sandmagasinet som upplagsområde för kommunalt avfall, enligt beslut 1987 efter ansökan av Älvdalens kommun. 1989 användes en del av industriområdet för hunduppfödning verksamhet men avbröts då hundar dog av akut blyförgiftning då de sannolikt fått i sig blyhaltigt material vid grävning av gropar. Provtagning av bly på industriområdet visade sig ligga på halter på omkring 1–3 %. En ny efterbehandlingsplan upprättades och godkändes av länsstyrelsen 1990. 2004 startade ytterligare åtgärder på sandmagasinet i syfte att förhindra diffus damning. Dessa åtgärder pågår fortfarande.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1954–1982

Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1982–1984
Efterbehandling	17 ventilationsschakt har täckts med betonglock och ca en meter morän. Ett bergschakt och ett materialschakt inom industriområdet har gjutits igen samt därefter täckts med gråbergsmassor. Fyllnadsmassor från schaktrensning (ca 300 m ³) har enligt efterbehandlingsplanen deponerats i dagbrottet som sedan vattenfyllets. Anläggningar på industriområdet har monterats ned och omhändertagits, därefter har morän tillförts och skog planterats. (Boliden, 1990; Boliden, 2016)
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Gråbergssupplag/avfallssupplag

Yta	–
Mängd	–
Avfallets egenskaper	–
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1992
Efterbehandling	Gråbergssupplaget har schaktats till och täckts på plats. (Boliden, 2015a)
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker	–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Ca 63 ha
Mängd	–
Avfallets egenskaper	–
Driftstid	1954–1982
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1980-talet samt 2004 och framåt.
Efterbehandling	Initialt efterbehandlades sandmagasinet med konstgödsel som såddes in. Sedan 2004 pågår åtgärder för att förhindra diffus damning på magasinet. Åtgärden innebär utläggning av ett skyddslager på 0,15 m av komposterat avloppsslam. (Boliden, 2015a; Sweco, 2005)
Kompletterande åtgärder	Bolaget fick 2015 tillstånd att fortsätta lägga ut slam på sandmagasinet.

Hantering av läckagevatten	–
Geotekniska risker m.a.p. täckning	–
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Ett gällande egenkontrollprogram finns för Vassbo. Programmet omfattar idag ytvattenprovtagning i två provpunkter tre gånger om året, samt intern tillsyn. Vattenproverna analyseras på parametrarna: pH, total fosfor, total kväve, konduktivitet, TOC, Zn och Pb. (Boliden, 2016) En utvärdering av slamutläggningen vid sandmagasinet gjordes tio år efter utläggningen påbörjades 2004. Fokus på utvärderingen var läckage av näringsämnen, och en jämförelse av data gjordes mot Naturvårdsverket äldre bedömningsgrunder. (Boliden, 2015b)
Resultat av utförd efterbehandling	Enligt årsrapporten för 2015 är vattenkvaliteten i båda provpunkter god. pH är neutralt och konduktiviteten stabil över tid. Ingen signifikant förändring av metallhalter och näringsämnen kan observeras. (Boliden, 2016) Utvärderingen av slamutläggning på sandmagasinet visar att efterbehandlingen som startade 2004 har gett avsedd effekt med avseende på minskad damning och att få igång växtlighet. Metallhalterna vid kontrollpunkterna anses som relativt låga. En minskning av metallhalter har skett sedan 1990-talet, men det går inte att avgöra om halterna har minskat på grund av slamutlägget eller naturliga följder av avslutad gruvdrift. Enligt utvärderingen går det inte med säkerhet att visa att utläggningen av slam medfört en ökad näringspåverkan i ytvatten kring sandmagasinet. Det går heller inte att se att näringshalter är onaturligt höga jämfört med näringshalter i närliggande vattendrag och referensbäckar. (Boliden, 2015b)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Någon direkt planering inför efterbehandlingen förefaller inte ha skett och de befintliga efterbehandlingsplanerna är av en relativt ringa omfattning. Inte heller förefaller några specifika utredningar ha genomförts. Den första initiala efterbehandlingen godkändes dock av myndigheterna 1984.
Efterbehandlingsmetod	Dagbrott och gruva har fyllts med vatten och gråberg ha schaktats ut och täckts. Även det befintliga sandmagasinet har täcks, företrädesvis med ett tunt lager av slam och gödsel. Täckningarna förefaller inte ha dimensionerats eller ha

	baserats på något utredningsunderlag t.ex. avseende vittringspotential utan huvudsyftet har varit att minska damning och förbättra återetablering av växtlighet, något som får ha ansetts vara dåtida branschpraxis.
Uppföljande miljökontroll	Ett egenkontrollprogram som omfattar främst ytvattenprovtagning finns. En utvärdering av täckningen avseende utlakning av näringsämnen genomfördes även 2004. Med tanke på att vittringspotentialen för avfallen, förefaller vara tämligen sparsamt utrett, samt att täckningen har en ringa mäktighet, kan det tyckas att miljökontrollen och uppföljningen har varit något begränsad.
Resultat	Den vattenprovtagning som sker och har skett visar att vatten håller neutralt pH samt att inga större förändringar skett i metallhalter. Detta förefaller visa att utlakningen idag är ringa. Några utredningar t.ex. avseende avfallen som redovisar en långsiktigt stabil situation har dock inte påträffats. Då blyhalterna i avfallen är höga samt att förgiftningsfall förekommit (hundar) så är det något oklart om efterbehandlingen som helhet kan anses ha gett avsedd effekt och om den genomförda efterbehandlingen är långsiktigt säker. Det kan också ifrågasättas om den långa utförandetiden avseende den fullständiga täckningen är rimlig.

Referenser

Boliden, 1990: Vassbogruvans industriområde–Efterbehandlingsplan

Sweco, 2005: Vassbo–täckning av sandmagasin. Falun 2005–05–30

Boliden, 2015a: Årsredovisning för Vassbogruvan 2014

Boliden, 2015b: Utvärdering av slamutläggning samt anmälan om fortsatt slamutläggning vid Vassbogruvan, Älvdalens kommun.

Boliden, 2016: Årsredovisning för Vassbogruvan 2015

Viscaria

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu)	Län Norrbotten	Kommun Kiruna
Anläggningsdelar Dagbrott, underjordsgruva och provbrytningslokal, ett stort gråbergsupplag (gråbergsupplag norr), flera mindre upplag med morän och gråberg från tunneldrivning, ett sand- och klarningsmagasin samt en industriplan etc.		
Efterbehandlingsmetod Gruva: återfyllning med gråberg underjord och i dagbrott, sedan vattenfyllning. Gråbergsupplag: terrasserats av estetiska skäl, insådd med gräs och buskar. Sandmagasin: täckning med rötslam och mull, insådd av gräs.		
Platsspecifika förhållanden Vatten från sandmagasinet dränerar till recipienten Leväjoki–Luossajärvi, medan dagbrott och gråbergsupplag avvattnas norrut till Pahtajoki. All avrinning sker inom Torneälvens upptagningsområde.		

Inför Efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Att marken ska kunna användas för framtida industriverksamhet, rennäring och/eller friluftsliv.
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Viscaria har efterbehandlats enligt en efterbehandlingsplan som fastställdes 1996 av länsstyrelsen. Inför framtagandet av efterbehandlingsplanen utfördes ett flertal undersökningar, samråd hölls med intressenter och flera remissinstanser uttalade sig om efterbehandlingsens utformning. Utredningar och undersökningar som gjordes syftade huvudsakligen till att undersöka avfallens egenskaper och recipientförhållanden samt vegetationsförsök på sandmagasinet.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1980–1997
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Successiv efterbehandling under drift, och avslutande efterbehandling 1997–1999.
Efterbehandling	<u>Underjordsgruvan</u> Tomma brytningsrum i underjordgruvan har kontinuerligt fyllts med gråberg under drift. Allt gråberg som uppstått i underjordgruvan i samband med brytningen har återförts underjord. Samtliga schakt har tillslutits med permanent betongplatta och täckts med 1 m morän.

Södra dagbrottet och norra provbrytningen

Dagbrottet (på 0,7 ha) har delvis fyllts igen med gråberg i den norra delen. Provbrytningen (på 0,35 ha) har också delvis fyllts igen med gråberg. Sedan har ett 2 m högt industristängsel och varningsskyltar satts upp för att skydda människor och djur som kan vistas i området.

