



---

**A COLLABORATION BETWEEN  
FIRST-FOURTH AP-FUNDS**

# Miljöpåverkan från gruvindustrin

*En översiktlig sammanställning över potentiell  
miljöpåverkan från gruvindustrin*



Av Kersti Karltorp, på uppdrag av Andra AP-fonden och AP-fondernas Etikråd. Göteborg, våren 2008

## **AP-fondernas Etikråd**

Första, Andra, Tredje och Fjärde AP-fonden är buffertfonder i det svenska pensionssystemet och har till syfte att jämna ut perioder av över- och underskott i pensionssystemet. AP-fonderna har haft sin nuvarande utformning sedan januari 2001 och deras uppdrag är att placera fondmedlen så att de ger en hög avkastning på lång sikt. Hur fonderna får placera sina tillgångar regleras av lagen om allmänna pensionsfonder, 2000:192. Förarbetet till lagen anger att fonderna ska ta hänsyn till miljö och etik i sina placeringar men utan att göra avkall på det övergripande mål om hög avkastning och låg risk. De internationella konventioner som undertecknats av svenska staten utgör grunden för AP-fondernas etikarbete.

Sedan 2007 har Första, Andra, Tredje och Fjärde AP-fonden ett gemensamt Etikråd som arbetar med etik- och miljöfrågor som rör fondernas utländska aktieinnehav. För fondernas svenska aktieinnehav sköts etikarbetet fortfarande av respektive fond. Etikrådet granskar fondernas portföljer för att identifiera och analysera företag som kränkt internationella konventioner om miljö eller mänskliga rättigheter. Granskningen resulterar i att drygt ett tiotal fokusföretag väljs ut och med dessa för Etikrådet en aktiv dialog med syfte att få till stånd en förändring i företagen. I flera fall samarbetar Etikrådet med andra svenska eller internationella investerare för att öka trycket på företagen. Om dialogarbetet inte leder till något resultat kan Etikrådet rekommendera respektive fond att utesluta de aktuella företagen. Etikrådet består av en ordinarie representant från varje fond, med rätt till ytterligare en suppleant. GES Investment Services bistår Etikrådet med analys av företagen, rådgivning samt samordning av Etikrådets arbete. Ordförandeskapet alterneras mellan fonderna. Under 2007 innehade Första AP-fonden ordförandeskapet och 2008 har turen kommit till Andra AP-fonden.

## Sammanfattning

Gruvindustrin förser vårt samhälle med mineraler som används för att fylla grundläggande behov, men är samtidigt en högriskbransch förknippad med stora hälso-, säkerhets- och miljörisker samt kränkningar av mänskliga rättigheter. Det finns många exempel på negativ miljöpåverkan från gruvindustrin, både på grund av brister i rutinerna vid de olika processerna och som resultat av olyckor. Ett exempel som AP-fondernas Etikråd är insatta i är Freeport – McMoRan Copper & Gold Inc:s brytning av koppar och guld på den indonesiska ön Papua. Gruvdriften i detta område kopplas samman med omfattande negativ inverkan på miljön i strid mot FN:s konvention om biologisk mångfald (Indonesian Ministry of Environment, 2006). De omfattande miljökonsekvenserna vid Freeports gruva i Indonesien och många andra gruvor har medverkat till att AP-fondernas Etikråd upplevt ett ökat behov av kunskap om gruvbranschen och dess potentiella inverkan på miljön.

Syftet med rapporten är att öka kunskapen om potentiell miljöpåverkan från de olika stegen i gruvans livscykel, prospektering, provbrytning, utveckling, exploatering, anrikning, avfallshantering och efterbehandling. Rapporten är översiktlig och beskriver processer och potentiell miljöpåverkan i generella drag. Rapporten beskriver också de vanligaste framställningsmetoderna och potentiell miljöpåverkan för elva mineraler, som valts ut på grund av att de har stor betydelse i vårt samhälle alternativt för att deras framställning kan innebära stor miljöpåverkan. Följande mineraler ingår: aluminium, bly, guld, järn, kol, koppar, nickel, molybden, platina, uran och zink.

### ***Potentiell miljöpåverkan under gruvans livscykel***

**Prospektering och provbrytning** – Prospektering betyder sökandet efter en geologisk förekomst som har potential att vara en malm. Om en malm upptäcks sker provbrytning för att bedöma form, omfattning och värde på den funna malmen. (Hartman och Mutmanský, 2002) Den största potentiella miljöpåverkan från prospektering och provbrytning är att områden som tidigare varit orörda blir utforskade, vilket innebär att inflyttning underlättas. Detta kan göra att ursprungsbefolkning störs och att habitat för olika arter förstörs eller fragmenteras. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003) I vissa områden, så kallade ”no-go areas”, är gruvdrift inte lämplig och detta bör uppmärksammas redan under prospekteringen.

**Utveckling** – Utvecklingssteget innebär att en fyndighet utvecklas till en färdig gruva, men detta sker ofta parallellt med exploateringen. För att avgöra om en fyndighet är en lämplig gruva måste följande områden bedömas: natur, väder, tillgång på bekvämligheter, ekonomiska aspekter, politiskt läge och miljölagar. (Hartman och Mutmanský, 2002) Precis som under prospektering och provbrytning blir miljöpåverkan från utvecklingssteget störst om det sker i ett tidigare orört område. Utvecklingen av en gruva innebär att behovet av vatten ökar, vilket kan leda till konflikter om vattentillgången redan är begränsad i

området. Utvecklingen av gruvor ovan jord medför att landskapet deformeras och skog avverkas, vilket leder till minskat skydd för djurlivet i området och ökad erosionsrisk. Underjordsgruvor medför risker för sättningar och ändrade mönster för vattnets flöde, vilket kan leda till att vattendrag i närheten torkar ut eller svämmas över. Gruvdrift har stor inverkan på kringliggande ekosystem och kan leda till att den biologiska mångfalden minskar. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003)

**Exploatering** – Exploateringen innebär att malm bryts i ekonomiska kvantiteter. Vilken brytningsmetod som används avgörs av fyndighetens form och läge. (Hartman och Mutmanský, 2002) Majoriteten av all brytning sker ovan jord, vilket beror på att det är mer ekonomiskt samt att processerna för att utvinna ovan jord effektiviseras kontinuerligt. (Aswathanarayana, 2003) I rapporten beskrivs dagbrott, lakning, hydrauliska metoden samt brytning under jord med eller utan återfyllnad. Storskalig gruvdrift har stor lokal miljöpåverkan. Dagbrott medför att landområden deformeras, skog avverkas och att stora mängder avfall uppstår. Förändringar i landskapet leder till ökad erosionsrisk, vilket i sin tur kan orsaka sedimentering i ytvattnet och stora negativ inverkan på det marina livet. Dagbrott leder till spridning av damm och har större inverkan på luftkvalitet än underjordsgruvor. Påverkan på vattenkvalitet är troligen lika stor från gruvor ovan som under jord. Underjordsgruvor medför risker för sättningar och ändrade vattenflöden. Gruvindustrin använder mycket energi och förbränning av fossila bränslen är den vanligaste energikällan. Detta leder till utsläpp av växthusgaser och med största sannolikhet klimatförändringar. Gruvdrift orsakar också utsläpp av damm, partiklar, svaveloxider, kväveoxider och andra farliga ämnen, med en rad olika hälso- och miljöproblem som följd. (Marcus, 1997)

**Anrikning** – Anrikningen inleds oftast med att malmen krossas och mals, därefter kan flera olika metoder användas för att separera de önskvärda mineralen från resten av malmen. Gravimetrisk anrikning, flotation, magnetisk separation, elektrostatisk separation och lakning är vanliga metoder för att öka koncentrationen av önskade mineraler. Många anrikningsprocesser är mycket energikrävande, används fossila bränslen som energikällan leder detta till utsläpp av växthusgaser (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002). Giftiga kemikalier, exempelvis svavelsyra och cyanid, kan orsaka stora föroreningar om de kommer ut i närliggande mark eller vattendrag. Under anrikning genereras även mycket damm som sprids i omgivningen, med miljö- och hälsoeffekter som följd. (Ripley m.fl., 1996)

**Avfallshantering och efterbehandling** – I samband med gruvdrift produceras stora mängder avfall, i form av gråberg, anrikningssand och lakningsavfall. Avfall från sulfidmalmer innebär stora utmaningar och måste hanteras under väldigt lång tid, eftersom det leder till omfattande negativ inverkan på miljön om det kommer i kontakt med syre och vatten. Gråberget kan lagras på hög och i vissa fall användas som byggnadsmaterial eller som återfyllnad i gruvor. Anrikningssanden förvaras ofta i gruvdammar men det finns även exempel, med

omfattande negativ miljöpåverkan, där anrikningssand lagras i havet eller i floder. Lakningsavfall sköljs ur för att avlägsna kvarblivna kemikalier från lakningen och förvaras därefter som gråberg eller anrikningssand. Den största potentiella miljöpåverkan från gruvindustrin generellt och avfallshanteringen specifikt är läckage av försurande lakvatten och förhöjda metallhalter, mer känt under det engelska uttrycket *acid rock drainage*. Problemet uppstår genom att sulfidjoner i sulfidmalmer reagerar med luft och vatten. När denna vittringsreaktion startat är den svår att stoppa och miljökonsekvenserna blir därför omfattande och långvariga. För att detta inte ska ske måste sulfidhaltigt gruvavfall isoleras från syre genom att täckas med vatten eller morän. För att göra detta förvaras anrikningssanden oftast i en gruvdamm som görs så stabil att den håller under mycket lång tid oavsett seismologisk aktivitet, väderfenomen och andra störningar. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

### ***Potentiell miljöpåverkan från olika mineraler***

Som nämnts ovan är ett av de mest omfattande miljöproblemen i samband med gruvdrift läckage av försurande lakvatten och tungmetaller. Uran, kol, basmetaller, till exempel bly, koppar, nickel, zink och metaller som ofta bryts tillsammans med basmetallerna till exempel guld och molybden bryts ofta ur sulfidmalmer och det är vid hantering av dessa avfallsprodukter som detta problem kan uppstå. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) Det finns andra mineralspecifika miljörisiker, ett exempel är anrikning av guld genom cyanidlakning. I samband med detta finns det risk för spridning av cyanid, som är giftigt för människor och djur och kan orsaka stor skada om det läcker ut i mark eller vatten. (Ripley m.fl., 1996) Ett annat exempel är framställningen av aluminium där avfallet som, kallas för röd lera, kan ge stora problem med dammspridning och läckage av olika metaller till vattendrag (Aswathanarayana, 2003). Energianvändningen vid framställningen av aluminium är extremt hög, vilket kan medföra stora utsläpp av växthusgaser och leda till klimatförändringar (Aluminiumriket Sverige, 2008). I samband med kolbrytning frigörs ofta metan, vilket medför en explosionsrisk och bidrar till utsläppet av växthusgaser och klimatförändringar (World Coal Institute, 2008). Kolbrytning leder även till omfattande spridning av damm och partiklar, med stora miljö- och hälsoproblem som följd (Aswathanarayana, 2003). Den största miljöpåverkan från uranbrytning orsakas av att uran och dess sönderfallsprodukter är radioaktiva, vilket kan orsaka skador hos människor, djur och växter som kommer i kontakt med dem (Ripley m.fl., 1996).

### ***Att bedöma miljöpåverkan från en gruva***

Vid bedömning av miljöpåverkan från en specifik gruva finns det många aspekter att ta hänsyn till. Här presenteras de som framkommit som de mest betydelsefulla under arbetet med den här rapporten. Gruvans geografiska läge har stor betydelse, speciellt om området tidigare varit orört, har låg tillgång på vatten, svåra topografiska förhållanden eller är seismologisk aktivt. Valet av brytningsmetod styrs till största del av malmens läge och form, men alla metoder medför någon typ av miljöpåverkan. Typen av malm påverkar vilken

anrikningssand som används och hur miljöfarlig anrikningssand som genereras. Anrikningssand från sulfidmalm som hanteras felaktigt leder till risk för förorening och att tungmetaller frigörs. Hur mycket anrikningssand som genereras beror på koncentrationen av de önskvärda mineralerna i malmen och efterfrågan på mineralerna. Vid anrikningen används vanligen olika kemikalier. Oftast kan dessa kemikalier återanvändas, men om detta inte sker och de läcker ut i naturen kan de orsaka stor skada. Hög energi- och vattenförbrukning under anrikningen och andra processer vid gruvan kan ha negativ inverkan på miljön. Energianvändning leder ofta till utsläpp av växthusgaser, vilket med stor sannolikhet orsakar klimatförändringar. Hög vattenförbrukning kan leda till torka och konflikt om vatten.

Trots att noggranna åtgärder vidtagits för att undvika negativ miljöpåverkan från gruvan kan olyckor leda till mycket omfattande miljöpåverkan. Gruvförtag bör därför jobba förebyggande med att identifiera kritiska aspekter i sin verksamhet samt implementera system för hur de ska agera om en olycka inträffar. För att en gruva ska ha liten miljöpåverkan i ett längre perspektiv är det viktigt att det redan vid utvecklingen av gruvan finns en plan för hur området ska skötas efter det att gruvsiften avslutats. Denna plan bör även redovisa hur finansiering av nedläggning och efterbehandlig ska ske.

Det finns många internationella initiativ som berör hur gruvindustrin ska jobba för att minimera miljöpåverkan och som kan vara till hjälp då en gruva ska bedömas ur ett miljöperspektiv. Rapporten från FN:s möte om hållbar utveckling i Johannesburg 2002 beskriver hur hållbar utveckling ska uppnås globalt och berör hur gruvindustrin måste medverka för att uppnå detta (World Summit on Sustainable Development, 2002). International Finance Corporation, IFC, är en del av världsbanken som arbetar med finansiering och rådgivning av privata sektorn i utvecklingsländer i syfte att bekämpa fattigdom. IFC ger rekommendationer till regeringar om områden som bör täckas i lagstiftning och överenskommelser med gruvindustrin. (International Finance Corporation, 2008)

Branschorganisationen International Council on Mining and Metals, ICMM, har tio hållbarhetsprinciper och kräver att medlemmarna öppet rapporterar hur de presterar på dessa principer enligt Global Reporting Initiative, GRI, samt att det tillåter extern granskning av sitt arbete på detta område. (International Council on Mining and Metals, 2008) FN:s Konventionen om Biologisk Mångfald utgör ett viktigt verktyg för att jobba med frågor om gruvindustrin och biologisk mångfald (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002). Det finns även många mineral- och land specifika initiativ. Ett exempel på det förstnämnda är Cyanide Management Code, som rekommenderar hur företag ska hantera cyanid (Cyanide Management Code, 2008).

# Innehållsförteckning

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Inledning .....                                                          | 9  |
| 2 Gruvans livscykel och miljöpåverkan .....                                | 11 |
| 2.1 Prospektering .....                                                    | 11 |
| 2.2 Provbrytning .....                                                     | 13 |
| 2.3 Utveckling .....                                                       | 14 |
| 2.4 Exploatering .....                                                     | 17 |
| 2.5 Anrikning .....                                                        | 25 |
| 2.6 Avfallshantering .....                                                 | 28 |
| 2.7 Efterbehandling .....                                                  | 36 |
| 2.8 Sammanfattning av gruvans livscykel och miljöpåverkan .....            | 38 |
| 3 Framställning och miljöpåverkan av mineraler .....                       | 41 |
| 3.1 Aluminium .....                                                        | 43 |
| 3.2 Bly .....                                                              | 45 |
| 3.3 Guld .....                                                             | 47 |
| 3.4 Järn .....                                                             | 49 |
| 3.5 Kol .....                                                              | 51 |
| 3.6 Koppar .....                                                           | 52 |
| 3.7 Molybden .....                                                         | 54 |
| 3.8 Nickel .....                                                           | 55 |
| 3.9 Platina .....                                                          | 56 |
| 3.10 Uran .....                                                            | 57 |
| 3.11 Zink .....                                                            | 59 |
| 3.12 Sammanfattning av framställning och miljöpåverkan från mineraler .... | 61 |
| 4 Att bedöma miljöpåverkan från en gruva .....                             | 63 |
| 5 Referenser .....                                                         | 65 |
| Bilaga A – Brytningsmetoder .....                                          | 69 |
| Bilaga B – Miljöproblem .....                                              | 75 |



## 1 Inledning

I gruvor bryts mineraler som behövs för att tillgodose grundläggande behov i samhället, men samtidigt är gruvindustrin en högriskbransch förknippad med stora hälso-, säkerhets- och miljörisker samt kränkningar av mänskliga rättigheter. Det finns många exempel på negativ miljöpåverkan från gruvor, dammolyckan 1998 vid Boliden Aspirsas gruva i Loas Frailes, Spanien är ett. Ett sandmagasin brast och ca sju miljoner kubikmeter sand och vatten rann ner i ett floddelta. Sanden innehöll höga halter av tungmetaller och försurande vatten. Inga personer skadades, men inverkan på närliggande jordbruksområden, naturreservat, fauna och vattenkvalitet var mycket omfattande. Dammolyckan är ett exempel på att olyckor kan inträffa även där det är mycket oväntat och att det är av stor vikt att gruvbolag, myndigheter, kommuner och andra intressenter är medvetna om potentiella risker med gruvverksamheten. (Räddningsverket, 1999) Boliden Aspirsa tvingades betala 400 miljoner kronor för sanering och gick senare i konkurs. Det rättsliga efterspelet för Boliden Mineral och Boliden AB är ännu inte avslutat och risken finns att företagen döms till miljardböter. (Sunesson, 2008)

Ett annat exempel på negativ miljöpåverkan är företaget Lafayette Minings dagbrott på Filipinerna som har orsakat igenslamningar och utsläpp av cyanid, vilket lett till förgiftat vatten i närliggande floder och bäckar, negativa effekter på vegetationen och fiskdöd. Gruvan är belägen på ön Rapu-Rapu som omges av hav med korallrev, mangroveträsk och sjögräsbäddar. Havsområdet har en stor biologisk mångfald, här finns till exempel fem av världens sju olika arter av havssköldpaddor, världens största fisk, valhaj, och delfiner. Cyanidutsläppet har fått konsekvenser för gruvföretaget som dömts till böter, men både en utredning tillsatt av landets president och miljöorganisationer Greenpeace anser att gruvdrift inte bör ske i området på grund av dess rika biologiska mångfald. (Greenpeace, 2008)

Ett exempel som AP-fondernas Etikråd är insatta i är Freeport – McMoRan Copper & Gold Inc, Freeport, och brytningen av koppar, guld och silver på den indonesiska ön Papua. Freeports gruvdrift i detta område kopplas samman med omfattanden negativ inverkan på miljön i strid mot FN:s konvention om biologisk mångfald (Indonesian Ministry of Environment, 2006). Etikrådet för dialog med Freeport i syfte att få företaget att redovisa hur de arbetar för att minimera effekterna på miljön samt att få företaget att ta fram en plan för hur de ska återställa området när gruvdriften upphör. De omfattande miljökonsekvenserna vid Freeports gruva i Indonesien och många andra gruvor har medverkat till att AP-fondernas Etikråd upplevt ett ökat behov av kunskap om gruvbranschen och dess potentiella inverkan på miljön.

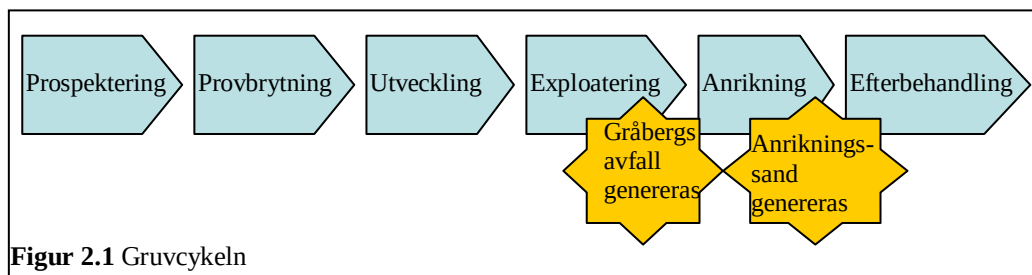
Syftet med denna rapport är att öka kunskapen om potentiell miljöpåverkan från olika processer inom gruvindustrin. Rapporten är översiktlig och beskriver i generella drag potentiell miljöpåverkan från olika aktiviteter inom gruvindustrin. Data till rapporten har huvudsakligen hämtats från böcker,

forskningsrapporter, webbsidor och artiklar. För att erhålla en fördjupad förståelse har olika experter inom området intervjuats. Rapporten beskriver i stora drag aktuella processer under en storskalig gruvans livscykel, från prospektering till anrikning av mineralerna och efterbehandling av gruvan, och miljöpåverkan från dessa processer. Rapporten beskriver också de vanligaste framställningsmetoderna och potentiell miljöpåverkan för elva mineraler, som valts ut på grund av att de har stor betydelse i vårt samhälle alternativt för att deras framställning kan innebära stor miljöpåverkan. Följande mineraler ingår: aluminium, bly, guld, järn, kol, koppar, nickel, molybden, platina, uran och zink. Platinametaller är ett samlingsnamn för platina, iridium, osmium, palladium, rodium och rutenium. Denna rapport fokuserar endast på platina och inte på de övriga platinametallerna. Rapportens andra kapitel beskriver de olika stegen som ingår i gruvans livscykel och miljöpåverkan från respektive steg. Kapitel tre presenterar framställningsprocesser och miljöpåverkan för mineralerna som ingår i rapporten. Rapporten avslutas med ett sammanfattande kapitel om vilka områden som bör vägas in vid bedömningen av potentiell miljöpåverkan från en gruva.

## 2 Gruvans livscykel och miljöpåverkan

Gruvindustrin är en omfattande industri, som involverar tiotusentals människor, förflyttningar av miljontals ton berg och malm och som ofta agerar på en global marknad. Gruvdrift sker i geografiskt vitt skilda områden och under väldigt varierande klimatförhållanden. Variationen på mineralerna som bryts är stor och många olika brytningsmetoder och anrikningsprocesser används. Gruvindustrins omfattning och variation gör att dess inverkan på miljön varierar från gruva till gruva och att det är komplext att beskriva all miljöpåverkan från gruvindustrin.

Gruvans livscykel kan generellt delas in i följande steg prospektering, provbrytning, utveckling, exploatering, anrikning och efterbehandling, se figur 2.1. Varje steg i denna cykel och potentiell miljöpåverkan från respektive steg beskrivs i ett eget avsnitt. Hanteringen av den stora mängd avfall som uppstår i samband med gruvdrift kan ha mycket stor inverkan på miljön, därför beskrivs detta i ett separat avsnitt.



### 2.1 Prospektering

Malm är en i naturen förekommande, metallhaltig mineralkoncentration, ur vilken det är ekonomiskt lönsamt att utvinna de önskvärda mineralkoncentrationerna. Om en mineralkoncentration inte är tillräckligt stor för att det ska vara lönsamt att bryta den kallas det för en mineralisering. (Naturhistoriska riksmuseet, 2008) Malm kan delas in i resurser och reserver. En resurs är en koncentration eller förekomst av ett mineral av ekonomiskt intresse som har rimlig utsikt att utvinnas. En reserv är den del av en resurs som bedömts att vara tekniskt och ekonomiskt möjlig att utvinna. Stigande marknadspriser kan förvandla en resurs till en reserv över en natt. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Prospektering betyder sökandet efter en geologisk företeelse som har potential att vara en malm. Vilken mineral som det är önskvärt att prospektera för avgörs av mineralens potential och det politiska läget. De politiska faktorer som kan påverka prospektering är till exempel skatter, miljölagstiftning, bestämmelser, skyddade landområden, infrastruktur, arbetskraft och socioekonomiska avtal. (Hartman och Mutmansky, 2002).

Mineralfyndigheter kan finnas både ytligt och längre ner i marken. Direkta prospekteringsmetoder används för att upptäcka ytliga fyndigheter och

innefattar visuell undersökning, geologiska studier, flygfoton samt geologiska kartor. De flesta ytliga fyndigheter anses dock redan vara funna, därför måste dessa metoder oftast kompletteras med indirekta prospekteringsmetoder. Geofysik, fysiska mätningar av jordskorpan, är den mest tillämpade indirekta prospekteringsmetoden. Exempel på geofysiska metoder är elektromagnetiska mätningar, magnetisk mätning och mätningar av bergartens densitet (Boliden, 2008). Andra exempel på indirekta prospekteringsmetoder är geokemi och geobotanik, där avvikelser i kemiska strukturer respektive biologiska mönster analyseras för att upptäcka avvikelser, som kan indikera att det existerar mineraler. (Hartman och Mutmanský, 2002)

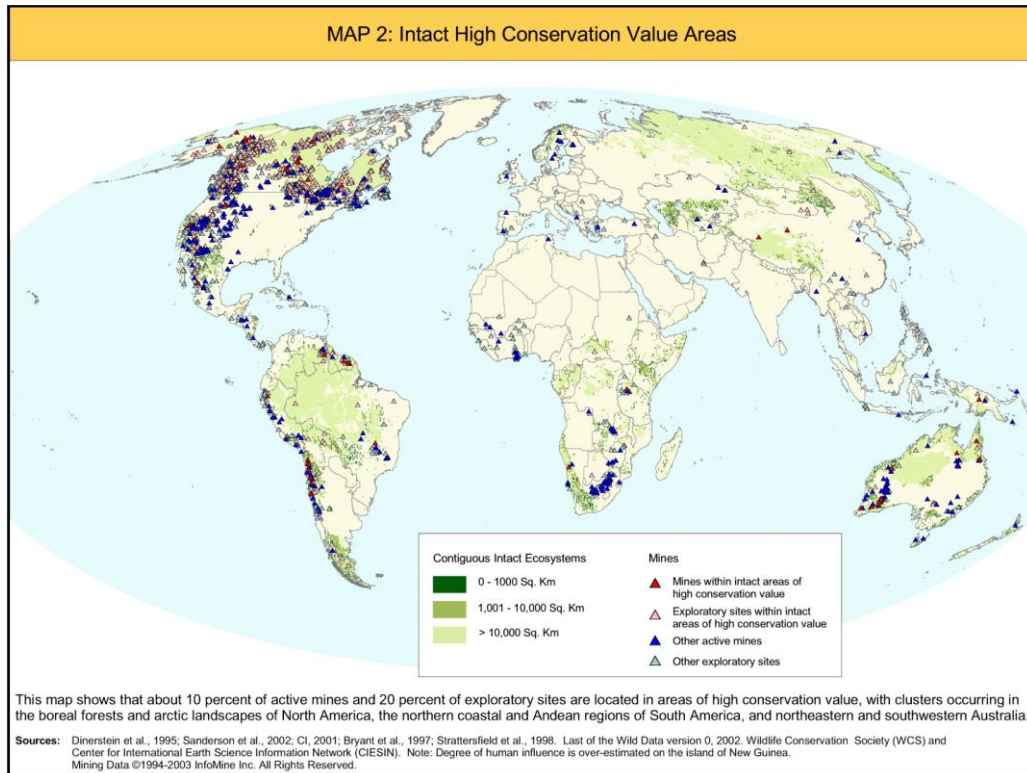
### **2.1.1 Potentiell miljöpåverkan från prospektering**

Prospektering medför en del transporter och det finns risk att avfall, bränslespill och dylikt lämnas i området, men generellt sett har prospektering låg påverkan på miljön. Prospektering sker på betydligt fler platser än vad som sedan utvecklas till gruvor, men inverkan på mark och natur är under kortare tid och i mindre omfattning (Ripley m.fl., 1996). Den största potentiella miljöpåverkan från prospektering är att områden som tidigare varit orörda blir utforskade, vilket kan innebära att vägar och läger byggs, inflyttning underlättas och det blir lättare för jägare och sportfiskare att utnyttja området. Prospektering i orörda områden kan leda till att lokala samhällen och ursprungsbefolkning störs och att habitat för olika arter förstörs eller fragmenteras. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003) Det är dock viktigt att komma ihåg att för gruvföretagen är det billigare att prospektera i områden som är nära befintliga gruvor än i orörda områden (Boliden, 2008).

