

Gruvdrift under 2500 år



Denna skrift behandlar malms bildande, gruvor, gruvbrytning i allmänhet och brytningens historia under de senaste 2500 åren. Skriften behandlar bara metallmalmer och deras hantering samt beskriver gruvindustrins arbetssätt och malmförädling samt förklarar enkelt använda begrepp och facktermer. Gruvindustrin utveckling och framtid berörs tillsammans med de nu så aktuella miljöfrågorna.

Huvudändamålet är att vara en faktareferens vid läsning av berättelser om enskilda gruvor, skriften kan också läsas separat för att ge en bild av en bransch som nu består av få men stora företag.

Bo Edlund

Gruvdrift under 2500 år.

Version 230412

Författare: Bo Edlund
epost: kontakt@brukshistoria.se

Innehåll	Sida	Innehåll	Sida
Storleken av stora tal	1	Sprängkapslar och stubin	23
Jordens ursprung, nutid och framtid	1	Laddning	24
Jordens uppbyggnad	1	Effekter vid sprängning	25
Malmer och mineralisering	2	Säkerhet	26
Brytning av berg och mineraler	3	Malmbrytning	26
Gruvdriftens tidiga historia	3	Malmberedning	32
Dagbrott	4	Sovring och skrädning	32
Moderna dagbrott	5	Krossning	32
Underjordsgruvor	7	Malning	35
Underjordsgruvornas utveckling	8	Anrikning	36
Bergborrmaskiner	11	Järnmalmspellets	38
Borrkronor	14	Avfallet	38
Gruvtunnlar och arbete i tunnlar	15	Gruvbrytningens ekonomi	40
Schakt och gruvlavar	17	Gruvarbetare	41
Sprängning	21	Gruvornas framtid	43
Sprängämnen för civilt bruk	21		

Omslagsbilden visar laven som byggdes 1848 ovanpå Sala Silvergruvas huvudschakt, Drottning Christinas Schakt. I bakgrunden till höger skimtar gruvtornet över Knechtschaktet vilket uppfördes 1887 och rasade 1969. Dagens torn en exakt kopia av det ursprungliga tornet och sattes upp 2003, men med moderna hissar.

Skriften får helt eller delvis kopieras och spridas fritt under förutsättning att källan anges. Däremot får kopior av materialet ej försäljas utan författarens medgivande.

Upphovsmännen eller rättighetsägarna till fotografierna anges vid bilderna. Författaren är upphovsman till de foton och bilder där uppgifter saknas.

Källor:

Historik Bergborrning, Gunnar Nord.
Gruvdrift, Gustaf Bring.
Undersökning rörande stenkrossar, Statens Väginstitut.
Tar emulsionssprängämnen döda på ANFO? Bernt Larsson.
Kvinnor i Gruvarbete, Håkan Henriksson.
Nordisk familjebok, 1904–1926.
Wikipedia
Diverse websidor.

Jag vill tacka de personer och organisationer som bidragit med kunskaper och material till denna skrift.

TÄBY 2022

Storleken av stora tal.

I fortsättningen kommer tider anges med stora tal, men hur stora uppfattar vi en miljon och en miljard vara. När man lyssnar på politiska debatter brukar deltagarna när det är fråga om pengamängder använda miljoner eller miljarder kronor utan att berätta hur mycket det egentligen är. Man behöver en uppfattning om storleken för att kunna avgöra om det är mycket eller lite. Ändå värre osäkerhet är det med tid, exempelvis hur lång tid är egentligen tusen år.

Vi kan genomföra ett litet räkneexempel. Vilken tid tar det att räkna en miljon enkronor, ett, två, tre, fyra och så vidare. Anta att man orkar räkna ett mynt per sekund.

Om man använder normal arbetstid, åtta timmar per dag och fem arbetsdagar per vecka tar det nästan SJU VECKOR. Dessutom skulle den färdigräknade mynthögen väga 3,6 ton, lika mycket som två stora personbilar.

Att räkna en miljard enkronor på samma sätt skulle bara ta 133 år, om man inte tar ut någon semester.

Jordens ursprung, nutid och framtid.

Jorden är en pytteliten del av universum men är skapad av universum efter det bildats. Jordens ålder är inte helt säker men under 1900-talet började mätningar och beräkningar peka på en ålder av cirka 4,5 miljarder år. Universum är betydligt äldre, den vedertagna åldern anges till 13,7 miljarder år. Åldern är lite osäker, universum kan vara något yngre eller något äldre. Talet är beroende av universums expansionshastighet som ännu inte har bestämts exakt. Det är inte heller säkert att expansionshastigheten går att bestämma noggrant.

Hela vårt solsystem, jorden och alla planeterna, skapades ur en roterande skiva av gas och stoft där den växande solen och planeterna genom gravitation drog till sig gaser och stoftkorn. Ju mer materia en himlakropp samlar på sig desto större tryck och temperatur bildas i himlakroppens kärna. För gruppen stjärnor, där vår egen sol också ingår, blir temperaturen så många miljoner grader att kärnreaktioner uppstår. Då alstras energi och många grundämnen skapas av mindre atomfragment. Om stjärnan exploderar, vilket inte är särskilt ovanligt, kastas dessa grundämnen ut i gas- och stoftmoln som sedan om kanske en halv miljard år eller mer bildar ett nytt solsystem. Planeter och stora månar får också heta kärnor, men inte så heta att kärnreaktioner startas av hög temperatur. Vissa kärnreaktioner pågår i planeter men de orsakas av att radioaktiva grundämnen spontant sönderfaller och bildar lättare ämnen samt lämnar energi.

Alla grundämnen på vår jord som finns i stenar och berg samt levande organismer har bildats i stjärnor. Vi har ju lärt oss att tillverka grundämnen i kärnreaktorer och partikelacceleratorer men våra bidrag till den materia som redan finns på jorden är mindre än en spottloska i Atlanten.

Vetenskapen anser att vår sol inte kommer att explodera utan när vätet som är bränslet tar slut om cirka fyra och en halv miljarder år kommer solen att expandera så att de närmaste planeterna, däribland jorden, kommer att slukas av solen. Därefter krymper solen, blir vit och mycket mindre varefter den gradvis kallnar och blir en stor svart sten efter några miljarder år.

De tyngre grundämnen vi fick när jorden skapades har bevarats men de är i allmänhet bundna i kemiska föreningar som ibland förändrats genom påverkan av atmosfärer eller omgivningen. Man kan studera detta så att säga bakvägen genom att granska meteoriter som faller ned på jorden. Flertalet av dem bildades i samma gas- och stoftmoln som jorden men har genom sin långa resa i rymden påverkats mycket mindre än stenarna på jorden. Därmed kan vi i meteoriterna se vad jorden innehöll från början.

Jordens uppbyggnad.

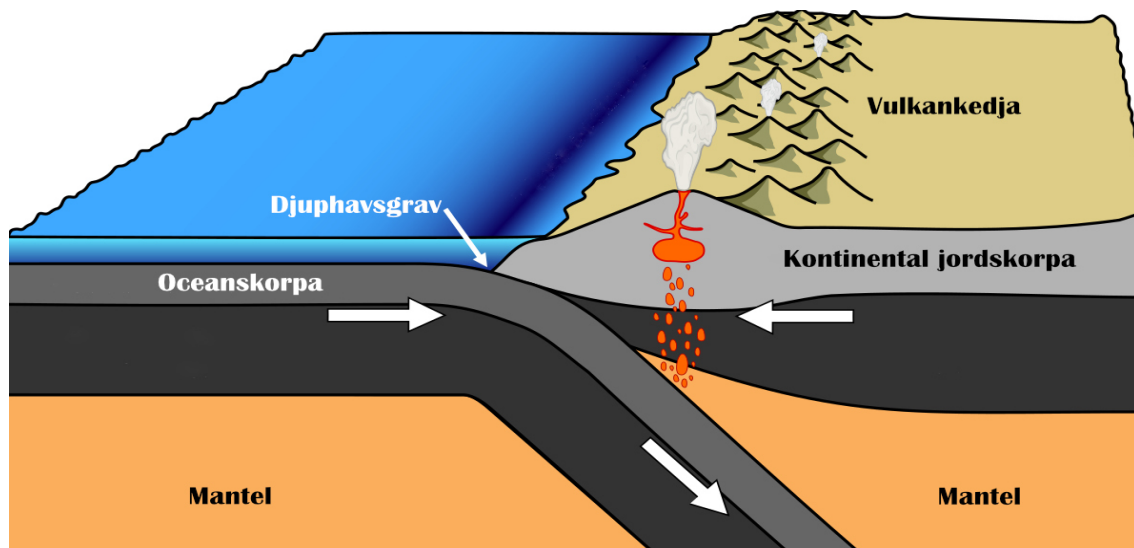
Jorden har en het kärna som till största delen består av järn med en aning nickel och utanför kärnan en mantel som är uppbyggd av bergarter som består av silikater (kiseldioxidföreningar) och innehåller mycket järn och magnesium. Den nedre delen av manteln är flytande och närmare jordytan blir den allt fastare. Ovanpå manteln flyter ett mycket tunt, jämfört med kärna och mantel, lager som utgör jordskorpan. Om man jämför jorden med ett äpple motsvarar äppelskalet jordskorpan. Vi betraktar jordskorpan som fast men den är ganska flexibel. Jordskorpan är på kontinenterna mellan 30 och 70 kilometer tjock men under oceanerna mellan 5 och 10 kilometer tjock.

Jordskorpan är uppbruten i några plattor av två typer, kallade kontinentala skorpor och oceaniska skorpor, som likt isstycken på en vårflod följer med strömmen. Strömmarna i manteln är ganska långsamma så plattorna rör sig med i storleksordningen några centimeter per år. De här plattrörelserna ställer till med mycket elände för människorna på jorden.

När två plattor rör sig med olika hastighet kan de haka i varandra och när rörelsen släpps fri frigörs den upplagrade energin i en jordbävning. I Kalifornien vid San Andreasförkastningen väntar och förbereder sig människor på 'The Big One', den mycket förödande jordbävning som kommer någon gång i framtiden. Om två plattor rör sig mot varandra veckas plattorna så att det uppstår höga spetsiga berg som i Alperna eller Himalaya.

Ett annat alternativ är att en platta (oftast en oceanplatta) glider under den andra (kontinentplatta) och då orsakar friktionen mellan plattorna en så stor upphettning att det uppstår vulkanutbrott och jordbävningar samt även tsunamis. Den lättare plattan glider under den tyngre och viks ner i manteln, smälter på grund av hettan i manteln och löses upp av magman. Ett sådant område kallas ett subduktionszon. I Stilla Havet finns flera subduktionszoner, exempelvis Japan och Filippinerna.

Om två plattor glider från varandra blir det en spricka i jordskorpan som magmamassor strömmar ut genom och området blir vulkanrikt. Sådana vulkaner har skapat Island som ligger på den Mittatlantiska spridningsryggen.



Exempel på subduktionszon. Bild från Wikipedia.

Malmer och mineralisering.

Från början var väl de kemiska ämnena någotsånär jämt fördelade i jorden men så småningom började de tyngre ämnena att bildas och koncentreras till olika platser. I detta sammanhang är malmerna mest intressanta. De är metaller eller metallföreningar som har så hög koncentration av metaller i det omgivande berget att de kan användas för framställning av metallen. Malmmineral är tyngre än många andra ämnen. I en relativt ytlig magmakammare som inte har varit inblandad i vulkanism har ämnen som bildar malmer sjunkit till botten medan magman varit flytande för att senare fastna på botten när magman svalnat och stelnat. Det har bildats en malmkropp på botten. Malmkroppen har en hög koncentration av malmmineral. Förr brukade malmkroppar kallas malmstreck eller malmådror. Mineralisering innebär en hög halt av malmmineral men inte tillräckligt hög för att med lönsamhet framställa metallerna ur mineraliseringen.

Två andra faktorer som orsakade koncentration av malmmineral ur bergarter var jordens atmosfär och vattnet på jorden. Genom atmosfären oxiderades grundämnena till ämnen som var något lösbara i vatten. När vatten trängde in i manteln så hettades vattnet upp och löste upp metallföreningar, även de mer svårlösbara. Vattnet sögs upp av porösa delar av jordskorpan eller sprickor i berggrunden och vattnet försvann och lämnade kvar metallföreningarna som omvandlades till malmkroppar.

I stora djup i oceanerna kan det finnas undervattensvulkaner som omges av hetvattenkällor som värms upp av het magma. Det heta vattnet löser främst metallsvavelföreningar och sprutar ut vattnet där metallföreningarna kristalliseras när de kommer ut i det kallare vattnet. Hetvattenkällorna karaktäriseras av skorstenar som bildats av kristalliserade metallsulfider. På botten runt omkring hetvattenkällorna bildas tjocka lager av metallsulfider som emellertid ofta täcks av tjocka lavaskikt som bildats när vulkanen fått utbrott.

Det finns andra processer som ibland koncentrerar metallföreningar till malmkroppar. Bergarter vittrar ner under inverkan av vatten, luft och frost och resultatet blir till grus som transporteras med vattendrag till haven. När vattenhastigheten avtar sjunker gruspartiklarna till botten och blir kvar där. Ju tyngre partiklarna är desto tidigare sjunker de och då blir koncentrationen av metallföreningar större närmare flodmynningarna. Ett antal miljoner år senare har ett tjockt lager sediment förstenat föreningarna till en nästan horisontell malmkropp. Efter ytterligare några miljoner år har kontinentalplattorna krockat och knycklats ihop till bergskedjor som hamnat ovanför havsytan. Malmkroppen kommer att veckas på samma sätt som resten av jordskorpan. Efter ett antal tusen år börjar processen om.

Andra faktorer som har förändrat jordskorpan utseende och struktur är istider med stora inlandsisar. Om det blir ett klimat som över en längre tid gör att det snöar mer på vintern än det tinar bort på sommaren erhålls ett växande istäcke som lägger sig över stora delar av jorden. Det här tar tid, istider kan vara tiotusentals år eller till och med hundratusentals år långa. Inlandsis ligger inte stilla utan flyter sakta nedåt och slipar ner berg till sten och grus, isen fungerar som ett jättestort sandpapper som långsamt slipar ner bergstoppar och jämnar ut landskapet. Smältvatten skapar stora floder under isen som för med sig mängder av sten och grus som bildar långa och höga åsar utanför det istäckta området. Malmkroppar i bergen kan, även om de ligger djupt från början, slipas fram så att de ligger i dagen när isen har dragit sig undan.

Inlandsis är duktig på att sopa igen spåren av tidigare istider i samma område. Trots detta har man konstaterat att jorden har haft en istid för drygt två miljarder år sedan och därefter haft ett otal istider. Den senaste istiden började för etthundra tusen år sedan som slutade för tiotusen år sedan.

Det kan väl antas att det finns malmkroppar i hela jordskorpan men vi vet inte säkert för vi har inte borrar oss ner tillräckligt djupt. I Ryssland har man borrar ner till 12 kilometer och tagit upp borrhärnor. Den djupast belägna gruvarbetsplatsen finns i en sydafrikansk guldgruva och den lägsta nivån ligger på 3900 meters djup. Guld är ju så värdefullt att man har råd att gräva djupt. Vi har ju cirka 4,5 miljarder år på oss för att komma djupare och undersöka om det finns fler eller färre malmkroppar djupare i jordskorpan. Eller annars får vi vänta på att kontinentalplattorna trycker upp malmkropparna i höga bergskedjor och nya istider slipar fram oupptäckta malmkroppar.