Rasriskområden och Norra skivpallen

Både i norr och söder finns rasriskområden där underjordsbrytning skett i nära anslutning till markytan. Dessa områden, och bergskärningen på 50 m (Norra skivpallen) har stängslats in med industristängsel och varningsskyltar har satts upp.

(Viscaria AB, 1995)

Kompletterande åtgärder	2014 upptäcktes grönfärgade utfällningar i ett dike på gruvområdet. Fällningarna härleddes till en kvarlämnad hög med bergmaterial och problemet åtgärdades genom att bergmaterialet deponerades i ett av dagbrotten. Det ytliga sedimentet i diket avlägsnades samtidigt och kommer eventuellt också att deponeras i samma dagbrott. (Golder, 2015)
--------------------------------	---

Hantering av läckagevatten	Det pågår ingen rening av läckagevatten från gruvområdet.
-----------------------------------	---

Gråbergsupplag/avfallsupplag

Yta	Gråbergupplag norr: Ca 10,8 ha
Mängd	Gråbergupplag norr: Ca 3,4 Mton gråberg
Avfallets egenskaper	Inför upprättande av efterbehandlingsplanen gjordes undersökningar på gråberget. Syra-bas beräkningar gjordes på 64 prover, varav 56 stycken visade ett överskott av buffrande kalcit. Överskottet motsvarade kring 14–19 kg kalcit per ton gråberg. (Kisiel, 1993) Acid-Base Accounting (ABA-test) gjord på 6 prover visar att neutraliseringspotentialen (NP) är större än syrapotentialen (AP). Samtliga prover är icke-syrabildande enligt NPR, medan 2 av 6 prover visar på osäkert resultat och de andra 4 icke-syrabildande enligt NNP. På samma 6 prover har man utfört Humidity cell test (fuktkammarförsök) under 10 veckors tid. Försöken visar högt pH, hög alkalinitet, låg sulfathalt samt relativt låga metallhalter i lakvattnet. (Lundkvist, 1993b)
Driftstid	1982–1987 (därefter har allt gråberg återfyllts i tomma brytningsrum underjord).
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1996
Efterbehandling	Gråbergsupplag norr i Viscaria har åtgärdats 1996 genom att slänter och släntröner har avrundats, större block avlägsnats och håligheter fyllts igen. Sedan har upplaget, av estetiska skäl, terrasserats med tydliga mellanhyllor som täckts med 20 cm morän. Gräs har såtts in och buskar planterats. Ett skärmdike har anlagts på ovansidan för att förhindra tillrinning av ytvatten. De mindre gråbergs- och moränupplagen har endast

	åtgärdats genom att krönen har rundats av och överytorna jämnats till. (<i>Viscaria AB, 1995</i>)
Kompletterande åtgärder	Inga uppgifter finns om kompletterande åtgärder.
Hantering av läckagevatten	Det pågår ingen rening av läckagevatten från gråbergsupplaget.
Geotekniska risker	Det saknas uppgifter om gråbergsupplagets dimensioner vilket gör det svårt att utvärdera. Avsläntningen, terrasseringen och växtetableringen talar dock för att risken för erosion är reducerad.

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Ca 80 ha
Mängd	Ca 13 Mton
Avfallets egenskaper	Inför upprättande av efterbehandlingsplanen gjordes undersökningar på prover från sandmagasinet. Syra-bas beräkningar från 13 prover visar på ett överskott av buffrande kalcit. Överskottet motsvarar 27 kg kalcit per ton avfall. Humidity cell test (fuktkammarförsök) utförda på 6 prover visar på relativt konstanta halter koppar, pH-värde och alkalinitet i lakvattnet. Resultatet från testet indikerade att buffertförmågan i sandmagasinet är tillräckligt och att ingen omfattande sulfidvittring kommer att sker om magasinet torrläggas. Det framgår inga uppgifter om hur länge fuktkammarförsöken pågick. (<i>Lundkvist, 1993a</i>)
Driftstid	1982–1997
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1997–1999
Efterbehandlingsmetod	Eftersom undersökningar hade visat att omfattande sulfidvittring inte skulle uppstå var efterbehandlingsåtgärderna fokuserade på att minska damning och stabilisera slänter. Sandmagasinet torrlades efter avslutad drift och magasinet samt damvallarna till klarningssjön täcktes med 3 cm rötslam och mull samt besåddes med gräs, i flera omgångar, för att uppnå en varaktig växtlighet. Ytor där växtetableringen inte fungerade täcktes i efterhand med 20 cm morän och besåddes med gräs. Ett skärmdike anlades längs med hela sandmagasinet. Vatten från klarningssjön pumpades ut i Rakkurisystemet för att sänka vattennivån med ca 5 m. Ett skibord placerades i klarningssjön 1998 och vattnet ifrån sjön rinner numera mot Luossajärvi. (<i>Viscaria AB, 1995</i>)
Kompletterande åtgärder	Kompletteringar har utförts på sandmagasinet för att motverka erosion. Strax efter avslutad efterbehandling noterades att anrikningssanden började röra sig i riktning mot utloppet till klarningssjön. Detta åtgärdades först genom att 4000 m stensatta diken anlades inom eroderande delar av sandmagasinet för avledande av nederbördsvatten. Senare

	anlades en skyddsvall med fiberduk som en halvcirkel med radien 30 m runt sandmagasinets utlopp för att motverka sandmassans rörelser mot klarningssjön. (Länsstyrelsen, 1999) Vid vårfloden 1998 uppkom problem med erosion av täckningen. Uppkomna kanaler täcktes med geotextil och morän för att fungera som dräneringskanal vid nya vårfloder (Naturvårdsverket, 2002). 2014 upptäcktes skador på erosionsskydden vid tillsyn av sandmagasinets. Skadorna är åtgärdade. (Golder, 2015)
Hantering av läckagevatten	Det pågår ingen rening av läckagevatten från sandmagasinets.
Geotekniska risker m.a.p. täckning	Erosion p.g.a. ytavrinning i samband med höga flöden.
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	En visuell bedömning av dammens geotekniska stabilitet gjord 2013 visade att dammens kondition såg god ut. Dammkrönet uppvisade inga synliga och oförklarliga nivåvariationer och dammens yttersida uppvisade inga synliga utbuktningar. En bedömning av dammens långtidsstabilitet och huruvida åtgärder behöver vidtas för att säkerställa den är dock inte utförd. (Golder, 2013)

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	1997 upprättades ett miljökontrollprogram för området efter avslutad drift. Programmet omfattade 8 ytvattenprovpunkter med en frekvens på 6 provtagningar per år. Omfattningen av kontrollprogrammet minskade med tiden och utgick helt 2004 då bolaget begärde om upphörande av miljökontroll. Begäran gick inte igenom och kontrollprogrammet har mellan 2005–2011 omfattat 6 provpunkter med en frekvens på 3 provtagningar per år. En ny begäran om upphörande av miljökontroll avslogs 2012. Ingen vattenprovtagning skedde i Viscaria 2015 och det är oklart hur omfattningen på kontrollprogrammet ser ut idag. Slutbesiktning av gruvområdet med länsstyrelsen, kommunen och Naturvårdsverket har ännu inte gjorts. (Viscaria AB, 1997: Viscaria AB, 2016)
Resultat av utförd efterbehandling	<u>Påverkan på recipient, gruvan</u> Mellan 2002 och 2011 visar analyser på utgående vatten från gruvan (provpunkt VVA15) att halter av Cu, Zn, Co och Ni har sjunkit vilket tolkas som att utsköljning av vittringsprodukter har pågått. Minskningen för nämnda element över tidsperioden är i storleksordningen 70–80 % och medelhalten Cu är 3–5 µg/l sedan 2009. I recipienten (provpunkt VAA16) är halterna mycket låga till låga. <u>Påverkan på recipient, gråbergssupplag</u> Från 2000–2011 visar provtagning nedströms gråbergssupplaget (provpunkt VVA08) ingen påtaglig förändring i utgående halter över tid. pH ligger stadigt över 7 och medelhalten Cu kring 1,0 µg/l. Inga skillnader gentemot referenspunkten uppströms gråbergssupplaget (VVA07) har registrerats under tidsperioden.