### **2.1.2 No - go areas**

Vid prospektering måste hänsyn tas till om gruvdrift är lämplig i det aktuella området, till exempel med avseende på om området innehåller ekosystem med högt bevarandevärde eller om gruvdrift skulle innebära mycket hög risk för miljö. Hög seismologisk aktivitet kan också vara en anledning till att gruvdrift inte bör ske i ett område, eftersom dammar med anrikningssand kan vara svåra att anpassa efter dessa förhållanden (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002). Debatt pågår globalt om så kallade *no-go areas* inom gruvindustrin och dialog förs mellan International Union for Conservation of Nature, IUCN, och International Council of Mining and Metals, ICMM, om biologisk mångfald och gruvdrift (International Union for Conservation of Nature, 2008). I dagens läge säger ICMM:s hållbarhetsprinciper att gruvföretag ska respektera områden som enligt lag ska skyddas samt Världsarvsområdena. Utöver detta anser gruvindustrin att bedömningar om gruvans inverkan på miljön ska avgöras från fall till fall. IUCN anser att gruvdrift ska undvikas i de områden som de definierar som extra skyddsvärda enligt kategorier I-IV och Världsarvsområdena. Dessa områden motsvarar tillsammans tio respektive en procent av jordens landyta. Det är svårt att värdera biologisk mångfald och att jämföra olika områden med avseende på hur skyddsvärda de är. Det är därför inte säkert att alla områden som borde skyddas ingår i Världsarvsområden eller

IUCN:s kategori I-IV. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002; Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003) I dagsläget är 44 gruvor belägna i olika Världsarvsområden. Figur 2.2 visar att ungefär tio procent av världens gruvor ligger i områden som anses vara extra skyddsvärda av IUCN.



**Figur 2.2** Extra skyddsvärda områden och aktiva gruvor. Källa: Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003

Många utvecklingsländer är beroende av inkomster från gruvindustrin, men saknar lagar, rättssystem och samhällsstruktur som ser till att gruvdrift sker på ett ansvarsfullt sätt. Detta lägger ett stort ansvar på internationella gruvföretag, investerare och köpare av metallprodukter att försäkra sig om att gruvdriften sker inom ett lämpligt område och på ett lämpligt sätt. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003)

## 2.2 Provbrytning

Målet med provbrytning är att bedöma form, omfattning, och värde på den funna malmen. Schaktning och borrhning används för att erhålla ett malmprov som kan analyseras. Borrhning är att föredra framför schaktning både ekonomiskt och praktiskt och står för 95 procent av alla malmprover som tas. (Hartman och Mutmansky, 2002)

De tre vanligaste borrhmetoderna är diamanthorrhning, bergborrhning och slagborrhning. Diamanthorrhning används vid hård berggrund, djupa borrhningar och när borrhkärnan måste vara intakt. Bergsborrhning används vid mjuka till medelhårda berggrunder och då relativt grunda borrhål behövs. Denna typ av

borrning används ofta för att tränga igenom det översta jord- och berglagret innan diamanthorring görs. När horringen inte har till syfte att ta fram en kärna och sker på grunda till medeldjupa hål används slagborring. De stora fördelarna med denna metod är den låga kostnaden och att det går snabbt att borra. (Hartman och Mutmansky, 2002)

Borrkärnan och bormjöllet analyseras för att bestämma vilken mineral och vilken bergart det är samt vilka egenskaper provet har. Reservens storlek undersöks genom att borrhål görs i ett mönster, mest information till lägst kostnad fås om ett regelbundet mönster används, men detta är sällan möjligt. Olika metallurgiska test görs för att avgöra vilka anrikningsmetoder som är mest optimala vid bearbetning av den eventuella fyndigheten. Prospekteringen och provbrytningen avslutas med en detaljerad lämplighetsstudie av möjligheterna att utveckla fyndigheten till en gruva. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### **2.2.1 Potentiell miljöpåverkan från provbrytning**

Precis som vid prospektering medför provbrytning generellt låg inverkan på miljön, trots de fysiska ingreppen som själva horringen medför. Den största potentiella inverkan på miljön är att områden som tidigare varit orörda exploateras, vilket kan underlätta ytterligare inflyttning och medföra att jakt och fiske kan ske i områden där det inte skett tidigare. Ökad inflyttning och utnyttjande av resurser kan ha stor inverkan på lokala samhällen, ursprungsbefolkning och den biologiska mångfalden. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003)

## **2.3 Utveckling**

Utvecklingssteget innebär att en fyndighet utvecklas till en färdig gruva. Det är ofta svårt att dra en exakt gräns mellan utveckling och exploatering. Generellt kan sägas att utvecklingssteget startar några år före exploateringen och upphör några år innan exploateringen avslutas. Anledningen till att stegen sker parallellt är att det är för dyrt att avsluta utvecklingen utan att få in några inkomster från exploatering. Dessutom kan tekniken komma att ändras under exploateringsgången och därmed tvinga utvecklingen att ändra riktning. (Hartman och Mutmansky, 2002) Det är många faktorer som måste vägas in när en gruva utvecklas. De faktorer som påverkar mest om en fyndighets läge gör den till en lämplig gruva är följande:

- **Natur och geografi** – Under utvecklingsfasen måste till exempel följande aspekter bedömas topografi, malmkroppens form och storlek, geologiska omständigheter, bergartens egenskaper, volym på överliggande jordlager och kemiska - och metallurgiska egenskaper, som ofta påverkar val av gruvprocesser. (Hartman och Mutmansky, 2002) Naturen vid fyndigheten spelar också roll. Är exempelvis området skogsklätt kommer gruvdriften leda till att ett stort område avskogas, vilket kan ha stor inverkan på biologisk mångfald och bidra till klimatförändringar. (Aswathanarayana, 2003)

- **Väderpåverkan** – Flera olika väderaspekter måste kartläggas för att gruvdriften ska kunna anpassas efter dessa. Till exempel bör nederbörds mängden vara känd då den påverkar pumpar och transportsystem. Temperatur och luftfuktighet påverkar utformningen av ventilationssystem i gruvan. En kartläggning av extrema väderförhållanden eller naturfenomen, exempelvis jordbävningar, vulkanutbrott, insektsinvasioner, översvämningar, skogsbränder, extrem blåst och orkaner, måste göras då detta kan påverka gruvdriften och antalet arbetsdagar per år i gruvan. (Aswathanarayana, 2003)
- **Transportsystem** – Malmer är sällan belägna där det är mest praktiskt med avseende på leveranser till gruvan och transporter av gruvans produkter. Gruvans geografiska läge har särskild betydelse för gruvor belägna i avlägsna arktiska områden. Där måste gruvföretagen oftast välja mellan att anlägga en gruvstad eller att ständigt flyga personal in och ut. (Hartman och Mutmansky, 2002)
- **Tillgång på arbetskraft och bekvämligheter** – Demografiska faktorer, yrkeskunskaper hos lokalbefolkningen och gruvarbetarnas tillfredsställelse med sin livsstil studeras när tillgången på arbetskraft undersöks. Vidare är tillgången på boende, utbildning, hälsovård, rekreationsområden och så vidare viktiga att väga in i bedömningen. (Hartman och Mutmansky, 2002)
- **Ekonomiska aspekter, politiskt läge och miljölagar** – Politisk stabilitet, miljölagstiftning, beskattning på gruvföretag, restriktioner och bidrag påverkar både utvecklingssteget och exploateringen. På grund av hård miljölagstiftning i industrialiserade länder söker många gruvföretag i dessa länder efter potentiella fyndigheter i utlandet. Detta kan dock medföra andra potentiella risker exempelvis instabila politiska situationer, terrorism och andra kriminella aktiviteter samt brist på infrastruktur. (Hartman och Mutmansky, 2002)

Den lämplighetsstudie som genomförs i slutet av provborrningen fungerar ofta som inledande planeringsdokument för utvecklingen. I ett dagbrott drivs utvecklingen av att frilägga malmen genom att överliggande jord- och berglager skrapas av och avlägsnas till en avfallshanteringsplats. Utvecklingen av en underjordsgruva består i att optimera processerna under exploatering och lite malm grävs fram under utvecklingssteget jämfört med en gruva ovan jord. Under utvecklingen väljs brytningsmetod, vilket är ett viktigt val, som påverkar val av gruvutrustning och hur mycket arbetskraft som krävs. Under utvecklingssteget ska även produktions-, service- och avfallshanteringsanläggningar planeras och konstrueras. Vidare ska transport- och kommunikationssystem byggas och energiförsörjning till gruvan tillgodoses. De rättsliga aspekterna av gruvdriften måste uppfyllas och finansieringen måste ordnas under gruvans utvecklingssteg. Gruvföretaget måste erhålla rättigheterna till marken de vill ta i anspråk genom köp eller

leasing samt tillstånd för gruvdrift. Kräver lagen att en miljökonsekvensbeskrivning genomförs, görs denna i samband med utvecklingen av gruva. Den sista delen av utvecklingssteget är ofta att rekrytera och träna arbetskraft. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### **2.3.1 Potentiell miljöpåverkan från utveckling**

När en gruva utvecklas i ett område där gruvföretaget inte har haft verksamhet tidigare blir området generellt mer och mer befolkat och mer och mer utnyttjat under utvecklingssteget. Detta beror dels på att fler arbetar med utvecklingen av gruvan och eventuell drift av gruvan, men även på att fler och fler människor flyttar in i området i takt med att det blir mer och mer lättillgängligt och mer uppbyggt. Ett exempel på detta är att för varje kilometer pipeline som byggts i Amazonas flodområdet har 400-2 400 hektar skog avverkats till följd av nyinflyttning när vägar gjort området mer lättillgängligt. Jakt och fiske sker i större utsträckning i takt med inflyttningen, vilket kan leda till att arter utrotas. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003)

Utvecklingen av en gruva innebär att behovet av elektricitet och dricks- och processvatten ökar. Ett ökat behov av vatten kan leda till konflikter om vattentillgången redan är begränsad i området. Utvecklingen av gruvor ovan jord medför att landskapet deformeras och skog avverkas. Att vegetationen avlägsnas medför minskat skydd för jorden och djurliv samt ökar risken för erosion (Marcus, 1997). Underjordsgruvor medför risker för sättningar och ändrade mönster för vattnets flöde, vilket kan leda till att vattendrag i närheten torkar ut eller svämmar över. Att uppföra gruvor, transportsystem, produktions- och serviceanläggningar leder till att damm och förbränningsavgaser sprids. Olika processer vid gruvan kan leda till att kemiska ämnen kommer ut i yt- och grundvatten. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003)

### **2.3.2 Biologisk mångfald**

Biologisk mångfald beskrivs som rikedom av arter, genetisk variation inom arter och mångfald av ekosystem. (Nationalencyklopedin a, 2008) Gruvdrift kan ha stor inverkan på kringliggande ekosystem och kan leda till att antalet arter eller antalet individer inom en art förändras. En australiensisk studie visar att gruvindustrin är ansvarig för 1.1 procent av utrotningen av hotade arter. Detta kan jämföras med betesmark och jordbruk som enligt samma studie orsakar 38.2 procent respektive 49.4 procent av utrotningen av hotade arter. Alla delar av gruvcykeln kan ge negativa effekter på den biologiska mångfalden. Men vanligtvis är inverkan som störst innan exploateringssteget, speciellt om en gruva etableras i ett område som tidigare varit orört. Vid utveckling av dagbrott röjs vegetationen och det översta jordlagret från stora områden, detta bidrar ofta till att öken breder ut sig snabbare än tidigare, vilket kan ha stor inverkan på den biologiska mångfalden. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Ett exempel på när gruvindustrin bidragit till minskad biologisk mångfald är fyndigheterna av metallerna tantal och niob i Demokratiska Republiken Kongo.



Metallerna används i kondensatorer i elektroniska apparater och mellan 1997 och 2000 skedde en kraftig prisökning på dessa metaller. I de östra delarna av Demokratiska Republiken Kongo finns ytliga fyndigheterna av mineralen coltan, som innehåller tantal och niob och enkelt kan utvinnas genom schaktning. Området har upplevt en modern guldrush och djur- och växtlivet i området har minskat markant. Gorillabeståndet i området har minskat med 80-90 procent som en följd av öka jakt för mat och försäljning. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Olika arter värderas olika, vanligtvis vägs faktorer som sällsynthet, ursprung, omfattning samt om områden är skyddat in i bedömningar om biologisk mångfald. Bidrar gruvdriften till att en art utrotas är inverkan irreversibel. FN:s Konventionen om Biologisk Mångfald utgör ett viktigt verktyg för att jobba med dessa frågor. Denna konvention delas in i tre delmål: 1) Bevarandet av biologisk mångfald, 2) Hållbart användande av jordens resurser, 3) Rättvist och jämn fördelning av de fördelar som fås från jordens genetiska resurser. Kraftig befolkningsökning under senare tid har medfört att trycket på våra naturliga resurser ökat och för att bevara den biologiska mångfalden måste alla tre delmålen av konventionen uppfyllas. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

## **2.4 Exploatering**

Exploateringen är den del av gruvans cykel då malm bryts i ekonomiska kvantiteter och det är detta steg som finansierar de övriga stegen. Valet av brytningsmetod är mycket viktigt och det gäller att försöka matcha metoden mot just de specifika omständigheterna som råder vid varje gruva. Många av de faktorer som presenterades i stycket om utveckling måste vägas in i valet av gruvmetod. Exploatering inkluderar produktionsprocesser och supportprocesser. De fyra vanligaste produktionsprocesserna i denna del av gruvcykeln är borrar, sprängning, lastning och transport. I hårda bergarter krävs borrar och sprängning för att utgrävning ska kunna ske. I mjukare bergarter räcker det oftast att använda mekaniska grävare. Borrar används i huvudsak för att möjliggöra sprängningar och för att fästa eller göra plats för olika anordningar eller ledningar. Supportprocesser inkluderar olika typer av mätningar, hantering av avfall, ventiler, pumpning av vatten, transporter, underhåll med mera. (Hartman och Mutmanský, 2002)

I en sammanställning från 2000 var 60 procent av alla stora gruvor, med en produktion på över 1 megaton per år, ovan jord och nästan 70 procent av all malm kom från gruvor ovan jord (Aswathanarayana, 2003). Att majoriteten av all gruvdrift sker ovan jord beror på att det är mer ekonomiskt lönsamt att utvinna ovan jord samt att processerna för att utvinna ovan jord effektiviseras kontinuerligt. Gruvdrift ovan jord har fördelen att massproduktion av metaller eller mineraler kan ske till en relativt låg kostnad. Underjordsgruvor har fördelen att utvinning kan ske av en stor variation av olika fyndigheter. Valet står dock oftare mellan gruvdrift ovan jord eller ingen utvinning alls snarare än gruvdrift ovan eller under jord. (Hartman och Mutmanský, 2002) En

kombination av brytning ovan och under jord kan användas för att utvinna fyndigheten så effektivt som möjligt (Ripley m.fl., 1996)

### 2.4.1 Gruvdrift ovan jord

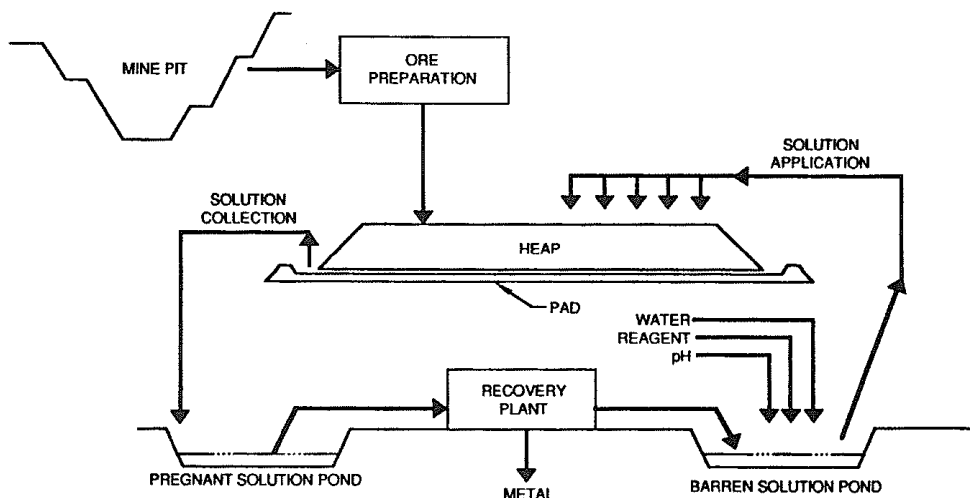
Gruvdrift ovan jord har högre produktivitet och producerar mer malm per gruva än gruvdrift under jord. Det är lätt att organisera arbetskraft och maskiner, leddiderna är korta och det är relativt billigt att utveckla nyfunna fyndigheter till en gruva. Dessutom är säkerheten högre jämfört med underjordsgruvor vilket gör att gruvarbetarna föredrar denna typ av gruva. (Aswathanarayana, 2003) Klimatet har större betydelse för gruvdrift ovan jord än för underjordsgruvor. Terräng, tillgången på vatten samt djup och form på fyndigheten är ytterligare faktorer som måste vägas in vid beslut om att anlägga en gruva ovan jord. Att ta hänsyn till miljön och att ta ställning till kostnaden för att övervinna eventuella hinder i miljön vid fyndigheten är mycket viktiga delar vid planeringen för gruvdrift ovan jord. Exempel på hinder i miljön kan exempelvis vara hårt klimat, otillgänglig terräng eller att området riskera att råka ut för naturkatastrofer. (Hartman och Mutmansky, 2002) Nedan beskrivs de två vanligaste brytningsmetoderna för gruvor ovan jord, dagbrott och lakning. Hydraulisk utvinning beskrivs också eftersom det kan ha mycket stor inverkan på miljön. I Bilaga A ges en fördjupad beskrivning av olika brytningsmetoder.

- **Dagbrott** – Dagbrott innebär att de jordlager som är över fyndigheten schaktas bort så att malmen friläggs och därefter utvinns. Metoden är kapitalintensiv, lämpar sig väl för mekanisering och det krävs relativt lite arbetskraft. Produktiviteten är hög, kostnaden är relativt låg och metoden har inte samma säkerhets- och hälsorisker som vid en gruva under jord. Metoden är begränsad i djup till cirka 1000 meter och av ekonomiska skäl är det inte möjligt att utvinna lägre halter än 0.8 - 0.4 kubikmeter per ton. Gruvan är mycket väderberoende och hårt väder kan hindra gruvdriften helt. På grund av den stora yta som tas i anspråk är det även en stor yta som ska återställas och mycket avfall som ska hanteras. (Hartman och Mutmansky, 2002) Figur 2.3 visar ett exempel på ett dagbrott.



Figur 2.3 Aitikgruvan är ett dagbrott. Källa: [www.boliden.se](http://www.boliden.se)

- Lakning** – Lakning innebär att mineraler utvinns med vatten eller andra vätskor genom kemisk extraktion. En lösning som fäller ut önskad mineral tillsätts till malmen genom borrhåll. Den lösta malmen pumpas upp igen och den önskade mineral utvinns. Metoden kan tillämpas på malmer direkt i berget, in situ laking, eller på malm som brutits med andra metoder och därefter krossats och malts. Figur 2.4 visar en skiss över ett lakningssystem där malmen som ska lakas krossats och lagts i högar, vilket benämns *heap leaching* på engelska. Fördelarna med denna metod är att kostnaden är låg, det krävs lite arbetskraft, metoden kan användas på förhållandevis små fyndigheter samt fungera som ett komplement till annan brytning. Metoden är dessutom fördelaktig ur hälso- och risksynpunkt. Nackdelarna är att det krävs stora landarealer för att tömning av restprodukter från lakningen. Dessa massor kan dessutom vara farliga för exempelvis växter och fåglar, då de kan innehålla kemikalierester från lakningen. Det kan vara svårt att få landområdet att återhämta sig och det finns risken att grundvattnet blir förgiftat. (Hartman och Mutmansky, 2002) Med hänsyn till miljön är det ytterst viktigt att all lösningen samlas upp så att inte läckage sker. För att göra detta måste mätningar ske av hur mycket extra vatten som tillförs i form av regn och även detta vatten måste samla upp för rening. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)



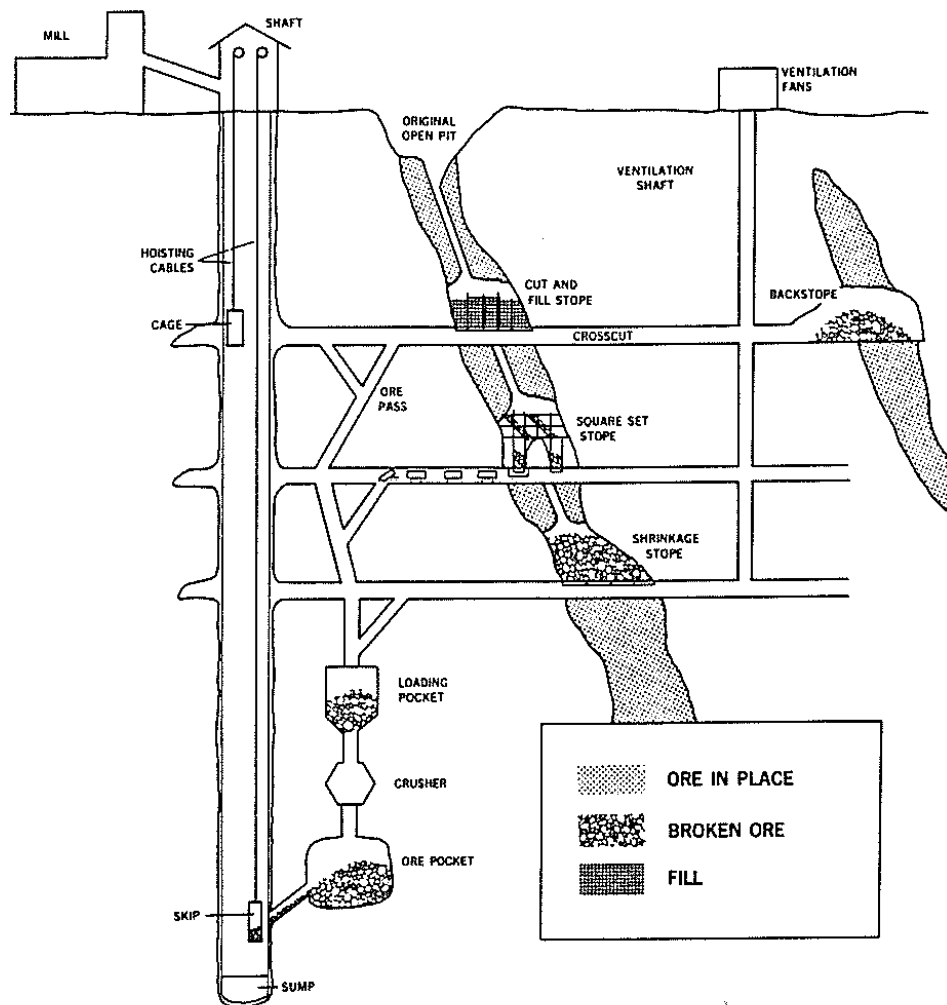
**Figur 2.4** En schematisk bild på ett lakningssystem. Källa: Hartman och Mutmansky, 2002

- Hydraulisk metod** – Hydraulisk metod innebär att metaller utvinns ur en bank genom att ett stort vattenrör riktas mot banken och vatten med högt tryck spränger sönder banken. Vattnet, sand, jord och de önskvärda metallerna sköljs ner i en ränna, från vilken metallerna vaskas fram. På detta sätt kan exempelvis guld, diamanter, titan och platina utvinnas. Positivt med denna metod är att den har hög produktivitet, relativt låg kostnad, brukar tämligen enkel utrustning och kan skötas av några få arbetare. De negativa aspekterna är att denna metod kan ha stor inverkan på miljön om inte noggranna försiktighetsåtgärder vidtas, vattenåtgången är enorm och den

kan vara svårt att kontrollera hur banken bryts ned. (Hartman och Mutmansky, 2002)

#### **2.4.2 Gruvdrift under jord**

Gruvdrift under jord har en underordnad betydelse för utvinningen av många mineraler, beroende på dagbrottens fördelar när det gäller möjligheter till massproduktion och låga kostnader. Många geologer anser dock att de flesta ytliga fyndigheter redan påträffats, vilket gör att vikten av underjordsgruvor där det går att utvinna en rad olika typer av fyndigheter kan komma att öka i framtiden. I en underjordsgruva kan brytning ske året runt, 24 timmar om dygnet och oberoende av vädret. Inverkan på markytan är mindre än vid brytning ovan jord och mindre jord och berg måste flyttas. Detta bidrar i sin tur till att det är mindre markyta som ska återställas när gruvan stängs och mindre jord och berg som riskerar att bli förorenat under gruvdriften. De faktorer som påverkar utvecklingen av en underjordsgruva mest är malmen, närvaron av grundvatten, bergets hållfasthet och hur temperaturen ändras i takt med att brytning sker längre ner i jorden. Det krävs mer kvalificerad arbetskraft och det kan vara svårare att finansiera en underjordsgruva på grund av den högre säkerhetsrisk som det innebär. Att utveckla en underjordsgruva kräver mindre schaktning än ett dagbrott, men är kraven på ventilationssystem är större eftersom det alltid måste finnas frisk luft i gruvan. (Hartman och Mutmansky, 2002)



**Figur 2.5** Underjordsgruva med olika brytningsmetoder. Källa: Ripley m.fl., 1996

Gruvdrift under jord innebär att malmen bryts under jord och transporteras till marknivån via ramper och schakt. För att nå malmen måste gångar göras i gråberget. Med avseende på miljön kan brytning under jord delas in i två kategorier med eller utan återfyllnad. Återfyllnad betyder att schakt och gångar fylls igen med gruvavfall. Om återfyllnad tillämpas beror på styrkan och formen på malmen och kostnaden för att återfylla. Är bergarten kring malmen mycket poröst måste återfyllnad användas för att undvika att berget kollapsar och att sättningar uppstår. Återfyllnad sker med gråberg eller med anrikningsavfall i form av pasta eller slam och bidrar till att mängden avfall som måste hanteras på annat sätt minskar. (Ripley m.fl., 1996) Figur 2.5 visar en schematisk bild över en underjordsgruva där olika brytningsmetoder används i de olika orterna. Bilden visar också hur malmen transporteras till markytan via ramper och schakt. I Bilaga A ges en fördjupad beskrivning av tre olika brytningsmetoder

som inte använder återfyllnad, en metod där återfyllnad används och tre olika rasbrytningsmetoder.