Brytning av berg och mineraler.

Brytning innebär att ta loss och tillvarata fasta naturmaterial från naturen kan göras på två nästan likadana sätt, antingen bryta i täkt eller i gruva. Båda sätten kräver tillstånd men täkten avser nog lagstiftaren vara mindre omfattande och har en enklare tillståndsprocess. I en täkt tänks bergmaterial som sten, grus och sand hämtas medan en gruva är avsedd för mineraler och bergarter. Här lämnas täkter och skriften koncentreras på gruvor.

Av gruvor finns två typer, dagbrott med himlen som tak och underjordsgruvor där brytningsplatsen ligger inne i berget. För dagbrotten gäller att det brytningsvärda ligger vid markytan eller på ett ringa djup under marken. Ligger malmkropparna längre ner i marken är underjordsgruvor det enda alternativet för att bryta malmen.

Gruvdriftens tidiga historia.

Ngwenyagruvan i västra Swaziland anses vara världens äldsta gruva. Där bröts järnmalm och gjorda fynd där har åldersbestämts med C14-metoden och kommer från ungefär år 43 000 före Kristus.

I Södra Sallerup inom Malmö finns ett stort gruvområde där stenåldersmänniskor i underjordsgruvor har grävt efter flinta som var inbäddad i krita. Gruvverksamheten började ungefär 4000 år före Kristus och pågick fram till bronsåldern (cirka 1700 år före Kristus). I Europa har saltgruvorna i Bad Dürnberg tidigare ansetts vara äldst, brytningen började för ungefär 2500 år sedan. Men undersökningar i Sverige har visat att kopparmalm började brytas i Garpenberg cirka år 400 före Kristus. År 2017 fann man bottensediment i en

närbelägen sjö med har samma innehåll som malmkroppen i Garpenberg och tidsbestämt till ungefär 400 före Kristus. Tävlingen om Europas första gruva för malm- eller mineralbrytning har nog slutat med dött lopp.

Falu koppargruva som tidigare korats som Sveriges äldsta gruva började sin verksamhet på 1100 eller 1200-talet eller möjligen två till tre hundra år tidigare. Det första skriftliga belägg om en svensk gruva kommer från 1288 när biskop Peter i Västerås kungör att han byter till sig 1/8-del av Tiskasjöberg. Tiskasjöberg har bytt namn till Kopparberget och kallas numera Falu gruva. Originalen till kungörelsen finns på Riksarkivet och anses vara världens äldsta existerande aktiebrev.



Biskop Peters i Västerås kungörelse att han bytt till sig 1/8 av Tiskasjöberg (Falu gruva). Kung Magnus, ärkebiskopen Magnus i Uppsala, biskoparna Bengt i Linköping, Anund i Strängnäs och Johannes i Åbo har fäst sina sigill på dokumentet som skrevs på latin och upprättades år 1288. Foto Riksarkivet.

De är svårt att bedöma vilka underjordsgruvor som är äldsta, dels finns det ingen ordentlig dokumentation, dels har både dagbrott och underjordsgruvor betecknat som gruvor. Man kan nog på goda grunder anta att många underjordsgruvor startats som dagbrott varefter man börjat gräva allt djupare efter malm.

Under medeltiden drevs gruvor och hyttor av bergsmän, ensamma eller i kollektiv. Bergsmannen var en bonde som fått privilegium att bryta malm eller att förädla den till tackjärn. Han var dubbelarbetande, på våren när vattentillgången var tillräckligt god att driva vattenhjulen arbetade han med malmbrytning eller järnframställning, under övriga delar av året var han bonde. Järnframställning gav goda inkomster så att man betraktade nog jordbruket som binäring. Så småningom började järnhanteringen att tas över av kapitalstarka människor men bergsmän var aktiva ända in på 1800-talet.

Dagbrott.

För att bryta malmer var dagbrott de absolut vanligaste brytningssätt när brytningen började bli storskalig men underjordsgruvor förekom. Dagbrott består vanligen av ett grunt schakt, ett hål i berget som mestadels går vertikalt. Schakten några meter djupa men kunde vara några tiotals meter. I princip gick man ner till underkant på malmkroppen. Därefter bearbetades sidorna av schaktet av gruvarbetarna med spett och hackor för att bryta bort malmstycken och gråberg. Gråberg kallas de bergarter som skiljer malmstycke från varandra och som inte innehåller malmineral eller ett innehåll med minimala mängder av malm.

Såväl gråberget som malmen är hårda och massiva så brytningsarbetet är mycket tungt. Snart började man att göra berget sprödare genom att placera vedstockar på eller bredvid berget och tända på veden. Lät man elden heta upp berget under ett dygn eller lite kortare tid blev det betydligt sprödare vilket underlättade brytningsarbetet. Metoden kallas tillmakning. Många brukar ange att vatten slängdes på den heta bergytan vid tillmakning för att spräcka berget med spänningar orsakade av den plötsliga temperaturförändringen. Troligtvis avstod man oftast från vattentillförseln eftersom det var svårt att få ut överskottsvattnet ur gruvan.

Det syns tydligt på en bergyta om den bearbetats genom tillmakning. Ytan är ojämn fast slät. Tillmakning började försvinna på 1700-talet och tog helt slut i mitten av 1800-talet. Det gick åt förskräckligt mycket ved på grund av tillmakning innan sprängmedel blev mer tillgängliga.

Om malmkroppen växte i storlek från markytan och när man kom neråt så uppstod vid brytningen ett rum vid schaktbotten. Detta utrymme kallades förr för en rymning.

Naturen försöker alltid att återvinna förlorat område vilket märks tydligt i gruvor. Grundvatten sipprar in i schakten och regnvatten kommer in om schaktet saknar tak. I tidiga dagbrott fanns inga pumpar som tog ut vatten från gruvorna utan man tvingades bära eller hissa upp vattnet i ämbar eller bryta en något nedåtlutande stoll från schaktbotten till bergssidan. En stoll är en horisontell eller nära horisontell gruvgång som slutar utanför berget. Stollen ledde ut vatten från schaktet men kunde också användas för att forsla ut det brutna berget från gruvan. En enklare åtgärd som ofta praktiserades var att överge den vattenfyllda gruvan och bryta ett nytt schakt i närheten av det ursprungliga. Det var en vanlig lösning då malmkroppen var stor.

Moderna dagbrott.

Dagbrott är fortfarande flitigt använda vid malm- och mineralbrytning men metoden praktiseras på ett helt annorlunda sätt än förr. Malmkroppen måste ligga nära jordytan men begreppet nära kan betyda åtskilligt fler meter än i det forna fallet. Moderna stora schaktmaskiner kan på kort tid frilägga berget även om det är täckt av ett flera tiotals meter tjockt jord- och stenlager.

I det moderna dagbrottet används nästan alltid pallbrytning för att bryta berget. Pallbrytning går till så att berget skalas av i horisontella skikt med hjälp av bergborring och sprängning.



Pallbrytning vid koppargruvan i Aitik. Bild Ny Teknik.

Utgående från en horisontell avsats i berget (en så kallad pall) borrar ett stort antal lodräta hål i berget till en noga bestämt djup. Därefter laddas hålen med sprängmedel, kraftigaste laddning i botten på hålen och

svagare längre upp. När man flyttat sig i säkerhet antänds sprängmedlen i alla hål och berget i närheten av de borrade hålen krossas till mindre bergstycken som lägger sig i en hög på det underliggande fasta berget. Om det borrar till exakt samma djup i alla hålen får man en någorlunda jämn och fast bergyta under det krossade berget och om man laddat lagom flyger inte bergstyckena all världens väg. Sedan är det bara att kalla på lastmaskiner och transporttruckar som forslar bort malm och gråberg på den nyskapade pallen.

Efter sprängningen får man ibland så stora bergblock att de inte kan hanteras av maskinerna. Sådana block kallas skut och, i varje fall om det är block med malminnehåll, knackas sönder med hydrauliska hammare eller spräckas med försiktig sprängning.

När brytningen pågått en längre tid ser man pallbrytningens karakteristiska mönster, trappstegsutseendet på bergssidan. Varje steg motsvarar tjockleken av en bruten pall. Palltjockleken brukar vanligen bestämmas av hur långa borr som bormaskinerna kan ta. Vanligtvis är palltjockleken mellan 15 och 30 meter.

De sista borrhålsraderna invid den bergyta som ska lämnas kvar ger man en liten lutning och de raderna får också en svagare laddning så att inte bergssidan skadas alltför mycket och att sidan kommer att slutta en aning. Detta görs för att minska risken för farliga stenras.

Brytningen fortsätter utåt tills man kommit utanför malmkroppen. När man på detta sätt vidgat dagbrottet kan man också fortsätta att stegvis bryta malm neråt.

Bergboringen i dagbrott görs på grund av noggrannhetskraven på borrhålen med stora och kraftiga bormaskiner. Borrhålen ska bilda ett jämnt mönster, borrhålen ska ha en rätt stor diameter så att stor sprängämnesmängd kan användas, borrhålen ska vara lodräta (utom de som gränsar mot sidan av skivan som ska luta i en bestämd vinkel) och botten på alla borrhål ska ligga i samma horisontalplan. Bergytan borrhigen (borrutrustningen) står på är inte så jämn att man kan utgå från maskinen när alla mätningar skall göra utan man måste använda GPS-teknik med centimeternoggrannhet för att göra inställningarna för varje borrhål. Borrhiggarna har kompletta bormaskiner med automatisk borrhålsförlängning och hydraulpump (majoriteten av maskinerna använder hydrauliska bormaskiner). För beskrivning av bergbormaskiner och deras historia se kapitel Bergbormaskiner på sidan 11 i denna skrift. Borrhiggarna har ett torn som kan lutas något i alla riktningar och där en bormaskin glider på gejdrar längs tornet. En borrhigg är oftast dieselmotordriven, självgående i allmänhet på band och betjänas av en man som sitter bekvämt i en ljudisolerad hytt.



Borrhigg för dagbrott. Foto Epiroc AB.

Underjordsgruvor.

Under den gamla tiden när malmkroppen låg djupt under bergytan hade man inget val, skulle malmen brytas måste man först gräva sig ner till malmkroppen. Först tog man upp ett lodrätt schakt för transporter upp och ner samt för att föra ner ventilationsluft i den framtida gruvan. Det senare var särskilt viktigt under den tidigare gruvdriften för att eldarna för tillmakningen behövde stora luftmängder. Dessutom behövdes extra schakt vilka verkade som skorstenar och vädrade ut röken från eldarna.



Tillmakning visas på den undre bildhalvan. Teckning av Georgius Agricola före 1555.

Träffade man på en malmkropp startade malmbrytningen, om inte fick man lov att gissa åt vilket håll malmkroppar kunde finnas. Det var då gruvstigaren eller enklare stigarens uppgift peka åt vilket håll en gång skulle tas upp. Stigaren var dåtidens gruvingenjör och arbetsledare. Han fick granska bergets utseende för att försöka peka åt rätt håll. Det fanns inga hjälpmedel tillgängliga utom slagruta, ett ganska opålitligt verktyg. Man tog väl till allehanda svartkonster och gruvfrun tillfrågades ibland. Gruvfrun var en mytisk sagofigur som ansågs äga malmen i berget. Ofta sågs väl antydningar i bergväggarna genom små mängder malm och problemen löste sig. I vissa gruvor med väl avgränsade malmkroppar var sökningen besvärlig. Särskilt i Sala silvergruva sades malmen ligga som russin i en russinkaka. Placerades man mitt i kakan hade man väldigt svårt att säga var russin fanns. I Sala silvergruva finns det flera gånger i berget som slutar utan någon malm brutits.

Gångar som i huvudsak går horisontellt inne i en underjordsgruva brukar benämnas orter liksom större bergtrum i vilka det bryts eller har brutits malm. Gångar som har en större lutning brukar kallas stigorter.

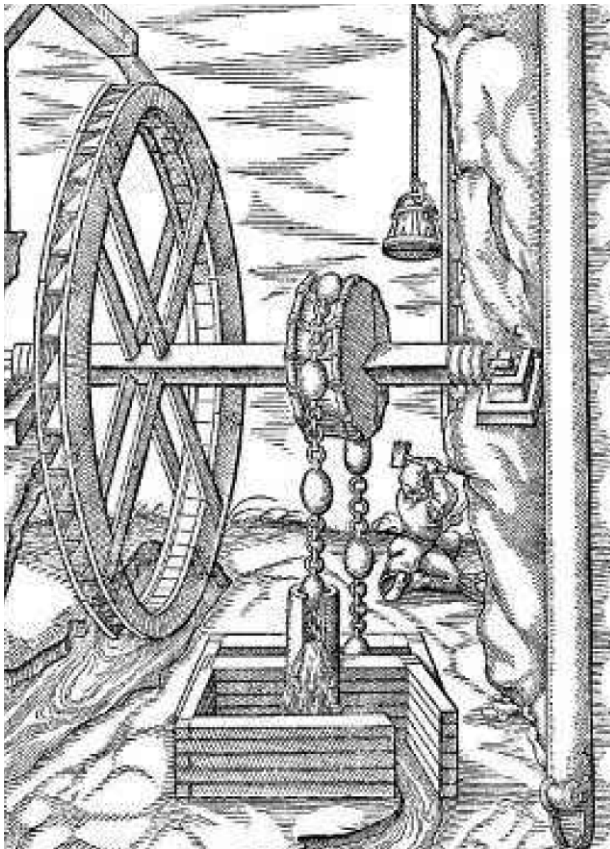
Det är viktigt att lämna ordentliga pelare mellan sulan (ortens golv) och tak i större orter för att minska risken för ras i gruvan. Stora ras som bildade så kallade stötar i bland annat Sala silvergruva (flera ras i slutet av 1500-talet och raset i Stens Botten år 1612) och Falu koppargruva (raset som bildade Stora Stöten år 1687) har berott på slarvig brytning och alltför få bärande pelare. Det har varit en himmelsk tur att de flesta rasen har inträffat under helger då inga människor funnits i gruvorna.

Nutida prospekterare har genom moderna mätmetoder stora möjligheter att avslöja naturens hemligheter. Magnetometrar som mäter magnetfält är mätinstrument som och kan visa närvaro av magnetiska malmer, gravitationsmätning upptäcker stora tunga kroppar under marken genom att gravitationen ökar i närheten av dem, markradar och seismiska mätningar visar täthetsskillnader i marken. När intressanta områden upptäckts sätts omfattande provborringar in från marknivå. Dessa ger borrhärdar som visar bergets skiktningar och malmkropparnas läge, storlek samt metallhalt.

Med så mycket kunskap är det då möjligt att konstruera en gruva utan att ha tagit ett enda spadtag. Det är då dags att samla kapital för det är väldigt dyrt att öppna en gruva, alla tillstånd måste sökas och behandlas vilket tar lång tid. Därefter krävs årtals av grävande innan malm har brutits till försäljning.

Underjordsgruvornas utveckling.

I de tidigaste gruvorna var all verksamhet manuell, malmen bars på bårar eller i korgar och hissades upp korta sträckor med enkla handdrivna vinschar. Vatten bars eller langades i träbyttor och hissades upp. I slutet av 1600-talet började man att använda skottkärror i gruvorna och med början i 1700-talet användes hästar med vagnar i de större gruvorna. När schakten blev djupare ersatte man människors muskler med hästars eller oxars, häst- och oxvandringar stod för drivkraften. Djuren kopplades fast vid stora horisontella hjul och fick vandra runt. Detta gav stora vridmoment åt maskineriet som drevs av hjulet. De kallades på den tiden häst- och oxvindor. Åtskilliga malmhissar med längre lyftsträckor drevs på detta sätt.