Det syns heller ingen skillnad i utgående halter gentemot 1997–1998 då gruvan fortfarande var i drift.

Påverkan på recipient, sandmagasin

I Leväjoki (provpunkt VVA09) har metallhalter och pH inte visat några påtagliga förändringar mellan 2002–2011 med undantag för 2005 då medelhalten Cu under året uppgick till 13 µg/l mot normala 5 µg/l. Även Co steg tillfälligt samma år. Det syns inga skillnader i halter gentemot 1997–1998 då gruvan fortfarande var i drift. Provpunkt VVA14 i diket nedströms sandmagasinet provtogs 2000–2004 och visade då att vittringsprodukter ökade något men att karbonatvittringen var fullt tillräcklig för att buffra vattnet och förhindra försurningseffekter.

En bedömning av sandmagasinets nuvarande samt framtida potential till metallutlakning gjordes 2013. Metallutlakningen bedömdes då vara låg idag och i framtiden minska ytterligare. Kvarvarande vittringspotential i sandmagasinet är bedömd att i delar av sandmagasinet kunna pågå i som mest 40–50 år.

(Viscaria, 2016; Golder, 2013)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingen föregicks av ett antal utredningar bl.a. karaktärisering av avfallen. I praktiken förbereddes även efterbehandlingen redan under brytningen då gråberg till delar kontinuerligt återfyllts i gruvan. Efterbehandlingsplanen som fastställdes 1996 skickades även på remiss och samråd hölls. Den bedömning som görs är att man varit mån om att föreslå och förankra lämpliga efterbehandlingsmetoder.
Efterbehandlingsmetod	Baserat på utredningarna så var det tydligt att huvudinriktningen på efterbehandlingen varit estetik, möjliggöra växtetablering, minska risken för damning samt reducera eventuella geotekniska risker. På basis av att avfallen inte uppvisar några trender av att producera surt och metallhaltigt lakvatten så är detta rimligt. De utförda utredningarna visar snarare på ett överskott av buffrande material (kalk). Bedömningsvis är det fullt rimliga åtgärder som föreslagits och genomförts.
Uppföljande miljökontroll	Uppföljande miljökontroll inkl. inspektion av dammarna, har pågått i snart 20 år, och omfattat både provtagning av ytvatten samt inspektioner. Miljökontrollen har också varit så pass omfattande att vissa brister påträffats och justerats bl.a. byggnation av en skyddsvall och borttagande av en mindre hög med gråberg. Den miljökontroll som utförts bedöms ha varit rimlig med tanke på objektet och de eventuella risker som kunnat förekomma.
Resultat	På basis av den miljökontroll som skett och sker så förefaller åtgärderna ha nått effekt och att de åtgärder som anpassats till platsen är tillräckliga. Vissa kompletteringar av åtgärderna har dock skett framförallt avseende sandmagasinet för att åtgärda riskerna avseende erosion. Sammantaget bör dock efterbehandlingen på basis av befintligt underlag kunna anses

ha varit tillfredställande.

Referenser

Golder, 2013: Utredning avseende miljöpåverkan på kort och lång sikt

Golder, 2015: Anmälan enligt 28 § förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899)
F.d. Viscariagruvan, Kiruna kommun

Kiesel, 1993: Viscariamalmens gråbergstippar

Lundkvist, 1993a: Utredning Viscariagruvans sandmagasin, halter, mängder och vittringspotential

Lundkvist, 1993b: Utredning Acid–base accounting och humidity cell test på gråbergsavfall från Viscariagruvan

Länsstyrelsen, 1999: Beslut om Anmälan om förändring av efterbehandlingsplan för Viscariagruvan i Kiruna kommun

Naturvårdsverket, 2002: Uppföljning av efterbehandlingsprojekt inom gruvsektorn. Åtgärder, kostnader och resultat. Rapport 5190, maj 2002.

Viscaria AB, 1995: Efterbehandlingsplan

Viscaria AB, 1997: Kontrollprogram för Viscaria och Pahtohavare gruvområden efter avslutad drift

Viscaria AB, 2016: Miljörapport 2015

Yxsjöberg

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, W & flusspat)	Län Örebro	Kommun Ljusnarsberg
Anläggningsdelar Underjordsgruva. Ett industriområde och två sandmagasin. Det äldre sandmagasinet ligger delvis i sjön Smaltjärnen. Efter ett ras har ett gruvhål bidats. Hålet har fyllts igen med anrikningssand från det äldre sandmagasinet (ca 45 000 m ²).		
Efterbehandlingsmetod Det nya sandmagasinet har täckts med rötslam och möjligen inslag av pappersfiberavfall. Det gamla sandmagasinet har delvis täckts med rötslam.		
Platsspecifika förhållanden Det äldre sandmagasinet avvattnas söder ut från Smaltjärnen via Pumpbäcken till Abbortjärnen. Avrinningen från det nya sandmagasinet sker norrut via Stentjärnsbäcken till Furubergs–Mosstjärnen. Både Furubergs–Mosstjärnen och Abbortjärnen mynnar i Nittälven som ingår i Arbogaåns avrinningsområde.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej	
Är åtgärderna utförda enligt plan?	Nya sandmagasinet	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
	Gamla sandmagasinet	☐ Ja ☒ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	Delar av det gamla sandmagasinet blev aldrig täckt och någon växtlighet har inte etablerats, sannolikt skedde inte heller någon nedharvning.	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Åtgärderna syftade till att förhindra damning och gynna växtetablering. Åtgärderna är inte utformade för att förhindra föroreningsspridning.	
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☒ Nej	
Övrigt	Från myndighetsbeslut fås en relativt bra uppfattning om vilka åtgärder som planerades. En utvärdering från 2003 ger uppfattningen att täckningsmaterialet till största del utgörs av rötslam. Från handlingar innan åtgärden genomfördes talas det om rötslam och pappersfiberavfall.	

Gruva

Typ av verksamhet	☐ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	1700-tal–1963 samt 1972–1989
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	–
Efterbehandling	–

Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	–

Sandmagasin/avfallsmagasin

Yta	Gamla sandmagasinet: 26 ha Nya Sandmagasinet: 24 ha
Mängd	Gamla sandmagasinet: 2,2 miljoner ton Nya sandmagasinet: 2,4 miljoner ton
Avfallets egenskaper	Det har gjorts sekventiella lakförsök både på ovittrat och vittrat material. Det finns en buffrande kapacitet (magnesium- och kalciumkarbonat) men det är osäkert om den är långsiktigt tillräcklig. Det sker punktviss sulfidvittring. Sekventiella lakförsök på fem prover har genomförts och visat att utlakning av järn, aluminium, svavel, magnesium, kalcium och fluorid är dominerande. (Kemakta, 2004)
Driftstid	Gamla sandmagasinet: okänt –1963. Nya sandmagasinet 1972–1989 Den största mängden anrikningssand har uppstått efter år 1936 då ett nytt anrikningsverk anlades.
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Gamla sandmagasinet: 1994 Nya sandmagasinet: 1993
Efterbehandling	Det gamla sandmagasinet är täckt med rötslam (10–20 cm). Täckningen är inte fullständig. Det nya sandmagasinet har täckts med rötslam möjligen med inslag av pappersfiberavfall (10–20 cm). Materialet har harvats ner i anrikningssanden.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Ingen hantering
Geotekniska risker m.a.p. täckning	I östra kanten av gamla sandmagasinet eroderar en bäck (hundbäcken) bort täckningsmaterial och anrikningssand. Strömfåran ändras ständigt.
Geotekniska risker m.a.p. dammars stabilitet	En utvärdering pekar på risker för erosion primärt för dammvallarna på nya magasinet i söder, öster och väster. Utskovet i norra delen av nya magasinet föreslås bytas ut. (Kemakta, 2004)