### 2.4.3 Potentiell miljöpåverkan från exploatering

Storskalig gruvdrift kan leda till negativ påverkan på mark, luft och vatten, dessutom leder förändringar av ekosystem till negativ inverkan på den biologiska mångfalden. Nedan ges en kort beskrivning av vilka effekter gruvdrift kan ha på dessa olika områden samt av buller och vibrationer, som också anses som miljöpåverkan.

**Mark** – Storskalig gruvdrift har stor lokal miljöpåverkan på land. Dagbrott leder till att landskapet förändras radikalt, skog avverkas, stora mängder avfall uppstår och stora landarealer används för avfallsdeponier. Avverkning av vegetationen, ändrade vattenflöden, uppförandet av branta slutningar och själva brytningen medför ökad risken för erosion. Det är ofta svårt att återställa landskapet helt efter att verksamheten i dagbrottet avslutas. Jorden som schaktas bort för att tillåta brytning i ett dagbrott sparas ofta för att underlätta återställandet av platsen när gruvdriften upphör. Trots detta kan det ta tiotals eller till och med hundratal år innan strukturerna i jorden blir likvärdiga med hur det var innan gruvdriften. Gråberget som avlägsnas för att frilägga malmen orsakar fysiska och kemiska störningar i det naturliga systemet, vilket kan leda till rubbingar i vattnets flöde. Finns det sulfider i malmen som bryts finns det risk att vittringsreaktioner startar i avfallet vilket kan leda till att försurning och ökade halter av olika metaller i omgivningen. Underjordsgruvor och i vissa fall in situ lakning kan orsaka sättningar i marken. Sättningarnas storlek är ofta relaterad till hur mycket material som utvunnits, hur mycket berget ovanför den utvunna malmen orkar bära upp och på vilket djup brytningen sker. (Marcus, 1997)

**Luft** – Gruvor ovan jord har större inverkan på luftkvalitet än underjordsgruvor (Ripley m.fl., 1996). Damm är ett problem vid nästan all gruvdrift och orsakas framför allt av lastbilar som kör på oasfalterade vägar, borrhning och lagring av malm. Upp till fem procent av malm eller koncentrat som lagras i högar kan försvinna i form av damm. Mer damm och partiklar sprids från gruvdrift ovan jord än underjordsgruvor. Damm kan förorena luft, vatten och mark, vilket i sin tur har negativa effekter på vegetation och djurliv. Inandning av vissa typer av damm leder till hälsoproblem till exempel stendammslunga. Mycket fina dammpartiklar kan förorsaka explosioner. Högar med kol kan exempelvis reagera med syre och starta spontan förbränning. Spridning av damm minskar sikten, vilket kan försvåra arbetsförhållandena för gruvarbetarna, och kan sätta igen olika typer av utrustning och filter. (Aswathanarayana, 2003)

Gruvindustrin använder mycket energi för att transportera malm och gråberg med lastbil eller med lyftanordningar i underjordsgruvor. Kylning av underjordsgruvor, tryckluftsutrustning och malning är exempel på andra delar av gruvindustrin som är mycket energikrävande. Uppskattningsvis står gruvindustrin för fyra till sju procent av det globala energibehovet, men stora

variationer mellan olika mineraler och olika länder förekommer. Elenergi är en av flera olika energikällor som används inom gruvindustrin. 1998 var den totala elenergiförbrukningen inom gruvindustrin i OECD-länderna 104 000 gigawattimmar, vilket kan jämföras med att järnvägen i samma region och år förbrukade 89 000 gigawattimmar. Elenergens inverkan på miljön beror på hur elen framställs. Fossila bränslen kan användas för elframställning och direkt som energikälla. Förbränning av fossila bränslen leder till utsläpp av växthusgaser och med största sannolikhet klimatförändringar. En fördjupning av klimatförändringar och andra miljöproblem finns i Bilaga B. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002).

Användning av olika maskiner och transportmedel leder till utsläpp av miljöfarliga föroreningar som svaveloxider, kväveoxider, flyktiga organiska föreningar och koloxider. Effekterna av dessa utsläpp är minskad sikt, försurning, smog, marknära ozon, hälsoproblem och minskad biologisk mångfald. Bly, arsenik, kadmium och nickel, som på grund av gruvdriften finns i det översta jordlagret kan i vissa fall spridas till luft, men detta anses vara ett begränsat problem. (Marcus, 1997)

**Vatten** – Påverkan på vattenkvalitet är troligen lika stor från gruvor ovan som under jord (Ripley m.fl., 1996). Förändringar i landskapet leder till ökad erosionsrisk, vilket i sin tur kan orsaka sedimentering i ytvattnet. Fiskar och annat marint liv påverkas av sediment genom att de ökar grumligheten i vattnet, vilket minskar mängden solljus som tränger igenom vattnet och leder till försämrad sikt och fotosyntetisk aktivitet. Med lägre fotosyntetisk aktivitet produceras mindre alger, vilket är föda för många arter. Dessutom kan sediment täcka växter direkt, vilket också leder till minskad tillgång på föda. Fiskägg som täcks med sediment får svårare att utväxla syre och koldioxid, vilket krävs för deras överlevnad. Om sedimenten innehåller organsikt materiel minskar även syrenivåerna, eftersom syre behövs för att bryta ner detta. (Marcus, 1997)

Vatten som kommit i kontakt med malm och gruvavfall eller använts i processer kan föra med sig giftiga ämnen till yt- och grundvattnet och orsaka sänkt vattenkvalitet. Det största miljöproblemet är läckage av försurande lakvatten från anrikningssand, se 2.6.6 *Läckage av försurande lakvatten och metaller*. (Marcus, 1997) Underjordsgruvor medför risk för ändrade vattenflöden, då den lokala hydrologin kan påverkas genom att vattendrag, som tidigare varit skilda åt, sammanförs eller genom att vattenflöden ökar så att närliggande floder eller dammar torkar ut eller svämmar över. Ändringar av vattenflödet kan påverka både yt- och grundvatten. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003)

**Biologi** – Gruvdriftens inverkan på vegetationen varierar mycket. Om det går bra att återställa området efter det att gruvdriften avslutats kan inverkan på vegetation och biologisk mångfald bli minimal. Medan gruvdriften pågår är ett av de mest uppenbara täcken på gruvdrift i dagbrott att vegetation avlägsnats. Om inte detta åtgärdas kan det leda till erosion och att sediment och giftigt avfall hamnar i närliggande vattendrag, vilket leder till att vattenkvaliteten

försämrats nedströms från gruvan. Försurning, förhöjda metallhalter, utsläpp av cyanid och andra giftiga ämnen kan försvåra återvegetering av avverkade områden. För att bedöma vilken inverkan gruvdriften har på den biologiska mångfalden bör följande områden bedömas; fysisk skada, hur stor del av olika habitat har skadats/fragmenterats, andel förstörda våtmarker och andra viktiga habitat, giftighet, andelen ökad mänsklig aktivitet, ändrade jaktmetoder och hur stora barriärer som skiljer olika områden åt. (Marcus, 1997)

**Buller och vibrationer** – Borrutrustning, lastare och olika typer av transporter leder till höga ljudnivåer som gruvarbetarna dessutom ofta utsätts för under lång tid. Det kan leda till förlorad hörsel permanent eller tillfälligt. I samband med gruvdrift förekommer tre olika typer av vibrationer, mekaniska vibrationer, vibrationer av förbränning och aerodynamiska vibrationer. Gruvarbetare som använder handutrustning utsätts för mycket vibrationer och kan få problem med leder i händer, armar och axlar samt nervproblem av olika slag. Ljud och vibrationer från gruvdrift kan också orsaka strukturella skador. Kraftiga luftströmmar från sprängningar kan till exempel leda till att fönster går sönder. (Aswathanarayana, 2003) Tabell 2.1 sammanfattar de vanligaste brytningsmetoderna vid storskalig gruvdrift och miljömässiga för- och nackdelar för respektive metod.



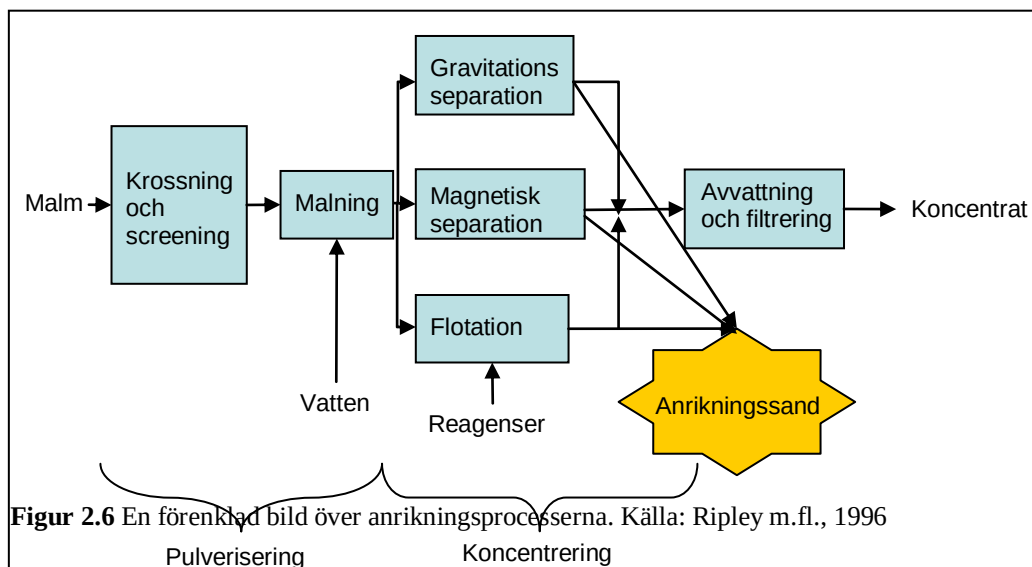
**Tabell 2.1** Miljömässiga för- och nackdelar med respektive brytningsmetod. Källa: Ripley m.fl., 1996

| Läge              | Metod                                 | Miljömässiga fördelar                                                                                                              | Miljömässiga nackdelar                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ovan jord</b>  | Dagbrott                              | Lättillgänglig och lägre risk för gruvarbetarna än i underjordsgruvor.                                                             | Stor förändring av landskapet, avverkning av skog, dammspridning, utsläpp till luft och stora mängder avfall. Risk för läckage av försurande lakvatten och metaller från gruva och anrikningssand.            |
|                   | Lakning                               | Mindre mängd gråberg, anrikningssand och deformation av markyta än i dagbrott. Lägre risk för gruvarbetarna än i underjordsgruvor. | Stora mängder lakningsavfall måste hanteras, risk för förorening av grundvatten och sättningar i marken.                                                                                                      |
| <b>Under jord</b> | Metoder som inte använder återfyllnad | Mindre mängd avfall än dagbrott.                                                                                                   | Stor risk för sättningar och läckage av försurande lakvatten och tungmetaller från gruva och anrikningssand.                                                                                                  |
|                   | Metoder som använder återfyllnad      | Lägre risk för sättningar och mindre avfall att lagra på land än utan återfyllnad.                                                 | Risk att det återfyllda materialet oxiderar eller förbränns, vilket kan orsaka utsläpp. Risk för läckage av försurande lakvatten och metaller kan förorena vattendrag. Det naturliga vattenflödet kan störas. |

## 2.5 Anrikning

Koncentrationen av de önskade mineralerna i den brutna malmen är numera så låg att de flesta malmer måste anrikas. I de flesta fall handlar det om att öka koncentrationen av den önskade mineralen, men ibland är koncentrationen i malmen så hög att det räcker att rena malmen från föroreningar. Valet av anrikningsmetod beror på typen av malm, mixen av olika mineraler i malmen, vilka värdefulla mineraler som finns i malmen samt inverkan på hälsa och miljö från metoden. Oftast inleds anrikningen med att malmen pulvrigeras genom att den krossas och mals till fina partiklar, som därefter genomgår olika processer för att optimera den senare raffineringen. Gravimetrisk anrikning, flotation, magnetisk separation, elektrostatisk separation och lakning är vanliga metoder för att öka koncentrationen av önskade mineraler, se figur 2.6. Anrikningen sker oftast i nära anslutning till gruvan, eftersom det blir mycket dyrt att transportera all den brutna malmen. Produkten som erhålls efter anrikningen kan säljas

direkt till markanden eller transporteras vidare för raffinering. Den pulvrerade restprodukten som oftast är löst i vatten till ett slam kallas för anrikningssand. (Ripley m.fl., 1996)



**Figur 2.6** En förenklad bild över anrikningsprocesserna. Källa: Ripley m.fl., 1996

Krossningen sker oftast som en torr process och därefter delas malmen upp efter storlek, så kallad screening. Efter att malmen krossats går den vidare till malning, vilket sker i flera steg. Malmen mals tillsammans med något malande medium, exempelvis kiselsten, stålbollar, stavar i något annat material eller så fungera malmen själv som medium. Efter malningen klassificeras malmen efter storlek. Detta betyder oftast att malmpartiklarna delas genom att de får vandra i vatten och separeras beroende på hur snabbt de vandrar. Även torrseparation, där luft används som medium, förekommer och används ofta för kol. (European Commission Joint Research Centre, 2004) Efter att malmen pulvriserats går den vidare till någon av följande metoder för koncentrerings:

- **Gravimetrisk anrikning** – Gravimetrisk anrikning är en gammal anrikningsmetod och innebär att mineralerna skiljs åt i luft eller vatten med hjälp av sin densitet, form och storlek. Metoden har i stor utsträckning ersatts av flotation men används fortfarande för kol, industrimineraler och oxidmineraler. (Ripley m.fl., 1996)
- **Flotation** – Flotation är den vanligaste anrikningsmetoden för basmetaller och innebär att luft blåses genom en lösning med mineral och flotationsreagenser. Olika reagenser tillsätts för att styra pH-värdet, producera skum och binda till det aktuella mineralet. Mineralpartiklar som inte är vattenlösliga fäster i luftbubblorna och kan samlas upp vid ytan. Flera steg av flotation måste ofta göras för att rätt koncentration av de önskvärda mineralerna ska fås. Det förekommer även att mineralpartiklar som är vattenlösliga utvinns med flotation, dessa sjunker då till botten och kan samlas upp där. Den stora fördelen med flotation är att det krävs relativt lite energi, nackdelen är att kemikalier kontinuerligt måste tillsättas i processen, att det krävs skicklig och kunnig personal och att mycket fast avfall

genereras. Tack vare att metoden är billig har många olika flotationsmetoder utvecklats till exempel elektrokemisk flotation vid utvinning av koppar och katjons-kiseloxyds flotation för magnetisk utvinning av järn. (Aswathanarayana, 2003)

- **Magnetisk separation** – Magnetisk separation betyder att magnetiska mineraler skiljs från icke magnetiska mineraler med hjälp av en magnet eller elektromagnet. Magneten som används kan vara hög- eller lågintensiv beroende på mineralens magnetiska egenskaper. Separationen kan ske i luft eller vatten. (European Commission Joint Research Centre, 2004) Denna metod har framför allt stor betydelse för anrikning av järn. (Ripley m.fl., 1996)
- **Elektrostatisk separation** – Elektrostatisk separation innebär att mineralet som ska separeras släpps ner i ett kärl med två elektroder, en positiv och en negativ. Laddade eller polära partiklar dras mot katoderna medan icke-laddade partiklar faller vertikalt rakt ner. Metoden kräver dock att mineralet är helt torrt och att luftens fuktighet är under kontroll. (European Commission Joint Research Centre, 2004)
- **Lakning** – Lakning betyder att mineralerna löses upp, kemiskt eller med hjälp av mikroorganismer, och sedan selekteras de önskade mineralerna ut ur detta. Metoden kan tillämpas på små fyndigheter, där det inte är lönsamt att utvinna med underjordsgruvor, avfall och utvunnen malm som krossats och sedan placerats på lämplig yta eller i en tank. (Ayres m.fl., 2003) Bakteriell lakning betyder att bakterier används för att utvinna värdefulla metaller, som guld och silver, eller basmetaller. Bakteriell lakning förbrukar mycket lite energi, är kostnadseffektiv samt genererar mycket små utsläpp och avfallsmängder. *Thiobacillus Ferrooxidans* är den viktigaste bakterien för bakteriell lakning. (Aswathanarayana, 2003)

### 2.5.3 Potentiell miljöpåverkan från anrikning

Många anrikningsprocesser, som exempelvis malning, cyanidlakning och flotation är mycket energikrävande. Som nämnts tidigare används främst fossila bränslen som energikälla, vilket leder till utsläpp av växthusgaser och klimatförändringar. Minskande koncentrationer av värdefulla metaller i malmerna bidrar också till att ytterligare öka energibehovet vid utvinning. Ofta är koncentrationen av värdefulla metaller mycket högre i återvunnet material än i utvunna malmer, vilket innebär att energiåtgången för att utvinna metaller ur återvunnet material oftast är betydligt mindre än vid utvinning ur malm. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Giftiga kemikalier, exempelvis svavelsyra och cyanid, används både vid kemisk anrikning och flotation, vilket kan leda till stora föroreningar om flödet av dessa ämnen inte är under kontroll. Spillvattnet från olika anrikningsprocesser innehåller ofta många partiklar från malmen, avfallsmaterial och tillsatt

kemikalier, som kan leda till att fauna och flora i lokala vattensystem kvävs. (Ripley m.fl., 1996) Under anrikning genereras mycket damm som sprids i omgivningen. Damm kan vara skadligt för gruvarbetare och invånarna i närheten av gruvan, dessutom kan partiklar i dammet leda till att vatten och jord i omgivningen förorenas och att vegetationen förstörs. (UNEP, 2000) Avfallet från anrikningen, anrikningssanden, riskerar att läcka förorenande lakvatten och metaller till omgivningen, vilket kan anses vara det största miljöproblemet inom gruvindustrin, se 2.6.6 *Läckage av förorenande lakvatten och metaller*. Tabell 2.2 sammanfattar miljömässiga för- och nackdelar med olika anrikningsmetoder.

**Tabell 2.2** Miljömässiga för- och nackdelar med respektive anrikningsmetod. Källa: Ripley m.fl., 1996

| Metod                                   | Miljömässiga fördelar                                                                                                      | Miljömässiga nackdelar                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gravimetrisk anrikning - torr           | Ingen reagenser eller processvatten används.                                                                               | Stora luftflöden behövs och luft som ingått i processen kräver noggrann mätning och efterföljande hantering.                               |
| Gravimetrisk anrikning - våt            | Ingen processluft behövs och mediet kan oftast återanvändas.                                                               | Föroreningar i vatten kan uppstå om ett tungt medium används.                                                                              |
| Flotation                               | Processvattnet kan återanvändas.                                                                                           | Metoden kräver mycket vatten och reagenser, partiklar och tungmetaller förekommer ofta i vattnet.                                          |
| Magnetisk och elektrostatisk separation | Inga reagenser används, vattenåtgången är negligerbar vid torra processer och vid våta processer kan vattnet återanvändas. | Partiklar kan spridas till luften vid torra processer och till vatten vid våta processer.                                                  |
| Lakning                                 | Mindre mängd anrikningssand skapas                                                                                         | Stora mängder lakningsavfall måste hanteras, risk för förorening av grundvatten och sättningar i marken. Giftiga ämnen som cyanid används. |

## 2.6 Avfallshantering

I samband med gruvdrift produceras stora mängder avfall som måste hanteras och behandlas parallellt med gruvdriften men även efter det att gruvdriften avslutats. Avfallsmängden är betydligt större från gruvdrift ovan jord än från underjordsgruvor. Allt gruvavfall kan inte läggas tillbaka i gruvan oavsett brytningsmetod på grund av att det utvunna materialet sväller, då materialet absorberar vatten och att luft kommer in mellan partiklarna. Avfallet ska hanteras under väldigt lång tid, något som innebär stora utmaningar då en del

gruvavfall har omfattande negativ inverkan på miljön om det kommer i kontakt med syre och vatten. (Ayres m.fl., 2003) Det finns flera olika typer av avfall:

- **Gråberg** – Berg som ligger över malmen och måste flyttas för att malmen ska nås och malm som inte innehåller tillräckligt mycket mineral för att det ska vara lönsamt att utvinna den.
- **Anrikningssand** – Slam som blir över efter att mineralerna utvunnits vid anrikning.
- **Lakningsavfall** – Berggrund, berg och jord som använts i en lakningsanläggning. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Det billigaste alternativet är att hantera avfallet i nära anslutning till gruvan eller att placera avfallshanteringsplatsen så att avfallet kan transporteras dit med hjälp av gravitation. Klimatet har stor inverkan på hur avfall hanteras. Är klimatet torrt finns det risk för dammspridning. Är nederbörden riklig finns det risk att avfallet lakas ut och gifter sprids i omgivningen. Följande faktorer måste också vägas in när avfallshanteringen ska planeras: topografi, hydrologi, geologi, risken för jordbävningar, det lokala samhället, nuvarande användning av landet, skyddade områden och biologisk mångfald. Det är svårt för ett företag att ha information om alla dessa faktorer därför är nära samarbete med lokala regeringen och samhället oftast nödvändig. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

### 2.6.1 Avfallslagring på land

Gruvavfall lagras nästan alltid på land. Det finns en rad olika sätt att göra detta på och olika metoder används för de olika typerna av gruvavfall. Valet av metod beror på det fysiska och kemiska egenskaperna hos de mineraler som ingår i avfallet (European Commission Joint Research Centre, 2004). I vissa fall kan gruvavfall användas som byggnadsmaterial till exempelvis vid vägbyggen, men det måste ske med stor försiktighet. Dessutom är tillgången på gruvavfall betydligt större än efterfrågan, vilket gör att stora mängder gruvavfall fortfarande måste hanteras även om en del används som byggnadsmaterial. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Gråberget bryts sönder till hanterbara block och transporteras till en avfallshanteringsplats eller används som återfyllnad i gruvan. Det är viktigt att avfallet packas väl och att vattenflödet kontrolleras för att undvika erosion. Om det är ovanligt mycket eller lite nederbörd måste detta vanligtvis åtgärdas på något sätt, så att inte avfallsberget rasar eller att spridningen av avfallsdamm blir för stor. Att fylla dagbrott eller underjordsgruvor med gruvavfall är ett alternativ till var avfallet ska förvaras rent fysiskt. Fördelarna med denna metod är naturligtvis att det krävs mindre utrymme för avfallshantering, men på grund av att avfallet sväller får bara cirka 60 procent av allt avfall få plats i gruvan. Miljöproblem kan dock uppstå under den tillfälliga förvaringen av gruvavfallet

eller när avfallet lagras i dagbrott. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Anrikningssanden består vanligen av minst 50 procent vatten och kan därför transporteras via pipeline. Anrikningssanden förvaras oftast i gruvdammar eller invallningar, se nästa avsnitt. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) Anrikningssand med lägre vattenhalt kan även förvaras på hög eller användas för återfyllnad av gruvor eller i vissa fall säljas som en produkt (European Commission Joint Research Centre, 2004).