Det behövdes emellertid kraftkällor som levererade kraft kontinuerligt för att driva vattenpumpar som pumpade vatten ur gruvor. Den enda kraftkälla som då fanns tillgänglig var vattenkraft men vattenfall och forsar fanns på en plats och gruvorna fanns på helt andra platser. På gamla gruvplatser som Kopparberget och Sala dämades sjöar upp och kanaler grävdes fram till gruvorna för att få vattenhjulen att leverera kraft där den behövdes. Det gick rätt bra men det var mycket dyrbart och var inte användbart när gruvor låg på det högsta berget i hela omgivningen. Från mitten av 1500-talet började vattenpumpningen i gruvor ske med en typ av kedjepumpar som drevs med människor eller med hästvandringar. En ändlös kedja med tagelfyllda skinnpungar drogs genom en trästock urborrad som ett rör och varje skinnpung som tätade mot rörets väggar drog med sig en skvätt vatten upp till rörets topp. I bilden till vänster visas en vattenhjulsdriven kedjepump. Teckningen är gjord före 1555 av Gregorius Agricola som var stadsfysikus, borgmästare och uppfinnare inom bergshantering. I boken *De Re Metallica* presenterade Agricolas sina uppfinningar. Kedjepumpar användes vid Stora Kopparberget i Falun från mitten av 1500-talet.

I slutet av 1500-talet kom man på att överföra energin mekaniskt mellan vattenhjulet och energiförbrukaren, vattenpumpen eller malmhissen. En vev på vattenhjulet fick en trästång att röra sig i en fram- och återgående rörelse som i stångens andra änden drev en vattenpump eller en malmhiss. Eftersom den överförda rörelsen är fram- och återgående är det enklast med samma rörelse på den drivna apparaten. De mest använda typer av vattenpumpar var kolv-pumpar vilka fungerade på samma sätt som en gammaldags handdriven gårdspump. En teoretisk lösning av en stånggång med kort stång fungerade anständigt men inte alls med långa stänger. Trycker man på en lång slank stång kommer den att böjas i stället för att flytta en last i andra änden. Lösningen på detta problem var ganska enkel, en vev till sattes på vattenhjulet med vevarmen åt andra hållet och en stång till sattes in. Då fick man under ena halvvarvet dragning i den ena stängen och under det andra halvvarvet dragning i den andra stängen.

Det dröjde dock några tiotals år innan förbättringen hade fått fotfäste i Sverige och funktionsdugliga stånggångar byggts. Stånggång är ett modernt namn på en sådan kraftöverföring, förr kallades de för konstgångar eller bara konster, då vattenhjul var inblandade kallades de vattenkonster . Konstmästaren vid en gruva ansvarade för vattenhjulets och stånggångarnas utveckling och underhåll.



Lombergshjulet i Grängesberg, nu en kopia av det ursprungliga polhemshjulet som emellertid från början inrymdes i ett hjulhus.



Renoverad stånggång i Pershyttan. Den är inte i bruk utan finns som museiföremål.

Stånggångar var effektiva och betydelsefulla för rationalisering av gruvverksamhet. De var billiga i drift och var särskilt väl lämpade för länsumpning eftersom de kunde arbeta dygnet runt. Man fäste gärna en liten klocka som plingade varje gång en stångång i vattenpumpningen växlade rörelseriktning. Så länge plingandet återkom fungerade pumpningen, blev det tyst var det fara på färde.

Stånggångar var trots allt inte den slutliga lösningen på kraftöverföringen, de hade också påtagliga nackdelar. Stånggångar måste byggas spikrakt mellan vattenhjul och energiförbrukare. Måste man ändra riktning på stångången var det nödvändigt att sätta in ett så kallat vändbrott. Det bestod av ett horisontellt hjul där



stånggångens båda stänger var fästa på diametralt motsatta ställen. Den utgående stångångens stänger var likadant fästa fast med en ny riktning. Vändbrotten kunde också användas för att koppla in ännu en maskin till samma vattenhjul. Vändbrotten tillförde friktionsförluster till stångången som lades till förlusterna i stängernas upphängning. Förlusterna begränsade längden för en stångång till 2,5-3 kilometer.

Stånggångar var trots sin ålderdomliga grundkonstruktion mycket använda, även i lite senare tider. De sista stångångar som användes vid gruvdrift slutade användas först på 1920-talet. Det lades mycket energi på att förbättra vattenhjul och stångångar, speciellt av det svenska maskinsnillet Christopher Polhem (1661-1751) som porträtteras på målningen till vänster av konstnären Johan Henrik Scheffel 1741 och finns på Nationalmuseum. Stora vattenhjul kallas än idag polhemshjul till hans ära.



Maskinhuset i Dannemora där Märten Triewald satte upp Sveriges första ångmaskin 1728. Foto från Wikipedia.

Sökandet efter nya energikällor pågick under 1700-talet främst i England och Mårten Triewald som studerat engelska ångmaskiner installerade i Dannemora gruvor år 1728 en 'eld- och luftmachin' som drev en vattenpump. Dessförinnan hade för vattenuppföringen här använts av vatten- och vinddrivna pumpar. Ångmaskinen hade dock en dålig tillförlitlighet och tidigare kraftkällor fortsatte att användas men redan 1805 installerades en ny ångmaskin av James Watts förbättrade typ på tio hästkrafter för vattenpumpningen.

Ångmaskiner blev mer använda under 1800-talet men de flesta gruvorna hade redan väl fungerande vattenhjuldrivna länsmpumpar som man fortsatte användas. Ångmaskiner användes då mest för att driva malmhissar.

Med 1900-talet kom också lösningen på kraftförsörjningsproblemen för gruvorna. Genom storskalig trefas elkraftgenerering, elnät för höga effekter och små elmotorer för mindre maskiner till stora motorer för effektslukande maskiner exempelvis malmhissar för höga transporthastigheter kunde gruvornas utrustningar dimensioneras utifrån behoven i stället från tillgänglig energiproduktion. Gruvorna mekaniserades och arbetskraften slapp många riktigt tunga arbetsmoment. Gruvarbetarna började få mänskliga jobb även om olycksfallsriskerna fortfarande var höga i gruvorna. Hålbörning i berg gjordes maskinellt, lastning, lossning och transporter av gråberg och malm började långsamt att göras mer maskinellt.

Malmbrytning med hjälp av tillmakning var länge den enda metoden men sprängning med svartkrut verkade lockande fast tillverkning av krut var dyrbar och tog lång tid. Det gjorde krut dyrt och dessutom ansåg man att krigsmakten skulle ha första tjing på bristvaran krut. Med alla dessa krig som utkämpades blev det inget krut över till gruvbrytningen. I Sverige kom den första användningen i större skala vid Nasafjälls silververk 1635 och framåt. Silver var lika värdefullt som krut och Nasafjäll låg mildtals från närmaste skog med ved för tillmakning. Därefter dröjde det till 1710-talet innan det i andra gruvor användes krut men krutet konkurrerade inte direkt ut tillmakningen. I en del gruvor användes båda metoderna tillsammans. Efter en krutsprängning blev bergväggen mycket skrovlig och tillmakning gav riktigt bra effekt på det ojämna berget.

För att spränga berg krävdes att det borrades hål i bergväggen vilka fylldes med krut som man fick att detonera. Explosionsgaserna expanderade och skapade sprickor i berget som bröts sönder. Hålen borrades med en järn- eller stålborr som i spetsen hade en tvärgående egg som var lite bredare än borrstången. I den andra änden slog man på borren med en slägga. I hårda bergarter krossades berget under eggen och det bildades ett fint pulver av berget. Pulvret kallas borrkax som helst ska komma ut ur hålet snabbt annars hindras borret vid nästa slag. Borren skall vridas en aning mellan slagen annars riskerar den att kilas fast i berget. Vanligtvis brukade borring skötas av två man, en som slog med en tung slägga och en som vred borren. I hårt berg kunde man borra cirka en halv meter innan borrens egg blivit så slitna att det behövde smidas en ny egg på borren. Om flera borrar höll igång samtidigt hade en smed jämt göra att skärpa borrar.

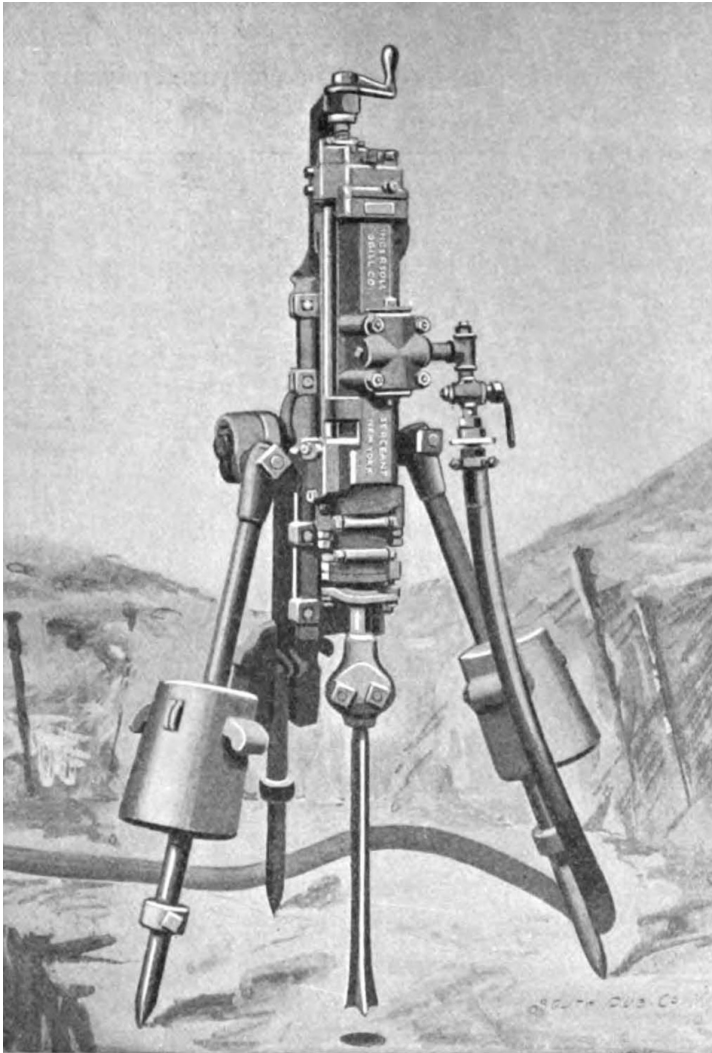
Bergborrmaskiner.

I mitten på 1800-talet uppfanns flera olika maskiner för bergborring men ingen maskin kunde då konkurrera med handborring utförd av vana gruvarbetare. Efterfrågan på effektiva bergborrmaskiner ökade kraftigt då ett flertal projekt inletts för att borra järnvägstunnlar genom Alpernas hårda bergarter.

Den första bergborrmaskinen som kunde borra såväl horisontala och vertikala hål uppfanns 1871 av amerikanen Simon Ingersoll. Maskinen kunde drivas med vattenånga eller tryckluft och var så stor och tung att den måste arbeta fäst i en ställning. Ångdrift kunde bara användas i dagbrott medan sådan drift inte var aktuell under jord. Den använda ångan måste kunna vädras ut snabbt dessutom behövde ångpannan placeras nära bormaskinen så att även rökgaserna behöver vädras ut. I berggrum kan metan läcka ut och därför undviker man att elda för att undvika en explosions-risk och därför är ångpannor olämpliga under jord. Av dessa anledningar valdes tryckluft som drivmedium för bergborrar vid underjordsbrytning. För övrigt kom även flera andra flyttbara och fasta maskiner att drivas med tryckluft vilket ansågs vara ett lätthanterligt och säkert drivmedium i gruvor under jord.

Anton Sjögren var född 1822 och började sin karriär den akademiska vägen och blev docent i mineralogi 1848 innan han växlade spår genom att ta bergsexamen vid Bergsskolan i Falun och fastnade därefter i gruvindustrin. Han anställdes som gruvingenjör i Persberg och blev sedermera bergmästare. Hans breda kunskapsbas gjorde honom till en av människorna bakom moderniseringen av gruvdriften i slutet av 1800-talet.

År 1862 bekostade Jernkontoret för honom en tre månaders studieresa till Tyskland, Schweiz, Böhmen och Tyrolen där han bland annat studerade bergbrytningsmetoder, redskap och gruvarbetarnas villkor. Han besökte även industriutställningen i London. Vid besök vid gruvorna i Freiberg fick Sjögren se den av Schumann år 1856 konstruerade bergbormaskinen. Sjögren blev så imponerad av maskinen att han beställde ett exemplar till Persberg där den provades men blev en besvikelse. År 1865 konstruerade Sjögren en egen bättre maskin med utgångspunkt från Schumanns bormaskin.



Simon Ingersolls bergbormaskin som den såg ut 1898.

I de första bergborrarna var borrhstålet (den stång som finns mellan bormaskinen och den borrhande borrhkronan) fäst vid den kolv som vattenångan eller tryckluften förde fram och tillbaka och gav stötkraften till borrhkronan. Maskintypen kallas för stötbormaskiner. Borrhkrona, borrhstål och kolven vägde ganska mycket och maskinhuset måste väga mycket mer för att ge den tröghet som krävdes för att den borrhande delen skulle röra sig med någon hastighet mot berget. Man kan jämföra det med ett gevär som måste vara tungt i jämförelse med gevärskulan.

Bergbormaskinerna var då så tunga att de inte kunde hanteras av en man och de måste placeras i ställningar under borrhningen.

Bormaskiner som konstruerades senare fick en annan lösning. Den nya typen av bormaskiner kallas hammarbormaskiner. I bormaskinhuset rör sig en mindre hammare fram och tillbaka av tryckmediet och i det främre läget ger den ett slag mot borrhstålet precis på samma sätt som vid handborrning. Borrhkronan måste ha kontakt med berget för att det ska fungera, man skulle pressa på borrhkronan mot berget. Vidare måste borrhkaxet komma ut ur borrhålet. Det senare löstes med en kanal mitt i borrhstålet som användes för att mata in tryckluft eller vatten till borrhålets botten för att trycka ut kaxet. Vatten är det klart bättre alternativet för det kyler borrhkronans skär och det är mycket hälsosammare även om borrharen måste bära

regnkläder. Luft blåser ut små partiklar av stendamm i andningsluften vilka fastnar i lungorna och ger obotliga lungskador. Sjukdomen heter silikos, med svenska ord stendammslunga eller stenlunga.

Det var först 1874 när Jernkontoret finansierade en undersökning av vilka tryckluftsdrivna maskiner som var effektivast att borra i berg som man såg att vissa maskiner var överlägsna människors handborrning. Professorn vid Teknologiska institutet i Stockholm Carl Arendt Ångström sändes till världsutställningen i Wien år 1873 för att undersöka utbudet av bergbormaskiner. Carl valde ut tre tyska stötbormaskiner konstruerade av herrarna Sachs, Döring och Osterkamp samt en maskin konstruerad av svensken Olof Bergström vilka skulle provas i gruvan i Dalkarlsberg. Dem sachska maskinen befanns bättre än konkurrenterna. I en österrikisk studie tävlade Sachs maskin mot en amerikansk hammarbormaskin som uppfunnits 1849 av Jonathan J. Couch och förbättrats flera gånger tills Charles R. Burleigh patenterade sin variant 1866. Den var klart mer produktiv än Sachs maskin men vibrationerna fick den att falla i bitar.