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Det pågår ingen miljökontroll i Yxsjöberg. Efterbehandlingen har utvärderats 2003–2005 med Sveriges geologiska undersökning (SGU) som huvudman på uppdrag av Naturvårdsverket. (Kemakta, 2004; Kemakta, 2005)
Resultat av utförd efterbehandling	Växtetableringen har av allt att döma gett avsedd effekt där täckning skett och damning verkar inte längre vara ett stort problem. I efterbehandlingen utgick man från att de buffrande egenskaperna hos malmen skulle vara tillräckliga för att motverka förorenings-spridning vid sulfidvittring. I den

uppföljande kontrollen konstaterades det att det fanns en föroreningsspridning från sandmagasinen (Cu, W, F och Be). Surt lakvatten med högt metallinnehåll uppstår i begränsade delar huvudsakligen vid industribäcken (rinner från industriområdet mot gamla sandmagasinet). Läckage av Be är högre från det gamla sandmagasinet och det finns anledning att tro att motsvarande läckage från det nya sandmagasinet kommer att öka i framtiden.
(Kemakta, 2004; Kemakta, 2005)

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingen föregicks inte direkt av några utredningar förutom en enklare utredning avseende möjliga åtgärder. Planeringen anses sålunda ha varit ofullständig.
Efterbehandlingsmetod	Det åtgärdsalternativ som valdes var att täcka magasinet med ett tunt skikt av slam (rötslam och sannolikt pappersfiberavfall). Alternativet bedömdes i efterbehandlingsplanen vara det sämsta med avseende på funktion och beständighet. Täckningen är till delar ofullständig bl.a. på gamla sandmagasinet.
Uppföljande miljökontroll	Ingen miljökontroll har skett. SGU har dock i början av 2000-talet agerat huvudman för ett antal miljöutredningar vilka har visat att anrikningssanden är lakningsbenägen och även har en förmåga att producera syra. Några kompletterande utredningar eller åtgärder förefaller inte ha skett sedan dess förutom att ett visst aktivt tillsynsarbete bedrivits från tillsynsmyndighetens sida.
Resultat	Efterbehandlingen föregicks inte av några direkta utredningar och det är framförallt senare tiders miljöutredningar som visat att anrikningssanden är lakningsbenägen samt att metaller sprids. Den valda metoden dvs. påförande av ett tunt och ofullständigt skikt bestående av organiskt material kan inte anses ha varit tillräckligt och sålunda är resultatet av efterbehandlingen tveksam.

Referenser

Kemakta, 2004: Förstudie för efterbehandling av sandmagasin i Yxsjöberg

Kemakta, 2005: Kompletterande studie av sandmagasinen i Yxsjöberg, gällande belastning på recipienten av beryllium och volfram inklusive uppdaterad MIFO-2 klassning.

Åkerbergsgruvan

Typ av gruva Guldgruva	Län Västerbotten	Kommun Skellefteå
Anläggningsdelar Dagbrott, yta för malmupplag, gråbergsupplag, sedimentationsbassänger samt ett mindre industriområde.		
Efterbehandlingsmetod Industriområdet och malmupplagområdet har efterbehandlats genom rivning och borttransport av material. Ytorna har sedan täckts med morän och planterats med skog. Dagbrottet har inhägnats och vattenfyllning har skett på naturlig väg. Gråbergsupplaget efterbehandlas successivt genom krossning och borttransport för återanvändning (pågående verksamhet). Sedimentationsbassängerna är ännu inte efterbehandlade och kommer vara kvar tills all aktivitet i området är avslutat.		
Platsspecifika förhållanden Recipienten vid gruvområdet är Styckemyrsbäcken som har sitt utlopp i Svartån (en vattenförekomst med måttlig ekologisk status).		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☐ Ja ☒ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	I den ursprungliga efterbehandlingsplanen från 1990 var planen att täcka gråbergsupplaget med 0,2–0,3 m avbaningsmassor från dagbrottet. Efter en komplettering till efterbehandlingsplanen från 2005 kom materialet istället att återanvändas vid bolagets andra verksamheter.
Övergripande och mätbara åtgärds mål	Saknas
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☒ Ja ☐ Nej
Övrigt	Krossning och borttransport av gråberg för återanvändning sker alltjämnt. Det är oklart vilka efterbehandlingsåtgärder som kommer vidtas när verksamheten upphör (på platsen där gråberget legat och vid sedimentationsbassängerna). Ett beslut om förlängd efterbehandlingstid till 2025 finns för gråbergsupplaget och sedimentationsbassängerna.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☐ Underjordsgruva
Driftstid	1989–2001
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	2001–2005
Efterbehandling	Industriområdet och malmupplagområdet har efterbehandlats genom rivning och borttransport av material. Ytorna har sedan

	täckts med morän och planterats med skog. Sanering av oljeförorenad mark har utförts. Dagbrottskanterna har jämnats till (lutningen in mot dagbrottet planerades till 1:3) och vattenfyllning har skett på naturlig väg. Området har inhägnats eftersom en del kanter har ett avstånd till vattenytan som överstiger 5 m.
Kompletterande åtgärder	Ett beslut från 2006 om godkännande till användning av rötslam för kompletterande efterbehandling finns, men det är oklart om åtgärden genomförts.
Hantering av läckagevatten	–
Övrigt	Beslut om godkännande av utförda efterbehandlingsåtgärder vid delbesiktning av dagbrott och industriplan finns från tillsynsmyndigheten 2005.

Gråbergssupplag/avfallsupplag

Yta	–
Mängd	Ursprungligen 2 000 000 m ³ gråberg. Materialet är idag till stor del krossat och bortschaktat.
Avfallets egenskaper	Från underlag som använts för denna utvärdering framgår inte vilka undersökningar som utförts på gråbergets egenskaper. Eftersom det godkänts för återanvändning på annan plats har avfallet sannolikt varit inert.
Drifttid	–
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	–
Efterbehandling	Gråberget i Åkerbergsgruvan har varit av sådan kvalitet att det setts som en återanvändningsbar resurs. Gråbergsmaterial från upplaget krossas därför och transporteras bort för återanvändning.
Kompletterande åtgärder	–
Hantering av läckagevatten	Läckagevatten från gråbergssupplaget samlas upp i sedimentationsbassängerna där partiklar sedimenterar innan vattnet rinner ut i Svartån.
Geotekniska risker	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Befintligt egenkontrollprogram omfattar intern tillsyn och uppföljning av vattenkvalitet. Ytvattenprovtagning sker i fyra provpunkter (i dagbrottet, i utgående vatten från sedimentationsbassängerna, samt uppströms och nedströms i Svartån). Grundvatten övervakas och provtas i sex grundvattenrör (varav ett referensrör). Vid vattenprovtagning sker bestämning av pH, suspenderade ämnen, alkalinitet, halter av nitratkväve, fosfor och totalhalter av metaller. Provtagningsfrekvensen är 2 gånger per år.
----------------------	---

Resultat av utförd efterbehandling	Enligt bolagets årsredovisning för 2015 syns inga betydande förändringar i vattenkvalitet i dagbrottet eller i utloppet från gruvområdet. Provpunkterna uppströms och nedströms i Svartån följer generellt samma trend med varierande halter vilket innebär att utgående vatten från gruvområdet har en liten påverkan på närmiljön. Grundvattenmätningar uppvisar höga halter As vilket förklaras av att berggrunden i området naturligt har ett högt innehåll av As.
---	--

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	En efterbehandlingsplan togs fram 1990 enligt dåvarande branschpraxis med förslag på moräntäckning av gråbergssupplaget. Planen ändrades 2005 till att gråberget (vilket antagligen klassats som inert) bedömdes kunna användas till andra verksamheter som bolaget bedrev. Några övriga utredningar förefaller inte ha genomförts.
Efterbehandlingsmetod	Användning av gråberg får anses vara en förbättring då det bidrar till en förbättrad naturresurshållning. Avsläntning av dagbrottet har till vissa delar genomförts och andra delar stängslats in. Industriområde och malmyta har rensats och vegeterats. Efterbehandlingsmetoderna förefaller ha utformats på ett sådant sätt att de anpassats till området och den f.d. verksamheten på ett lämpligt sätt.
Uppföljande miljökontroll	Kontrollprogrammet omfattar grundvattenrör samt ytvattenprovtagning uppströms och nedströms påverkanspunkt. Med tanke på att gråberget och gruvan förefaller ha varit tämligen inert så bedöms miljökontrollen som tillräcklig.
Resultat	Generellt verkar efterbehandlingen ha gett tämligen goda resultat. Detta bedöms dels bero på att gråberget kunnat komma till användning på andra ställen samt att dagbrottet enbart har vattenfyllts samtidigt som dess omgivande berg är tämligen metallfritt. Det grundvatten som provtas i området uppvisar förhöjda metallhalter vilket bedöms vara normalt för området och inte orsakat av den tidigare verksamheten. I recipienten syns enbart en svag påverkan och haltvariationerna uppströms och nedströms följer varandra. Detta tyder på en relativt liten påverkan på recipienten från området. Efterbehandlingen förefaller sålunda ha gett avsedd effekt.