Lakningsavfall sköljs ur för att avlägsna kvarblivna kemikalier från lakningen, men även efter detta kan det finnas förhöjda nivåer av metaller eller kemikalier kvar. Därför måste lakningsavfallsanläggningen vara designad så att dräneringen kan kontrolleras och erosion och läckage förebyggas. Lakningsavfallet förvaras därefter på samma sätt som gråberget eller anrikningssanden. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Sammanlagren avfallshantering där gråberg och anrikningssand lagras tillsammans är en alternativ avfallshantering. På detta sätt kan anrikningssand användas för att fylla upp de utrymmen som bildas mellan de större blocken. Detta leder till att gråberget utsätts för mindre kontakt med luft och risken att försurande lakvatten läcker minskar. Dessutom tas mindre landareal i anspråk för avfallshantering, mindre vatten används och avfallet blir lämpligare att odla på. Det är dock mycket viktigt att relationen mellan gråberg och anrikningssand blir korrekt. Är det för mycket anrikningssand blir avfallet fysiskt instabilt. Är det för lite anrikningssand kan luft och vatten lätt tränga igenom och orsaka läckage av surt lakvatten. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

### **2.6.2 Anrikningssand i gruvdammar**

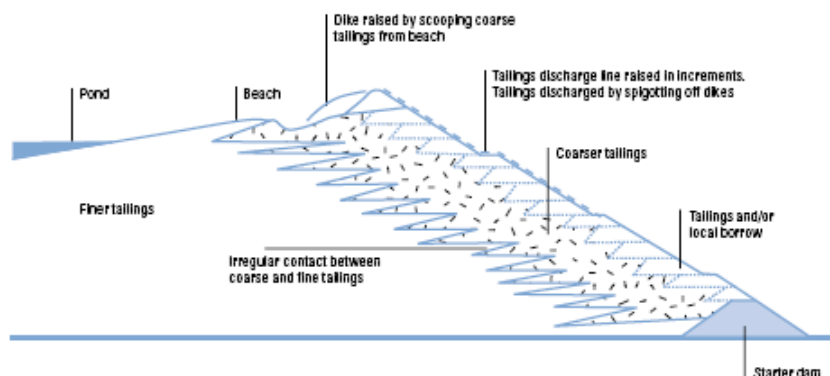
Anrikningssand och processvatten bildar tillsammans ett slam som kan transporteras via pipeline till en gruvdamm, som konstrueras av anrikningssand, annat gruvavfall och sten eller jord. De fasta partiklarna faller till botten och sedimenteras. Processvattnet kan därefter oftast tömmas ut eller återvinnas. Anrikningssanden innehåller rester från kemiska behandlingar och en förhöjd nivå av metaller. Det finns stor risk för läckage från anrikningssanden till grundvattnet och vattendrag. Det är bra om mycket vatten kan återvinnas redan i själva anrikningsprocessen för att minska mängden vatten i anrikningssanden och risken för vattenläckage. Eftersom anrikningssand består av fina partiklar finns det även stor risk att det sprids långa sträckor som damm. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Gruvdammarna konstrueras för att bestå under lång tid. Definitionen av lång tid varierar, men filosofiskt kan det anses vara tills nästa istid då inga nu konstruerade byggnader beräknas stå kvar eller mer vetenskapligt kan det anses vara tusentals år. När en gruvdamm planeras gäller det att se till att den lokaliseras så att nederbördsområdet minimeras, att gruvdammens vall blir så

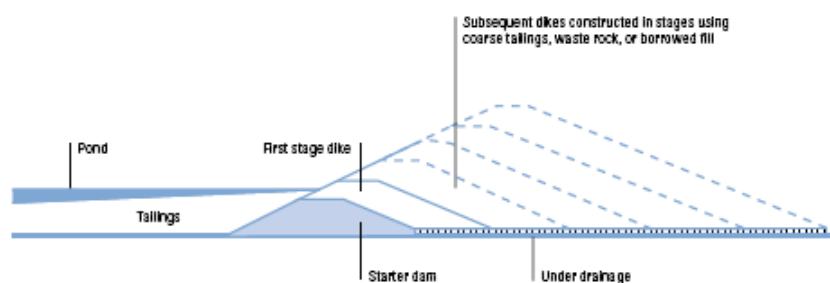
bred att det går att kontrollera läckage samt att undersöka genomtränligheten av olika ämnen i dammens botten. (Bjelkevik, 2005) Det finns generellt tre olika modeller på gruvdammar:

- **Inåtkonstruktion** – Inåtkonstruktion innebär att en första fördämning byggs och sedan släpps anrikningssand ut från kammen av fördämningen. Anrikningssanden rinner ner i dammen, och en strand skapas mellan dammen och kammen på fördämningen, där partiklarna i anrikningssanden kan sedimenteras. När magasinet är nästan fullt byggs en ny fördämning ovan på den första och mer anrikningssand kan fyllas på i dammen, se figur 2.7. Fördelarna med denna metod är att den är relativt billig och enkel, fördämningarna kan byggas av anrikningssand och den hydrauliska gradienten är låg tack vare den långa vallen. Nackdelarna är att den hydrauliska gradienten måste kontrolleras, låg förmågan att lagra vatten, dammen kan vara känslig mot seismologisk aktivitet och det kan vara svårt att kontrollera spridningen av damm vid hårda vindar. (Bjelkevik, 2005)
- **Utåtkonstruktion** – Utåtkonstruktion innebär att en ursprungsdam byggas och allt eftersom dammen fylls används anrikningssand för att bygga på dammen bakom ursprungsdammen, se figur 2.7. Den här dammodellen påminner om traditionella vattendammar. Fördelarna med denna metod är att mycket vatten kan sparas i dammen, den lämpar sig för alla typer av anrikningssand och den är mer motståndskraftig mot seismologisk aktivitet. Nackdelarna är att mycket material krävs för att bygga dammen och detta medför höga kostnader. (Bjelkevik, 2005)
- **Centrumkonstruktion** – En centrumkonstruktion innebär att den ursprungliga dammen byggs ut både på strandsidan och på utsidan av dammen, se figur 2.7. Denna dammodell kan anses vara en kombination av de båda ovanstående och utnyttjar fördelarna och minskar nackdelarna från båda modellerna. Det går åt mindre material än vid utåtkonstruktion, vilket även innebär mindre kostnader. Motståndskraften mot seismologisk aktivitet är acceptabel. Säkerheten anses lika stor vid alla tre konstruktionsmodellerna, under förutsättning att tillstånd, förutsättningar, beteenden och platsspecifika egenskaper har utvärderats korrekt för varje specifik damm. (Bjelkevik, 2005)

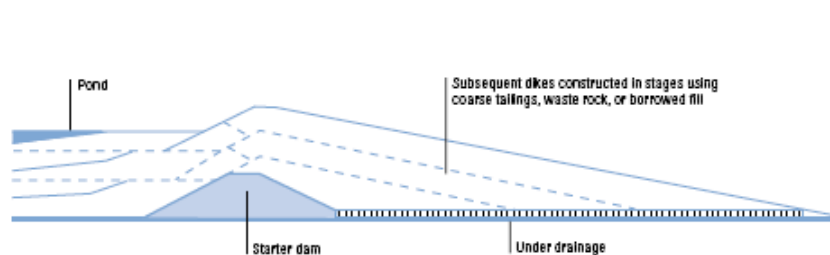
Upstream Method of Tailings Dam Construction



Downstream Method of Tailings Dam Construction



Centreline Method of Tailings Dam Construction



**Figur 2.7** Tre olika gruvdammsmodeller, överst: inåtkonstruktion, mitten: utåtkonstruktion och nederst: centrumkonstruktion. Källa: Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002

### 2.6.3 Avfallslagring i havet

I vissa fall kan gråberg eller anrikningssand lagras i havet. Lagringen anses ske på grunt vatten om den sker på intervallet mellan 30 meter och några hundra meters djup och djuphavslagring sker under de vattenlager som blandas med ytvatten. Anrikningssand pumpas ut i havet genom pipelines. Vid djuphavslagring pumpas avfallet kontinuerligt till ett visst djup men fortsätter sedan att sjunka efter det att de släppts i havet. Fördelen med att avfallet lagras i havet är att de skyddas från bakterie - och syreangrepp vilket kan leda till att surt lakvatten och metaller sprids, men effekterna på miljön kan vara mycket



stora. Miljökonsekvenserna är mest kända från lagring av gruvavfall i kustnära vatten och på grunt vatten. Lagring sker då i det skikt som är mest biologiskt produktivt och inverkan på miljön blir därför mycket stor. Avfallet bidrar till ökad grumlighet i vattnet och många organismer kvävs. Det finns också risk att avfallet spolats upp på kusten.

Vid djuphavslagring förväntas avfallet stanna där de deponeras och inte komma upp till ytan igen. Åsikterna går isär, delar av industrin menar att djuphavslagring medför små risker och att faunan snart återkoloniserar lagringsområdena. Forskare menar att ekosystemen på detta djup kan vara mycket mer komplexa och den biologiska mångfalden större än på de landområden som används för jämförelse. Det kan konstateras att kunskapen om de marina ekosystemen på detta djup är relativt begränsad. Det finns omständigheter som gör att djuphavslagring kan bli extra intressant som lagringsalternativ. Detta gäller till exempel om gruvdrift sker på en ö och landytan är begränsad, när de land som är tillgängligt för deponi löper risk att drabbas av översvämning eller är instabilt på grund av kraftiga regn eller jordbävningar. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

#### **2.6.4 Avfallslagring i floder**

Avfallslagring i floder innebär att gråberg eller anrikningssand släpps rakt ut i en flod. Metoden har använts sedan urminnes tider och har fördelen att den är enkel och billig. Metoden har dock många kända negativa miljöaspekter och används i dagsläget endast av tre internationella företag med verksamhet i Indonesien och Papua Nya Guinea, vid små skalig gruvdrift i hela världen och i små och medelstora gruvbolag i Ryssland och Kina. I Papua Nya Guinea har regeringen accepterat denna metod eftersom det var det enda alternativet till att inte ha någon gruva alls. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Gruvavfall som släpps ut i en flod påverkar både flora, fauna och den fysiska formen av floden. Effekterna blir ökad risk för översvämning, vilket kan resultera i att vegetationen på land dör, att hela ekosystemet i floden skadas och att risken för sjukdomar exempelvis malaria ökar. Detta påverkar naturligtvis även möjligheterna att odla i närheten av floden samt möjligheterna att fiska. Halterna av olika mineraler och metaller i vattnet ökar också som ett resultat av utsläppen. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) Ett exempel på hur förödande denna typ av avfallslagring kan vara är de 70 miljoner ton anrikningssand och gråberg som släppts ut i floden Ok Tedi, på Papua Nya Guinea, under två årtionden. Detta utsläpp har lett till att 2 000 kvadratkilometer skog har degraderats, fiskbeståndet har minskat med 70-90 procent och 50 000 invånare i 120 byar har blivit drabbade. (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003) Mining, Minerals and Sustainable Development (2002) skriver i sin rapport att både regeringar och industrin anser att denna metod för lagring av gruvavfall bör undvikas.

### 2.6.5 Potentiell miljöpåverkan från avfallshantering

Avfallshantering och dess potentiella miljöpåverkan skiftar mellan olika avfall och påverkas av komplexa samband mellan kemiska, fysiska, biologiska och mekaniska processer. (Fröberg och Höglund, 2004) För att kunna göra en korrekt bedömning av hur avfallet ska hanteras bör avfallets karaktär bedömas vid varje gruva. Miljöpåverkan från avfallshanteringen kan orsakas av brister i det operativa arbete eller genom olyckor. Den största potentiella miljöpåverkan från gruvindustrin generellt och avfallshanteringen specifikt är läckage av försurande lakvatten och förhöjda metallhalter, se nästa avsnitt.

Avfallshantering tar stor yta i anspråk, vilket kan påverka habitat för olika arter och ha effekter på den biologiska mångfalden (Aswathanarayana, 2003). Att konstruera eller förflytta avfallshögar kan orsaka föroreningar av mark och vatten. Avfallshögar och transporter kan orsaka dammspridningen, buller och oljud. Reagenser från anrikningen, till exempel cyanid, klorid, syror och baser, som finns in anrikningssanden kan läcka ut till vattendrag. Hur stor inverkan denna typ av läckage får på miljön beror naturligtvis på vilka ämnen som läcker ut, men även på pH i vatten och mark, temperatur och vattnets hårdhet. (European Commission Joint Research Centre, 2004) Anrikningssand som kommer ut i vattendrag medför även risk för sedimentering, ändring av vattendragens utformning, ökad grumlighet samt att organismer kvävs på grund av den ökade mängden partiklar i vattnet. (Aswathanarayana, 2003).

Olyckor där gruvdammar brister eller kollapsar kan orsaka stor skada på miljön. Gruvdammarna varierar i storlek från flera miljoner kubikmeter till samma storleksordning som en swimmingpool, vid en olycka riskerar stora delar av dammens innehåll att rinna ut och förorena mark och vatten. Mer än en stor gruvdammsolycka inträffar varje år. De vanligaste orsakerna är bristande kontroll av vattenbalansen och dammkonstruktionen samt brister i förståelsen för vad som kännetecknar säkra processer. En dammolycka kan på kort sikt orsaka översvämningar, kvävning av växter och djur som täcks av anrikningssand, förstörelse av landskap och infrastruktur samt förgiftning. På lång sikt kan en dammolycka leda till att metaller ackumuleras i växter och djur, förorening av mark och minskad biologisk mångfald. (European Commission Joint Research Centre, 2004)

### 2.6.6 Läckage av försurande lakvatten och metaller

Ett allvarligt miljöproblem kopplat till avfallshantering är läckage av försurande lakvatten och tungmetaller från sulfidmalmer, mer känt som *acid rock drainage*. Problemet uppstår genom att sulfidjoner i sulfidmalmer reagerar med luft och vatten. Dessa reaktioner sker även naturligt men genom att bryta och sönderdela sulfidmalm ökar andelen sulfidjoner som exponeras för luft dramatiskt. Reaktionen kan dessutom katalyseras av bakterien *Thiobacillus ferrooxidans* (Marcus, 1997). Det är två problem som uppstår när denna vittringsreaktion startar, dels bildas svavelsyran, som har lågt pH och kan orsaka försurning, dels har svavelsyran stor förmåga att lösa metalljoner, till exempel zink, kadmium,

järn, koppar, aluminium och bly. Har vittringsreaktion startat är den svår att stoppa den och miljökonsekvenserna blir därför omfattande och långvariga. Kombinationen av lågt pH och lösta metalljoner dödar allt marint liv och gör vattnet otjänligt för människor. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) En fördjupning av försurning och andra miljöproblem finns i Bilaga B. Tabell 2.3 ger exempel på vilka hälso- och miljöeffekter förhöjda metallhalter kan ha.

**Tabell 2.3** Hälso- och miljöeffekter av för höga metallhalter Källa Ripley m.fl., 1996; European Commission Joint Research Centre, 2004

| Ämne        | Hälsoeffekter                                                                                       | Miljöeffekter                                                                                                                |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arsenik     | Cancer                                                                                              | Mycket giftig, till och med dödlig, kan ackumuleras i naturen.                                                               |
| Bly         | Hjärnskador, krampanfall, beteendestörningar, död, barn är extra utsatta för blyförgiftning.        | Giftig för människor och boskap, ansamlas i kroppen.                                                                         |
| Kadmium     | Hjärt- och kärlsjukdomar, högt blodtryck, benskörhet, njursjukdomar, lungfibros, troligtvis cancer. | Minskar tillväxt hos vis växter, ackumuleras i vävnad och växter Människor kan förgiftas via fiskar med förhöjd kadmiumhalt. |
| Koppar      | Illamående, leverskador                                                                             | Giftig för fiskar och annat marint liv redan vid låga halter.                                                                |
| Kvicksilver | Nervskador, död                                                                                     | Mycket giftig och leder till skador på nervsystemet hos många organismer.                                                    |
| Mangan      | Kan påverka vattnets smak och missfärga tvätt.                                                      | Giftig för djur vid höga koncentrationer.                                                                                    |
| Nickel      | Allergi, lungcancer                                                                                 | -                                                                                                                            |
| Zink        | Ej giftig, kan påverka vattnets smak.                                                               | Giftig för vissa växter och fiskar.                                                                                          |

Läckage av försurande lakvatten och metaller i naturen undviks genom att anrikningssanden inte kommer i kontakt med luft. I gruvdammen täcks anrikningssanden med vatten, vilket sänker vittringstakten till en kontrollerbar nivå. När gruvan efterbehandlas kan fortsatt vattentäckning eller moräntäckning användas för att undvika att anrikningssanden kommer i kontakt med luft. (Fröberg och Höglund, 2004) Den omgivande jordens buffrande förmåga påverkar hur stor inverkan läckage av försurande lakvatten har på miljön. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Trots att anrikningssanden inte kommer i kontakt med luft kan vittringsprocessen starta om en damm brister och anrikningssanden rinner ut. Gruvdammsolyckor har sedan mitten av 70-talet svarat för 75 procent av alla

stora miljöolyckor orsakade av gruvindustrin. Risken för gruvdammsolyckor upphör inte bara för att gruvdriften har avslutats. Om gruvdammen har brister i konstruktion eller design kan en jordbävning, regn eller en översvämning orsaka olyckor långt efter det att gruvdriften upphört. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) De flesta dammolyckor som orsakats av seismologisk aktivitet sker när inåtkonstruktion används snarare än nedströms- eller centrumkonstruktion (Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003).

Detta är svårt att kvalitetsinspektera gruvdammar, eftersom de konstrueras över lång tid och ofta byggs de upp av själv anrikningssanden. Att gruvdammen används under lång tid innebär att det är många byten av personal som sköter driften av dammen och kanske förändras även själva anrikningssanden om nya fyndigheter tas i bruk. Det är inte ovanligt att de som sköter gruvdammen inte är medvetna om vilka mätetal och nivåer de ska observera. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) I rapporten Mining, Minerals and Sustainable Development (2002) anses det bästa sättet att sköta säkerheten vid en gruvdamm vara att se till att det finns övervakningsfunktioner på tre olika nivåer. Den första och absolut viktigaste övervakningsnivån är internt på företaget. Det gäller att redan från början se till att de bästa metoderna och teknikerna används när anläggningen designas och konstrueras. Därefter bör det även finnas en andra nivå av övervakning av detta inom företaget men på en högre nivå, förslagsvis genom en geoteknisk gransknings kommitté. Den tredje övervakningsnivån är externt hos regeringen, lokala samhällen och försäkringsbolag.

## **2.7 Efterbehandling**

En del malmkroppar räcker för gruvdrift i fem år andra i femtio. Ny teknologi och stigande råvarupriser kan förlänga gruvans "livstid", men alla malmkroppar tar förr eller senare slut och gruvor, processanläggningar och gruvdammar måste tas om hand så att de inte orsakar miljöproblem i framtiden. (Ripley m.fl., 1996) Själva gruvan måste fyllas igen och tillslutas, men i vissa fall kan före detta gruvor få nya användningsområden till exempel som säkerhetslager eller svampodlingar (Aswathanarayana, 2003). Byggnader måste avlägsnas, avfallet lagras eller återvinnas, farliga områden måste stängslas in och slutligen måste mätningar av utsläpp göras (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002).

Störst inverkan på miljön uppstår om avfall som innehåller metallsulfider kommer i kontakt med syre och börjar oxideras. För att detta inte ska ske måste sulfidhaltigt gruvavfall isoleras från syre genom att täckas med vatten eller morän. Detta måste göras så stabilt att det håller under mycket lång tid. Efterbehandlingen av gruvavfall kan vara aktiv eller passiv. Aktiv efterbehandling innebär oftast att kalk tillsätts kontinuerligt till avfallet. Det är både dyrt och svårt att upprätt hålla på lång sikt, men inledningsvis eller vid akuta situationer kan det vara nödvändigt och fungera som ett komplement till passiv efterbehandling. Passiv efterbehandling innebär att avfallet isoleras från syre genom täckning med jord eller vatten. Vattentäckning kan ske även medan

gruvan är i drift och dammen fylls på med mer avfall. Tanken är att gruvdammens innehåll, sandmagasinet, på sikt ska utvecklas till en sjö eller våtmark. De två viktigaste faktorerna att ta hänsyn till är vattenbalansen på lång sikt, det vill säga avfallet måste alltid vara vattentäckt, och att ha en stabil dammkonstruktion om inte en naturlig sjö eller våtmark används. Jordtäckning innebär att gruvdammen töms på vatten och sandmagasinet täcks med jord i olika skikt med olika kornstorlek. Det är viktigt att upprätthålla en högvattenmättnad för att förhindra att syre kan reagera med avfallet samt att etablera växtlighet för att minska risken för erosion. Vattentäckning är oftast det mest kostnadseffektiva alternativet. Det finns även många varianter på täckning som kombinerar jord och vatten. (Fröberg och Höglund, 2004)

Oavsett om gruvavfallet täcks med vatten eller jord är det önskvärt att området återigen täcks med vegetation för att stabilisera marken, förhindra bildandet av mer syra och minska vattengenomströmningen. Det kan vara en komplicerad process att få vegetationen att ta sig och flera behandlingar med kalk kan krävas för att hålla pH-nivån i markytan neutral. Trots att vegetation etablerats är det ingen garanti för att surt lakvatten och metaller ska läcka ut från anrikningsavfallet, därför är det viktigt mäta och kontrollera området även efter att växtlighet etablerats. (Ripley m.fl., 1996)

Två sätt att minska behovet av efterbehandling är att under gruvdriften försöka minimera mängden avfall som skapas, så att mindre avfall måste hanteras efteråt. Detta kan dock vara svårt att kombinera med att mineralkoncentrationerna i malmfyndigheter blir allt lägre. Den andra metoden är att skilja ut det avfall som är reaktivt från det som är harmlöst, på så sätt behöver mindre avfall behandlas med dyra metoder. (Fröberg och Höglund, 2004)

För att efterbehandlingen av gruvan ska lyckas är det viktigt att det finns en plan med en vision för slutresultatet för detta redan vid utvecklingen av gruvan. Visionen för slutresultatet ska innehålla konkreta mål och en tidsplan, som ska vägleda de olika aktiviteterna under gruvans livscykel. Målen ska inkludera både fysiska och socioekonomiska faktorer rörande hur hela gruvområdet ska återställas. Visionen ska visa att den stängda gruvan inte utgör en risk för allmänhetens hälsa och säkerhet, att miljön inte utsätts för fysisk eller kemisk nedbrytning samt att gruvplatsen är hälsosam och kan användas långsiktigt. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Att stänga en gruva är förknippat med mycket höga kostnader. Det rör sig till exempel om kostnader för att tillgodose krav från de tidigare gruvarbetarna, kostnader för själva stängningen av gruvan och kostnader för aktiviteter som måste fortsätta efter det att gruvan stängts, till exempel efterbehandling av gruvavfall. Om inte stängningen av gruvan planeras noggrant är det risk att kostnaderna blir onödigt höga, vilket drastiskt minskar statens inkomster och kan leda till lågkonjunktur lokalt. Det finns många exempel på gruvor som fortsatt sin drift, trots att de egentligen inte längre är lönsamma, bara för att inte

orsaka stor arbetslöshet och påverka den politiska situationen alltför mycket. Ofta får dessa gruvor bidrag av staten för att hålla igång driften. Förhoppningar om stigande råvarupriser, redovisningskrav och förväntningar om att vända en redan negativ trend kan också bidra till att driften pågår trots att gruvföretaget inte är lönsamt. Tidigare höll många gruvor tidpunkten för sin stängning hemlig, eftersom de ansåg att detta var konfidentiellt. Nu blir det allt vanligare att denna tidpunkt görs offentlig för att den berörda staten, det lokala samhället och olika organisationer ska kunna planera efter detta och på så vis underlätta stängningsprocessen. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

### 2.7.1 Potentiell miljöpåverkan från efterbehandling

Försurande lakvatten läcker för eller senare ut från avfallsdeponin. Orsaken är den stora mängden avfall och att det oavsett efterbehandlingsmetod är svårt att kontrollera vattenflödet genom deponin. Hur stor påverkan det försurande och metallhaltiga lakvattnet har på omgivningen beror på i vilken mängd och takt läckage har och vilken buffrande förmåga omgivningen har. (Fröberg och Höglund, 2004) För att minimera miljöpåverkan från avfallsdeponin på lång sikt är det viktigt att deponin är konstruerad för att klara de aktuella fysiska, kemiska och biologiska påfrestningarna samt extrema händelser som jordbävningar, jordskred, kraftigt regn och torka. Inverkan av klimatförändringar på avfallsdeponier är relativt okänd men kan troligen vara mycket stor. (European Commission Joint Research Centre, 2004)

## 2.8 Sammanfattning av gruvans livscykel och miljöpåverkan

I tabell 2.4 sammanfattas processer och potentiell miljöpåverkan för respektive steg i gruvcykeln samt för avfallshantering. Dessutom presenteras en generell tidsåtgång och kostnad för att sätta de olika stegen i perspektiv till varandra.

**Tabell 2.4** Sammanfattning av gruvans livscykel och miljöpåverkan från respektive steg. Källa för tidsåtgång och kostnad: Hartman och Mutmanskys, 2002, Källa miljöpåverkan: Miranda m.fl., World Resources Institute, 2003, \* Uppgift på kostnad saknas eftersom detta steg inte ingår i Hartman och Mutmanskys (2002) uppställning.

| Gruvans livscykel     | Process                                                                                                                                                                         | Potentiell inverkan på miljön                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Tid    | Kostnad                                   |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|
| <i>Före gruvdrift</i> |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |                                           |
| <b>Prospektering</b>  | Sökandet efter malm<br>a) Lokalisera eftertraktad plats<br>b) Undersökningar från luften<br>c) Undersökningar från marken<br>d) Analys och utvärdering av avvikelser på platsen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orörda områden exploateras och vägar byggs, vilket underlättar inflyttning</li> <li>• Lokala samhällen/ursprungsfolk störs</li> <li>• Habitat för olika arter förstörs eller fragmenteras</li> <li>• Jakt och fisk leder till att arter utrotas</li> <li>• Risk för avfall och spill av bränslen</li> </ul> | 1-3 år | \$0.20 – 10 miljoner eller \$0.05 – 1/ton |

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |                                                          |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Prov-<br/>brytning</b> | Bestämma omfattning och värde av malm<br>a) Provbörning<br>b) Bedöma antal ton och kvalitet<br>c) Värdera fyndighet<br>d) Utförbarhetsstudie och beslut om att överge eller utveckla                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orörda områden exploateras och vägar byggs, vilket underlättar inflyttning</li> <li>• Lokala samhällen/ursprungsfolk störs</li> <li>• Habitat för olika arter förstörs eller fragmenteras</li> <li>• Jakt och fisk leder till att arter utrotas</li> <li>• Risk för avfall och spill av bränslen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        | 2-5<br>år       | \$1 – 15<br>miljoner<br>eller<br>\$0.20 –<br>1.50/ton    |
| <i>Gruvdrift</i>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |                                                          |
| <b>Utveckling</b>         | Öppna fyndighet för produktion:<br>a) Erhålla rättigheter till gruvdrift<br>b) Ordna miljökonsekvens beskrivning, teknologibedömning och tillstånd<br>c) Konstruera vägar och transportsystem<br>d) Placera serviceanläggningar<br>e) Schakta bort jord och berg så att fyndighet kan brytas | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Området blir mer och mer befolkat i takt med att fler vägar och större samhälle byggs</li> <li>• Lokala samhällen/ursprungsfolk störs</li> <li>• Behovet av vatten och elektricitet ökar</li> <li>• Landområden förändras och avskogas</li> <li>• Gruvavfall genereras</li> <li>• Spridning av damm och partiklar</li> <li>• Sättningar och ändrat mönster för vattnets flöde</li> <li>• Kemiska föroreningar kommer ut i yt- och grundvatten</li> <li>• Biologisk mångfald och specifika arter minskar</li> </ul> | 2-5<br>år       | \$10 – 500<br>miljoner<br>eller<br>\$0.25 –<br>10.00/ton |
| <b>Exploater-<br/>ing</b> | Storskalig produktion<br>a) Gruvdrift ovan eller under jord<br>b) Följa kostnader och ekonomisk avkastning                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landområden förändras</li> <li>• Gruvavfall genereras</li> <li>• Sättningar och ändrat mönster för vattnets flöde</li> <li>• Hög energiförbrukning leder till utsläpp av växthusgaser som orsakar klimatförändringar</li> <li>• Miljöfarliga kemikalier kommer ut i luft, och vatten</li> <li>• Organismer på land och i havet påverkas av giftiga föroreningar</li> <li>• Spridning av damm</li> <li>• Buller och vibrationer</li> </ul>                                                                          | 10-<br>30<br>år | \$5 – 75<br>miljoner<br>eller<br>\$2.00 –<br>150/ton     |

|                          |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |                                           |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|
| <b>Anrikning</b>         | Anrika bruten malm till koncentrat (parallellt med brytning av malm)<br>a) Pulverisering<br>b) Koncentrering                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hög energiförbrukning leder till utsläpp av växthusgaser som orsakar klimatförändringar</li> <li>• Miljöfarliga kemikalier läcker ut i ytvatten</li> <li>• Anrikningssand genereras</li> <li>• Spridning av damm</li> </ul>                                                                                                                                              | 10-30 år | *                                         |
| <b>Avfalls-hantering</b> | Olika typer av avfall från olika processer<br>a) Gråberg<br>b) Anrikningssand<br>c) Lakningsavfall                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Försurning och förhöjda metallhalter, vilka leder till sänkt vattenkvalitet och att organismer på land och i vattendrag påverkas av giftiga föroreningar</li> <li>• Sedimentering, ändrade vattenflöden och ökad grumlighet, vilket kan leda till att organismer kvävs</li> <li>• Biologisk mångfald och specifika arter minskar</li> <li>• Spridning av damm</li> </ul> | 10-30 år | *                                         |
| <i>Efter gruvdrift</i>   |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |                                           |
| <b>Efter-behandling</b>  | Återställande av gruvområden<br>a) Avlägsna anläggning och övriga byggnader samt återvegetation<br>b) Lagring och återvinning av avfall<br>c) Stängsla in farliga områden<br>d) Mätning av utsläpp | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Försurning och förhöjda metallhalter, vilka leder till sänkt vattenkvalitet och att organismer på land och i vattendrag påverkas av giftiga föroreningar</li> <li>• Jordbävningar, jordskred och andra extrema händelser kan orsaka miljöolyckor i annars stabila avfallsdeponier</li> <li>• Påverkan på biologisk mångfald</li> </ul>                                   | 1-10 år  | \$1 – 20 miljoner eller \$0.20 – 4.40/ton |



### 3 Framställning och miljöpåverkan av mineraler

En mineral är ett naturligt grundämne, legering eller annan kemisk förening, med bestämd kemisk sammansättning och bestämd kristallstruktur. En mineral består av ett eller flera grundämnena och en bergart består i sin tur av en eller flera mineraler. Det finns cirka 4400 kända mineraler, men de flesta är mycket sällsynta. Föreningar av kisel och syre, så kallade silikater, är de vanligaste mineralerna. (Naturhistoriska riksmuseet, 2008) Jordens skorpa består till 99 procent av åtta olika ämnen; 47 procent syre, 20 procent kisel, åtta procent aluminium, fyra procent järn och i mindre halter kalcium, natrium, magnesium och kalium. Den återstående en procenten består av ungefär 90 olika ämnen. Kol, järn, kvarts, kiseloxid och kalksten är förhållandevis jämt fördelade geografiskt sett. Andra mineraler är koncentrerade till specifika platser. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Kapitlet beskriver kortfattat brytning, anrikning och potentiell miljöpåverkan från respektive mineral som ingår i rapporten. Det är dock svårt att generalisera produktionsprocesser och miljöpåverkan för olika mineraler, eftersom dessa i stor utsträckning styrs av lokala faktorer till exempel geografi, natur och fyndighetens egenskaper. Tabell 3.1 visar ungefärlig världsproduktionen, pris och omsättning av respektive mineralerna och metall. Notera att det är svårt att finna siffror som är exakta och jämförbara. Tabell 3.2 visar en kort sammanfattning av användningsområden för respektive mineral som ingår i rapporten.