Det svenska företaget Atlas Copco har skaffat sig en stark ställning i världen inom tryckluftsteknik i allmänhet och i synnerhet inom bergbrytning genom fiffiga affärsidéer även om vägen dit har varit vinglig. AB Atlas bildades 1873 för att tillverka lok och järnvägsvagnar i huvudsak till Statens järnvägar men redan

1876 minskade SJs beställningar och flera förlustår följde. År 1880 erbjöd sig Atlas att tillverka allt från lokomotiv, järnvägsvagnar, lusthus till blomsterkäppar men det var lönlöst och Atlas rekonstruerades 1890 till Nya AB Atlas med stora förluster för de gamla ägarna. Ångmaskiner fanns på tillverkningsprogrammet och man sökte verktyg för att rationalisera tillverkningen, bland annat behövdes nithammare och dikthammare (till att täta hopnitade plåtfogar) för att tillverka ångpannor. Sådana maskiner fanns inte att köpa så Nya Atlas tillverkade tryckluftsdrivna hammare för sitt egna behov. År 1901 började en fristående tryckluftsavdelning i Nya Atlas marknadsföra tryckluftsdrivna nit- och dikthammare och år 1905 presenterades en egen ångmaskindriven luftkompressor samt den första bergbormaskinen. År 1907 kom den första mobila kompressorn som drevs av en tändkulemotor.

Nya AB Atlas hade samma huvudägare som AB Diesels Motorer som tillverkade fartygsdieslar och företagen slogs samman 1917. Båda företagen gick bra under första världskriget och det gjordes inga förändringar i företagen, de blev nästan helt självständiga divisioner i AB Atlas Diesel. Loktillverkningen i Atlas-delen lades senare ner och kvar blev bara tryckluften. Dieselmotortillverkningen var finare men kom att med tiden bli en förlustaffär, men tillverkningen av tryckluftsmaskiner däremot tjänade så mycket pengar att det räckte en tid för båda divisionerna.

Dieselmotortillverkningen såldes 1948, det sista loket lämnade Atlas Diesel 1951 och därmed var Atlas Diesel helt inriktad på tryckluftsartiklar, främst bergborrar och kompressorer. År 1956 bytte företaget namn till Atlas Copco AB. Copco är en akronym från det nyligen inköpta belgiska dotterföretaget Compagnie Pneumatique Commerciale.

År 1936 lanserade Atlas en ny typ av tryckluftsdrivna hammarbormaskiner för bergborring som enligt Atlas var lätta, starka och effektiva. Maskinerna kunde förses med knämatning för borring åt sidan eller uppåt så att borkronan trycktes mot berget. Knämatningsdonet består egentligen av en tryckluftscylinder som fästs i ena änden snett mot bormaskinen och i den andra änden stöds mot sulan (ortens golv). När tryckluft kopplas till cylindern hålls bormaskinen uppe och borkronan trycks mot botten av borrhålet. Detta minskar belastningen på borrararen genom att han, det rörde sig alltid om män, inte behöver pressa på maskinen och dessutom är vikten av bormaskin med knämatning inte större än att en man orkar bära och använda hela utrustningen. Knämatningen användes bara vid borring uppåt eller åt sidorna, neråt hålls inriktningen av borret av borrhålet och bormaskinens tyngd ger tillräcklig presskraft neråt.



Tunneldrivning enligt den svenska metoden. Lätta bormaskiner med knämatning. Foto Atlas Copco.

Under andra världskriget var Sverige ganska isolerat från omvärlden och Atlas nya bergborrmaskin kunde provas och förfinas ostört i våra gruvor och försvarets många byggen av bergrum. Dessutom började Sandvik AB år 1942 att tillverka hårdmetall för att lödas på som egg till bergborrar vilket ökade slitstyrkan oerhört mycket. När Atlas 1946 begav sig till Frankrike för att sälja bergborrustrustningar upptäcktes att konkurrenter från Frankrike, Tyskland och USA redan fanns där och att priskonkurrensen var stenhård. Det var inte möjligt för en nykomling att tjäna några pengar. Atlas återvände till tänkarfasen, de hade ju erfarenheter av sina nya maskiner och de hade ju lärt sig borra med hårdmetall. Försäljningskontoren byggdes ut för att hjälpa kunderna utveckla deras bergbrytning. Atlas (troligen tillsammans med Sandvik) lanserade 'Den Svenska Metoden' att borra med lätta maskiner från Atlas samt borrarstål och borrar kronor från Sandvik. År 1947 skrevs avtal mellan Atlas och Sandvik som gav Atlas ensamrätt till försäljning av borrarstål och borrar kronor. Atlas sålde den svenska metoden med reklam och kundutbildning och där hade de utländska konkurrenterna inget att konkurrera med. Den svenska metoden var mycket framgångsrik inte bara för Atlas utan även för deras kunder. Att det i slutändan var maskiner och utrustning som kunderna betalade för hade ingen betydelse eftersom affärerna redan då var uppgjorda och kunderna betalade det Atlas begärde. Atlas valde då att öka antalet försäljnings- och servicekontor samt att köpa in passande utländska tillverkande företag. Atlas var på väg att bli ett världsledande företag och bytte år 1956 namn till Atlas Copco som numera tillverkar och säljer många olika slags gruvmaskiner.

I början av 1970-talet lanserade flera tillverkare bergborrar med hydraulisk drift. Det rörde sig om hammarborrmaskiner med i princip samma funktionssätt som de tryckluftsdrivna borrarerna, en inre hammare som fördes fram och tillbaka och slog på borrarstålet men drivkraften kom från hydraulolja som lämnades av en högtryckspump. Då man använder hydraulolja erhålls ett större arbetstryck än med tryckluft och hammaren accelererar snabbare till rätt hastighet. Den hydrauliska driften ger då fler slag per tidsenhet än den tryckluftsdrivna borrarerna. Den hydrauliska bergborrmaskinen är generellt effektivare än den tryckluftsdrivna och den har även andra fördelar. Den bullrar mindre än tryckluftsdrivna borrar och lämnar ingen olja till omgivningen. Tryckluftsdrivna maskiner behöver smörjas och en del smörjolja följer med tryckluften ut i form av mycket små oljedroppar som inte är hälsosamma att andas in. Allt talar för att vid storskalig bergbrytning kommer de tryckluftsdrivna borrarerna att försvinna men om en sommarstugeägare behöver ta bort en berghäll kommer säkert bergsprängaren även under lång tid framåt att anlända med en mobil luftkompressor och en tryckluftsborr.

Borrar kronor.

Den gamla tidens borrar bestod av ett borrarstål i vars ena ände en skäregg var smidd och i ett senare skede också var slipad. För den moderna borrarerna har borrarstålet en gänga i änden där man skruvar fast ett kort borrarhuvud med en inngång passande till borrarstålet och i den andra änden fastsatta hårdmetallstycken som ger borrarhuvudet framträngningsförmåga. Borrarhuvudet tränger in i berget genom att berget krossas av borrarhuvudets hårdmetallstyckens slag. Det finns två typer av borrar kronor skärborrkrona och stiftborrkrona. En skärborrkrona har hårdmetalledder som sitter radiellt på kronan medan en stiftborrkrona har stift med sfäriska eller paraboliska ändar monterade på kronans ände. Stiftborrkronor är de modernaste och i allmänhet de effektivaste borrar kronor och följaktligen de mest använda.

När hårdmetallytorna slits ner och får stora plana ytor räcker yttrycket inte till att krossa berget och då får borrarerna sämre inträngningsförmåga. Då slipar man om hårdmetallen till ursprungligt utseende. Slipningen görs med diamantpulver som slipmaterial.



Till vänster en stiftborrkrona och till höger en skärborrkrona. Foto Atlas Copco.

Gruvtunnlar och arbete i tunnlar.

I underjordsgruvornas första tid gjordes tunnlar, kallade även gruvgångar eller orter, så små som möjligt på grund av svårigheten att bryta berg. Tunnlarna var inte vara större än att två man fick rum att transportera malm eller gråberg på en bår mellan sig. När skottkärror började användas i gruvor behövde man lite bredare tunnlar. Omkring år 1700 började hästar göra de tyngsta arbetena i gruvorna. De fick dra kärror eller vagnar med brutet berg från brytningsplatsen till uppföringsschakten där berg och malm hissades till en högre nivå i gruvan. Vanligtvis hissades berg och malm upp i flera etapper i olika hissar innan det nådde marknivån.

Kraften till hissarna kom från hästvindor av vilka en stor del fanns under jord. Ganska många hästar skulle vistas i under jord och detta krävde andra tunnlar och transportvägar i gruvorna. Tunnlarna måste göras bredare för att få utrymme för vagnar och deras körbanor, dessutom måste hästarna kunna passera förbi vagnar och hästarna måste kunna vända i tunnlar. Gångvägar mellan olika nivåer i gruvan måste breddas och göras säkra för hästarna. Man måste även tänka på att belysningen i gruva var sämre än usel, det enda ljuset som fanns var buntar av antända tjärvedstickor som gruvarbetarna bar med sig. Vid slutet av 1700-talet började man använda oljelampor för att lysa sig fram i gruvor, ljusstyrkan var dålig men lamporna var mycket mer lätthanterliga än tjärvedsblossen. Vanligtvis var det ett helt företag att flytta en gruvhäst upp eller ned i gruvan, hästarna måste hissas med malmhissarnas linor. Därför måste stallar anordnas nere i gruvan nära hästens arbetsplats. Det var sällan hästarna togs upp till marknivå för att beta friskt gräs på ängarna. Stallarna låg då intill de stora schakten där ventilationsluft togs in så att hästarna i stallen inte stördes så mycket av rök och spränggaser.

En bit in på 1800-talet började ångmaskiner användas i gruvorna som kraftkälla till malmhissar. Då borrhade man vertikala schakt från marknivå till botten på gruvan och lät en malmhiss betjäna alla nivåer i gruvan. Från brytningsrummen till ett schakt med malmhiss lades i tunnlar smalspåriga järnvägar och gruvarbetare fick för hand skjuta små malmvagnar med berg fram till schakten och tomma tillbaka. Malmvagnarna lastades för hand vid brytningsplatsen och tippades i malmhissen. Därmed försvann behoven av gruvhästar och omkring 1820 hade bruket av hästar under jord avslutats. Ovanför jord användes hästar längre som dragdjur framför hjulvagnar och järnvägsvagnar.

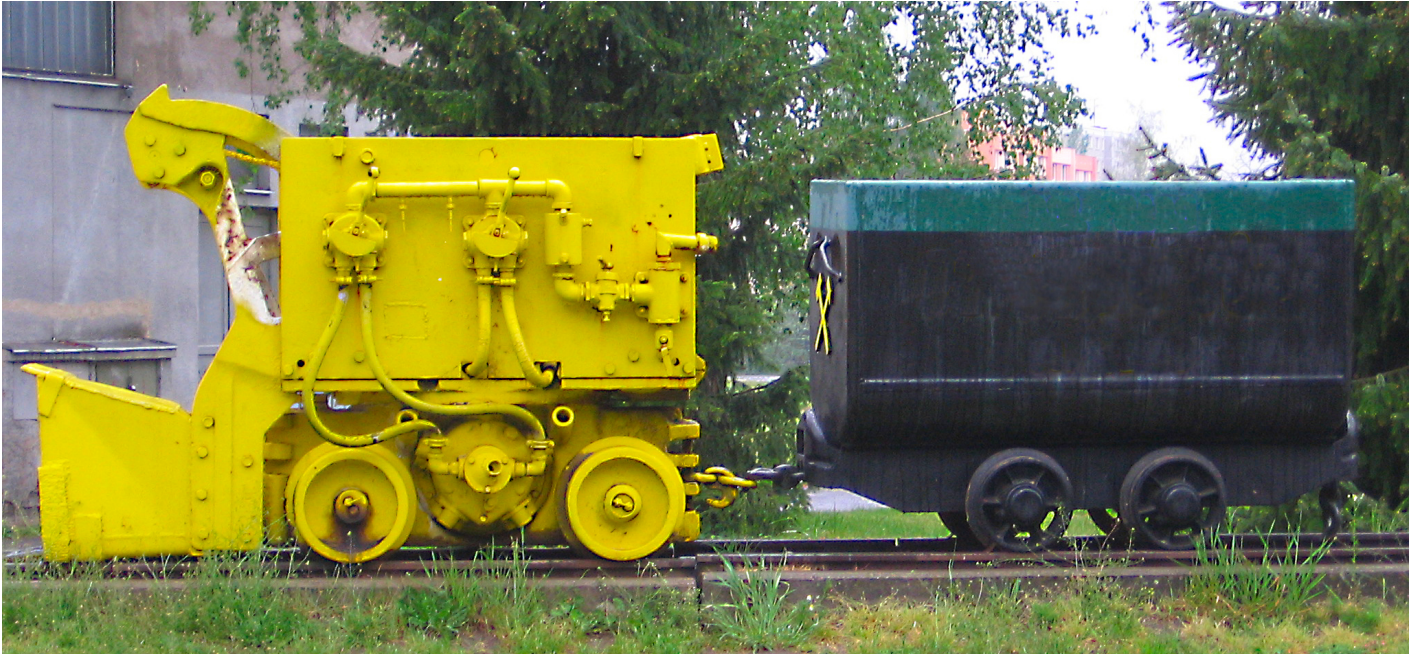
I underjordsgruvorna runt sekelskiftet 1900 började användningen av tryckluftsdrivna bormaskiner och då installerade man rörsystem för tryckluftsdistribution i gruvgångarna som gjorde det möjligt att använda tryckluftsdrivna lok för att dra malmvagnarna. Tunnlarna var fortfarande trånga och låga så loken var pyttesmå och hade små behållare för att lagra tryckluft vilket gjorde att lokens längsta körsträcka var kort så de behövde ladda tankarna i båda ändpunkter. Man började också använda lok drivna av dieselmotorer eller elektriska accumulatorer.

En fiffig tryckluftsdreven kombination av gruvlok och lastmaskin var kastlastmaskinen som var avsett att användas i smala och låga tunnlar. Den har en skopa för berget som sitter riktad framåt och är fastsatt i två armar lagrade i bakkant av loket. En malmvagn häktas fast baktill på loket. När loket körs framåt med skopan nerfälld fylls skopan med det krossade berget och när skopan vrids bakåt ramlar bergstyckena ned i malmvagnen. När malmvagnen är fylld backas den bakåt och kopplas bort från loket och en tom malmvagn



Hästvind till exempelvis en malmhiss. En häst spändes fast i seldonet och fick vandra runt medan hisslinan lindades upp på vinschtrumman. Teckning av Ferdinand Boberg 1918.

växlas in i dess ställe. Föraren går och står bredvid loket där han har alla reglage. Lokets motorer avger utgångsluften stötvis vilket låter precis som en grymtande gris och följaktligen kallades maskinerna vanligtvis grisar. Kastlastmaskinen har en nackdel, den måste vara ansluten med en slang till tryckluftsnätet på grund av sin stora luftförbrukning och kan därför endast användas nära lastplatsen.



Den gula kastlastmaskinen med nedfälld lastskopa och en kopplad malmvagn. Foto Radek Bartos.