Referenser

Boliden mineral AB, 2016: Årsredovisning 2015 för Åkersbergsgruvan, avslutat och delvis efterbehandlat gruv- och industriområde

Boliden mineral AB, 1990: Plan för efterbehandling

Åkulla Östra och Åkulla Västra

Typ av gruva Sulfidmalm (Au)	Län Västerbotten	Kommun Skellefteå
Anläggningsdelar Åkulla Östra: Ett mindre torrtäckt dagbrott och ett mindre moränupplag samt f.d. sedimentationsbassänger. Åkulla Västra: En dagbrottssjö, ett schakt, f.d. ytor för mindre gråbergs- och moränupplag, samt en f.d. industriplan.		
Efterbehandlingsmetod Åkulla Östra: I dagbrottet deponerades gråberg och vattenfyllning skedde på naturligt väg. Eftersom dagbrottet dränerades ett par år senare utfördes istället en kvalificerad torrtäckning över dagbrottsytan. Åkulla Västra: Gråbergsmassor och sulfidhaltiga bergmassor från industriområdet schaktades ner i det vattenfyllda dagbrottet. Kalkning sker med jämna mellanrum.		
Platsspecifika förhållanden Åkulla Östra: Avrinningen från gruvområdet samlas upp i dikessystemet vid vägen till Kankbergsgruvan och rinner sedan vidare till Gillervattnet. Åkulla Västra: Avvattnas till recipienten Stavträsket som mynnar i Skellefteälvens vattensystem.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	<u>Åkulla Östra</u> I den första efterbehandlingsplanen från 1997 anges inga övergripande åtgärds mål. I en kompletterande plan från 2012 anges följande åtgärds mål: - Minskat metallutsläpp till grundvatten. Grundvattenrecipienten ska inte påverkas på ett betydande sätt av den nedlagda Åkulla Östra gruvan - Markkvalitet skall inte hota utveckling av skogs- och våtmarksekosystem. - Efterbehandlat område ska bidra till en ökad biodiversitet genom att skapa ett gynnsamt klimat för ett flertal arter. - Området ska vara säkert att vistas i
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☐ Nej
Övrigt	<u>Åkulla Östra</u> Området efterbehandlades ursprungligen 1998 direkt efter avslutad drift. Ett par år senare (2011) drevs ett ventilationsschakt till Kankbergsgruvan vid sidan om Åkulla Östra. Detta ledde till att det efterbehandlade och vattenfyllda

dagbrottet dränerades så att det deponerade gråberget förlorade sin vattentäckning. En ny efterbehandlingsplan togs fram 2012 och samma år genomfördes nya efterbehandlingsåtgärder som slutbesiktigades och godkändes av tillsynsmyndigheten 2013.

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	Åkulla Östra: 1997–1998 (dagbrott) Åkulla Västra: 1947–1957 (dagbrott och underjord)
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	Åkulla Östra: 1998 samt 2012–2013 Åkulla Västra: 1998–1999
Efterbehandling	<u>Åkulla Östra</u> Gråberg från upplag runt dagbrottet och industriplan schaktades 1998 ned i dagbrottet som sedan vattenfylldes. Områdena kring dagbrottet är utjämnade och täckta med ett ca 0,5–1 m tjockt moräntäcke. Sedimentationsbassängerna som användes under brytningen lämnades kvar utan åtgärder för en eventuell brytning under jord. <u>Åkulla Västra</u> Kalk tillfördes det redan vattenfyllda dagbrottet för att höja pH till 8–9. Därefter schaktades sulfidhaltiga bergmassor från industriplanen och gråberg från ett mindre upplag (totalt ca 20 000–30 000 m³ material) ned i dagbrottet. En damm med ett 3 m brett stensatt utskov anlades i dagbrottets norra del. De ytor som rensats från bergmassor besåddes med gräsfrö och tallfrö/björkfrö.
Kompletterande åtgärder	<u>Åkulla Östra</u> 2012 genomfördes en kompletterande efterbehandling enligt en ny efterbehandlingsplan. Vid efterbehandlingsarbetet undersöktes marken med XRF och allt sulfidhaltigt material i området schaktades ner i dagbrottet tillsammans med slam från sedimentationsbassängerna. Massorna i dagbrottet täcktes sedan med en kvalificerad torrtäckning. Täckningen bestod av två separat packade tätskikt om 0,25 m, det första bestod av morän inblandat med mesakalk, och det andra av enbart morän. Ett skyddsskikt med minst en tjocklek på 1,5 m morän anlades också. Växtlighet etablerades genom självsådd. 2013 slutfördes efterbehandlingen genom schaktning för att utjämna området, täckning av en slänt, erosionsskydd i dike och omgrävning av dike för bättre lutning. Enligt uppgift återstod därefter kompletterande växtetablering, och det är oklart ifrån material som funnits tillgänglig för denna utvärdering om detta arbete skett eller inte. <u>Åkulla Västra</u> Utskov och dammkrönet kring dagbrottssjön röjdes 2008. Avbaningsmassor las 2011 ut på industriområdet för att få ett bättre vegetationsskikt. Sedan 2004 kalkas dagbrottet med

	jämna mellanrum efter behov.
Hantering av läckagevatten	–
Övrigt	<u>Åkulla Östra</u> Allt gråberg har deponerats i dagbrottet och inget gråbergsupplag finns kvar på plats. <u>Åkulla Västra</u> Allt gråberg har deponerats i dagbrottssjön och inget gråbergsupplag finns kvar på plats.

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	<u>Åkulla Östra</u> Gällande egenkontrollprogram i Åkulla Östra omfattar provtagning i två nyinstallerade grundvattenrör samt i diket vid vägen till Kankberg (provpunkt 2809). Provtagning sker två gånger per år och analyser görs för pH och metaller (totalhalter i ytvatten och lösta halter i grundvatten). Egenkontrollen omfattar även regelbunden tillsyn. <u>Åkulla Västra</u> Vid bräddning sker provtagning på utgående vatten från dagbrottssjön. Diket in till Stavaträsket provtas liksom utloppet därifrån med provtagningsfrekvens en gång per år. Analyser görs för pH och totalhalter metaller. Vart femte år ska ytsediment från ett djupområde i sjön provtas. Egenkontrollen omfattar även regelbunden tillsyn.
Resultat av utförd efterbehandling	<u>Åkulla Östra</u> Den senast för denna utvärdering tillgängliga årsredovisning av egenkontrollprogrammet är från 2014. I den konstateras att det är för tidigt att dra några slutsatser av miljöfunktionen på den nyligt anlagda torrtäckningen. <u>Åkulla Västra</u> Sedan dagbrottssjön började kalkas varierar halten Cu mellan 0–400 µg/l i jämförelse mot halter uppemot 2000 µg/l före 2004. I diket som avvattnar området syns också höga halter Cu (som högst 41 µg/l).

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Den första efterbehandlingsplan som togs fram genomfördes enligt dåtida kunskap och enligt branschpraxis. Eftersom en kompletterande efterbehandlingsplan har tagits fram förefaller planeringen inför den första varit begränsad.
Efterbehandlingsmetod	Deponering av gråberg och slam under vatten samt vattenåterfyllning i kombination med enklare moräntäckning genomfördes i en första omgång. Denna har sedan för Åkulla Östra ersatts med en kvalificerad täckning i två lager, anlagd dränering av dagbrott samt regelbunden kalkning av Åkulla Västra. Åtgärderna har fått anpassas utifrån situationen.