**Tabell 3.1** Global produktion och världsmarknadspriser under 2006. Källa: Raw Material Group 2006, \*Källa: Wikipedia c, 2008 (uppgift för 2007), \*\* Källa: USGS, 2008, \*\*\* Källa: <http://www.lme.co.uk/led.asp>, 2007 \*\*\*\* Källa: Sveriges Geologiska Undersökning, 2003

| Mineral   | Världsproduktionen 2006 (tusentals ton) | Cirkapris 2006 (USD/ton) | Omsättning 2006 (miljoner USD) |
|-----------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Kol       | 6 200 000                               | 100                      | 620 000                        |
| Koppar    | 17 400                                  | 6 700                    | 116 580                        |
| Järn      | 1 475 000                               | 60                       | 88 500                         |
| Aluminium | 33 700                                  | 2 600                    | 87 620                         |
| Guld      | 2,47                                    | 20 000 000               | 49 400                         |
| Nickel    | 1 500                                   | 24 000                   | 36 000                         |
| Zink      | 10 300                                  | 3 300                    | 33 990                         |
| Molybden  | 178                                     | 65 000*                  | 11 570                         |
| Bly       | 3550**                                  | 3100***                  | 11005                          |
| Platina   | 0,22                                    | 37 000 000               | 8 288                          |
| Uran      | 36****                                  | 80000*****               | 2 880                          |

**Tabell 3.2** Listan över mineralers olika användningsområden kan göras nästan oändligt lång. Flygplans-, bil- och elektronikindustrin, genereringen och transmission av energi samt vid stora konstruktioner är några av de största användningsområdena. Här presentera de vanligaste användningsområdena för respektive mineral.

| <b>Mineral</b>       | <b>Användningsområde</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aluminium</b>     | Aluminium kan användas i exempelvis i flygplansdelar, bildelar, byggnadskonstruktioner, järnvägsvagnar, fartyg, förpackningar, elektriska applikationer, inom läkemedelsindustrin och vid vattenbehandling. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Bly</b>           | Bly används bland annat i batterier, blykristaller, täckning av kablar, bensin, ammunition, lod och som skydd mot lödning och strålning. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Guld</b>          | Guld används som dekoration, inom elektronik, tandläkararbeten, i mynt, vid dekorativa förgyllningar av smycken, klockkedjor, pennor, glasögonskalmar, badrumsdetaljer samt vid dekoration av porslin och glas. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Järn och stål</b> | Järn används främst för att tillverka stål och legeringar. Stål används som konstruktionsmaterial i byggnader och fordon till exempel plåttak, stålbalkar, armeringar, fästelement, bilar, lastfordon, tåg, broar och järnvägar. Stålet används också för att tillverka maskiner, verktyg, smycken och olika industriella tillämpningar så som valsar, ledningsrör, kranar och borrar. Inom läkemedelsbranschen kan stål användas för att tillverka till exempel verktyg och höftkolor. Stålet ingår även i otroligt många vardagliga föremål såsom saxar, gem, datorer och brandtrappor. (Jernkontoret, 2008) |
| <b>Kol</b>           | Kol används framför allt vid generering av elektricitet (främst lignit/brunkol) men även vid produktion av stål (stenkol), kemisk tillverkning, produktion av flytande bränslen, plast och polymerer. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Koppar</b>        | Koppar används i byggnadskonstruktioner, till flygplansdelar, bildelar, samt i industriella applikationer och maskiner. Koppar är en utmärkt ledare och används för att leda el och som rör. Koppar förekommer även i möbler, mynt, båtar, kläder, smycken, konstverk, musikinstrument och köksredskap. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Molybden</b>      | Molybden kan användas i legeringar, värmeelement, smörjolja, missiler och flygplansdelar samt elektriska applikationer. Molybden har även tillämpningar inom kärnkraftsverk och fungerar som katalysator vid raffinering av olja. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

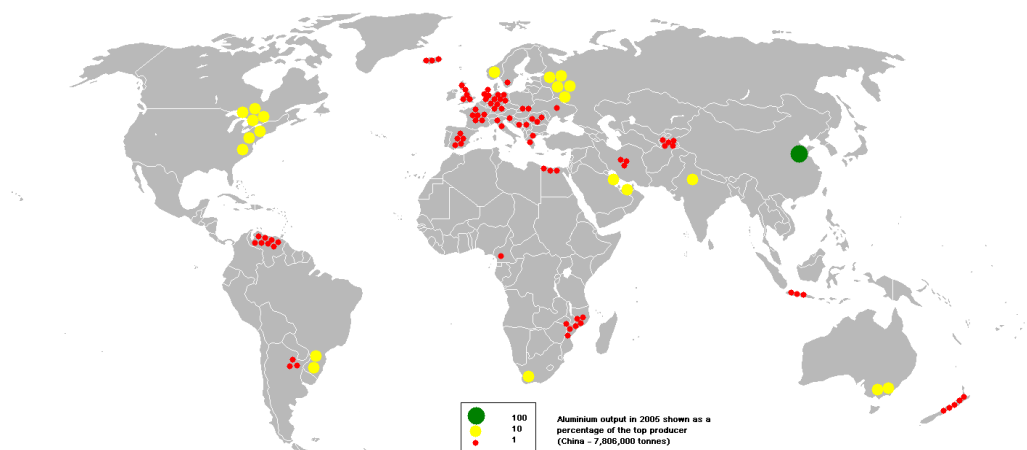
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nickel</b>  | Nickel används exempelvis vid tillverkning av rostfritt stål, korrosionsresistenta legeringar, gasturbiner, raketmotorer, mynt, batterier, vid förgyllning, som katalysator och vid tillverkning av inbrottssäkra valv. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                            |
| <b>Platina</b> | Platina används i smycken, mynt, bilkatalysatorer, elektronik, glass, tandläkararbeten, kemikalier, elektrokemikalier, olja, laboratorieutrustning, katalysatorer, utrustning för att minska utsläppen i bilar och cancermediciner. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                |
| <b>Uran</b>    | Uran används som bränsle till kärnkraftverk, som röntgenutrustning och i kärnvapen. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Zink</b>    | Zink används vid galvaniseringar och i legeringar till exempel mässing, som är innehåller zink, koppar, bly och tenn. Metallen används även i batterier, vattenrening, mynt, färgframställning, kosmetiska produkter, till golv och takläggning, plaster, tvål, textilier, elektroniska produkter. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) |

### 3.1 Aluminium

Aluminium har den kemiska beteckningen Al och är en lätt, formbar metall med god förmåga att leda elektrisk ström och värme. Aluminium kan stå emot korrosion genom att ett tunt lager av aluminiumoxid bildas på aluminium och hindrar vidare korrosion. Aluminium är de tredje vanligaste ämnet i jordskorpan, men förekommer sällan rent utan i olika mineraler, vara av bauxit är den vanligaste. Metallen har ingen känd funktion i levande celler, men kan orsaka en rad olika störningar i kroppen. WHO har en rekommendation om att max 0,2 milligram per liter aluminium ska finnas i vattendrag. Aluminium har bara utvunnits för kommersiellt bruk i ungefär 100 år, men idag används aluminium och olika aluminiumlegeringar i mycket stor utsträckning. (International Aluminium Institute, 2008)

#### 3.1.1 Var produceras aluminium

Brasilien, Australien, Jamaica och Guinea står för världens största produktion av bauxit. I Nordamerika, Europa och Afrika är produktionen förhållandevis liten. Smältverk för att rena bauxiten till aluminiumoxid finns i länder med stor tillgång till billig el eller där aluminiumbehovet är stort. Både bauxit och aluminiumoxid handlas därför internationellt. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) Kina är den största aluminiumproducenten, följt av Sydafrika, Nya Zeeland, Australien, Mellanöstern, Ryssland, Canada och Island, se figur 3.1. (Wikipedia a, 2008)



**Figur 3.1** Aluminiumproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium>

### 3.1.2 Hur produceras aluminium

Aluminium utvinns ur bauxit som är ett samlingsnamn för flera malmer rika på aluminiumoxid (International Aluminium Institute, 2008). Bauxit förekommer oftast ytligt och därför sker utvinning av aluminium till 80 procent från dagbrott. (Aswathanarayana, 2003; International Aluminium Institute, 2008) Bauxit innehåller ofta 50 – 65 procent aluminiumoxid vilket gör att metallinnehållet är cirka 25 – 30 procent. Aluminium förekommer även i andra malmer men i dagsläget är det ingen som kan konkurrera med bauxit. (Aluminiumriket Sverige, 2008) Eftersom aluminiumhalten är hög i bauxit krävs det sällan några komplicerade processer för att utvinna tillräckligt metallhaltig malm som vid andra metaller. (International Aluminium Institute, 2008)

Aluminiumoxid utvinns ur bauxit genom den så kallade Bayerprocessen. Malmen som utvunnits tvättas, krossas, mals och löses i kaustiksoda och behandlas därefter i en processkokare. I denna kokare anpassas tryck, temperatur och koncentration av kaustiksoda för att optimera utvinningen av metallen. Efter detta steg separeras lösningar av aluminiumoxid och olöst bauxitresten genom fällning, där bauxitresterna, som även kallas för röd lera, sjunker till botten och aluminiumoxiden fälls ut genom att ren aluminiumoxid tillsätts. Partiklarna av aluminiumoxid behandlas i hög temperatur i en ugn för att driva ut det kemiskt bundna vattnet och efter detta steg erhålls ren aluminiumoxid. (International Aluminium Institute, 2008)

### 3.1.3 Miljöpåverkan från aluminiumproduktion

Det största miljöproblemet orsakat av aluminiumutvinning är den röda lera som genereras när aluminium utvinns från bauxit. Den röda lera innehåller aluminiumoxider, järn, titan, kisel samt spår av ämnen som vanadin och gallium. Det skapas i snitt två ton röd lera per ton utvunnen aluminiumoxid. Undersökningar har visat att både järn, titan och alun skulle kunna utvinnas ur den röda lera. Dessutom indikerar ökande priser och användning av vanadin och gallium att utvinning av dessa ämnen skulle kunna vara lönsamt. Den röda

leran kan förvaras i dammar, men detta medför flera problem: dammarna tar stor plats, när de torkar ger de upphov till stora mängder damm som sprids i omgivningen och de förorenar vattendrag och grundvatten genom översvämningar och läckage. Vissa företag väljer att torka den röda leran för att sedan lagra den på hög i denna form. (Aswathanarayana, 2003)

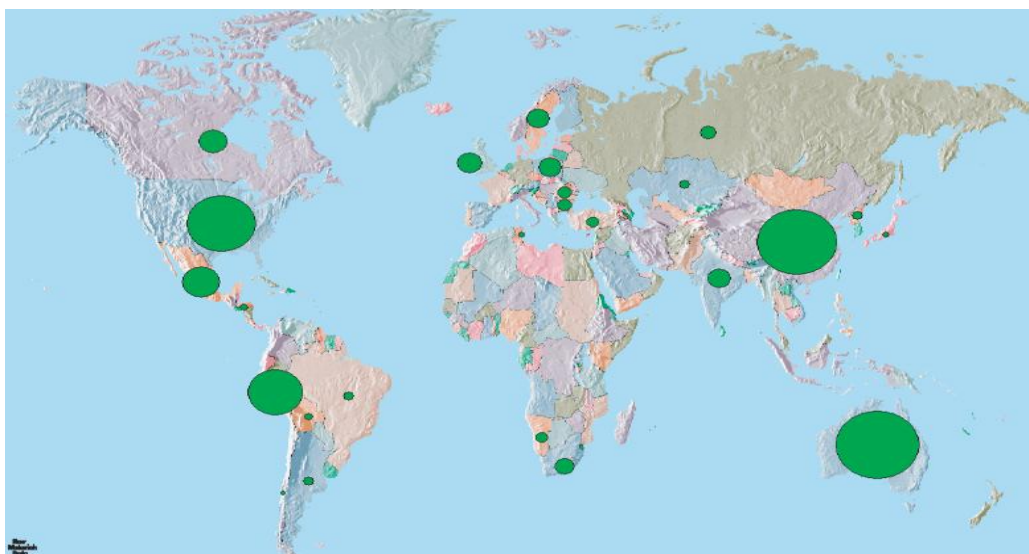
Energianvändningen vid framställningen av aluminium är mycket hög och ger upphov till utsläpp av växthusgaser motsvarande en procent av den antropogena utsläppet av växthusgaser. Detta utsläpp leder i sin tur troligen till klimatförändringar. Elenergi som används för att utvinna aluminium från bauxit i reningsprocessen kan inte ersättas av någon annan energibärare (Aluminiumriket Sverige, 2008; Jackson och Jackson, 2000). För att framställa ett kilo aluminium krävs 13,3 kilowattimmar elenergi, vilket motsvarar ungefär 19 bilbatterier, detta inkluderar dock ytterligare processer som inte ingår i rapportens omfattning och inte beskrivs ovan. Aluminium kan dock bidra till att minska energiåtgången vid transporter då det är mycket lättare att transportera än exempelvis glas. Återvinns aluminium minskar energiförbrukningen med 95 procent jämfört med att primärproducera aluminium. (Aluminiumriket Sverige, 2008) 2006 producerades 16,4 miljoner ton aluminium från återvunnet material (International Aluminium Institute, 2008).

## **3.2 Bly**

Bly är en mjuk, tung, mycket flyktig, formbar metall med den kemiska beteckningen Pb. Metallen står emot korrosion och har låg ledningsförmåga för värme och elektricitet. Bly förekommer hos växter men verkar inte fylla någon livsviktig funktion. Vid för höga blyhalter störs växternas fotosyntes och celledelningen. För människor är bly giftig redan vid låga halter. Metallen kan bland annat orsaka illamående, anemi, njursjukdomar och död. Hos djur kan bly till exempel orsaka kramper, förstoppning i matstrupen och blodbrist. Örnar har drabbats av blyförgiftning efter att ha ätit djur som skadeskjutits med hagel. Bly har varit känt i mellan 6000 och 9000 år, för 5000 år sedan upptäcktes att silver kunde utvinnas tillsammans med bly och utvinningen startade på allvar. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2006)

### **3.2.1 Var produceras bly**

De största blyproducenterna 2005 var i fallande ordning Kina, Australien, USA, Peru och Mexiko, se figur 3.2. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2006)



**Figur 3.2** Blyproduktionen under 2005. Hämtad från SGUs rapport Mineralmarknaden 2006.  
© Sveriges geologiska undersökning (SGU). Medgivande: 30-1134/2008.

### 3.2.2 Hur produceras bly

Blykoncentrationen i blymalmer är mellan tre och åtta procent (Ripley m.fl., 1996). Den malm som har störst betydelse för blyproduktionen är blyglans, vilket är den vanligaste sulfidmalmen i jordskorpan. Bly förekommer ofta tillsammans med koppar, zink, silver och guld. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2006) Bly bryts i både underjordsgruvor och dagbrott. Den blyrika malmen krossas, mals och separeras genom gravimetrisk anrikning eller flotation. (Ayres m.fl., 2003) Flotationen anpassas efter vilka metaller som finns i malmen och ska utvinnas och flera flotationssteg efter varandra kan användas. Anrikningssanden förvaras oftast i gruvdammar. (European Commission Joint Research Centre, 2004)

### 3.2.3 Miljöpåverkan från blyproduktion

Den största potentiella miljöpåverkan från blyproduktion är precis som vid andra metaller som bryts ur sulfidmalmer läckage av försurat lakvatten och metaller från anrikningssanden. (Ayres m.fl., 2003) Den globala brytningen av sulfidmalmer står för nästan allt svavelutsläppen från gruvdrift (Ripley m.fl., 1996).

Blyproduktionen är mycket energikrävande, men det är framför allt smältverken, som inte inkluderas i denna rapport som förbrukar mycket energi. För att framställa bly ur malm krävs 1 600 kilowattimmar per ton, om återvunnet material används sjunker energiförbrukningen till 500 kilowattimmar per ton (Sveriges Geologiska Undersökning, 2006). Hög energiförbrukning kan leda till stora utsläpp av växthusgaser, som orsakar klimatförändringar (Jackson och Jackson, 2000). Vid framställning av rent bly i smältverk finns risk för stora utsläpp av svavel, bly, damm och partiklar (Ripley m.fl., 1996). I Kabew i Zambia har nästan hundra år av brytning, anrikning och raffinering av bly och zink förorenat stora områden. I ett område med en radie på 20 km är halterna av

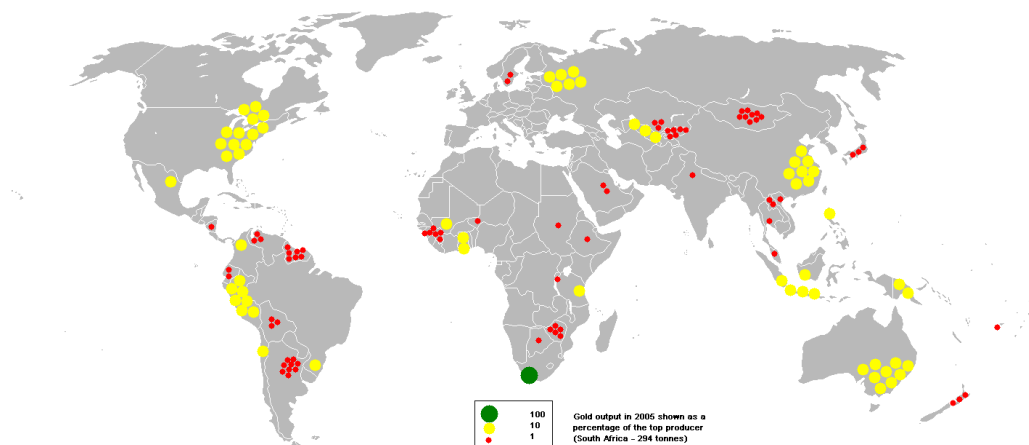
bly, kadmium, koppar och zink högre än vad som rekommenderas av WHO och 255 000 människor anses vara påverkade. (Blacksmith Institute, 2008)

### 3.3 Guld

Guld har den kemiska beteckningen Au och är en högt värderad metall. Guld är kompakt, formbar, har god förmåga att leda elektrisk ström och värme. Guld står emot de flesta reagenser, men löses av kungsvatten, klorgas, halogenvätesyror och alkalimetallcyanider om det finns ett oxiderande ämne närvarande. Guld används i legeringar för att förhöja hårdheten i olika metaller. (Nationalencyklopedin b, 2008) Rent guld är inte giftigt och kan i vissa fall användas som dekoration av mat och dryck. Guld användes redan under förhistoriska tider och är troligen en av de metaller som har använts under längst tid. (Wikipedia b, 2008)

#### 3.3.1 Var produceras guld

Sydafrika har varit världens största producent av guld i mer än 100 år och är så även i den sammanställning av produktionen från 2005 som visas i figur 3.3. 2007 blev Sydafrika dock passerad av Kina som världens största guldproducent. Andra stora producenter är USA, Ryssland, Australien och Peru. Cirka en fjärdedel av världens guldproduktion sker genom så kallad småskalig gruvdrift. (Wikipedia b, 2008)



**Figur 3.3** Guldproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gold>

#### 3.3.2 Hur produceras guld

Guld finns i mycket små mängder i jordskorpan i olika typer av malm. Guld bryts ofta som en biprodukt vid kopparbrytning. Dagbrott är den mesta använda metoden för storskalig guldbrytning, men guld kan även brytas i underjordsgruvor, exempelvis med blockrasbrytning eller igensättningsbrytning. Guld bryts även med hydrauliska metoder. (World Gold Council, 2008; Ripley m.fl., 1996)

Vid hög guldhalt i malmen kan guldet anrikas genom storskalig vaskning, med så kallade skakbord (European Commission Joint Research Centre, 2004). Malmer med låg guldhalt anrikas genom lakning och kan följa tre olika processvägar. Val av process avgörs av malmens metallurgiska egenskaper. Det första processalternativet gäller för malm som innehåller kol och innebär att malmen rostas vid hög temperatur så att kol och svavel bränns bort. Därefter erhålls en oxidmalm som behandlas i en lakningsprocess, som innebär att guldet löses ur malmen med hjälp av cyanid. Om det är en oxidmalm från början startar behandlingen direkt med denna lakningsprocess. Detta motsvarar det andra processalternativet. Det tredje processalternativet används på sulfidmalmer som inte innehåller kol, dessa oxideras i en autoklav och därefter sker cyanidlakning. Därefter adsorberas guldet ur lösningen med hjälp av aktivt kol och cyaniden återanvänds. Guldets skiljs sedan från kolet på kemisk väg och kolet återanvänds. Guldets fälls ut ur lösningen genom elektrolyt eller genom kemisk substitution. Guldets smälts till tackor, med en renhet på cirka 90 procent. (National Mining Association, 2008) Att utvinna guld med hjälp av cyanid kallas för Merrill Crowe eller MacArthur-Forrest process och sedan den började användas i slutet av 1800-talet har den ersatt de tidigare metoder för guldutvinning till exempel amalgamering där guld utvinns med hjälp av kvicksilver. Cyanid har affinitet även för koppar så för malmen som förutom guld även innehåller koppar används flotation som utvinningsmetod. I en del fall kan utvinningen bli effektivare genom flera olika anrikningsmetoder kombineras. (World Gold Council, 2008)

Anrikningssanden från guldframställningen innehåller ofta cyanid. I vissa fall förstörs cyaniden innan anrikningssanden lagras i gruvdammar eller används som återfyllnad. Att cyaniden förstörs betyder att den omvandlas till en olöslig förening som inte kan tas upp av organismer, detta kan ske med många olika metoder till exempel svaveldioxid/luft, väteperoxid och alkalisk klorering (Ripley m.fl., 1996). Cyaniden kan också genomgå naturlig nedbrytning i gruvdammen, men detta kräver noggrann kontroll av gruvdammen för att undvika läckage. (European Commission Joint Research Centre, 2004)

Malmbildande guldföreningar vittrar lätt, vilket möjliggör att guld förs bort med vatten och sedan anrikas i så kallad guldsand. (Nationalencyklopedin b, 2008) Detta möjliggör småskalig gruvdrift där enkla metoder används. Anrikning sker med kvicksilveramalgamering, med stor inverkan på miljön som konsekvens. (Aswathanarayana, 2003) I nuläget är cirka 13 miljoner människor engagerade i småskalig guldutvinning i mer än 30 länder och ytterligare 80 – 100 miljoner människor är beroende av denna verksamhet för sin försörjning. (World Gold Councils, 2008)

### **3.3.3 Miljöpåverkan från guldproduktion**

Hydrauliska metoder som i vissa fall används för guldutvinning kan leda till att landskap förändras, erosion, ökad grumlighet i vatten och att vattenflöden ändras (Ripley m.fl., 1996) Koncentrationen av guld i malmen är mycket låg, detta medför att stora mängder avfall skapas oavsett hur malmen bryts, nästan



all massa som bryts blir avfall. Brytning av guld ur sulfidmalmer kan orsaka läckage av försurande lakvatten som i sin tur medför att många metaller löses. (World Gold Council, 2008)

Användandet av cyanid vid anrikning av guld utgör ett miljö- och hälsoproblem då cyanid är giftigt. Cyanid i gasform är dödligt för människor om koncentrationen är över 100-300 ppm. Även för däggdjur, fåglar och fiskar är cyanid mycket giftigt redan vid låga koncentrationer, men cyanid ansamlas inte biologiskt. Om cyanid läcker till mark eller vatten i samband med guldutvinning kan ett ekosystem översvämmas med giftiga nivåer av cyanid och orsaka stor skada. För att undvika detta måste de cyanid innehållande avfallet lagras tills cyaniden bryts ned. (World Gold Council, 2008) Gruvföretag som använder cyanid vid guldframställning kan arbeta utefter ett frivilligt, internationellt avtal, Cyanide Management Code, som rekommenderar hur företag cyanid ska hanteras. (Cyanide Management Code, 2008)