Dieselmotorer är ju små kraftpaket och gör sig bäst utomhus och inte alls i slutna utrymmen ty avgaserna är klart giftiga. De innehåller bland annat koloxid, koldioxid, nitrösa gaser och ohälsosamma partiklar. Det löstes genom att göra tunnlar bredare och särskilt mycket högre så man kunde lägga stora friskluftskanaler som blåser mängder av ren luft mot tunnelns front (även kallad tunnelgaveln eller tunneländen) och sedan pressar ut motorernas avgaserna tillsammans med andra luftföroreningar som stendamm och gaser från exploderade sprängämnen. Detta krävde så höga tunnlar att de inte kunde borrar för hand från tunnelns sula (tunnelns golv). Därför byggde man så kallade borrhigar som bestod av en hjulförsedd ställning med plattformar i olika höjd att tunnelprofilen kunde borraras av borrarerna stående i bekväm arbetshöjd. Borrhigen knuffades fram till tunnelns front och borrar samt laddning av sprängämnet gjordes. Därefter drogs borrhigen bort från det farliga området och sprängningen utfördes. När sedan bergmassorna skottats undan baxades borrhigen mot den nya tunnelns front och hela föreställningen återupprepades.

Borrhigarna rationaliserade både bergborrning och laddning av sprängämnen och några gruvföretag vidareutvecklade idén om borrhigar och tillverkade hembyggda avancerade borrhigar. Ett lastbilschassi med motor och transmission byggdes på med luftkompressor, hydraulpump och en hydraulmanövrerad arm som höll en bergborrmaskin varvid man fick en självförflyttande borrhplattform med en borr som gick att ställa in till höjd och riktning. Det uppmärksammades av flera företag som konstruerade och byggde borrhigar med samma princip. Dessa borrhigar har i allmänhet tre till fyra separata borrenheter som kan borra i olika borrhiktningar samtidigt och har automatiska borrhstålsförlängare som gör borrenheterna korta nog för att kunna borra i tunnelsidorna och taket även i trånga tunnlar men kan utan problem borra fem till åtta meters långa borrhål. Riggarna för underjordsanvändning är hjulburna man har nerfällbara fötter som gör dem stabila under borrar. De har ofta en liten plattform som används vid justeringar av borrhaggaten eller för laddning med sprängämnen i borrhålen. Numera har de allra flesta borrhigar hydrauliska borrhmaskiner för största effektivitet. Sådana borrhigar passar för alla ändamål i underjordiska gruvor, tunneldrivning (ortsdrivning) och borrar för bergbultar.



Borrugg med tre borrenheter för underjordsbruk. Foto Sandvik AB.

När tunneln är borrad, sprängd och rensad från bortsprängt berg återstår de viktiga åtgärderna som gör det säkrare att vistas i tunneln. Redan före sprängningen fanns åtskilliga sprickor i berget som efter sprängningen blivit fler och större. En del stenblock kommer att hänga så löst i tak och väggar att de riskerar att ramla ner. Tunneltak och väggar inspekteras, löst sittande stenblock bryts loss med spett och lite större block slås sönder med hjälp av en hydraulisk hammare. Operationen kallas skrotning och anses vara ett mycket farligt arbete varför den utförs med maskiner som har kraftiga skydd över operatören.

Tunneln kan inte betraktas som säker bara för att den är skrotad en gång. Rörelser i berget eller vibrationer på grund av ras och sprängningar i närheten kan få sprickbildningar att växa så att bergblock frigörs. Jordbävningar kan också ställa till med ökad sprickbildning i berggrunden. Här i Skandinavien är vi så långt borta från platttektoniska fenomen att jordbävningar är sällsynta men de kan förekomma men då är skalven rätt svaga.

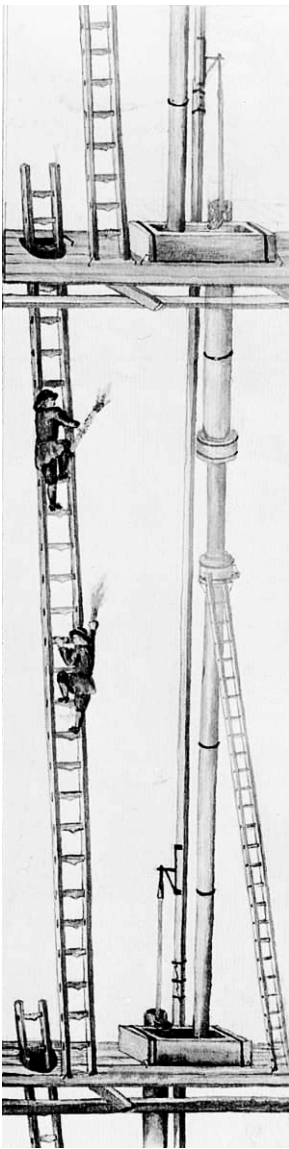
Frostsprängning är en vanlig orsak till ras från bergväggar. Den orsakas av att vatten tränger in i bergsprickor och när berget blir kallare än 0 °C fryser vattnet till is som expanderar och utvidgar sprickorna. När berget blir varmare smälter isen men bergsprickan förändras inte utan tar hand om mer vatten som fryser till is vid nästa köldknäpp. I underjordsgruvor kan frostsprängning förekomma i tunnlar nära mynningen till öppen luft men längre in i berget temperaturen alltid på plussidan och ökar med större djup i gruvan. Det är den höga temperaturen i jordens mantel som är orsaken. Därför är det inga risker för frostsprängning inne i gruvan.

Riktigt stora stenblock brukar fästas i berget med så kallade bergbultar, Hål borras genom stenblocket och in ett par meter i det fasta berget varefter stålbulvar gjuts fast i berget med betong och blocket hålls fast mot berget med hjälp av muttrar på bultarna.

För att ytterligare försäkra sig mot ras i tunneln brukar man fästa armeringsnät med bergbultar något utanför tak och väggar och sedan spruta betong mot ytorna så att det bildas ett skal av armerad betong vid bergytorna. Detta förhindrar både små och medelstora block att rasa ned.

Schakt och gruvlavar

I tidiga underjordsgruvor brukade man börja med ett vertikalt huvudschakt rakt ned till malmkroppen och starta malmbrytningen när man nådde malmkroppen. Det var viktigt att detta schakt gick rakt nedåt eftersom det skulle användas för att hissa upp bruten malm och gråberg samt hissa ned verktyg varvid inte lasten skulle skrapa i schaktets sidor. När man nått malmkroppen började brytningen i sidled inom malmkroppen och brytningsrummet utvidgades. Till en början kunde huvudschaktet användas också för att släppa ut röken från tillmakningens stockvedsbrasor och man nödgades snart att bryta nya schakt som skulle fungera som skorstenar för röken. Det gav en bättre tillförsel av friskluft genom huvudschaktet till eldarna och en snabbare utvädring av gruvan. En gruva som startades och drevs på detta sätt gav snabb tillgång på malm och ett minimum av gråberg behövde brytas men det förstörde mycket av de framtida brytningsmöjligheterna.



Stegar och del av läns-
pump i ett gruvschakt.

I huvudschaktet till de tidigare underjordsgruvorna fanns också läns-pumpar och upp- och nedfart för personer. Alla, gruvdrängar, gruvfogdar och ägare fick ta sig ner och upp för egen maskin på stegar i huvudschaktet utom möjligen kungar som kunde hissas ner och upp om de vågade göra den resan. I allmänhet var det fasta stegar som var resta mellan plattformar där man kunde vila något mellan etapperna. Särskilt gällde nog vilopauser mest för gruvdrängar som fick avsluta en tio-tolv timmars hård arbetsdag med att klättra upp till markytan. Under klättring i stegar fanns ytterligare besvärligheter som bestod av det nästan totala mörker som rådde i schaktet. Den klättrande tvingades att välja mellan att använda känseln för att lokalisera stege och stegpinnar eller att bära ett bloss med en hand för att lysa sig fram och bara använda en hand för klättringen. En tröst var att gruvorna inte var så djupa, som mest omkring 100 meter.

I huvudschaktet fanns oftast anordningar för att läns-pumpna gruvan. Den vanligaste pumpen var en stående kolv-pump som drevs av ett vattenhjul med stånggång. Pumpröret bestod av en urborrad träd-stam som eventuellt skarvades så att röret fick en total längd av omkring tio meter. En kolv sattes in röret med en ventil som öppnade när kolven pressades neråt och stängde då kolven lyftes uppåt. I botten på röret satt en ventil som öppnade när kolven lytes upp så vatten strömmade in i röret. Hela läns-pumpen bestod av en serie enskilda pumprör som var och en pumpade vatten från en sump (låda för att innehålla vatten) till nästa sump uppåt vid pumprörets topp. Varje kolv i pumprören rörde av en upp- och nedåtgående stång som löpte utefter hela schaktet. Denna typ av läns-pump användes länge i gruvor, det var först i början av 1900-talet som elmotordrivna centrifugal-pumpar blev dominerande.

I huvudschakten installerades de första hiss-anordningarna för att hissa upp det brutna berget som både innehöll malm och gråberg. I gruvornas barndom gjordes ingen malmberedning eller sovring i gruvan, det kom långt senare. Hissningen gjordes med handdrivna spel eller vinschar av enklaste konstruktion, vilka bestod av en roterbar vals med en eller två vevar. Ett rep fästs i valsen med den andra ändan fäst i den tunna som det brutna berget lastades i. När man vevar runt valsen uppfunnas repet upp på valsen och tunnan kommer upp. Den typen av spel var troligen uppfunna långt innan gruvor var påtänkta. Den hisstypen är ganska oekonomisk särskilt vid långa lyfthöjder eftersom repets vikt läggs till lastens vikt. De gamla

repen var tillverkade av hampa eller oxhudar, av oxköttet gjordes falukorv. Repen var grova, indränkta av trätjära och oerhört tunga. På 1700-talet löstes det problemet med hästvindor genom att hästarna är betydligt kraftigare än människor och att hästarna inte klagar lika högljutt som människor. Stålvajrar uppfanns och började användas under 1830-talet och erbjöd ett avsevärt lättare alternativ än rep av hampa och oxhud.

Efter att James Watt 1781 patenterat sin förbättring av Thomas Newcomens ångmaskin introducerades en effektiv ersättare till människors och hästars muskelkraft för drift av maskinerier till gruvspel. Det krävs ju en roterande rörelse för att linda upp en lina på en trumma. Vattenhjul fungerar ju men det var sällsynt att spel och vattenhjul var så nära varandra så man kunde koppla ihop dem. Vanligtvis överfördes vattenhjulets rotation med en stånggångs fram- och återgående rörelse. Den rörelsen skulle omformas till en rotation vid spelet vilket krävde en komplicerad apparat med hakar i stängerna som växelvis drog ett hjul runt. Gruvspel med denna konstruktion kallas hakspel och de var ovanliga för 200 år sedan och nu är de rariteter. Vid Bastnäs Gruva i Västmanland finns ett hakspel som nu vårdas av Tekniska Museet.

Omkring år 1835 började ångmaskiner användas som drivkraft för gruvspel. Gruvspel drivna av ångmaskiner liksom hästvindor kunde placeras en liten bit bort från schaktöppningen för att inte störa lossningen av malmtunnorna. Gruvspelen med lintrumma placerades ett stycke från schaktöppningen tillsammans med drivutrustningen som först bestod av ångpanna och ångmaskin i ett så kallat spelhus.

Samtidigt önskade man att få malmtunnan lyft några meter ovanför marknivån så att innehållet i tunnan lättare kunde tippas i rännor eller vagnar för vidare transporter. Detta ordnades genom att placera ett brythjul



Nordschaktets lave vid Dannemora gruvor, den byggdes år 1903.



Bergslagsschaktets lave som byggdes 1942-46 vid Ramhälls gruvor.

för hisslinan i toppen av ett torn som ställdes rakt ovanför schaktet. Tornet benämndes gruvlave eller med kortare namn lave vilken definieras som en byggnad över ett gruvschakt försett med anordning för malmuppföring. Dessutom hindrar lavens tak regnvatten från att tränga ned i schaktet.

De första gruvlavarna som sattes upp i Sverige kom till under 1830-talet. Det påstås att Sveriges första lave byggdes i Sala Silvergruva på Carl XI:s schakt, gruvspelet drevs från början av vattenkraft och år 1891 installerades den första ångmaskinen. De lavar som byggdes på den tiden var träkonstruktioner, en kraftig stomme av grova träbjälkar bar upp brythjulet för hisslinan och en kraftig stagning så att dragkraften från spelet inte bryter av laven. Laven var ju även på långt håll det synliga märket på gruvan så utanpå trästommen sattes ett tilltalande träfodral. Dåtidens arkitekter var också konstnärer, dagens arkitekter verkar ha ett större avstånd till de sköna konsterna.

Under andra halvan av 1800-talet började murade lavar att byggas, tegelmurar tål högre belastningar vilket gjorde det möjligt att lasta mer i malmtunnan. Sådana byggen kunde göras utan att göra avkall på elegansen i resultatet, ett exempel på detta finns på omslagsbilden. Andra exempel är två gruvor, Storgruvan och Gröndalsgruvan, i Klackberg nära Norberg som har de enda kvarvarande runda lavar murade av slaggsten. Den på nästa sida avbildade laven över Gröndalsgruvan är också hopbyggd med spelhuset och ett kompressorhus som levererat tryckluft till gruvan.

Från gruvorna kom önskemål om högre lavar så att malmen i malmtunnorna kunde tömmas i malmfickor för att därifrån portioneras ut till efterföljande processer. Då blev det aktuellt med 40-60 meter höga lavar, för sådana höjder kunde inget annat material än betong användas. Den första betonglaven byggdes i Norberg år 1916. Betonglaven som avbildas till vänster är betydligt yngre, den byggdes 1942-1946 i Ramhäll i Uppland men den är ändå först i sitt slag. Genom att använda elmotordrift för gruvspelet blev spel och motor tillsammans så litet att det kunde flyttas in i toppen av laven och man har sluppit använda ett separat spelhus.

Det finns en typ av lave som är byggd av enbart stål. Det är en uppfinning som gjordes av Boliden AB under 1950-talet. Den finns i hur många storlekar som helst genom att den monteras ihop av fackverksdelar i mindre bitar. Bitarna transporteras lätt även i obanad terräng men den smarta grejen är att det är lika lätt att montera ned laven och flytta den därifrån. Boliden AB prospekterade mycket från 1950-till 1970-talen och behövde själva en billig lave för provbrytningar för att undersöka brytvärdet hos hittade malmer. Denna laven kallades en gruvcircus och såldes med argumentet 'Tag med dig gruvan när du går.' Gruvcirkusen kunde kanske bli populär när alla nu letar malm men det finns numera andra metoder att ta reda på hur en malm ser ut utan att provbryta, exempelvis med diamantborrning.



Lave av murad slaggsten över Gröndalsgruvan i Klackberg. Laven byggdes 1886. Den låga byggnaden med fönsterraden till vänster innehåller kompressorrum medan den högre byggnadsdelen är spelhuset.



En stor och hög gruvcirkus uppställd i Kopparberg.

I Sverige har cirka 3000 gruvor, dagbrott och underjordsgruvor, använts för att bryta metallhaltiga malmer. Järnmalmsgruvor har definitivt varit i majoritet men väldigt många av periodiska systemets metaller har varit aktuella i svensk gruvdrift. Koppar, bly, zink har varit stora men också silver och guld har utvunnits i Sverige. Järnmalmsgruvor slaktades i parti och minut runt 1970, kvar blev ett fåtal gigantiskt stora gruvor exempelvis i Kiruna och Malmberget. För övriga metaller har slakten inte varit så stor men endast få är kvar. Totalt sett finns nu endast tolv aktiva gruvor kvar. Många gruvor är nerlagda med vattenfyllda schakt och byggnader kvar medan på andra platser schakten fyllts av bergmassor och alla byggnader rivits där endast små spår finns kvar efter tidigare gruvdrift. Ett mindre antal helt bortglömda gruvor finns kvar i storskogen med i bästa fall ett nästan helt nerrostat stängsel runt omkring gruvhålet. Ofta saknas något stängsel och det vattenfyllda hålet utgör en livsfarlig fälla för både folk, få och vilda djur.