Uppföljande miljökontroll	Pågående miljökontrollen förefaller vara anpassad till området och åtgärdernas karaktär.
Resultat	Enligt erhållit material så är det ännu för tidigt att uttala sig om effekten av den uppdaterade täckningen vid Åkulla Östra. Regelbundna kalkningar kontrollerar vattenkvaliteten vid Åkulla Västra vilket visar att efterbehandlingen inte helt ännu har gett avsedd effekt men att metallhalterna kan hållas under kontroll genom aktiv tillsyn och kontinuerliga insatser.

Referenser

Boliden, 1997: Efterbehandlingsplan för gruvorna Åkulla Östra, Åkulla Västra samt för Kankbergsgruvan

Boliden, 2012: Anmälan om kompletterande efterbehandling av Åkulla Östra dagbrott och industriområde

Boliden, 2013: Rapport över genomförd efterbehandling, Åkulla Östra

Boliden, 2015: Årsredovisning 2014 för Åkulla Östra och Åkulla Västra

Åsen Västra mellersta och åsen östra mellersta

Typ av gruva Sulfidmalm (Cu, Zn, Ag och Au)	Län Västerbotten	Kommun Norsjö
Anläggningsdelar Åsen Västra: en dagbrottssjö, en vattenfylld underjordsgruva, en f.d. industriplan, moränupplag och f.d. sedimentationsbassänger. Åsen Östra: ett igenfyllt gruvschakt.		
Efterbehandlingsmetod Åsen Västra: i dagbrottet har sulfidhaltiga gråbergsmassor deponerats och sedan har vattenfyllning skett genom naturlig tillrinning, övriga delar av gruvområdet har täckts med morän och gödslats för växtetablering. Åsen Östra: sulfidhaltiga massor schaktades och transporterades för deponering i dagbrottet Åsen Västra, gruvschaktet fylldes igen och borrhål tätades, området täcktes med morän och ytor gröngjordes med gräs och björkfrö.		
Platsspecifika förhållanden Recipient för både Åsen Västra och Åsen Östra är Braxträsket som avvattnas via Karsbäcken till Skellefteälven. Karsbäcken är klassad som en vattenförekomst med måttligt ekologisk status.		

Inför efterbehandling

Finns en efterbehandlingsplan eller motsvarande dokument?	☒ Ja ☐ Nej
Är åtgärderna utförda enligt plan?	☒ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Om nej, beskriv avvikelser	
Övergripande och mätbara åtgärds mål	–
Planerat för efterbehandling och förebyggt avfall under drift	☐ Ja ☐ Nej ☐ Går inte att bedöma
Övrigt	

Gruva

Typ av verksamhet	☒ Dagbrott ☒ Underjordsgruva
Driftstid	Åsen Västra: 1988–1990 underjord och 1993 i dagbrott Åsen Östra: 1928–1930 provbrytning
Tidpunkt för vidtagna efterbehandlingsåtgärder	1993–1996.
Efterbehandling	<u>Åsen Västra</u> I dagbrottet har sulfidhaltiga gråbergsmassor deponerats. Massorna har tagits från Åsen Västra samt Åsen Östra (3000 m ³). Slam från sedimentationsbassängerna har också deponerats i dagbrottet. Vattenfyllning har sedan skett genom naturlig tillrinning, övriga delar av gruvområdet inklusive ytan där sedimentationsbassängerna legat har täckts med morän och gödslats för växtetablering.

	<u>Åsen Östra</u> Sulfidhaltiga massor schaktades och transporterades för deponering i dagbrottet Åsen Västra, gruvschaktet fylldes igen och borrhål tätades, området täcktes med morän och ytor gröngjordes med gräs och björkfrö.
Kompletterande åtgärder	2002 gödslades gruvområdet vid Åsen Västra för att stimulera växtetablering. Dagbrottssjön i Åsen Västra har kalkats minst 2010, 2013 och 2015, eventuellt fler gånger.
Hantering av läckagevatten	–

Uppföljning och resultat

Miljökontroll	Åsen Västra och Åsen Östra har ett gemensamt egenkontrollprogram som omfattar uppföljning av ytvattenkvalitet i två punkter i diket som mynnar i Braxträsket samt i två punkter i Karsbäcken. Provtagning sker två gånger per år i samband med vår- och hösttillsyn. Vid Åsen Västra sker också provtagning i dagbrottet vid vårtillsynen. Om provtagningen visar på ett behov av kalkning så sker det under sommaren och en uppföljande provtagning sker i samband med hösttillsynen. Vid bräddning från dagbrottssjön Åsen Västra sker provtagning även på utgående vatten. Vid Åsen Östra sker provtagning även uppströms och nedströms i det dike som avvattnar området. Alla prover analyseras med avseende på flöde, pH, konduktivitet, suspenderade ämnen samt metallhalter och sulfat. Intern tillsyn ingår också i kontrollprogrammet och omfattar bland annat allmänt intryck, vegetation i området och dikens funktion mer mera.
Resultat av utförd efterbehandling	Enligt den senaste årsredovisningen visar resultatet generellt på avtagande trender i metallhalter och en minskande påverkan från gruvområdet. Recipienten Karsbäcken visar mycket låga och stabila metallhalter över ca 10 års tid. I dikena som mynnar i Braxträsket syns en nedåtgående trend i metallhalter och en minskning i årliga fluktuationer. Provtagning i diket vid Åsen Östra visar på minskande metallhalter såväl upp- som nedströms. En skillnad syns dock mellan provpunkterna när det gäller till exempel halter av Zn, As och sulfat. I dagbrottssjön Åsen Västra är totalhalter metaller emellanåt höga och pH lågt vilket åtgärdas med kalkning.

Sammanfattande bedömning

Planering inför efterbehandling	Efterbehandlingplanen som godkänts av myndigheterna verkar inte ha föregåtts av några direkta utredningar utan planerats utifrån då gällande branschpraxis.
Efterbehandlingsmetod	Återfyllning av dagbrott med slam och sulfidhaltiga massor. Naturlig vattenfyllning samt enklare moräntäckning av resterande delar av gruvområdet och gödsling samt sådd. De valda metoderna är även idag vanliga.
Uppföljande miljökontroll	Ett gemensamt egenkontrollprogram för de två gruvorna som omfattar ytvattenkontroll i två punkter samt på våren provtagning av dagbrottets vattenkvalitet för att avgöra om kalkning skall genomföras eller inte. Miljökontrollen förefaller vara anpassad efter området.
Resultat	Den senaste årsredovisningen visar på minskande metallhalter de senaste 10 åren i recipienten Braxträsket och vattendraget Karsbäcken som avvattnar sjön. Åsen Västra åtgärdas fortfarande till och från med kalkning. Efterbehandlingen visar en inriktning till lägre och lägre halter men omsättningen och förbättringen i systemet är uppenbarligen långsam och full effekt har ännu inte uppnåtts.

Referenser

Boliden, 1993: Åsengruvan efterbehandlingsplan

Boliden, 2013: Årsredovisning 2012 för Åsen västra mellersta och Åsen östra mellersta

Boliden, 2016: Årsredovisning 2015 för Åsen västra mellersta och Åsen östra mellersta

Länsstyrelsen Västerbotten, 2007: Tillsynsmeddelande avseende tillsyn vid Kedträsk, Udden, Åsen västra mellersta och Åsen östra mellersta

BILAGA 3. NÅGRA EXEMPEL PÅ BERÄKNADE OCH FAKTISKA KOSTNADER FÖR EFTERBEHANDLING

I det följande redogörs för kostnader för ett antal genomförda efterbehandlingar. Redogörelsen bygger huvudsakligen på två olika källor: en kunskapssammanställning från SGU, sammanställd av Golder Associates¹ och en insänd pm från Boliden AB² med uppgifter om enhets- och totalkostnader för ett antal genomförda efterbehandlingar.