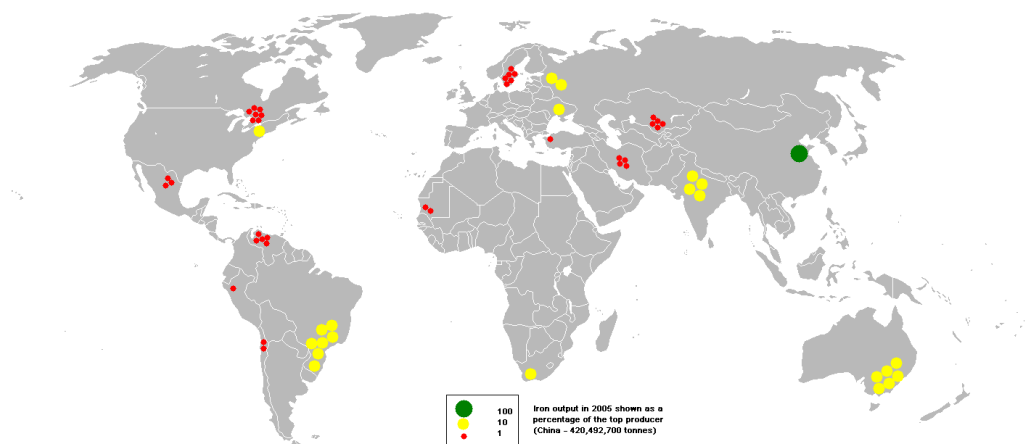
Vid småskalig utvinning av guld används kvicksilveramalgamering, vilket har stor inverkan på människors hälsa och ekosystemet. För att utvinna ett kilo guld används mellan sex och åtta kilo kvicksilver, varav cirka ett och ett halvt kilo kvicksilver inte kan återvändas utan går ut i naturen och orsakar föroreningar i jord, sediment, vatten och växter. Känsligheten mot kvicksilver varierar mycket mellan olika arter. Organiskt kvicksilver speciellt i form av metylkvicksilver tas lättare upp av olika organismer. (Aswathanarayana, 2003)

### **3.4 Järn**

Järn har den kemiska beteckningen Fe och är en tung metall med magnetiska egenskaper. Järn och nickel är bland de vanligaste ämnena i jordens inre och järn är även de fjärde vanligast ämnet i jord skorpan. I skorpan återfinns järnet ofta i form av oxider som exempelvis magnetit och hematit. Stål är en legering av järn och kol, som innehåller cirka två viktprocent kol. På grund av sitt låga pris och hög hållfasthet är järn den mest använda av alla metaller mätt per ton. (Jernkontoret, 2008) Järn fyller många viktiga biologiska funktioner hos nästan alla levande organismer, med undantag för vissa mjölksyrabakterier. Järnet hjälper ofta till med olika transporter i kroppen till exempel transporter av elektroner och syre. Utvinning av järn från jordskorpan började cirka 1500 år före Kristus. (Nationalencyklopedin c, 2008)

#### **3.4.1 Var produceras järn**

De största producenterna av järnmalm är Australien, Brasilien, Kina och Ryssland. Från Australien och Brasilien exporteras mycket av malmen, medan Kina och Ryssland mestadels producerar för eget bruk, se figur 3.4. I Afrika begränsas produktionen av järnmalm till Mauretanien och Sydafrika. I södra Asien avgränsas järnmalmsproduktionen i stort sett till Indien. Sverige är den största producenten i Europa. Stål framställs oftast i samma land som järnmalmen bryts i. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)



**Figur 3.4** Järnproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Iron>

### 3.4.2 Hur produceras järn

Järn bryts oftast från oxidmalmen magnetit eller hematit och järninnehållet i dessa malmer är ofta högt, runt 50 procent. Järnmalm bryts i dagbrott, med undantag för LKABs underjordsgruvor i Sverige. (Aswathanarayana, 2003) Den brutna malmen krossas och mals och efter det skiljs gråberget från malmen med magnetisk separation om det är magnetit eller med flotation om det är hematit. Vissa malmer har så hög järnkoncentration att de kan skickas vidare för raffinering utan att anrikas. Malmen formas därefter till lämplig form, till exempel sinter eller pellets, för att kunna behandlas vidare till stål. (Ripley m.fl., 1996)

### 3.4.3 Miljöpåverkan från järnproduktion

Dagbrott som ofta används vid brytning av järn kan orsaka stora förändringar i landskapet och leder till att stora mängder avfall i form av gråberg skapas. Vattenkonsumtionen är ofta hög vid järnframställning, men en stor andel av detta vatten går vanligtvis att återvinna. Om vattnet som inte återanvänds släpps ut i närliggande vattendrag finns risk att detta för med sig partiklar samt järn och andra metaller. Järn är ett essentiellt näringsämne för de flesta organismer, men allt för höga halter kan ha skadliga effekter. (Ripley m.fl., 1996) Järnbrytning orsakar utsläpp av damm och partiklar. Mindre partiklar kan transporteras långa avstånd med luften och orsaka hälso- och miljöproblem (Aswathanarayana, 2003). I Sverige har utvecklingen av reningsteknik, filter och fläktsystem lett till en radikal minskning av partiklar och detta utsläpp anses inte längre vara ett stort miljöproblem. Ökade resurser för rening av luft bidrar dock till en ökad energiåtgång. Framställningen av sinter leder till större utsläpp av partiklar, kväveoxider, och svaveldioxid jämfört med att framställa pellets. (Jernskontoret, 2008) Inverkan på miljön från gråberg och anrikningssand kan anses låg eftersom avfallet inte innehåller några metallsulfider. (Fröberg och Höglund, 2004) Gråberget kan därför förvaras på hög och anrikningssanden förvaras i dammar (European Commission Joint Research Centre, 2004)

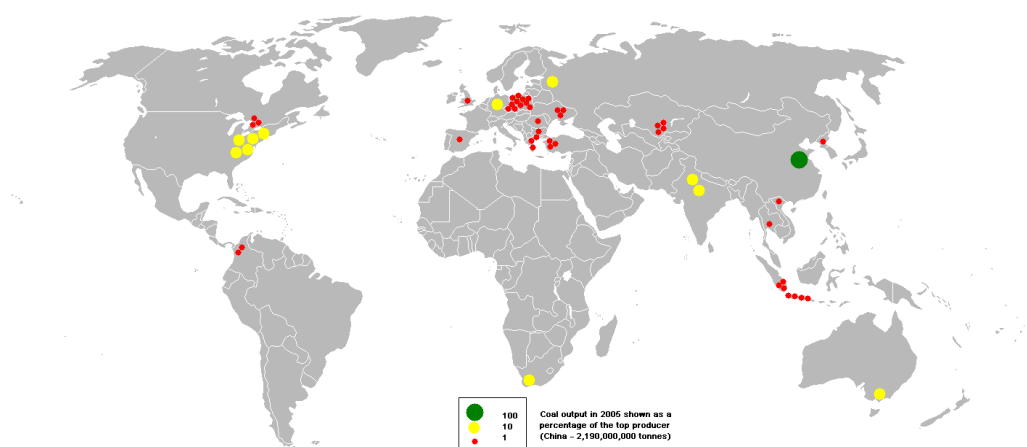
Raffinering ingår inte in denna rapport men det är ändå nämnvärt att järn- och stålindustrin är mycket energikrävande, då många processer sker vid mycket höga temperaturer. Det är även nödvändigt att energibärarna är högvärdiga, så som kol, olja, gas eller el. Biobränslen är lågvärdiga och uppfyller inte energikraven eller de krav som ställs på atmosfären vid förbränningen eller askhalten. Malmbaserade stålverk är dock energisnålare än skrotbaserade stålverk, eftersom de koks som tillsätts till råjärnet räknas in energibalansen för malmbaserade stålverk. (Jernkontoret, 2008)

### 3.5 Kol

Kol är en svart eller svartbrun, sedimentär bergart. Bergarten kol består till stor del av grundämnet kol (kemiskbeteckning C), men även andra ämnen som exempelvis syre och väte. Kol bildas genom att organiskt material begravs i vatten och därmed skyddats från oxidation under nedbrytningen, till exempel i torvmark, sumpmark eller deltaslätter. Dessutom har nedbrytningen skett under högt tryck och ökande temperatur. Det finns flera olika typer av kol och som har olika användningsområden, till exempel lignit/brunkol, stenkol och antracit. Kol är en mycket viktig energikälla i många länder och har använts sedan stenåldern. Den storskaliga användningen av kol startade inte förens under den industriella revolutionen då ångmaskinen ersatte vattenhjulet. (Nationalencyklopedin d, 2008)

#### 3.5.1 Var produceras kol

De största producenterna av kol är Kina, USA, Indien, Sydafrika och Australien, se figur 3.5. På senare år har kolproduktionen i Europa avtagit samtidigt som den ökat i Asien. Kolet används ofta i de länder där de produceras, endast 18 procent av den globala kolproduktionen handlas internationellt. (World Coal Institute, 2008)



**Figur 3.5** Kolproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Coal>

### 3.5.2 Hur produceras kol

Kol bryts i både dagbrott och underjordsgruvor, de senare oftast i form av rum och pelar- eller långväggsbrytning. Beroende på kolets renhet och vilken kvalitet som eftersträvas av konsumenterna genomgår det brutna kolet olika renings steg. Det kan räcka med bara krossning eller krävas flera avancerade reningsprocesser. Vanligtvis anrikas stenkolk och antracit, men inte brunkolk (European Commission Joint Research Centre, 2004). Flotation kan användas för att rena stora kolfraktioner från tyngre bergarter och metaller. Mindre kolfraktioner kan renas genom centrifugering eller flotation. Kolet transporteras efter rening till konsumenter, via transportband, lastbil, tåg eller båt. Kol kan även blandas med vatten och transporteras i en pipeline. (World Coal Institute, 2008) Avfallet från brytningen kan lagras på hög eller användas för att återställa landskapet allteftersom brytningen upphör. Anrikningssanden förvaras i dammar eller filtreras och lagras på hög. (European Commission Joint Research Centre, 2004)

### 3.5.3 Miljöpåverkan från kolproduktion

Underjordsgruvor medför risk för sättningar i marken och en hög säkerhetsrisk för gruvarbetarna, exempelvis vid små kolgruvor i Kina. Dagbrott medför risk för erosion då stora landmassor flyttas. I kolfyndigheter finns det ofta metangas som frigörs vid kolbrytning. Metan är en växthusgas med hög koldioxidekvivalens och det totala metangasutsläppet beräknas motsvara 18 procent av det mänskliga utsläppet av växthusgaser. Metanen är mycket explosiv och underjordsgruvor måste ventileras noga för att eliminera explosionsrisken. Att ta tillvara denna metangas kan vara ett lönsamt sätt för gruvföretagen att minska inverkan på miljön. (World Coal Institute, 2008)

Brytningen av kol ger upphov till damm som innehåller en rad olika partiklar. Brytningen av en miljon ton kol ger upphov till ett ton giftiga partiklar till exempel arsenik, beryllium, kadmium, fluor, bly och kvicksilver. Sönderdelat kol i form av små partiklar, som kan spridas över långa avstånd, är ett stort hälso- och miljöproblem i sig självt. Problemen med damm är värre i torra och tropiska områden. (Aswathanarayana, 2003) Läckage av surt lakvatten och tungmetaller uppstår ofta i samband med kolutvinning, då svavel i malmen reagerar med luft och vatten. (World Coal Institute, 2008) Förbehandling av kol, olika reningstekniker och annan avancerad teknik till exempel Low Nox Concentric Firing System leder till mindre utsläpp vid kolframställning. (Aswathanarayana, 2003)

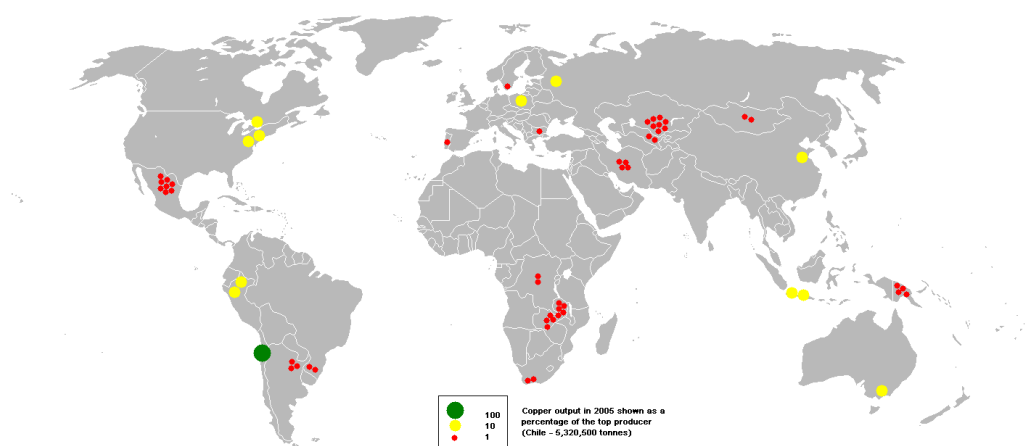
## 3.6 Koppar

Koppar har den kemiska beteckningen Cu och är en tålig metall med god elektrisk och termisk ledningsförmåga. Koppar fungerar som spårämne hos växter och djur, men är giftig och till och med dödlig i större doser. För mycket koppar i vattnet kan ha förödande effekter på det marina livet, då koppar kan påverka gälar, lever, njurar och nervsystem hos marina arter (Aswathanarayana, 2003). Vid kontakt med luft i rumstemperatur sker oxidation av koppar. Det

oxiderade kopparlagret skyddar dock mot vidare oxidation och kan ofta ses på till exempel kopparkupor i form av ett grönt skikt. Koppar och olika kopparlegeringar har haft stor betydelse för människan under många tusen år och har det än idag. (Ayres m.fl., 2003)

### 3.6.1 Var produceras koppar

Chile är den största producenten av koppar, följt av USA och Indonesien, se figur 3.6. Den största delen av koppar raffinerar där den bryts, men det förekommer även internationell handel med kopparkoncentrat. Tyskland, Italien och Sydkorea är exempel på länder som raffinerar koppar men inte har egen brytning. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)



**Figur 3.6** Kopparkopparproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Copper>

### 3.6.2 Hur produceras koppar

Jordens skorpa består av 0,059 procent koppar, men koncentrationen i de kopparfyndigheter som utvinns är omkring 0,8 procent. Koppar bröts fram till 1900-talet endast i underjordsgruvor, men nu för tiden sker den största delen av gruvdriften i dagbrott. (Ayres m.fl., 2003) Oftast bryts koppar ur sulfidmalmen kopparkis, men koppar förekommer även i andra sulfidmalmer och oxidmalmer. Kopparen i malmen koncentreras genom flotation och ibland genom gravimetrisk anrikning. Efter anrikningen är kopparkoncentrationen cirka 15 procent (Copper Development Association a, 2008). Elektrokemiska flotationsmetoder kan användas för att utvinna koppar, dessa metoder är både billiga och miljövänliga. (Aswathanarayana, 2003)

### 3.6.3 Miljöpåverkan från kopparkopparproduktion

Den största potentiella miljöpåverkan från kopparkopparproduktion är precis som vid andra metaller som bryts ur sulfidmalmer läckage av försurat lakvatten och metaller från anrikningssanden. Den globala brytningen av sulfidmalmer står för nästan allt svavelutsläppen från gruvdrift (Ripley m.fl., 1996). Gruvdriften och anrikning ger även upphov till dammspridning och utsläpp till luft i form av koppar, svaveldioxid, kväveoxider, kolväten, koldioxid och kolmonoxid (Ayres m.fl., 2003).

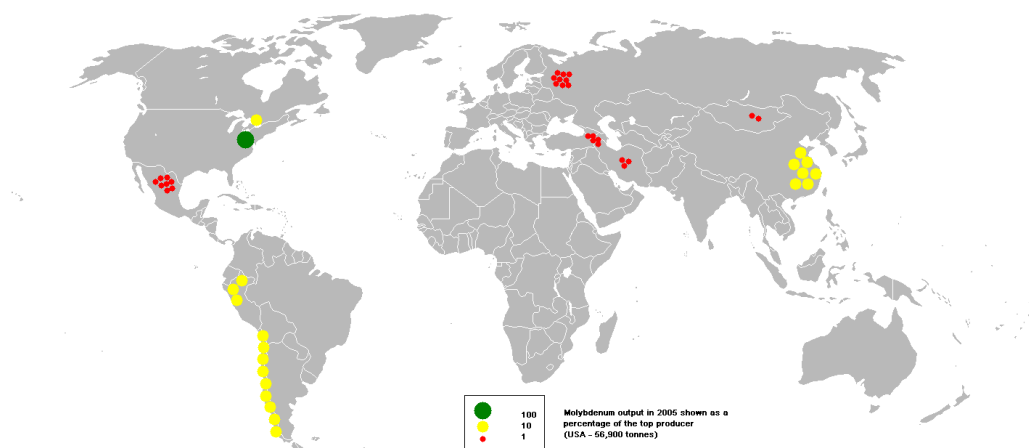
Även om inte raffinering ingår i denna rapport kan det nämnas att energiåtgången vid kopparproduktion är låg jämfört med framställningen av andra metaller, cirka 30 megawattimmar per ton koppar. Används skrot som råvara sjunker energiåtgången till mellan 1-20 megawattimmar per ton koppar beroende på hur rent skrotet är. (Copper Development Association b, 2008) Produktionen av koppar ledde tidigare till stora utsläpp av bland annat svaveldioxid och metaller. De mer slutna processerna som tillämpas i så kallade Flashsmelter har dock medfört stora minskningar av dessa utsläpp och denna metod använd därför i stor utsträckning. (Ayres m.fl., 2003)

### 3.7 Molybden

Molybden har den kemiska beteckningen Mo och är ett grundämne som har den sjätte högsta smältpunkten. Det är en hård metall som varken reagerar med luft eller vatten vid rumstemperatur. Tack vare sin höga smältpunkt används molybden ofta i legeringar. Molybden är ett viktigt spårämne hos människor, djur och växter. Höga koncentrationer av molybden i kroppen kan dock vara skadligt. Metallen isolerades först i slutet av 1700-talet, men har troligen används redan långt tillbaka i tiden. Sen andra världskrigets slut har användningen av molybden ökat markant. (International Molybdenum Association, 2008)

#### 3.7.1 Var produceras molybden

USA, Kanada, Kina och Chile är de största producenterna av molybden i världen, se figur 3.7 (International Molybdenum Association, 2008). Oftast produceras molybden som en biprodukt vid koppar produktionen. I Kina är den höga molybden produktionen troligen ett resultat av att metallen framställs i samband med volfram. Molybdenutbudet har länge varit högre än efterfrågan. (Walterson, 1999)



**Figur 3.7** Molybdenproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Molybdenum>

### 3.7.2 Hur produceras molybden

Molybden bryts ofta ur mineralen molybdenglans eller molybdenendisulfid, men utvinns även som en biprodukt vid koppar- och tungsten utvinning. Koncentrationen i en molybdenmalm är oftast mellan 0,01 - 0,25 procent. Gruvdriften sker i dagbrott och underjordsgruvor, de senare ofta i form av blockrasbrytning. (International Molybdenum Association, 2008) Malmen krossas och mals till fina partiklar. Därefter skiljs molybden från gråberg genom flotation, vilket kan ske i flera steg om det är en malm som innehåller flera metaller. Finns molybdenen i en sulfidmalm kan malmen behöva genomgå ett lakningssteg efter flotationen. (International Molybdenum Association, 2008)

### 3.7.3 Miljöpåverkan från molybdenproduktion

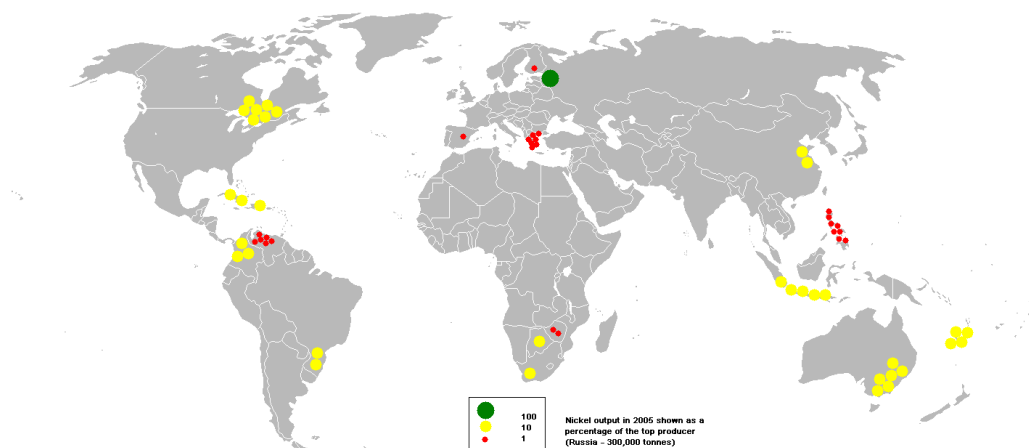
Den största potentiella miljöpåverkan från molybdenproduktion är precis som vid andra metaller som bryts ur sulfidmalmer läckage av försurat lakvatten och metaller från anrikningssanden. (Ayres m.fl., 2003) Den globala brytningen av sulfidmalmer står dessutom för nästan allt svavelutsläppen från gruvdrift (Ripley m.fl., 1996).

## 3.8 Nickel

Nickel har den kemiska beteckningen Ni och är en magnetisk, hård men tålig metall. Tack vare sina goda egenskaper används nickel ofta i legeringar till exempel i rostfritt stål. Nickel har betydelse för flera biologiska funktioner hos växter och mikroorganismer, men kan även fungera toxiskt till exempel lider vissa personer av allergiska besvär bara vid kontakt med nickel, så kallad nickelallergi. Nickel har varit ett känt ämne sedan 1700-talet, men troligen använts mycket längre än så. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2007)

### 3.8.1 Var produceras nickel

Ryssland, Kanada, Australien, Indonesien, Nya Kaledonien, och Colombia har stora fyndigheter av nickel och står för den största produktionen i världen, se figur 3.8. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2007)



**Figur 3.8** Nickelproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel>

### 3.8.2 Hur produceras nickel

Nickel utgör 0,08 procent av jordens skorpa, men koncentrationen i malmerna som bryts varierar mellan 1,5 och några procent (Ayres m.fl., 2003; Sveriges Geologiska Undersökning, 2007). Nickel bryts både i dagbrott och underjordsgruvor (Jackson och Jackson, 2000). Oftast bryts nickel ur sulfidmalmen pentlandite och millerite eller oxidmalmen laterit. Nickel i sulfidmalmer anrikas vid gruvan med flotation eller magnetisk separation. (Aswathanarayana, 2003). Efter flotation är nickelkoncentrationen cirka tio procent (Ripley m.fl., 1996). Flotation kan dock inte användas för lateritmalmer, istället transporteras denna typ av malm direkt till lak- eller smältverk. Därefter sker smältning där gips, koks och slaggbildare tillsätts. Efter detta steg är nicklet i sulfidfas och anrikningsstegen är samma som för sulfidmalm. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2007)

### 3.8.3 Miljöpåverkan från nickelproduktion

Den största potentiella miljöpåverkan från nickelproduktion från sulfidmalmer är försurat lakvatten och metaller som läcker från anrikningssanden. Den globala brytningen av sulfidmalmer står även för nästan allt svavelutsläppen från gruvdrift. (Ripley m.fl., 1996) Hög energikonsumtion vid produktion av nickel leder till utsläpp av växthusgaser, som i sin tur tros orsaka klimatförändringar (Jackson och Jackson, 2000).

Även om inte raffineringsteget ingår i denna rapport bör det nämnas att just vid nickelframställning ur sulfidmalm frigörs ovanligt mycket svavel i detta steg. Som en jämförelse kan nämnas att ett ton koppar genererar ett ton svavel vid processerna i smältverket, medan ett ton nickel genererar åtta ton svavel i smältverksprocesserna (Sveriges Geologiska Undersökning, 2007). Ett exempel på vilka allvarliga miljökonsekvenser detta kan få är området kring Norilsk i Ryssland, som svarar för en femtedel av världens nickelproduktion. Årligen släpps 1,9 miljoner ton svaveldioxid och 10 800 ton tungmetaller, främst nickel ut från smältverket i området. Nickelnedfallet har varit så rikligt att det nu mera är lönsamt att bryta sediment i vissa vattendrag för att på nytt utvinna metallen. Platsen anses vara en av de tio mest förorenade i världen, skogen har dött i ett område på 48 000 hektar och många i befolkningen lider av lungcancer och allergi. (Kramer, 2007)

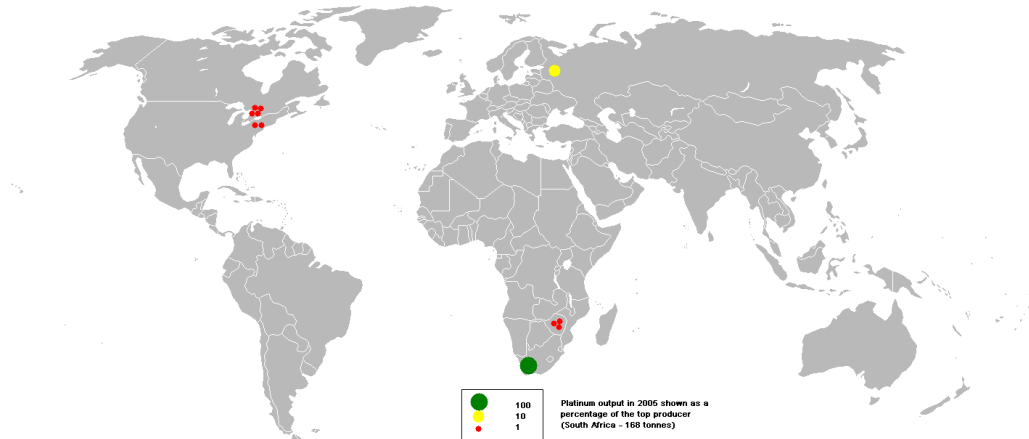
## 3.9 Platina

Platina har den kemiska beteckningen Pt och är en smidig, tung, tånjbar metall som är resistent mot de flesta kemiska lösningar. Dessutom står metallen i hög grad emot korrosion och oxidation. Platinas egenskaper gör metallen mycket lämplig för tillverkning av smycken och eftersom den även är mycket värdefull har den ett högre pris än guld. Platina har länge varit en känd metall och har bland annat funnits i egyptiska fynd från 700 före Kristus och fynd från indian i Ecuador några hundra år efter Kristus. Den ovanliga metallen fördes från Sydamerika till Europa på 1700-talet. (Nationalencyklopedin e, 2008)



### 3.9.1 Var produceras platina

Sydafrika är den största producenten av platina, följt av Ryssland, Kanada och USA, se figur 3.9. (Nationalencyklopedin e, 2008)



**Figur 3.9** Platinaproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Platinum>

### 3.9.2 Hur produceras platina

Sperrylit, geversit, cooperit och braggit är viktiga platinamineraller, men koncentrationen av platinametaller är oftast mycket låg. Mineraler följer en del sulfidmalmer och därför utvinns platina ofta i samband med nickel eller koppar. I Sydafrika och Kanada sker större delen av platinautvinningen i underjordsgruvor, men utvinning i dagbrott är vanlig på andra platser. Eftersom metallen utvinns tillsammans med koppar och nickel sker anrikning genom flotation. Koppar och nickel lakas ut och i den resterande produkten är platinakoncentrationen cirka 15 procent. Om gravimetrisk anrikning sker innan flotationen kan koncentrationen i produkten vara upp till 50 procent och smältning är överflödigt. (Gold and Silver Mine, 2008)

### 3.9.3 Miljöpåverkan från platinaproduktion

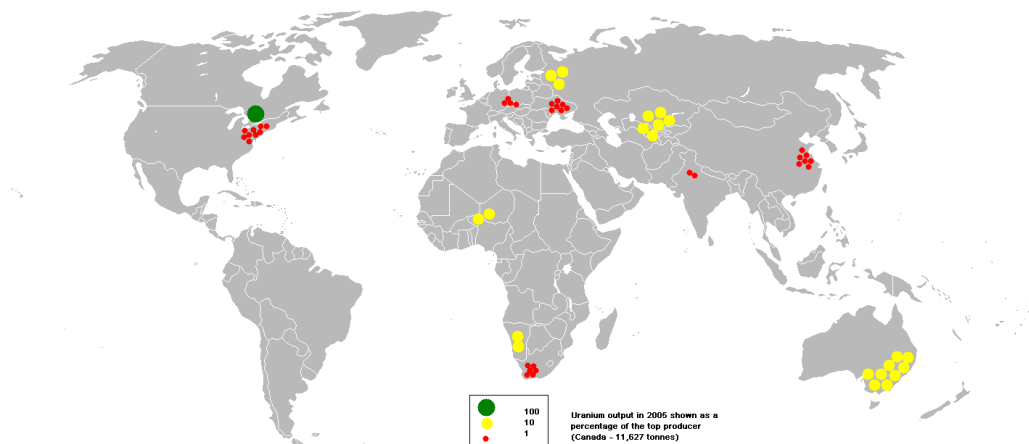
Den största potentiella miljöpåverkan från platinaproduktion är precis som vid andra metaller som bryts ur sulfidmalmer läckage av försurat lakvatten och metaller från anrikningssanden. (Ayres m.fl., 2003) Bortsett från de potentiella miljörisker som hör ihop med brytning och anrikning av sulfidmalmer är den potentiella miljöpåverkan från platinaproduktion låg (Ripley m.fl., 1996).