Trälavar har ruttnat bort eller av okända anledningar brunnit upp, däremot har betonglavar stått emot tidens tand på ett bra sätt men har setts som en säkerhetsrisk. Platserna är obevakade och människor kan bryta sig in

och utsätta sig för stora olycksfallsrisker. Seriösa ägare brukar eliminera risker vid de områden där verksamhet läggs ned till exempel gjuta lock över schaktöppningar och välta betonglavar med hjälp av sprängning vilket är enda sättet att riva en betonglave.

Ibland kan industrilämningar betraktas som historiska kulturlämningar och tas omhand av stat, kommun, tidigare ägare eller någon frivilligorganisation som hembygdsföreningar eller andra bevarandeföreningar.

Sprängning.

Svartkrut var det första sprängämnet som användes i svenska gruvor, i Nasa silververk 1635. Svartkrut var ju känt och använt tidigare i Europa och Sverige från 1300-talet men bara till pistoler, gevär, kanoner, bomber och granater. I Tyskland hade bergsprängning med krut börjat praktiseras i början av 1600-talet och Sverige hade lockat spränglärda tyskar att komma hit för att lära oss borra i berg och spränga. Det dröjde dock till slutet av 1700-talet innan användning av krut blev vanlig. Tillmakning behövde ingen bergborring, bara mängder av ved.

Två begrepp används ofta när det talas om explosiva förlopp som sprängning, deflagration och detonation. Sprängexperter har ett sätt att skilja begreppen från varandra, vid en deflagration rör sig explosionsfronten långsammare än ljudet i materialet och vid en detonation snabbare än ljudet. Ljudhastigheten är olika i fasta sprängämnen men ligger i storleksordningen fyra kilometer per sekund. Det förekommer två grupper sprängämnen, civila och militära. På den civila sidan önskar man kontrollera verkan av sprängämnen och då väljs ofta ett mindre kraftigt ämne med en lägre explosionshastighet, exempelvis dynamit eller nitrolit, då talar man om deflagration. På den militära sidan försöker man med pentyl och TNT med hög explosionshastighet få maximal förstörelse med minimal insats av sprängämne och då används begreppet detonation. Nu finns det väldigt få människor som är experter på sprängning och i folkmun används ordet explosion för alla smällar, i undantagsfall säger man detonation vid extra stora explosioner.

Sprängämnen för civilt bruk.

År 1847 framställdes nitroglycerin för första gången av den italienske kemisten Ascanio Sobrero. Nitroglycerin är en mycket explosiv färglös olja och ett utomordentligt bra sprängämne men den detonerar lätt oavsiktligt och inte så säkert avsiktligt. Måttliga stötar kan få den att detonera och den är i ren form mycket instabil. Om det lagras sönderfaller nitroglycerinet snart och sönderfallsprodukterna är ändå mer instabila. Nitroglycerin användes för bergsprängning under en kort period under namnet bergolja men de många olycksfallen satte stopp för produkten, i Sverige blev den förbjuden som sprängämne 1868.

Alfred Nobel experimenterade med nitroglycerin för att få dess användning mindre riskabel. År 1866 lät han kiselgur suga upp nitroglycerin som då bildade en deg som var okänslig för stötar. Kiselgur är en jordart som bildats av sedimenterade kiselalger och är ett mycket poröst material bestående av kisdioxid. Nobel kallade materialet dynamit och det är mycket säkert att använda vid temperaturer över 13 °C, i temperaturer därunder stelnar nitroglycerin och bildar kristaller. Om en dynamitstav deformeras kan den omedelbart detonera genom friktionen mellan kristallerna. Dynamit levereras i runda stavar inrullade i vaxat papper för att hindra vatten att nå sprängämnet. Man säger att sprängämnet är patronerat vilket alla dynamitsorter är. Alfred Nobel uppfann 1864 sprängkapseln som initierades av en krutstubin. Sprängkapseln innehåller mycket lite sprängmedel men tillräckligt mycket för att tända den stora



Alfred Nobel, 1833 - 1890, gjorde under livet 355 patenterade uppfinningar samt den mest kända snilleblixten, Nobelpriset.
Foto från Wikipedia.

sprängladdningen med nitroglycerin. Sprängkapseln patenterade Nobel 1864 och något senare, 1867, dynamit. Dynamit finns fortfarande att köpa men det tillverkas inte längre i Sverige.

Dynamex är en billigare och säkrare variant av dynamit och består av dinitroglykol (en nitroglycerinliknande olja) uppsugen i trämjöl. Dynamex levereras liksom dynamit i runda stavar inlindade i vaxat papper.

År 1875 slog Alfred Nobel till på nytt. Han presenterade en blandning av nitroglycerin och knappt 10 % nitrocellulosa. Blandningen var geléaktig och kallades följaktligen spränggelatin. Sprängämnet var stabilt och hade sprängkraft som nitroglycerin samt kunde användas under vatten.



Dynamit i papprör med ångspärr.



Dynamit i pappersomslag.



Emulsion i plastkorv.



Emulsion i pappersomslag.



Emulsion i plastkorv.

Exempel på patronerade sprängämnen. Foto Dyno Nobel.

Det billigaste användbara sprängämnet är ANFO (beteckningen är en akronym från det engelska namnet ammonium nitrate fuel oil). Det består av ammoniumnitrat (ett konstgödningsmedel) och dieselolja och levereras som pellets i säckar eller lös vikt. Sprängmedlet sägs levereras i bulk. ANFO ska bara användas i torra borrhål eftersom det är känsligt för vatten. Det antänds vanligtvis inte direkt av en sprängkapsel utan sprängkapseln måste antända en primer, en mindre mängd annat sprängämne som i sin tur antänder ANFO.

Vattengelsprängämnen har en geléartad konsistens och består av ammoniumnitrat och metylaminnitrat och kan fås med aluminiumpulver som gör sprängämnet kraftigare. Det är ett kraftigt sprängämne även utan aluminiumpulver. Vattengelsprängämnen levereras vanligtvis i tankar (bulk) men går att få patronerat.

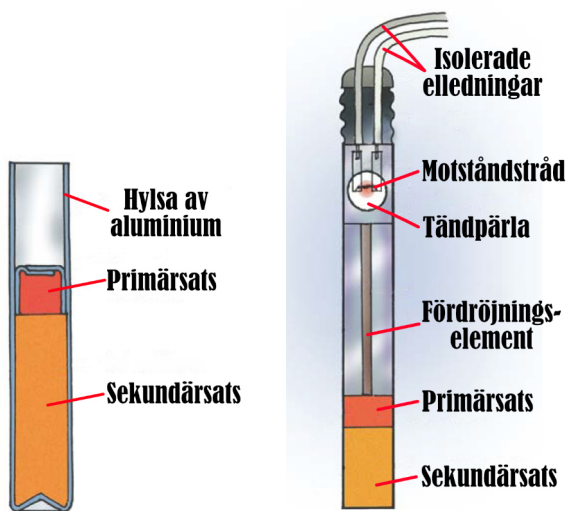
Pumpbara emulsionsprängämnen består av en högkoncentrerad vattenlösning med nitrater som finfördelas i olja eller vax med hjälp av emulgeringsmedel. Oljan eller vaxet fungerar som bränsle under detonationen medan nitratlösningen ger syret. Det är möjligt blanda andra ämnen i sprängämnet för att förstärka sprängmedlet exempelvis ANFO och aluminiumpulver. Konsistensen liknar vaselin eller handkräm. Vanligtvis levereras sprängämnet med lastbil som har separata tankar för de olika komponenterna och blandar ihop dem när det pumpas i borrhålen. Samtidigt blandas en liten mängd gasningsämnen, ungefär 1%, in i blandningen. Gasningsämnena är vanligtvis natriumnitrit, natriumtiocyanat och vatten. De skapar efter ungefär 20 minuter små gasblåsor i emulsionen som gör den explosiv. Trots detta krävs en startladdning av dynamit eller pentyl för att få emulsionen att detonera. I och med att blandningen av icke explosiva komponenter blir sprängämne först när det hamnar i borrhålet blir den säker att lagra och transportera. Pumpemulsioner är i dag de absolut vanligaste sprängämnen i dagbrott och används mer och mer i underjordsgruvor. Emulsionsprängämnen tål dessutom vatten i borrhålen. Det finns också pumpbara färdigbladade emulsioner samt patronerad emulsion som emellertid inte är pumpbar.

Pentyl (pentaerytritoltetranitrat) är egentligen ett militärt sprängämne med kraftigare sprängverkan än TNT och har en hög explosionshastighet, cirka sju kilometer per sekund. Civilt används den som stubintråd, en

plastslang med tre millimeters diameter eller ibland grövre fylld med pentyl. Den är bra för att koppla samman flera laddningar som ska explodera ungefär samtidigt och den är enkel att skarva, man knyter bara ihop stubintrådarna. Stubinen tänds med en sprängkapsel och andra änden knyts stubinen runt sprängladdningen den skall tända. Pentylstubinen har också en egen sprängkraft som kan användas för att exempelvis rensa diken. Nackdelen med pentylstubin är att den smäller förfärligt högt och att den lämnar märken på allt den varit upplagd på.

Sprängkapslar och stubin.

De första sprängkapslarna som Alfred Nobel konstruerade var avsedda för krutstubin. Gammaldags krutstubin består av en kärna av en svartkrutsblandning som garn spunnits runt och därefter impregnerats med tjära för att hindra fukt att ta sig in till krutet. Den moderna varianten har också en garnomspunnen krutkärna men är ingjuten i plast. Med en tändsticka antänds krutsträngen som brinner med cirka 1,5 centimeter per sekund. En stubin klipps av med en längd som motsvarar den tid som bergsprängaren behöver för att gå långsamt till skydd mot stensprut från sprängningen. En rakt avskuren ända på stubinen sticks in i sprängkapseln och därefter krymper yttersta änden på aluminiumröret så att stubinen kläms fast. När sprängkapseln stucks in i sprängämnet, sprängämnet stoppats in i borrhålet och förladdning hållts i borrhålet kan stubinen tändas med en tändsticka. När man konstaterat att gnistor kommer ut från stubinen går man raskt till skyddet och väntar på explosionen. Fastän användning av krutstubin är gammalmodigt är det himla praktiskt om bara en laddning skall skjutas eller om större salvor ska skjutas med pentylstubin eller Nonelstubin, man slipper dra stubin hela vägen till skyddet. Man bör se upp med sprängkapslar, de innehåller en liten mängd väldigt känsligt sprängämne som kan explodera av slag och åverkan på sprängkapseln.



Sprängkapsel för krutstubin.

Sprängkapsel för elektrisk initiering.

Bild från Internet.

Den första moderniseringen kom med elektrisk initiering av sprängning. Sprängkapslarna är snarlika dem som används för krutstubin men den primära tändsatsen tänds av en tändpärla vilken omsluter en tunn motståndstråd som är kopplad mellan sprängkapselns båda elektriska ledare. När en ström på 0,25 A till 3 A (olika sprängkapseltyper har olika tändströmmar) sänds genom anslutningsledningarna upphettas motståndstråden så mycket att tändpärlan omedelbart exploderar och antänder en fördröjningskanal som finns mellan tändkulan och primärsatsen i sprängkapseln. När krutet i fördröjningskanalen brunnit färdigt antänds primärsatsen. Sprängkapslar tillverkas med fördröjningar av 0-0,25 sekunder och kapslarna märks med fördröjningstid eller ett nummer ur en nummerserie där det finns en angiven fördröjningstid mellan varje nummer. Sprängkapslarna som ska tända sprängladdningarna seriekopplas och en handgenerator- eller batteridrivna tändapparat ger en strömpuls som initierar alla sprängkapslar samtidigt.

Laddningarna sprängs efter den valda fördröjningstiden på varje sprängkapsel. Elektrisk tändning gör sprängningar med många laddningar effektiva genom att laddningarnas explosioner kan fås att samverka med varandra. Om exempelvis berg skall sprängas bort från en bergssida och laddningar placeras ut i rader kan man låta den yttersta raden explodera och slunga det krossade berget utåt och fördröja den andra radens explosion några hundra sekunder så att den första radens bergmassor hinner undan.

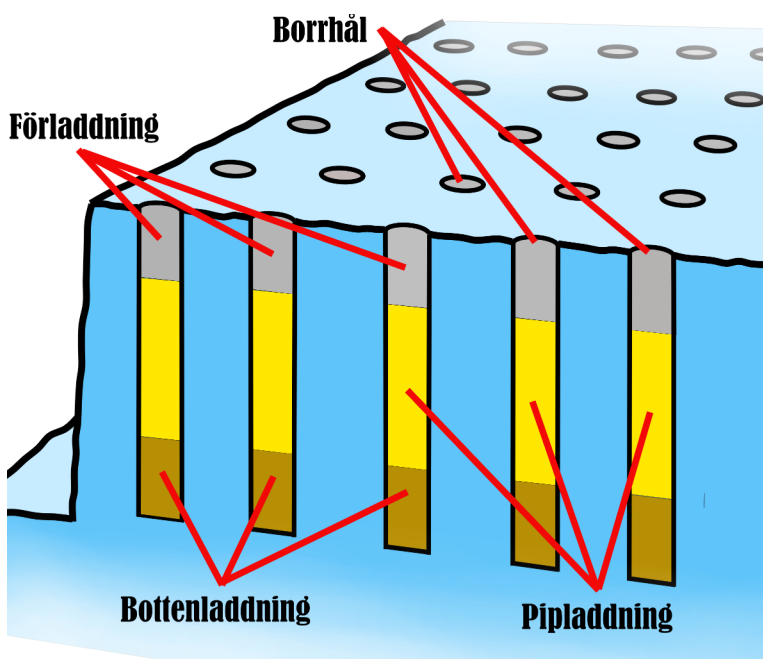
Det finns en risk med elektrisk tändning genom att elektromagnetiska vågor kan inducera en tillräcklig stor ström i ledningsnätet för att utlösa sprängkapslar. Ledningsnätet fungerar som en bra radioantenn. De elektromagnetiska vågorna kan komma från solstormar, åskurladdningar, röntgenapparater, radarsändare, radiosändare eller mobiltelefoner. Vid sprängarbeten nära bilvägar möts du ofta av en skylt som uppmanar dig att stänga av radiosändare och mobiltelefoner. Var vänlig att respektera sådana uppmaningar.

De senaste åren har elsprängkapslar moderniserats mycket, de har datoriserats. Fördröjningskanalen har tagits bort i sprängkapseln och ersatts av en digital mikroelektronikkrets som i förväg programmerats med den önskade fördröjningstiden. Tidsfördröjningen kan programmeras med stor noggrannhet upp till 30 sekunder och tändning av sprängkapsel sker med en digital kod. Säkerheten blir större men sprängkapslarna blir mycket dyrare och den gamla tändapparaten blir oanvändbar. Hela systemet blir mer komplext, nackdelen är att felet i ett komplext system också blir mer komplexa.