Kristinebergsgruvan

I efterbehandlingsplanen för Kristinebergsgruvan, som upprättades 2012, uppskattas den totala efterbehandlingskostnaden till 109 miljoner kronor. Hela kostnaden bedömdes vid denna tidpunkt redan föreligga, och inte komma att öka över tid. De objekt som efterbehandlingen inkluderar är industriområde, dagbrott, sandmagasin 4, samt gråbergssupplaget. Även vattenrening under 20 års tid ingår i kostnaderna. Kostnaderna för moräntäckning av dammarnas utsida, industriområdet, dagbrott samt gråbergssupplaget beräknas till ca 20 miljoner kronor. Moräntäckning av sandmagasinet beräknas till 55,5 miljoner kronor³. Den totala efterbehandlingskostnaden kom sedan att justeras strax innan mark- och miljödomstolen meddelade tillstånd för verksamheten. Kompletterande efterbehandling av sandmagasin 2 och 3 lades då till, varvid den ekonomiska säkerheten ökades till 120 miljoner kronor. I mark- och miljödomstolens deldom 2014 höjdes säkerheten ytterligare till 135 miljoner kronor, på grund av tillkommande kostnader för eventuell stabilisering av sandmagasin 4 (6,4 miljoner kronor), funktionskontroll under tiden från beslut om nedläggning till färdig efterbehandling (25 år, ytterligare 5 miljoner kronor), och ytterligare 2 års vattenrening (3 miljoner kronor). I den aktuella efterbehandlingsplanen verkar det förutsättas att morän finns att tillgå lokalt, men det är inte beskrivet eller bevisat att så är fallet, enligt Golder Associates.⁴ Om moränmassor skulle behöva inskaffas från annan plats kan den totala kostnaden komma att öka med cirka 75 miljoner kronor.⁵

Saxberget

I Saxberget efterbehandlades två sandmagasin med kvalificerad moräntäckning 1990–1995, till en kostnad av 91 kr/m². Detta kan jämföras med efterbehandlingen av Sandmagasin 1, 1B och 2 i Kristineberg som genomfördes under åren 1995–1997 (delar av ytan med kvalificerad täckning, delar av ytan med förhöjd grundvattenyta). Enhetskostnader för moräntäckningen i Kristineberg uppgick till 68 kr/m². De relativt sett lägre kostnaderna för efterbehandling av sandmagasinen i Kristineberg jämfört med Saxberget förklaras i huvudsak av extrem närhet till moräntäkt samt mindre andel kringarbeten i Kristineberg jämfört med Saxberget⁶. Av kostnaden för moräntäckningen vid Saxberget utgjorde 51 kronor/m² entreprenörskostnader för själva täckningen, inklusive förarbeten på magasinerna och i täkter. Resterande kostnader utgörs av två års försening, projektering, projektledning, kontroll och kringarbeten⁷.

1 Golder Associates (2016): SGU, Kunskapssammanställning – Efterbehandlingsplaner och ekonomisk säkerhet.

2 Boliden Mineral AB (2017): PM – Kostnader för efterbehandlingsprojekt genomförda under 1990-talet samt 2010-talet. E-post från Pia Lindström 2017-02-17 till Naturvårdsverket och SGU, dnr NV-03195-16.

3 Golder s

4 Golder 2016

5 Ibid, s. 4

6 Boliden Mineral AB (2017): PM – Kostnader för efterbehandlingsprojekt genomförda under 1990-talet samt 2010-talet, s. 1.

7 Ibid, s. 1

Mertainen

Den största kostnaden för efterbehandling av gruvan i Mertainen utgörs av enkel täckning av gråbergssupplaget, 46,4 miljoner kronor. Övriga ingående objekt är industriområdet, dagbrottet samt moränupplaget. Materialkaraktärisering som redovisas i efterbehandlingsplanen visar att gråberget innehåller låga halter sulfider och har god buffringskapacitet. Moränen innehåller låga svavelhalter och låga till måttliga metallhalter och varken morän eller gråberg bedöms vittra, laka eller mobilisera lösta ämnen i någon signifikant omfattning. Total kostnad för efterbehandling har beräknats till 54,6 miljoner kronor⁸. Kostnader för borttagande av infrastruktur saknas i efterbehandlingsplanen, och det är enligt Golder Associates en aning oklart huruvida kostnaderna för igenläggning av diken och uppsamlingsbassänger ingår i moräntäckning av industriområdet. Verksamhetsutövaren LKAB menar dock att nettokostnaderna för borttagande av infrastruktur är obetydliga då detta material i sig har ett ekonomiskt värde. Mark- och miljödomstolen fastställde 2013 den ekonomiska säkerheten till exakt den beräknade kostnaden för efterbehandling⁹.

Renströmgruvan

I efterbehandlingsplanen från 2013 för Renströmgruvan beräknades den totala kostnaden till 12,2 miljoner kronor. Planen omfattar industriområden (bland annat markberedning, avinstallationer, delvis kvalificerad moräntäckning), underjordsgruvor och gråbergssupplag i Renström och Petiknäs. I efterbehandlingsplanen redovisas analyser som visar att gråberget från både Renström och Petiknäs är potentiellt syrabildande och att totalhalterna av bland annat arsenik, koppar, bly och zink är höga. Gråberget används som återfyllning i både Renström och Petiknäs. Efterbehandling av industriområdena i Renström och Petiknäs utgör de största posterna (8,1 miljoner kronor). Den använda enhetskostnaden för moräntäckning är uppskattad utifrån att morän i tillräcklig mängd finns tillgänglig lokalt i området. Om morän behöver anskaffas skulle kostnaderna öka med ytterligare ca 4 miljoner kronor¹⁰. Ytterligare åtgärder om 1,5 miljoner kronor redovisas för fall då signifikanta mängder potentiellt syrabildande gråberg ”mot förmodan” skulle återstå i något av upplagen. Dessa kostnader ingick dock inte i den totala uppskattade efterbehandlingskostnaden då allt gråbergsmaterial förutsätts ha fraktats bort vid efterbehandlingsens slut. Enligt mark- och miljödomstolens dom 2013 fastställdes den totala efterbehandlingskostnaden till 20 miljoner kronor. Att domstolen höjde säkerheten verkar enligt Golder Associates bero på att länsstyrelsen ansåg att totalkostnaden även skulle innefatta efterbehandling av 500 000 ton gråberg kvarlämnat i upplag.

Zinkgruvan

Efterbehandlingsplanerna (båda upprättade 2012) för Zinkgruvan respektive för ett planerat sandmagasin i Hemsjön summerar den totala efterbehandlingskostnaden till 139,5 miljoner kronor. Av denna summa hänförs 82,8 miljoner kronor till Zinkgruvan och 56,7 miljoner kronor till Hemsjön. För Zinkgruvan anges att huvuddelen av kostnaden förelåg redan 2012. Denna kostnad inkluderar även sandmagasinet Enemossen, klarningsmagasinet, underjordsgruvan, industriområdet, malmupplag, anläggningar för vattenhantering samt Hemsjömagasinet. Huvuddelen av gråberget lämnas kvar i underjordsgruvan och används för återfyllning. Efterbehandling av sandmagasinen stod för ca 90 procent av kostnaderna angivna i efterbehandlingsplanen¹¹.

Den totala efterbehandlingskostnaden reviderades senare till 148 miljoner kronor, och i ytterligare ett steg av mark- och miljödomstolen 2015, som fastställde att den ekonomiska säkerheten

⁸ Golder Associates (2016), s. 4

⁹ Ibid, s. 4f

¹⁰ Ibid, s. 8

¹¹ Ibid, s. 10, förf beräkning

ska vara 188 miljoner kronor vid tidpunkten för att sandmagasinet Enemossen Norra tas i bruk¹². Anledningen var att länsstyrelsen invände mot bolagets synsätt gällande efterbehandlingen av industriområdet, och ansåg att bolagets utrustning och material vid en konkurs sannolikt inte kunde tas i anspråk för efterbehandlingen och att egendomens värde därför inte ska avräknas från efterbehandlingskostnaden. I bolagets efterbehandlingsplan från 2015 ingår samma objekt som ovan, med undantag från att både det nya (Östra Enemossen och Enemossen Norra) och det gamla sandmagasinet (Gamla Enemossen) förs samman under benämningen Nya Enemossen.