## 3.10 Uran

Uran har den kemiska beteckningen U och är ett radioaktivt ämne. Det finns tre naturliga isotoper av uran, men ingen är stabil vilket innebär att alla isotoperna sönderfaller sakta. Uran reagerar lätt med vatten och kan självantända i luft. Genom att beskjuta urankärnor med neutroner kan man klyva dem och frigöra energi, detta utnyttjas i till exempel kärnkraftverk. På grund av att uran utsänder joniserande strålning kan hantering av uran medföra hälsorisker. Uran upptäcktes i slutet på 1700-talet. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2003)

### 3.10.1 Var produceras uran

Kanada, Australien, Niger, Kazakstan, Namibia och Uzbekistan är de största producenterna av uran, se figur 3.10. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2003)



**Figur 3.10** Uranproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Uranium>

### 3.10.2 Hur produceras uran

Uran förekommer i medeltal med 2,3 gram per ton i jordens skorpa i flera olika typer av malmer. Oxidmalmen pechblände är den vanligaste malmen, men uran kan även finna i sulfidmalmer ensamt eller tillsammans med nickel- eller koboltmalmer (Ripley m.fl., 1996). Uran bryts både ovan och under jord med olika metoder. Ibland utvinns uran genom in situ lakning direkt vid malmen. Den utvunna malmen krossas, mals och lakas sedan med svavelsyra. Laklösningen behandlas med vätske-vätske-extraktion och sedan med ammoniak så att ammoniumdiuranat fälls ut. Detta hettas upp och uranoxid bildas. Det är denna produkt som säljs vidare från gruvorna under namnet ”yellowcake”. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2003)

### 3.10.3 Miljöpåverkan från uranproduktion

Uran är radioaktivt och därför medför brytningen av uran speciella risker. Radioaktiv strålning kan orsaka skador i vävnaden hos dem som arbetar med brytning och anrikning av uran. Radioaktiv strålning kan även komma från avfall, anrikningssand, utsläpp till luft och vatten, vatten som varit i kontakt med malmen och processvatten från anrikningen. Eftersom anrikningsprocesserna selekterar ut uran ur malmen blir halterna av andra radioaktiva ämnen i anrikningssanden i stort sett lika stora som i den ursprungliga malmen. Radium, torium och radon är några exempel på radioaktiva ämnen som bildas när uran sönderfaller och som kan orsaka problem vid avfallshanteringen. Radon och dess sönderfallsprodukter förekommer exempelvis i gasform och kan spridas med vinden. Radioaktiv strålning kan vara skadlig för människor, djur och växter som lever i närheten av gruvan. Växter på land och i vatten kan ta upp radioaktiva ämnen direkt ur mediet de lever i eller via rötterna. Förmåga till upptag varierar mellan olika

arter. Högre stående djur kan inhalera radioaktiva ämnen eller utsättas för radioaktiva ämnen som ackumulerats i näringskedjan. Vissa av dessa radioaktiva utsläpp kan kontrolleras med relativt enkel utrustning, exempelvis filter. Anrikningssanden behandlas för att avlägsna vissa radioaktiva ämnen och andra farliga ämnen. Därefter förvaras anrikningssanden i noga kontrollerade gruvdammar. (Ripley m.fl., 1996)

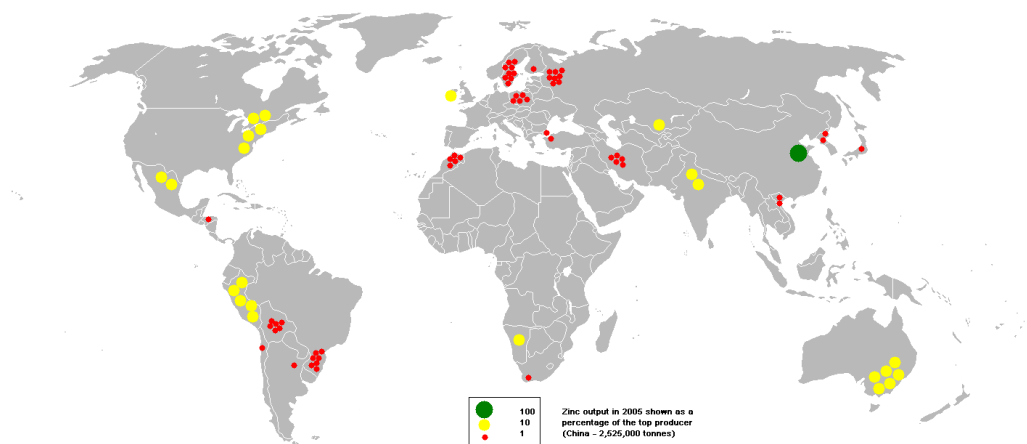
Om uran bryts ur sulfidmalmer medför detta samma potentiella miljöpåverkan som när andra metaller bryts ur denna typ av malm, det vill säga risk för att försurande lakvatten och förhöjda metallhalter i naturen till följd av läckage från gruvavfallet. Lågt pH leder till att fler radioaktiva ämnen, metaller och andra giftiga ämnen frigörs, vilket leder till ökade problem med radioaktiv strålning. Problemet är störst vid övergivna magasin med obehandlad anrikningssand från svavelkis. Som nämnts ovan behandlas anrikningssanden så att exempelvis radon och svavel avlägsnas innan lagring. De potentiella miljöproblemen från uranframställning är små jämfört med miljöproblemen som kan uppstå vid exempelvis kopparframställning, eftersom mängden uran som bryts är förhållandevis liten. (Ripley m.fl., 1996)

### **3.11 Zink**

Zink har den kemiska beteckningen Zn och är en måttligt reaktiv metall, som reagerar med syror, alkalier och andra icke-metaller. Zink spelar en stor roll för allt liv och bara i den mänskliga kroppen uppskattas zink ingå i 3000 olika enzym. Fria zinkjoner kan dock verka skadligt och till och med orsaka dödsfall speciellt hos marina djur och växter. Koncentrationen av zink i organismer kan vara flera hundra gånger högre än koncentrationen i marken, vilket är ett resultat av att metallen diffunderar spontant genom cellväggar. (Aswathanarayana, 2003; Ayres m.fl., 2003) Zink har använts under mycket lång tid, till exempel använde grekerna och romarna zink i medicinska syften. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2004)

#### **3.11.1 Var produceras zink**

Kina, Australien, Peru, Kanada, USA och Mexiko står för den största produktionen av zink i världen, se figur 3.11. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2004)



**Figur 3.11** Zinkproduktionen under 2005. Källa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>

### 3.11.2 Hur produceras zink

Ungefär 0,132 procent av jordens skorpa består av zink och den vanligaste förekommande malmen är sulfidmalmen zinkblände (Ayres m.fl., 2003). Koncentrationen av zink i malmen varierar mellan tre och tio procent. Mineraler som innehåller koppar, zink och bly förekommer ofta tillsammans och därför bryts dessa metaller ofta tillsammans. (Ripley m.fl., 1996). Zink bryts i dagbrott och underjordsgruvor (Jackson och Jackson, 2000). Anrikningsprocesserna för zink påminner mycket om de som används för koppar och bly och både gravimetrisk anrikning och flotation används för anrikning. (Aswathanarayana, 2003) Efter anrikning med flotation är zinkkoncentrationen cirka 50 procent (Ripley m.fl., 1996).

### 3.11.3 Miljöpåverkan från zinkproduktion

Den största potentiella miljöpåverkan från zinkproduktion från sulfidmalm är läckage av försurat lakvatten och metaller från anrikningssanden. Vid brytning av zink finns det naturligtvis risk att just zink kommer ut i omgivningen. Zinks löslighet är starkt pH-beroende och ökar med sjunkande pH. Höga halter kan ha giftverkan, men samtidigt är zink livsnödvändigt för de flesta organismer. Zinkförgiftning via dricksvatten är ovanligt och kräver mycket höga zinkhalter. Inandning av zinkklorostoft ger dock lätt lungskador som kan orsaka dödsfall. Zink har förmågan att ersätta icke-essentiella metaller, som kadmium, bly och kvicksilver, som förekommer i samma miljö. Ett exempel är att kvicksilverhalten hos fisk är lägre i områden där zinkbrytning sker, alla samband kring zinkens roll i detta sammanhang är dock inte kända. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2004) Den globala brytningen av sulfidmalmer står för nästan allt svavelutsläppen från gruvdrift. (Ripley m.fl., 1996)

### 3.12 Sammanfattning av framställning och miljöpåverkan från mineraler

I miljöpåverkan från gruvor varierar från gruva till gruva, men brytning och anrikning av olika mineraler medför ökad risk för olika typer av miljöpåverkan. Tabell 3.3 sammanfattar vilken miljöpåverkan som är troligast i samband med brytning av en viss mineral.

**Tabell 3.3** Sammanfattning av framställningsmetoder och potentiell miljöpåverkan för respektive mineral

| <b>Mineral</b>                                           | <b>Sammanfattning av framställning och potentiell miljöpåverkan</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aluminium</b>                                         | Brytning i dagbrott leder till stora förändringar av landskapet, att mycket avfall skapas och problem med dammspridning. Energianvändningen vid framställningen är extremt hög, vilket kan medföra stora utsläpp av växthusgaser och klimatförändringar. Röd lera, som skapas vid anrikning, kan ge stora problem med dammspridning och läckage av olika metaller till vattendrag.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Basmetaller (bly, koppar, molybden, nickel, zink)</b> | Brytning kan ske både ovan och underjord med olika miljökonsekvenser som effekt. Ofta bryts dessa mineraler ur sulfidmalmer, vilket medför risk för läckage av försurande lakvatten och metaller från anrikningsanden. Startar detta läckage är det svårt att häva de kemiska reaktioner som orsakar det och miljökonsekvenserna blir mycket omfattande. Anrikningssanden måste förvaras så att det inte kommer i kontakt med syre under mycket lång tid för att reaktionerna inte ska ske.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Guld</b>                                              | Brytning kan ske både ovan och underjord med olika miljökonsekvenser som effekt. Ibland används även hydrauliska metoden för guldutvinning vilket kan leda till att landskap förändras, erosion, ökad grumlighet i vatten och att vattenflöden ändras. Anrikning sker ofta med cyanid och det finns risk att ämnet kommer ut i vattendrag eller mark. Cyanid är giftigt för människor och djur och kan orsaka stor skada om det kommer ut i ett ekosystem. Guld kan brytas ur sulfidmalmer, vilket medför risk för läckage av försurande lakvatten och metaller från anrikningsanden. Startar detta läckage är det svårt att häva de kemiska reaktioner som orsakar det och miljökonsekvenserna blir mycket omfattande. Anrikningssanden måste förvaras så att det inte kommer i kontakt med syre under mycket lång tid för att reaktionerna inte ska ske. |
| <b>Järn</b>                                              | Brytning i dagbrott leder till stora förändringar av landskapet, att mycket avfall skapas och problem med dammspridning. Brytning av järnmalm riskerar även att orsaka utsläpp till luft, mark och vatten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kol</b>     | <p>Brytning kan ske både ovan och underjord med olika miljökonsekvenser som effekt. Brytningen leder ofta till dammspridning med stora miljö- och hälsoeffekter som följd. I samband med kolbrytning frigörs ofta metan, vilket medför en explosionsrisk och bidrar till utsläppet av växthusgaser och klimatförändringar. Kol kan brytas ur sulfidmalmer, vilket medför risk för läckage av försurande lakvatten och metaller från anrikningssanden. Startar detta läckage är det svårt att häva de kemiska reaktioner som orsakar det och miljökonsekvenserna blir mycket omfattande.</p> <p>Anrikningssanden måste förvaras så att det inte kommer i kontakt med syre under mycket lång tid för att reaktionerna inte ska ske.</p> |
| <b>Platina</b> | <p>Brytning kan ske både ovan och underjord med olika miljökonsekvenser som effekt. Platina kan brytas ur sulfidmalmer, vilket medför risk för läckage av försurande lakvatten och metaller från anrikningssanden. Startar detta läckage är det svårt att häva de kemiska reaktioner som orsakar det och miljökonsekvenserna blir mycket omfattande.</p> <p>Anrikningssanden måste förvaras så att det inte kommer i kontakt med syre under mycket lång tid för att reaktionerna inte ska ske.</p>                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Uran</b>    | <p>Brytning kan ske både ovan och underjord med olika miljökonsekvenser som effekt. Den största miljöpåverkan från uranbrytning orsakas av att uran och dess sönderfallsprodukter är radioaktiva, vilket kan orsaka skador hos människor, djur och växter som kommer kontakt med dem. Uran kan brytas ur sulfidmalmer, vilket medför risk för läckage av försurande lakvatten och metaller från anrikningssanden. Startar detta läckage är det svårt att häva de kemiska reaktioner som orsakar det och miljökonsekvenserna blir mycket omfattande.</p> <p>Anrikningssanden måste förvaras så att det inte kommer i kontakt med syre under mycket lång tid för att reaktionerna inte ska ske.</p>                                     |

## 4 Att bedöma miljöpåverkan från en gruva

Vid bedömning av miljöpåverkan från en specifik gruva finns det många aspekter att ta hänsyn till. Här presenteras de som framkommit som de mest betydelsefulla faktorerna under arbetet med den här rapporten. Gruvans geografiska läge har stor betydelse. Ligger gruvan i ett område som tidigare varit orört, har gruvans utveckling med största sannolikhet bidragit till att ekosystemet förändrats, vilket troligen haft negativ inverkan på den biologiska mångfalden och platsens ursprungsbefolkning. Den höga vattenförbrukningen inom gruvindustrin kan leda till konflikter, ändrade vattenflöden och torka, eventuellt med ökad ökenutbredning som följd. Svåra topografiska förhållanden, seismologisk aktivitet, extrem torka och kraftig nederbörd kan leda till stora problem vid hantering av reaktiva avfallsprodukter med omfattande miljökonsekvenser som följd.

Alla metoder för att bryta malmer medför någon typ av miljöpåverkan. Val av brytningsmetod styrs till största del av malmens läge och form. Vid dagbrott förändras landskapet radikalt, stora mängder avfall genereras och mycket damm sprids i luften. Lakningen skapar lakningsavfall, medför risk för föroreningar i vattendrag och det kan vara svårt att få landområdet att återhämta sig efter det att lakningen avslutats. Underjordsgruvor medför risk för sättningar, erosion och förändrade vattenflöden.

Typen av malm påverkar vilken anrikningsmetod som används och hur miljöfarlig anrikningssand som genereras. Anrikningssand från sulfidmalm som kommer i kontakt med luft och vatten startar en vittringsprocess där svavelsyra bildas, vilket leder till risk för försurning och att tungmetaller frigörs. Har denna process startat är det svårt att stoppa den och miljökonsekvenserna blir långvariga och mycket omfattande. För att förhindra detta händelseförlopp måste anrikningssanden förvaras så att den inte kommer i kontakt med luft. Detta sker vanligtvis genom att anrikningssanden lagras i en gruvdamm och täcks med jord eller vatten. Eftersom anrikningssanden måste förvaras på detta sätt i en tidsperiod på upp emot tusentals år är det av stor vikt att gruvdammarna har en stabil konstruktion. Hur mycket anrikningssand som genereras beror på koncentrationen av de önskvärda mineralerna i malmen och efterfrågan på mineralerna. Vid anrikningen används vanligen olika kemikalier. Oftast kan dessa kemikalier återanvändas, men om detta inte sker och de läcker ut i naturen kan de orsaka stor skada. Vid anrikning av guld används ofta cyanid, vilket kan få mycket allvarliga miljö- och hälsokonsekvenser om det kommer ut i närliggande ekosystem. Cyanid är giftigt för människor, djur, fåglar och växter redan vid små koncentrationer. Till exempel är cyanid i gasform dödligt för människor om koncentrationen är över 100-300 ppm. Hög energi- och vattenförbrukning under anrikningen och andra processer vid gruvan kan ha negativ inverkan på miljön, då energianvändning ofta leder till utsläpp av växthusgaser, vilket med stor sannolikhet orsakar klimatförändringar.

Trots att noggranna åtgärder vidtagits för att undvika negativ miljöpåverkan från gruvan kan olyckor leda till mycket omfattande miljöpåverkan. Gruvförtag bör därför jobba förebyggande med att identifiera kritiska aspekter i sin verksamhet samt implementera system för hur de ska agera om en olycka inträffar. För att en gruva ska ha liten miljöpåverkan i ett längre perspektiv är det viktigt att det redan vid utvecklingen av gruvan finns en plan för hur området ska skötas efter det att gruvdriften avslutats. Denna plan bör även redovisa hur finansiering av nedläggning och efterbehandlig ska ske. Den största potentiella miljöpåverkan från stängda gruvor är troligen att anrikningssand från sulfidmalm kommer i kontakt med luft och startar den vittringsprocess som leder till att försurande lakvatten och metaller läcker ut till omgivningen.

Det finns många internationella initiativ som berör hur gruvindustrin ska jobba för att minimera miljöpåverkan och som kan vara till hjälp då en gruva ska bedömas ur ett miljöperspektiv. Rapporten från FN:s möte om hållbar utveckling i Johannesburg 2002 beskriver hur hållbar utveckling ska uppnås globalt och berör hur gruvindustrin måste medverka för att uppnå detta. Rapporten förespråkar ökad genomsynlighet och ansvarsskyldighet, ökat deltagande av intressenter samt mer ekonomisk, teknisk och kapacitetsbyggande stöd till utvecklingsländer. (World Summit on Sustainable Development, 2002) International Finance Corporation, IFC, är en del av världsbanken som arbetar med finansiering och rådgivning av privata sektorn i utvecklingsländer i syfte att bekämpa fattigdom. IFC uppmanar regeringar att ta hänsyn till följande områden i lagstiftning och överenskommelser med gruvindustrin: land- och vattenanvändning, avfallshantering, kemikalier och föroreningar, anrikningssandshantering, hälsorisker och potentiella miljörisker och åtgärdsplaner för att minska dessa. (International Finance Corporation, 2008)

Branschorganisationen ICMM har tio hållbarhets principer, som berör etik, bolagsstyrning, hållbar utveckling, mänskliga rättigheter, riskhantering, biologisk mångfald, produktutveckling och transparant rapportering. ICMM kräver att medlemmarna öppet rapporterar hur de presterar på dessa tio principer enligt Global Reporting Initiative, GRI. Vidare krävs en extern granskning av denna rapportering samt av hur de tio principerna implementerats genom olika handlingsplaner och ledningssystem. (International Council on Mining and Metals, 2008) Som nämnts i rapporten arbetar IUCN med frågan om *no-go areas* för gruvindustrin och dialog pågår mellan ICMM och IUCM. FN:s Konventionen om Biologisk Mångfald utgör ett viktigt verktyg för att jobba med frågor om gruvindustrin och biologisk mångfald. Det finns även många mineral- och land specifika initiativ. Ett exempel på det förstnämnda är Cyanide Management Code, som rekommenderar hur företag ska hantera cyanid. Ett exempel på landsspecifikt initiativ är Mining Association of Canada:s initiativ mot hållbar gruvdrift, ”Towards Sustainable Mining” (Mining Association of Canada, 2008).



## 5 Referenser

Aluminiumriket Sverige, *Om aluminium*, hämtad 2008-02-26  
<http://www.aluminiumriket.com/framställning.aspx>

Aswathanarayana, U. (2003), *Mineral Resources Management and the Environment*, Balkema Publisher

Ayres, R. U., W. L. Ayres och I. A. Råde (2003), *The Life Cycle of Copper, Its Co-Products and By-products* (Eco-efficiency in industry and science, volume 13), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

Bjelkevik, A. (2005), *Water Cover Closure Design for Tailing Dams – A State of the Art Report* (Forskningsrapport 2005:19), Institutionen för Geoteknologi, Luleå Tekniska Universitet

Blacksmith Institute, *Kabwe, Zambia*, hämtad 2008-05-16  
<http://www.blacksmithinstitute.org/site10j.php>

Bolidens, *Grundläggande begrepp*, hämtad 2008-01-31  
[http://www.boliden.se/www/BolidenSE.nsf/WebAllDocSearch/AB527B68BB926584C1256DDC0060C70E/\\$file/Grundl%C3%A4ggande%20begrepp\\_06.pdf](http://www.boliden.se/www/BolidenSE.nsf/WebAllDocSearch/AB527B68BB926584C1256DDC0060C70E/$file/Grundl%C3%A4ggande%20begrepp_06.pdf)

Copper Development Association a, *Copper Production from Ore to Finished Product*, hämtad 2008-02-29  
<http://www.copper.org/education/production.html>

Copper Development Association b, *Technical report*, hämtad 2008-03-03  
<http://www.copper.org/environment/homepage.html#environment>

Cyanide Management Code, *About the Code*, hämtad 2008-05-09  
[http://www.cyanidecode.org/about\\_code.php](http://www.cyanidecode.org/about_code.php)

European Commission Joint Research Centre (2004), *Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities*  
<http://www.jrc.es/pub/english.cgi/0/733169>

Fröberg, G. och L.O. Höglund (2004), *MiMi Light – En populärvetenskaplig sammanfattning av MiMi – programmets forskning kring efterbehandling av gruvavfall* ( MiMi Rapport 2004:8) MiMi – Programmet och författarna

Greenpeace, *Rapu-Rapu island mining*, hämtad 2008-05-06  
<http://www.greenpeace.org/international/news/rapu-rapu-island-mining>

Gold and Silver Mines, *About Platinum*, hämtad 2008-03-11  
<http://www.goldandsilvermines.com/platinum.htm>

Hartman, H. L. och J. M. Mutmanský (2002) *Introductory Mining Engineering*, John Wiley & Sons, New Jersey (second edition)

Indonesian Ministry of Environment (2006), *TIM PROPER Ministry of Environment orders Freeport to increase its environmental performance*

International Aluminium Institute, *About Aluminium*, hämtad 2008-02-26  
<http://www.world-aluminium.org/About+Aluminium/Story+of>

International Council on Mining and Metals, *ICCM Principles*, hämtad 2008-03-14  
[http://www.icmm.com/icmm\\_principles.php](http://www.icmm.com/icmm_principles.php)

International Finance Corporation, *Mining and environment*, hämtad 2008-05-19  
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTOGMC/0,,contentMDK:20220969~isCURL:Y~menuPK:509392~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:336930,00.html>

International Molybdenum Association, *Molybdenum*, hämtad 2008-03-07  
<http://www.imoa.info/index.html>

International Union for Conservation of Nature, *The IUCN-ICMM mining dialogue*, hämtad 2008-04-21  
[http://cms.iucn.org/bbp\\_mining/index.cfm](http://cms.iucn.org/bbp_mining/index.cfm)

Jackson, A.R.W och J. M. Jackson (2000) *Environmental Science – The Natural Environment and Human Impact*, Pearson Education Limited, England (second edition)

Jernkontoret, *Stålet och kretsloppet*, hämtad under mars 2008  
[http://www.jernkontoret.se/stalets\\_kretslopp/index.php](http://www.jernkontoret.se/stalets_kretslopp/index.php)

Kramer, A. E. (2007), For One Business - Polluted Clouds Have Silvery Linings, *The New York Times*  
<http://www.nytimes.com/2007/07/12/world/europe/12norilsk.html?ref=world>

Marcus, J.J. (Red.) (1997), *Mining Environmental Handbook – Effects of Mining on the Environment and American Environmental Controls on Mining*, Imperial College Press, London

Mining Association of Canada, *Towards Sustainable Mining*, hämtad 2008-05-19  
[http://www.mining.ca/www/Towards\\_Sustaining\\_Mining/index.php](http://www.mining.ca/www/Towards_Sustaining_Mining/index.php)

Mining, Minerals and Sustainable Development (2002), *Breaking New Ground – The Report of the Mining, Mineral and Sustainable Development Project*, Publicerad av Earthscan för IIED och WBCSD, London  
<http://www.iied.org/mmsd/finalreport/index.html>

Miranda, M., P. Burris, J. Froy Bincang, P. Shearman, J. Oliver Briones, A. La Viña, and S. Menard (2003), *Mining and Critical Ecosystems: Mapping the Risks*, World Resources Institute, Washington, DC  
[http://archive.wri.org/publication\\_detail.cfm?pubid=3874](http://archive.wri.org/publication_detail.cfm?pubid=3874)

Nationalencyklopedin a, *Biologisk mångfald*, hämtad 2008-05-18  
<http://www.ne.se>

Nationalencyklopedin b, *Guld*, hämtad 2008-03-06  
<http://www.ne.se>

Nationalencyklopedin c, *Järn*, hämtad 2008-02-26  
<http://www.ne.se>

Nationalencyklopedin d, *Kol – Bergarten kol*, hämtad 2008-03-03  
<http://www.ne.se>

Nationalencyklopedin e, *Platina*, hämtad 2008-03-11  
<http://www.ne.se>

National Mining Association, *Technology*, hämtad 2008-03-04  
[http://www.nma.org/technology\\_index.asp](http://www.nma.org/technology_index.asp)

Naturhistoriska riksmuseet, *Geologifördjupning*, hämtad 2008-02-01  
<http://www.nrm.se/utställningarcosmonova/jourhavandeforskare/jourhavandegeolog/geologifordjupning.1302.html>

Ripley, E. A., R. E. Redman och A. A. Crowder (1996), *Environmental effects of mining*, St. Luice Press, Delray Beach

Räddningsverket (1999), *Dammolyckan vid Los Frailes Sevilla, Spanien 1998*,  
[http://www.srv.se/shopping/srv\\_ShowItem\\_\\_\\_\\_13816.aspx](http://www.srv.se/shopping/srv_ShowItem____13816.aspx)

Sveriges Geologiska Undersökning (2006), *Mineralmarknaden – Tema: Bly* (2006:1), Sveriges Geologiska Undersökning  
[www.sgu.se/dokument/service\\_sgu\\_publ/perpubl\\_2006-1.pdf](http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/perpubl_2006-1.pdf)

Sveriges Geologiska Undersökning (2007), *Mineralmarknaden – Tema: Nickel* (2007:1), Sveriges Geologiska Undersökning  
[http://www.sgu.se/dokument/service\\_sgu\\_publ/perpubl\\_2007-1.pdf](http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/perpubl_2007-1.pdf)

- Sveriges Geologiska Undersökning (2003), *Mineralmarknaden – Tema: Uran* (2003:3), Sveriges Geologiska Undersökning  
[http://www.sgu.se/dokument/service\\_sgu\\_publ/perpubl\\_2003-3.pdf](http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/perpubl_2003-3.pdf)
- Sveriges Geologiska Undersökning (2004), *Mineralmarknaden – Tema: Zink* (2004:5), Sveriges Geologiska Undersökning  
[http://www.sgu.se/dokument/service\\_sgu\\_publ/per-publ-04-5.pdf](http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/per-publ-04-5.pdf)
- Sunesson, B. (2008), Tio år gammal tvist kan ge Boliden miljardböter, *Svenska Dagbladet Näringsliv*, 17 maj 2008, s. 7
- Waltersson, E. (1999), *Krom, Nickel och Molybden i Samhälle och Miljö – En Faktaredovisning av Flöden, Mängder och Effekter i Sverige*, Miljöforskargruppen
- Wikipedia a, *Aluminium*, hämtad 2008-02-12  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium>
- Wikipedia b, *Gold*, hämtad 2008-03-06  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Gold>
- Wikipedia c, *Molybdenum*, hämtad 2008-03-07  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Molybdenum>
- World Coal Institue, *Coal Info*, hämtad 2008-03-04  
[http://www.worldcoal.org/coal\\_info.asp](http://www.worldcoal.org/coal_info.asp)
- World Gold Council, *Production*, hämtad 2008-03-06  
<http://www.trustingold.com/content/blogcategory/16/62/>
- World Summit on Sustainable Development (2002), *Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development*, hämtad 2008-05-19  
<http://www.un.org/jsummit/>

## Bilaga A – Brytningsmetoder

I denna bilaga presenteras en fördjupning av olika brytningsmetoder. Tabell 1 visar en sammanfattning och översikt över de vanligaste brytningsmetoderna för storskalig gruvdrift.