Företaget Nitro Nobel (nuvarande namn Dyno Nobel) utvecklade och patenterade 1971 ett helt nytt sätt att tända sprängladdningar med så kallad Nonel-stubin. Det bygger på en smal plastslang som på insidan har ett mycket tunt lager av explosivt ämne som leder en explosionsvåg genom slangen men det är för lite explosivämne för att spräcka slangen. Explosionsvågen rör sig med 2,1 kilometer per sekund och vid slangens slut erhålls en sticklåga som kan tända en sprängkapsel. Nonel-stubinen är helt opåverkad av elektromagnetiska störningar, nästan helt för åska, endast ett åsknedslag direkt i slangen antänder stubinen. Inget utanför Nonel-stubinen påverkas av explosionsvågen i slangen, man kan till och med dra slangen genom ett sprängämne utan att det antänds av slangen. Det går med andra ord att initiera en sprängning i botten av en laddning för att få bättre explosionsverkan och det går att samla Nonel-stubiner i knippor för att förenkla dragningen av flera stubiner. Nonel-stubin kan tändas med en sprängkapsel fäst med tape mot stubinen eller en speciell avfyringsapparat som riktar en elektrisk högenergigivare mot stubinens ände.

Laddning.

Det enklaste sättet att ladda borrhål med sprängämne är att göra det manuellt med patronerat sprängämne. Det är enkelt att hålla reda på mängden sprängämne genom att räkna antalet patroner som släpps ner i borrhålet men metoden är lite orationell. Tidsförlusten märks säkert inte om endast ett fåtal borrhål ska fyllas men om det är en större pallsprängning där flera hundra borrhål ska fyllas med tillsammans något ton sprängämnen då märks den samlade tidsförlusten tydligt. Då kan man glömma manuell hantering med patronerade sprängämnen och i stället använda maskinell laddning med exempelvis pumpbara sprängämnen.



Exempel på borrhål och laddning för en pallsprängning.

Normalt är borrhålen för bergsprängningar väldigt långa, tio meter eller mycket mera och håldiametern 25 till 100 millimeter så att längdskalan på bilden här intill är falsk.

Det är önskvärt att det första och det mesta vid sprängningen kommer att hända vid botten av borrhålet så därför brukar man först släppa ner en sprängämnespatron med en sprängkapsel för eltändning eller Nonel-stubin i borrhålet. Därefter laddas med bottenladdning som består av ett kraftigt sprängämne, därmed skadas berget mycket mer i inledningen av detonationen. Därefter detonerar pipladdningen som består av ett svagare sprängämne vilket inte orsakar så mycket stensprut. Längst upp i borrhålet fylls en meterlång propp bestående av grus eller finkrossat berg som i varje fall en kort stund tätar borrhålet så att gasttrycket blir högre i borrhålet och berget krossas mera. Denna del

av laddningen som emellertid inte exploderar kallas för förladdning. Det önskvärda vid en sprängning är att berget krossas väl och bergstyckena flyger ungefär tio meter innan de lägger sig i en vacker hög. Förladdningen far visserligen ut som ett hagelskott men den åker oftast rakt upp så den ställer inte till med någon stor skada.

De första allvarligt menade försöken att maskinellt ladda borrhål med sprängämne kom under 1950-talet då ANFO började användas vid bergssprängning. Sprängämnet som består av små porösa kulor av

ammoniumnitrat som sugit upp dieseloljan töms från säckar i ett tryckkärl varifrån det med hjälp av tryckluft och en slang transporteras ner i borrhålet.

I slutet av 1980-talet utvecklades pumpbara emulsionsprängämnen och de kom att revolutionera arbete med bergsprängning. Emulsionen av nitrater och olja har en begränsad hållbarhet så sprängämnesproducenten brukar tillverka emulsion efter beställning och kör ut sprängämnet till användarna med så kallade laddtruckar. Dessa har separata tankar för ingående komponenter i sprängämnet, emulsionen, gasningsmedlet och förstärkande tillsatser som ANFO och aluminiumpulver. I laddtrucken finns också en dator som tar hand om utportioneringen till de olika borrhålen. Laddningen går till så att en plastslang stoppas till botten av borrhålet och alla pumpar startas med en radiosignal och sprängämnet pumpas fram medan slangen långsamt dras ut ur borrhålet. Det hela fungerar som att lägga en senapsträng på en varmkorv, dras tuben långsamt blir strängen tjock och dras den snabbare blir strängen tunnare. Allt styrs av laddtruckens dator, alla pumpmängder, slangen utdrags hastighet och alla säkerhetsåtgärder vid eventuella fel. Det har utvecklats laddmaskiner som kan ladda borrhål som är upp och ner, det vill säga hål som är borrhåle i orttaket och har borrhålets botten överst i borrhålet. För att laddningen inte ska glida ut placerar man en spärrfjäder av plast i mynningen av borrhålet. Det gör det möjligt att använda emulsionsprängämnen även i underjordsgruvor.

Laddtruckar kräver genom sin komplexitet mycket kunniga operatörer och det är klart att allt rattande på datorn sköts av sprängämnesleverantörens personal för att verkställa användarens önskade bottenladdningar och pipladdningar. Detta gäller för den lilla konsumenten av sprängämnen förbrukande några ton då och då. För storkonsumenter som förbrukar flera ton varje dag blir det en annan arbetsfördelning. Användaren håller sig då med egna laddtruckar medan sprängämnesleverantören kör med tankbilar som fyller på stora bufferttankar hos användaren.



Laddtruck avsedd att leverera stora mängder sprängämne till exempelvis dagbrott. Foto Orica Sweden AB.



Laddtruck till underjordsgruva med takbrytning med plattform så man når upp till taket. Foto Zinkgruvan Mining.

Effekter vid sprängning.

Vad händer då en sprängämnesladdning detonerar i ett borrhål i berg? Det händer ganska mycket och snabbt med stora krafter och stora tryck inblandade. När laddningen exploderar blir det ett oerhört stort tryck i borrhålet som byggs upp under så kort tid så det fungerar som ett gigantiskt hammarslag på berget. Ytan krossas och det skapar massor av fina sprickor i berget samtidigt som en tryckvåg utgår från hålväggen. När tryckvågen når inhomogenheter i berget reflekteras en del av vågen och det uppstår ett mycket komplicerat vågmönster av alla reflekterade vågor vilket gör att berget växelvis utsätts för tryckkrafter och dragkrafter. Berg tål tryckkrafter mycket bra men tål inte dragkrafter lika bra och de sprickor som fanns i berget tillsammans med de som skapades i början av explosionen förlängs och breddas. Därefter kommer de explosionsgaser som bildats med högt gastryck att tränga in i sprickorna och bryta loss bergstycken från varandra och blåsa bort dem från explosionsplatsen. Explosionsförloppet tar endast en mycket kort tid men resultatet i videofilmen 'Sprängning i bergtäkt' under VIDEO på webbsiten <https://brukshistoria.se>

Säkerhet.

Tyvär är en gruva en rätt osäker arbetsplats och hanteringen av sprängämnen och skjutningen av stora salvor torde vara de mer riskabla arbetena. Då gäller det att alla människor gör rätt och det inte finns någon felaktig komponent i ett komplext system av laddningar, stubiner och tändapparater. Allt som är möjligt att kontrollera bör dubbelkollas och alla ska känna sig övertygade om att säkerhetsrutinerna följs. Men det kan misslyckas någon gång. Ett inte helt ovanligt fel vid laddning med emulsion är att det blivit ett avbrott på några centimeter i strängen av sprängämne i borrhålet och då stoppas detonationen också vid samma ställe. Det har uppstått en dola, det har lämnats odetonerat sprängämne i borrhål. När en dola upptäcks exempelvis genom ett borrhål i ett större bergblock skall planerade åtgärder vidtas med avsikt att spränga bort det odetonerade sprängämnet. Förr i världen med dynamit som sprängämne var detta en mycket farligt arbete då det var lätt att få dynamiten att explodera. De moderna sprängämnena som ANFO och emulsion är nästan omöjliga att få att explodera oväntat, det behövs sprängkapsel och en primer. Man ska dock inte vara helt säker, sprängkapseln och primern i bottenladdningen kanske inte hade exploderat vid sprängsalvan.

Numera har man nog städat bort sprängämnen med farligt innehåll eller sådana som avger extra farliga spränggaser vilka varit riskabla i underjordsgruvor. Sprängkapslar med kvicksilverfulminat och blyazid är också ute idag för finfördelade kvicksilver- och blyföreningar är inte hälsosamma att andas in. Spränggaserna kommer man inte helt ifrån, koldioxid, kolmonoxid och nitrösa gaser lär man aldrig slippa så det gäller att noggrant ventilerar ut dessa gaser efter sprängning i underjordsgruvan. I dagbrottet fixar naturen denna ventilation nästan automatiskt.

Malmbrytning.

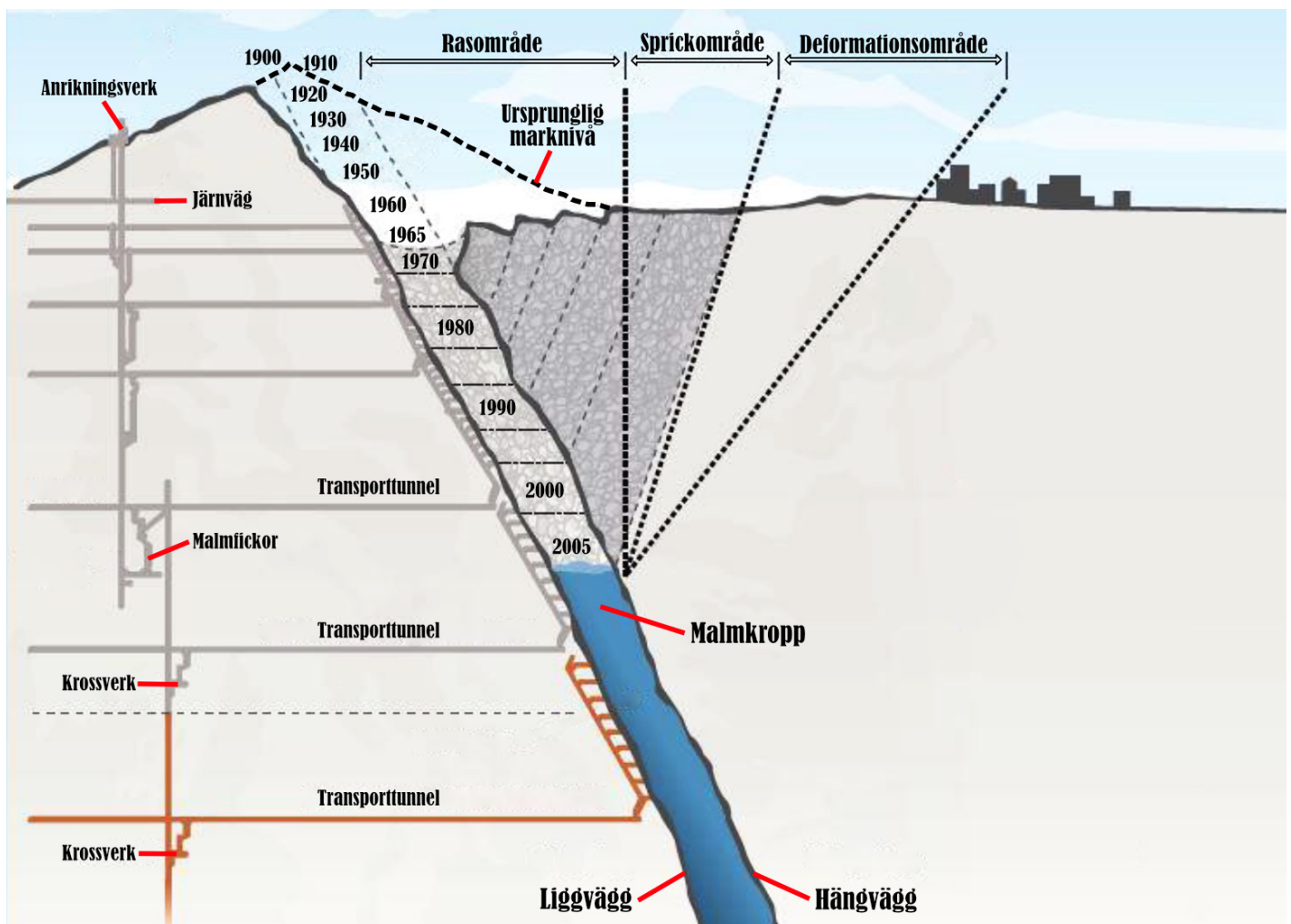
Som vanligt långt tidigare bröts huvudschaktet ner i malmkroppen och man kunde starta malmbrytningen direkt genom att utvidga schaktet vid botten och skapa ett brytningsrum som utvidgades genom att brytningen fortsattes på brytningsrummets väggar. Brytning neråt undveks eftersom det är besvärligare än bryta från väggarna. Behövde brytningsrummet fördjupas bröt man hellre ett kort schakt och bearbetade dess väggar. Det var viktigt att lämna ordentliga pelare av gråberg eller malm med jämna mellanrum för att stötta taket i brytningsrummet så att det inte bröts sönder av belastningen uppifrån och startar ett ras som förstör hela brytningsrummet och även huvudschaktet. Sådan malmbrytning kallas vanligen för rum- och pelarbrytning och det används än idag då malmkroppen är tunn och horisontell men är ovanlig eftersom stora mängder malm lämnas kvar i gruvan och går till spillo.

I Sverige består gråberget huvudsakligen av hårda bergarter som granit och gnejs så att extra stöttning inte behövs. Undantagen är de kolgruvor som funnits i Skåne. Där låg stenkolet inbäddad i lerskifferar som inte tål stor belastning utan där användes gruvstöttor av rundvirke från trädstammar så kallade pitprops.

På 1700-talet när krut började användas gick bergbrytning bra mycket snabbare och då övergick man till att placera huvudschaktet i gråberg på ganska stort avstånd från malmkroppen för att ras i eller nära brytningsrummen inte skulle förstöra kommunikationer och materialtransport till och från själva gruvan. Huvudschaktet användes också för att sända ner räddningsmanskaper för att undsätta instängda och skadade människor samt att frakta rasmassor bort från gruvan.

I slutet av 1800-talet började en tysk brytningsmetod att användas i Sverige, takbrytning med igensättning. Metoden går ut på att man arbetar sig uppåt och expanderar brytningsrummet uppåt i malmkroppen. Man borrar och spränger malm i taket vilken faller ned och lastas ut. Därefter fylls brytningsrummet delvis med gråberg och avfallssand från anrikningen. Det fortsätts tills all malm i brytningsrummet har sprängts ned och lastats ut, Då fyller man hela brytningsrummet med gråberg. Då fungerar fyllnadsmaterialet som en gigantisk pelare som hindrar berget ovanför att rasa ner. Normalt finns tillräckliga mängder gråberg från de tunnlar som drivits i gruvan men om det blir brist på fyllnadsmaterial kan man spränga det från brytningsrummets väggar. Det fasta berget får dubbelt så stor volym när det sprängs i bitar.

I början på 1900-talet utvecklades de moderna brytningsformerna som ökade malmuttagen och gjorde det lättare att använda stora maskiner i gruvbrytningen, de olika rasbrytningsmetoderna skivrasbrytning, magasinsbrytning och blockrasbrytning. De används främst till stora malmkroppar och har det gemensamma draget att borrhning och brytning sker nerifrån samt att gravitationen hjälper till att bryta sönder malmen.