Enhetskostnaden för kvalificerad moräntäckning av Nya Enemossen är beräknad till ca 75 kr/m². Därutöver tillkommer kostnader för kringarbeten såsom formgivning av ytor, system för vattenhantering etc. Dessa kostnader inräknat blir enhetskostnaden på ca 80 kr/m². Bolaget drar här en parallell till den likartade täckningen (0,3 m tätskikt och 1,5 m skyddsskikt) vid Kristinebergsgruvan som blev något billigare.¹³

Svappavaara

I efterbehandlingsplanen upprättad 2013 uppgick den totala kostnaden för efterbehandling av gruvan i Svappavaara till 93,6 miljoner kronor. De största posterna utgörs av täckning av sandmagasin och gråbergssupplag, sammanlagt ca 80 procent av den totala kostnaden¹⁴. Övriga objekt som efterbehandlingen inkluderar är industriområdet, dagbrotten i Gruvberget och Leveäniemi, malmupplag, moränupplag samt anläggningar för vattenhantering. I mark- och miljödomstolens deldom 2015 fastställdes den ekonomiska säkerheten till 118,5 miljoner kronor. Orsaken till höjningen menar Golder Associates beror på att vissa remissinstanser, särskilt Naturvårdsverket, inte accepterade att kostnaderna för efterbehandling av förorenade områden, särskilt inom industriområdet, skulle täckas genom försäljning av utrustning och material. Bolaget själv hade skattat kostnaden för efterbehandling av de förorenade områdena till 15–25 miljoner kronor.

Laver

Den totala efterbehandlingskostnaden för gruvan i Laver uppgick till 23 miljoner kronor. Gruvan efterbehandlades 2014–2016, dock kvarstår rivning av dammkroppen. I kostnaden ingick bland annat sänkning av en sjö (Dammsjön) om 9,5 ha som täcktes med mesakalk och morän; installering av plastspontar (totalt 2 miljoner kronor) för säkerställning av vattenmättnadsgraden; kvalificerad moräntäckning av ett 1,5 ha stort område; erosionsskydd av ett 0,5 ha stort område.¹⁵

Kedträsk

I Kedträsk har bland annat en sjö om 3 ha sänkts och vattnet har renats (kostnad: ca 10 miljoner kronor), ett gråbergssupplag med tillhörande industriplan har placerats i dagbrottet och täckts med kalk och morän och slambassänger om 0,3 ha har försetts med bentonitmatta och enklare moräntäckning samt vegetering. Projektet genomfördes 2012–2014 och totalkostnaden blev ca 28 miljoner kronor. Omhändertagande av industriplan och gråbergssupplag blev mer komplicerat än beräknat då merparten fick sprängas loss på grund av att permafrost omöjliggjorde grävning¹⁶.

Stekenjokk

I Stekenjokk efterbehandlades det 110 ha stora sandmagasinet under åren 1991–1992 genom överdämning. Den totala kostnaden blev 15 miljoner kronor. Av denna summa utgjorde arbete på dammarna 9 miljoner kronor.

¹² Det nya sandmagasinet läge kom att ändras under prövningsprocessen

¹³ Zinkgruvan Mining AB (2015-02-27): Efterbehandlingsplan för Zinkgruvan, s. 72

¹⁴ Golder Associates (2016), s. 13

¹⁵ Boliden Mineral AB (2017): PM – Kostnader för efterbehandlingsprojekt genomförda under 1990-talet, samt 2010-talet, s. 1,

¹⁶ Ibid, s. 2

Tabell 7. Enhetskostnader för efterbehandling av ett antal gruvor, samtliga kostnader är omräknade till 2016 års prisnivå.

Objekt	Beskrivning	Enhetskostnad (omräknat till 2016 års prisnivå)
Kristineberg (Golder)	Uppgifter ur efterbehandlingsplan. ^{a)} Kostnad täcker följande objekt: industriområde, underjordsgruva, dagbrott, sandmagasin 4, gråbergsupplag.	94 kr/m ² ** 159 kr/m ² *
Kristineberg (Boliden)	Genomförd efterbehandling av sandmagasin 1, 1B och 2. ^{b)}	68 kr/m ² (kvalificerad täckning) 31 kr/m ² (förhöjd grundvattenyta)
Mertainen (Golder)	Uppgifter ur efterbehandlingsplan. ^{c)} Kostnader täcker följande objekt: industriområde, dagbrott, gråbergsupplag, moränupplag.	15,5 kr/m ² ***
Renström- gruvan (Golder)	Uppgifter ur efterbehandlingsplan. Kostnader täcker följande objekt: industriområde (Renström och Petiknäs), underjordsgruva (Renström och Petiknäs), gråbergsupplag (Renström och Petiknäs). ^{d)}	144 kr/m ² ***
Zinkgruvan (Golder)	Uppgifter ur efterbehandlingsplan. ^{e)} Kostnader täcker följande objekt: Sandmagasinet Enemossen, klarningsmagasinet, underjordsgruvan, industriområdet, malmupplag, anläggningar för vattenhantering. Den högre siffran avser Nya Enemossen inklusive övriga objekt.	69 kr/m ² 100 kr/m ² ***
Svappavaara (Golder)	Uppgifter ur efterbehandlingsplan. ^{f)} Kostnader täcker följande objekt: industriområdet, dagbrotten (Gruvberget och Leveäniemi), gråbergsupplaget, sand- och klarningsmagasin, malmupplag, moränupplag, anläggningar för vattenhantering.	18 kr/m ² ***
Saxberget (Boliden)	Genomförd efterbehandling av två sandmagasin. ^{g)}	91 kr/m ²
Laver (Boliden)	Genomförd efterbehandling av en dämning (en sjö, Dammsjön) genom bland annat avsänkning och täckning av denna. ^{h)}	200 kr/m ² (varav anläggande av tätskikt 150 kr/m ²)
Kedträsk (Boliden)	Efterbehandling genomfördes 2012–2014. Bland annat följande åtgärder: avsänkning av dagbrottssjö, vattenrening, fyllning av gråbergsupplag samt industriplan i torrlagt dagbrott, bentonitmatta och enklare moräntäckning av slambassänger. ⁱ⁾	353 kr/m ²
Stekenjokk (Boliden)	Efterbehandling av sandmagasin genomförd 1991–1992. ^{j)}	19 kr/m ²

* Vid inköp och transport av morän till platsen för efterbehandling.

** Kostnadsuppskattningarna baseras till övervägande del på enhetskostnader (till exempel kr/m²) angivna i efterbehandlingsplanen, och rena erfarenhetsbaserade uppskattningar.

*** Kostnadsberäkningar är baserade på erfarenhetsvärden.

- a) Uppgifter för uträkning av enhetskostnad har hämtats från Boliden Mineral AB (2012-06-27): Efterbehandlingsplan Kristinebergsgruvan, s. 38 ff, samt Golder Associates (2016).
- b) Boliden Mineral AB (2017), s. 2.
- c) Uppgifter för uträkning av enhetskostnad har hämtats från LKAB Yttre Miljö (2012-02-21): Konceptuell Efterbehandlingsplan, Mertainen, Svappavaara.
- d) Uppgifter för uträkning av enhetskostnad har hämtats ur Golder Associates (2016), s. 6f.
- e) Uppgifter för uträkning av enhetskostnad har hämtats ur Zinkgruvan Mining AB (2015)
- f) Uppgifter för uträkning av enhetskostnad har hämtats ur LKAB Yttre Miljö (2013-12-11): Efterbehandlingsplan Svappavaara inklusive Leveäniemi.
- g) Enhetskostnad hämtad från Boliden Mineral AB (2017), s. 1
- h) Enhetskostnad hämtad från Ibid, s. 1
- i) Enhetskostnad hämtad från Ibid, s. 2
- j) Enhetskostnad hämtad från Ibid, s. 2

Referenser

Boliden Mineral AB, 2012-06-27: *Efterbehandlingsplan Kristinebergsgruvan.*

Boliden Mineral AB, 2017: pm – *Kostnader för efterbehandlingsprojekt genomförda under 1990-talet samt 2010-talet.*

Golder Associates, 2016: *SGU, Kunskapssammanställning – Efterbehandlingsplaner och ekonomisk säkerhet.*

LKAB Yttre Miljö, 2012-02-21: *Konceptuell Efterbehandlingsplan, Mertainen, Svappavaara.*

LKAB Yttre Miljö, 2013-12-11: *Efterbehandlingsplan Svappavaara inklusive Leveäniemi.*

Zinkgruvan Mining AB, 2015-02-27: *Efterbehandlingsplan för Zinkgruvan.*