**Tabell 1** De vanligaste brytningsmetoder för storskalig gruvdrift. Källa: Hartman och Mutmansky, 2002

| Läge              | Grupp                                 | Metod (Engelskt namn)                             | Fyndighet                                    |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Ovan jord</b>  | Mekanisk metoder                      | Dagbrott (Open pit/open cast mining)              | Metall, ickemetall, kol                      |
|                   | Hydrauliska metoder                   | Lakning (Leaching)                                | Metall                                       |
| <b>Under jord</b> | Metoder som inte använder återfyllnad | Rum- och pelarbrytning (Room and pillar mining)   | Nästan enbart kol, undantagsvis ickemetaller |
|                   |                                       | Pall- och pelarbrytning (Stope and pillar mining) | Metaller, ickemetaller                       |
|                   |                                       | Skivpallsbrytning (Sublevel stoping)              | Metaller, ickemetaller                       |
|                   | Metoder som använder återfyllnad      | Igensättningsbrytning (Cut and fill stoping)      | Metall                                       |
|                   | Rasbrytning                           | Långväggsbrytning (Longwall mining)               | Kol                                          |
|                   |                                       | Skivrasbrytning (Sublevel caving)                 | Metall                                       |
|                   |                                       | Blockrasbrytning (Block caving)                   | Metall                                       |

### Dagbrott

Mekanisk utvinning ovan jord sker i dagbrott. Dagbrott innebär att de jordlager som är över fyndigheten schaktas bort så att malmen friläggs och därefter utvinns. Vid denna metod används hög grad av mekanisering och massproduktionsteknik. Metoden är kapitalintensiv men sparsam när det gäller arbetskraft. Produktiviteten är hög, konstanden är relativt låg och metoden har inte samma säkerhets- och hälsorisker som vid en gruva under jord. Metoden är begränsad i djup till cirka 1000 meter och av ekonomiska skäl är det inte möjligt att utvinna lägre halter än 0.8 - 0.4 kubikmeter per ton. Gruvan är mycket väderberoende och hårt väder kan hindra gruvdriften helt. På grund av den stora yta som tas i anspråk är det även en stor yta som ska återvinnas och mycket avfall som ska hanteras. (Hartman och Mutmansky, 2002)

En variant på dagbrott är det som på engelska benämns strip mining, den stora skillnaden jämfört med den metod som beskrivs ovan är att de lösa jordlagret

ovan på malmen inte tippas på en avfallshög utan läggs direkt i delar av gruvan där utvinningen avslutats. Materialhanteringen begränsas alltså till en enda enhet och sköts ofta av en enda maskin. Detta gör att gruvdriften koncentreras till ett mindre område och att efterbehandling kan ske samtidigt som gruvdriften pågår. Denna metod är till exempel vanlig vid utvinning av kol. (Hartman och Mutmansky, 2002) De finns fler exempel på mekaniska brytningsmetoderna, men de används i betydligt mindre omfattning än dagbrott.

### ***Lakning och andra hydrauliska utvinningsmetoder***

Hydrauliska utvinningsmetoder innebär att mineraler utvinns med vatten eller andra vätskor. Lakning är den mest använda av dessa metoder, men det finns även andra hydrauliska metoder. Vissa av dessa metoder medför stora risker för miljön och därför beskrivs de i detta stycke även om det används i mycket lite utsträckning. (Hartman och Mutmansky, 2002)

Lakning innebär att mineraler utvinns med vatten eller andra vätskor genom kemisk extraktion. En lösning som faller ut önskad mineral tillsätts till malmen genom borrhåll. Den lösta malmen pumpas upp igen och den önskade mineral utvinns. Metoden kan tillämpas på malmer direkt i berget, in situ laking, eller på malm som brutits med andra metoder och därefter krossats, malts och lagts i högar, vilket benämns *heap leaching* på engelska. Fördelarna med denna metod är att kostnaden är låg, det krävs lite arbetskraft, metoden kan användas på förhållandevis små fyndigheter samt fungera som ett komplement till annan brytning. Metoden är dessutom fördelaktig ur hälso- och risksynpunkt. Nackdelarna är att det krävs stora landarealer för tömning av restprodukter från lakningen, dessa produkter kan dessutom innehålla kemikalierester och vara farliga för exempelvis växter och fåglar. Det kan vara svårt att få landområdet att återhämta sig och det är möjligt att miljön skadas, speciellt stor är risken att grundvattnet blir förgiftat. (Hartman och Mutmansky, 2002) Med hänsyn till miljön är det ytterst viktigt att all lösningen samlas upp så att inte läckage till naturen sker. Därför är det även viktigt att ta hänsyn till hur mycket extra vatten som tillförs i form av regn och även samla upp detta vatten för rening. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002)

Utvinning kan ske med en metod som kallas för just hydraulisk metod vilket innebär att metaller utvinns ur en bank genom att ett stort vattenrör riktas mot banken och vatten med högt tryck spränger sönder banken. Vattnet, sand, jord och de önskvärda metallerna sköljs ner i en ränna, från vilken metallerna vaskas fram. På detta sätt kan exempelvis guld, diamanter, titan och platina utvinnas. Positivt med denna metod är att den har hög produktivitet, relativt låg kostnad, brukar tämligen enkel utrustning och kan skötas av några få arbetare. De negativa aspekterna är att denna metod kan ha stor inverkan på miljön om inte noggranna försiktighetsåtgärder vidtas, vattenåtgången är enorm och den kan vara svårt att kontrollera hur banken bryts ned. Brytning kan även ske under vatten genom muddring. Det finns många olika metoder inom denna grupp av brytningsmetoder. Metoderna kan vara mycket produktiva och behovet av

arbetskraft är lågt, men det finns risk att inverkan på miljön blir mycket stor om inte noggranna försiktighetsåtgärder vidtas. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### ***Rum- och pelarbrytning***

Rum- och pelargruvdrift är en metod utan återfyllnad som tillämpas i horisontala fyndigheter. Öppningar bryts rätvinkligt och med jämn intervall i fyndigheten, vilket lämnar fyrkantiga pelare kvar för att bära upp det överliggande lagret. Efterhand utvinns även malmen i pelarna. Kol bryts ofta med denna metod. Fördelarna med denna metod är att produktiviteten är relativt hög, kostnaderna är relativt låga, det går relativt bra att efterbehandla gruvan och det går bra att mekanisera. Nackdelarna är att sättningar förekommer när pelarna ska utvinnas och det är arbetsamt att återställa gruvan efter avslutad gruvdrift. Metoden är dessutom oflexibel, dyr att mekanisera och det finns potentiella hälso- och säkerhetsrisker. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### ***Pall- och pelarbrytning***

Pall- och pelarbrytning liknar till stor del rum- och pelarbrytning, men med de stora skillnaderna att öppningarna inte görs lika regelbundet och att pelarna då följaktligen blir oregelbundna och befinner sig antingen där malmen är lågvärdig eller slumpmässig placerade. Tillskillnad från rum- och pelarbrytning är det inte kol som bryts med denna metod utan metaller och ickemetaller. Fördelarna med denna metod är att den är flexibel, produktiviteten är relativt hög, kostnaderna är relativt låga, det går ganska bra att efterbehandla gruvan och metoden lämpar sig bra för att mekanisera. Nackdelarna är att det krävs regelbunden kontroll och underhåll av pelarna så att trycket på pelarna inte blir för stort, det är dyrt att mekanisera, en del av fyndigheten förloras i pelarna som är nästan omöjliga att utvinna och det finns potentiella hälso- och säkerhetsrisker. (Hartman och Mutmansky, 2002)

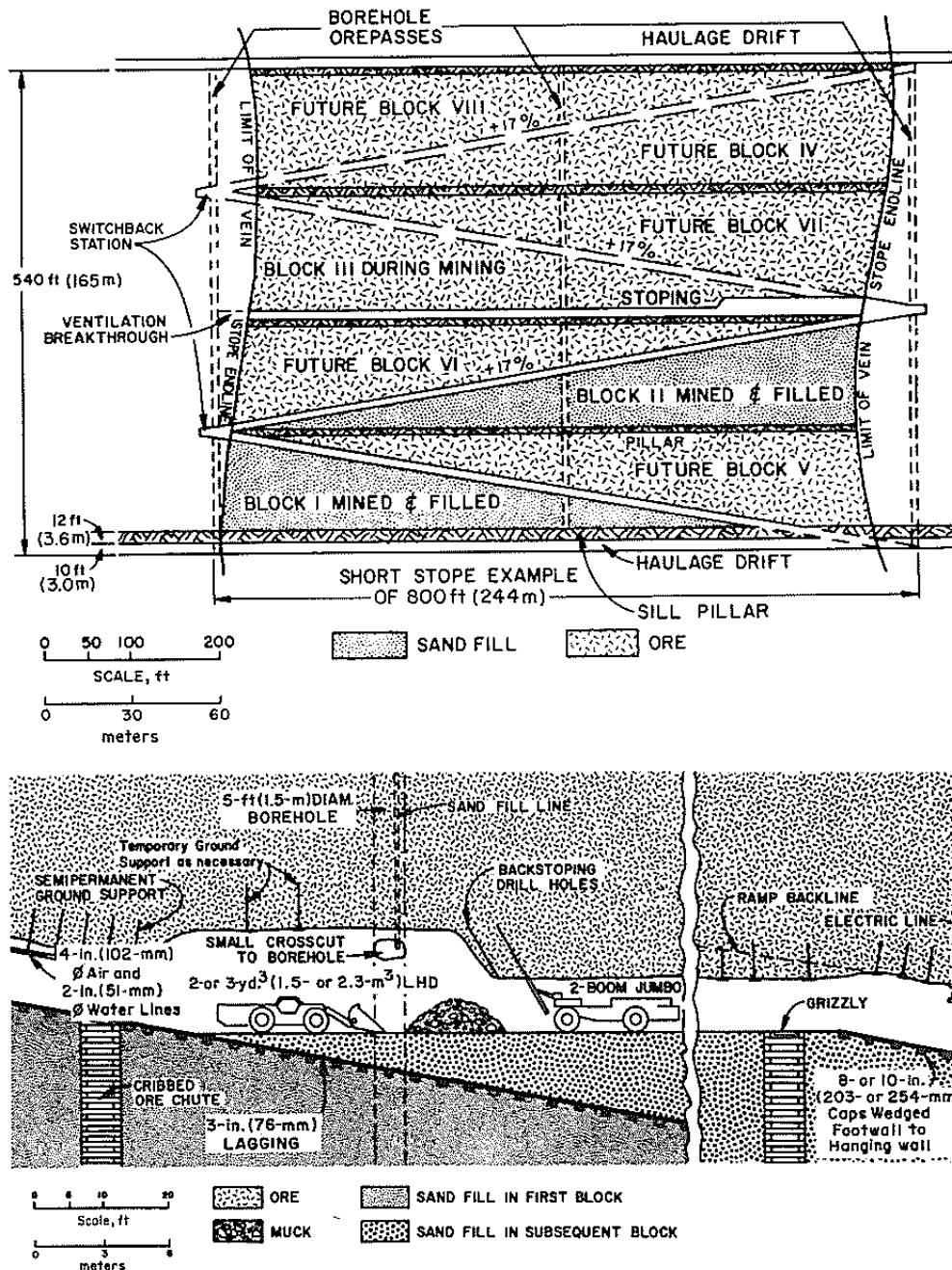
### ***Skivpallsbrytning***

Vid skivpallsbrytning skapas ett stor vertikal gruvrum i fyndigheten men detta gruvrum upptas inte med gruvarbete, utan istället sker all borrarbete och blästring underifrån. Fördelarna med denna metod är att produktiviteten är relativt hög, driftskostnaderna relativt låga, det går bra att mekanisera metoden och metoden är alltså inte så arbetskraftsintensiv. Det är även lätt att ventileras och det går bra att återställa gruvan efter avslutad drift. Nackdelarna är att metoden är dyr och komplicerad att utveckla, utvinningsplanen är oflexibel och blästring kan orsaka vibration, starka luftströmmar och strukturell skada. Vertical Crater Retreat, VCR, är en variant på skivpallsbrytning som är patenterad av ett kanadensiskt sprängmedelsföretag. VCR innebär att ett speciellt mönster används vid sprängningen, syftet med detta är att mängden sprängmedel ska vara tillräcklig för mängden malm som ska sprängas. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### ***Igensättningsbrytning***

Igensättningsbrytning är en brytningsmetod med återfyllnad. Det finns flera metoder med återfyllnad, men igensättningsbrytning är den mest använda

metoden på grund av sin mångsidighet. Det finns hela åtta olika varianter av igensättningsbrytning, men generellt kan sägas att utvinning sker i horisontella schakt som sedan fylls igen allt eftersom arbetet fortskrider. De material som används som fyllning kan vara gråberg, som blivit över från utvinningen, anrikningssand eller materialet med större bärande förmåga om detta krävs. Gruvföretagen strävar ofta efter att använda fyllnadsmaterial med så hög densitet som möjligt. Pelare används för att bära upp gruvrummet under arbetet, innan fyllning sker, se figur 1.



Figur 1 Igensättningsbrytning. Källa: Hartman och Mutmanský, 2002



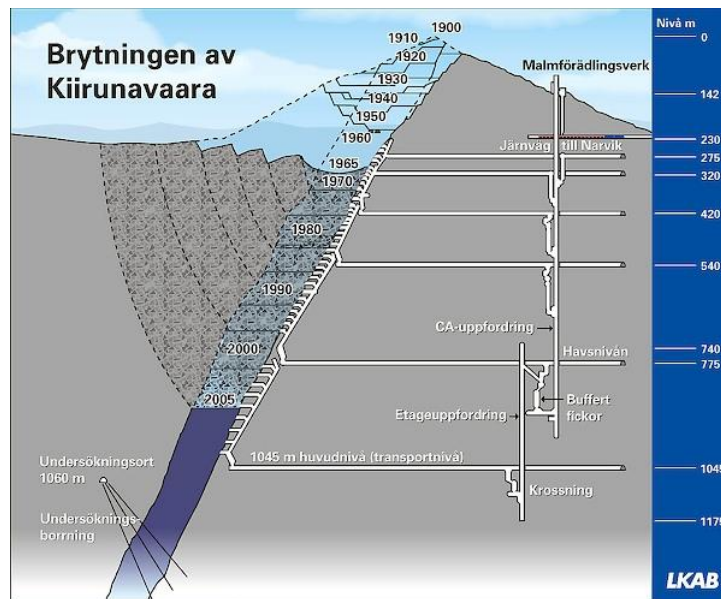
Fördelarna med igensättningsbrytning är att metoden har relativt hög produktivitet, ger stor möjlighet att välja vad som utvinns, utvecklingskostnaderna är låga och möjligheterna att återställa hela gruvan är mycket stora. Dessutom kan det material som blir över från utvinningen användas som fyllnads material och är säkerheten relativt hög. Nackdelarna är att driftskostnaderna är höga, hantering av fyllnadsmaterial kan stå för 50 procent av driftskostnaderna, denna hantering stör även utvinningsarbetet, metoden är arbetskraftsintensiv och kräver hög yrkesskicklighet och god ledning slutligen kan det kompakta fyllnadsmaterialet leda till att marken sätter sig. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### ***Långväggsbrytning***

Långväggsbrytning ingår i en grupp av brytningsmetoder som kallas för rasbrytning och innebär att hela malmen utvinns och när utvinningen är avslutad tillåts gruvrummet kollapsa. Långväggsbrytning används i horisontella, flata och relativt tunna fyndigheter, huvudsakligen kol. Malmen utvinns i långa gångar och ett tåligt och kraftfullt system håller upp gången medan gruvdrift pågår. Den här metoden erhåller den högsta produktiviteten för kolgruvor och går att mekanisera och automatisera. Kostnaderna är relativt låga, det går förhållandevis bra att återställa gruvan efter avslutat gruvdrift och hälso- och säkerhetsrisken är liten. Till de negativa aspekterna på metoden hör att utvinning sker över stora ytor, metoden är oflexibel, utvinning sker bara vid ett ställe åt gången, vilket medför att om problem uppstår blir hela arbetet försenat, och det är dyrt att flytta systemet som håller uppe taket. (Hartman och Mutmansky, 2002)

### ***Skivrasbrytning***

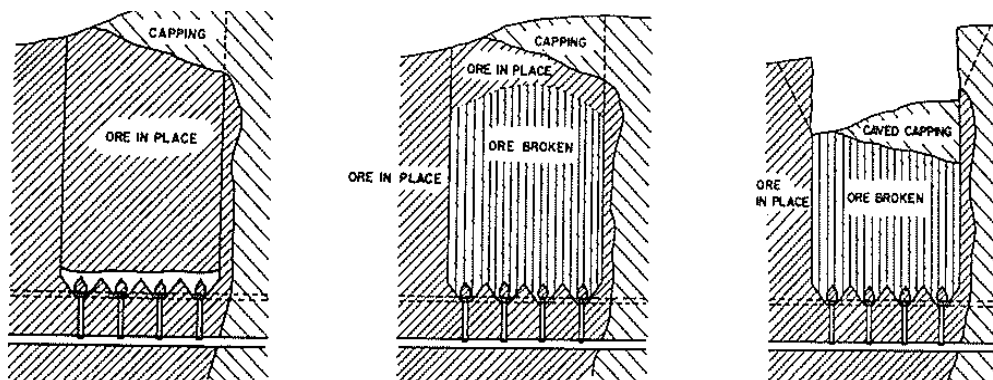
Skivrasbrytning används vid vertikala och massiva fyndigheter, vilket huvudsakligen är metaller och icke-metaller. Skivrasbrytning innebär att den övergripande utvinningsprocessen sker neråt men på de olika undernivåerna bryts malmen uppåt. På varje undernivå bildar gråberget en grotta när malmen utvinns genom borrar och blästring, se figur 2. Fördelarna med metoden är att den går att mekanisera i stor utsträckning, den lämpar sig för storskalig drift, produktiviteten är relativt hög, det går bra att efterbehandla gruvan och hälso- och säkerhetsriskerna är låga. Nackdelarna är att utspädningen med gråberg i malmen är relativt hög, det finns risk för sättningar och utvecklingskostnaderna är höga. (Hartman och Mutmansky, 2002)



**Figur 2** Skivrasbrytning i Kiirunavaara.  
Källa: <http://www.lkab.com/?openform&id=2DB6>

## Blockrasbrytning

Blockrasbrytning är den brytningsmetod under jord som har möjlighet att konkurrera med ovanjordsgruvor när det gäller produktion och kostnader. Metoden innebär att massa, pelare eller block av malmen huggs ut underifrån och för att möjliggöra att resten av malmen kan utvinnas underifrån, se figur 3. Både malm och kringliggande berg utvinns vanligen. Fördelarna med blockrasbrytning är den höga produktiviteten, relativt låga kostnaden, det går att återställa gruvan i hög grad, ras sker genom att grottorna skapas det behövs alltså varken borrning eller blästring dessutom är hälso- och säkerhetsrisken är liten. Nackdelarna är att gruvdrift sker över ett stort område, det krävs noggrann kontroll för att metoden ska lyckas, utvecklingskostnaderna är stora och utvecklingen tar lång tid. Dessutom är metoden oflexibel och det finns risk för tryckvågor. (Hartman och Mutmanský, 2002)



**Figur 3** Blockrasbrytning. Källa Hartman och Mutmanský, 2002

## **Bilaga B – Miljöproblem**

---

I denna bilaga beskrivs några miljöproblem, som nämnts i rapporten, i mer detalj.

### **Försurning**

Innan människan började orsaka försurning hade nederbörden ett pH på 5,5. Att detta värde inte är neutralt, pH 7, är en följd av att koldioxid i atmosfären omvandlas till kolsyra. (Fröberg och Höglund, 2004) Surt regn och läckage av surt lakvatten från gruvindustrin är de två största orsakerna till försurning. Surt regn uppstår när svaveldioxid eller kväveoxider släpps ut i atmosfären. Förbränning av kol och raffinering av metaller från sulfidmalmer är de största källorna till utsläpp av svaveldioxid. Kväveoxider släpps ut från kraftstationer och via bilavgaser. Dessa föreningar reagerar med luft och vatten i atmosfären, syror bildas och följer sedan med nederbörden. Om pH-värdet i regnet understiger 5 anses regnet vara surt. Läckage av lakvatten sker när det finns sulfidjoner närvarande i malmen eller avfallet som kan reagera med luft och vatten, vilket leder till att syror bildas. Detta är ett vanligt problem vid brytning av kol, uran, basmetaller och biprodukter till dessa mineraler. Hur stor påverkan försurningen har på vatten och mark där det förekommer beror på vilken förmåga berg och jord i det aktuella området har att buffra. Exempelvis har granit låg buffrande förmåga, men kalksten har stor förmåga att kompensera försurning. I gruvavfall spelar kombinationen av mineraler roll för hur surt lakvattnet kan bli, silikater och karbonater har ofta förmågan att höja pH-värdet (Fröberg och Höglund, 2004). Fiskar är generellt mycket känsliga för förändringar av pH-värdet och kan dö redan vid små förändringar. En annan effekt av försurningen är att koncentrationen av metalljoner ökar i vattnet, vilket också kan vara mycket skadligt för fiskbeståndet. Läckage av surt vatten medföra ett ytterligare problem om gruvavfall släpps ut i floder, där järn(III)hydroxid bildare ett täckande rostkikt över många alger med konsekvenser för dessa arter och arter som livnär sig på dem. Vattendrag som råkat ut för läckage av surt lakvatten från gruvindustrin karakteriseras av att få fiskarter finns representerade och att bestånden av dessa är små. (Jackson och Jackson, 2000)

### **Klimatförändringar**

Förbränning av fossila bränslen, produktion av olja och gas samt metanutsläpp från jordbruket är några av de största källorna till utsläpp av växthusgaser, som med stor sannolikhet leder till klimatförändringar. (Mining, Minerals and Sustainable Development, 2002) Det finns många olika växthusgaser. Kyoto protokollet, som är Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringars mest kända protokoll, inkluderar följande växthusgaser koldioxid, metan, dikväveoxid, fluorkolväten, perfluorkolväten och svavelhexafluorid. Forskare tror att förändringstakten på jordens medeltemperatur under detta århundrade kommer att vara snabbare än under de senaste 10 000 åren. Troliga effekter av detta är att smältande glaciärer och termisk expansion av havsvattnet leder till

att havsnivån stiger, vilket kan orsaka stora problem med översvämningar. Ökad förångning av vatten kommer att skynda på vattnets kretslopp och leda till ökad nederbörd och risk för översvämningar. Vissa områden kommer att uppleva ökad uppvärmning eller mer frekventa väderfenomen som stormar och El Niño. (Jackson och Jackson, 2000)

### ***Utsläpp av tungmetaller***

Metaller frigörs genom naturliga processer som vittring och erosion. Den naturliga bakgrundshalten av olika metaller varierar från plats till plats, men beror till stor del på vilka metaller som finns i berggrunden. (Fröberg och Höglund, 2004) Gruvindustrin och associerade industrier leder till onaturliga utsläpp av bly, kvicksilver, kadmium, zink, tenn och andra metaller. Vilken miljöpåverkan dessa utsläpp leder till beror på vilken kemisk form metallerna förekommer i. I vissa kemiska former kan metallerna tas upp direkt av vattenlevande organismer och sedan ackumuleras i näringskedjan. Ett exempel på detta är kvicksilver som inte är miljöfarligt i sin inorganiska form, men om det släpps ut i naturen omvandlas det till monometylkvicksilver av mikroorganismer. Denna förening är löslig i vatten och fungerar som ett starkt nervgift för så väl fiskar som människor. (Jackson och Jackson, 2000)