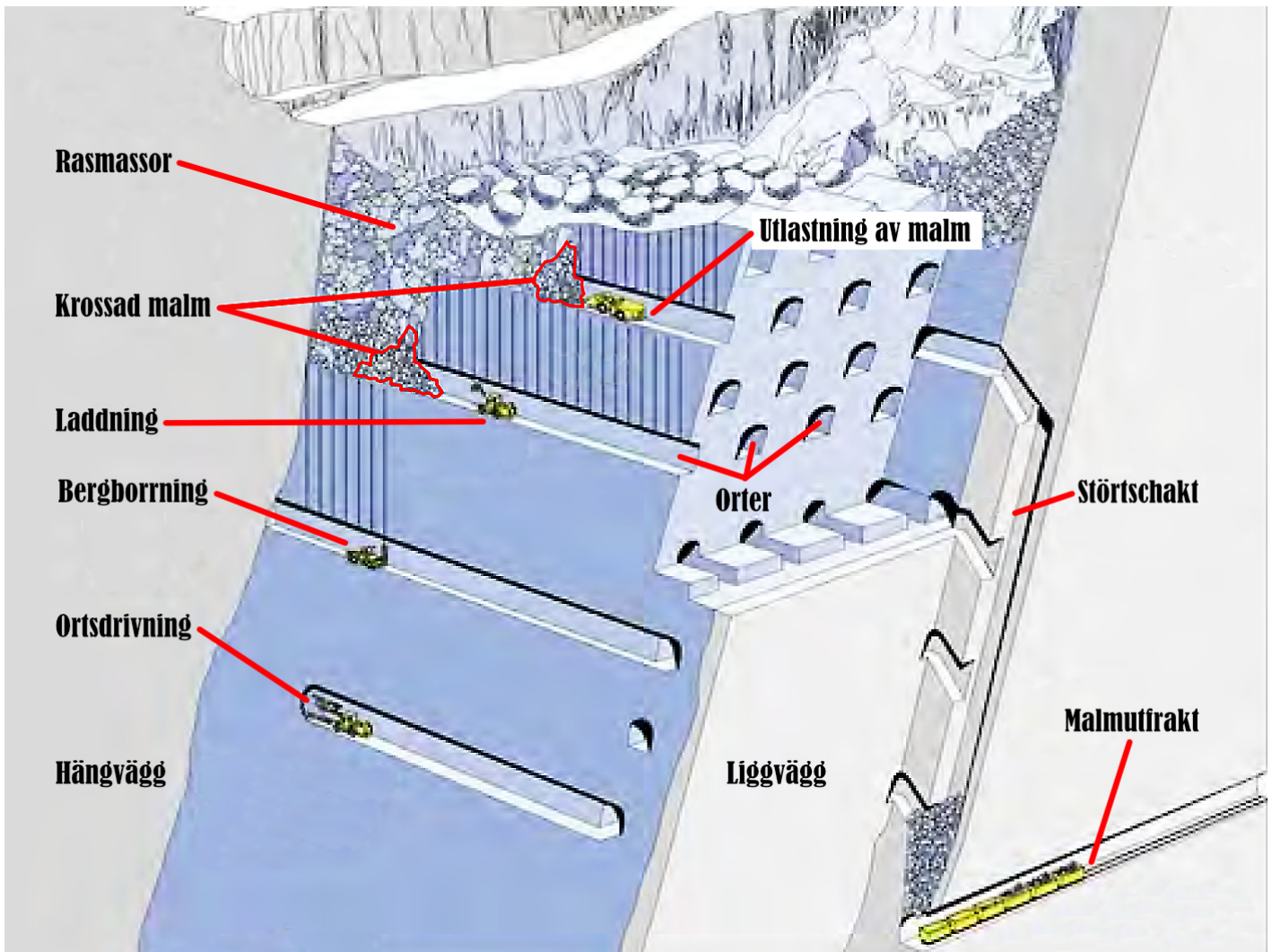
Exempel på skivrasbrytning taget från Kiirunavaara. Malmkroppens läge visas och årtalen visar när och var malmkroppen bearbetades. Malmkroppen är cirka fyra kilometer lång, 80 meter tjock och antas sträcka sig djupare än två kilometer. Schakten och orterna är fler än vad som visas och dessutom finns en ramp för biltrafik till gruvans delar. Bild från LKAB.

I gruvor med lutande malmkroppar talar man om liggvägg och hängvägg som är två bergväggar på var sin sida om malmkroppen. Hängväggen är den vägg som lutar över malmkroppen och också förlorar stöd när malmen bryts och transporteras bort. Den kommer så småningom att spricka och rasa ned i hålet efter malmkroppen. Efter ytterligare en tid kommer även marken över hängväggen att störta in och bilda ett slukhål. Man talar om deformationsområde där marken förändras av mindre sättningar, sprickområde där marken får sprickbildningar och rasområde där marken styckvis rasar och bildar stora slukhål. Det är nödvändigt att utrymma bostäder och andra byggnader när marken har underminerats av ett gruvhål så att inte människor skadas av att marken rasar. Det är en sådan utrymning gruvbolaget LKAB nu genomför i Kiruna där stora delar av staden flyttas när rasområdet utvidgas då malmkroppen urholkas genom fortsatt gruvbrytning.

Den bergvägg som ligger under malmkroppen kallas liggvägg och kommer inte att påverkas av några ras och därför läggs alla schakt- och tunnelsystem i liggväggen eftersom de oförstörda blir kvar under lång tid. Här byggs vertikala schakt för malmhissar, kallade skippar. Persontransporter inom gruvan som tidigare gjordes med hissar har ersatts med busstransporter på ramper som är biltunnlar med asfalterade körbanor och brutits i spiral från marknivån till gruvans botten. Ramperna används också för att transportera stora och tunga maskiner inom gruvan. I liggväggen bryts också ventilationsschakt och brant lutande schakt kallade störtchakt som den brutna malmen tippas i. Störtchakten avslutas med malmfickor, varifrån malmen portioneras ut till skippar eller till krossanläggningar i botten av gruvan. Det drivs också transporttunnlar för att färdig malmen från malmkroppen till störtchakten. Transporttunnlarna används egentligen bara under den tid som brytningen sker i malmkroppen där transporttunneln ansluter. Transporttunnlar på högre nivå i gruvan blir praktiskt taget ödelagda. Om det är lämpligt kan malm också transporteras med

bandtransportbanor inom och ut ur gruvan, i sådana fall kräver bandtransportörerna också sina tunnlar. Den låga lutningen på bandtransportörer gör att sådana banor är mest lämpliga för korta transporter inom gruvor.

Skivrasbrytning är ett allmänt förekommande brytningssätt som använts i stora och brant lutande malmkroppar. Den utförs genom att man från liggväggen driver parallella orter i flera nivåer genom malmkroppen fram till hängväggen. Från dessa orter borras hål i solfjädersform uppåt som laddas med sprängämne i små längder från hängväggen mot liggväggen. När sprängning genomförs rasar malmstycken ner i orten och fraktas bort med stora gruvlastmaskiner eller gruvtruckar till störtschakt. När malmen tas bort rasar gråberg mer eller mindre kontrollerat ner på sulan (golvet på orten). Samma sak pågår i orter som ligger invid varandra och när man backat tillbaka till liggväggen har en skiva av malmkroppen skalats av och fortsätter brytningen i orterna en nivå neråt. Arbetet med drivning av orter, borrning, laddning av sprängämne och utlastning av malm pågår samtidigt i orter under varandra enligt bilden nedan.



Principen för skivrasbrytning. Bild från Atlas Copco.

Eftersom malmen och rasmassornas gråberg ligger invid varandra efter sprängning kan det vara svårt att avgöra när all malm är utlastad har lastmaskinernas skopor försetts med vågar som visar vikten av lasten. Då det är stor skillnad i volymvikt för malm och gråberg kan man lätt avgöra om det är malm eller gråberg i en fullastade skopa.

Skivrasbrytning är en mycket effektiv metod för malmbrytning i underjordsgruvor och har egentligen bara en nackdel, det kommer för mycket gråberg med malmen. Det gör den efterföljande malmbehandlingen, främst anrikningen dyrare genom att det blir större volymer och att kemikalieåtgången ökar. Dessutom erhålls större avfallsmängder som anrikningssand som måste lagras på ett säkert sätt.

Blockrasbrytning är också en rasbrytningsmetod men den skiljer sig från skivrasbrytning genom att det är hela malmkroppen som fragmentiseras och faller ned till botten och lastas ut från samma nivå under hela brytningen. I berget under malmkroppen borras stigorter som skall leda ner den krossade malmen till utfraktsorterna när malmkroppen senare kommer att fragmentiseras. Därefter undermineras en del av eller hela malmkroppen som sedan krossas i botten med hjälp av borring och sprängning. Malmkrosset ramlar ner och spänningar och gravitationen i den kvarvarande malmkroppen får den att gradvis brytas sönder och rasa ner varvid malmblocken samtidigt krossas. Efter en tid kommer berget ovanför det tomrum malmen lämnar efter sig att rasa ner och även dra marken ovanför med sig. Resten av malmbrytningen består i att köra malmen från utfraktsorterna till malmkrossar som är placerade i ungefär samma nivå som utfraktsorterna.

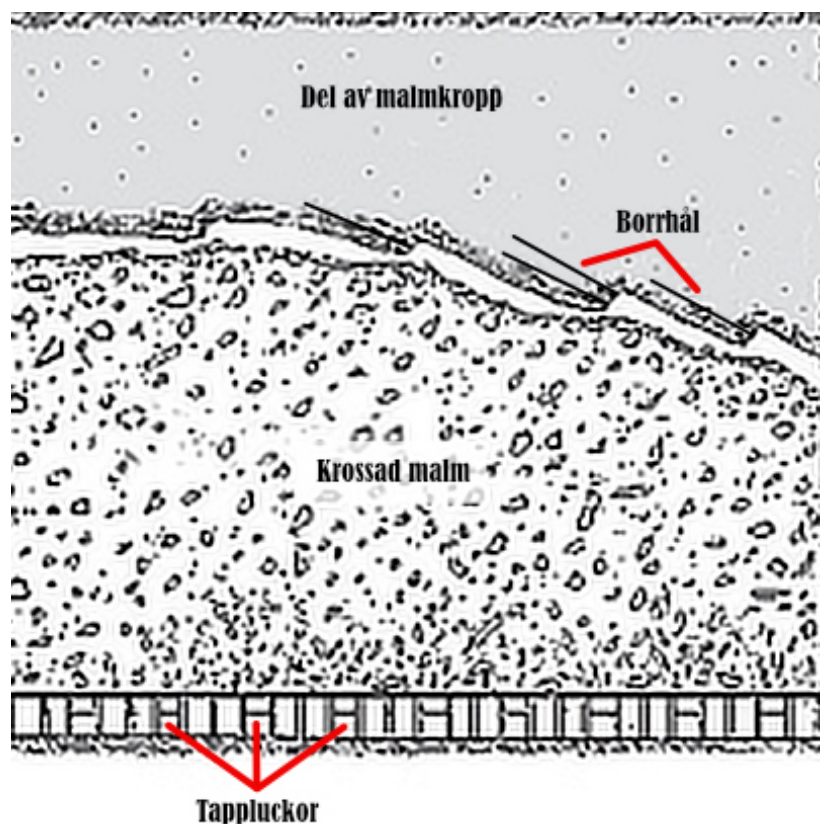
Blockrasbrytning är en effektiv och bra metod för att bryta malm från stora malmkroppar som är begränsade i höjdd. Brytningen måste föregås av att ett virrvarr av orter måste drivas klart under malmkroppen innan man överhuvud taget kan få någon malm ur gruvan. Detta gör att starttiden är längre i gruvan än vid skivrasbrytning men driftkostnaderna är låga.

På webbsiten <https://brukshistoria.se> under huvudrubriken VIDEO finns en animerad videofilm benämnd 'Blockrasbrytning' som visar hur blockrasbrytning byggs upp i botten av en stor malmkropp. Det visas också hur malmen bryts och fraktas ut från orterna under malmkroppen. Tyvärr är speakertexten på engelska och det saknas svenska undertexter men enbart bilderna är ändå instruktiva och tydliga nog även för den som inte är engelskspråkig. Har du problem med språket kan du be någon engelskspråkig om hjälp.

Magasinsbrytning, eller mer korrekt magasinerad brytning, är en relativt gammal brytningsmetod. Den användes redan 1900 för första gången i Sverige. Metoden är bäst för höga och tunna malmkroppar. Brytningen startar med att tappgluggar tas upp vid undersidan av malmkroppen som senare ska användas för att lasta ut malmen. Därefter borras och sprängs malmkroppens undersida och brytningsrummet utvidgas uppåt. När malmen sprängs utvidgas malmens volym och brytningsrummet tenderar att fyllas så efter varje sprängning tappas en mängd bruten malm ut genom tappgluggarna i brytningsrummets nedkant. Tappningen avpassas så att den kvarvarande krossade malmen bildar ett golv på passande arbetshöjd för ny borring i brytningsrummets tak. En ny malmskiva borras och sprängs loss och så fortsätter brytningsrummet att ökas uppåt. När man når gråberget ovanför malmkroppen avbryts arbetet i brytningsrummet och all kvarvarande malm lastas ut genom tappgluggarna nedtill.

Metoden ger acceptabla kostnader men det går bara att använda borring med handhållna maskiner och laddning måste skötas manuellt vilket gör magasinsbrytningen småskalig och långsam. Metoden har en fördel genom att den brutna malmen till största delen finns kvar i brytningsrummet medan arbete görs där. Detta ger stöd till brytningsrummets väggar och hindrar dem att rasa.

Magasinsbrytning var i början av 1900-talet en väl använd metod men med bara ett fåtal riktigt stora gruvor med stora malmkroppar har kvar magasinsbrytning vilken nu har blivit en föråldrad brytningsmetod.



Förenklad bild av magasinsbrytning. Bild från Internet.

De maskiner som används till malmhantering i dagbrott och underjordsgruvor är lika men ändå olika. Det rör sig om hjulburna lastmaskiner och gruvtruckar. Maskinerna används dock i skilda miljöer och har utformats olika. I underjordsgruvor önskar man låga, smala och midjestyrd maskiner så att orter och transporttunnlar inte behöver göras höga och breda. I dagbrotten har man långa transportvägar så gruvtruckar ska ha stor lastförmåga och då bör lastmaskinerna ha stora skopor och hög lastförmåga för att lasta truckarna snabbt. Dagbrottsmaskinerna är stora, breda och riktigt tunga. Stora gruvtruckar i dagbrott har motoreffekter på 2500-3000 hästkrafter och lastar 250-400 ton malm. Gruvtruckar för underjordsgruvor är mindre, med motoreffekter på omkring 2000 hästkrafter och lastande 20-50 ton.



En gruvtruck för underjordsgruvor som kan lasta 30 ton. Foto Caterpillar.



En elektriskt driven gruvtruck och förare. Trucken är avsedd för dagbrott och kan lasta 221 ton. Foto Komatsu.

Lastmaskiner för underjordsgruvor har i allmänhet lastskopor med volymer från 4 m³ upp till cirka 10 m³ och från 5 ton till 25 ton lastkapacitet. Lastmaskinerna är hjullastare och de flesta av maskinerna är drivna av dieselmotorer men det finns ett antal som är eldrivna. Tyvärr inga batteridrivna för det finns inga som kan driva de nödvändiga motorerna på cirka 400 kilowatt utan de måste kabelanslutas. Då kan man bara använda en lastmaskin på varje lastplats eftersom två lastare riskerar att skada varandras elkablar. Det försämrar produktiviteten jämfört med att använda dieseldrivna lastare för att då kan man köra med två eller fler lastmaskiner på varje lastplats..

Hjullastare för dagbrott är liksom gruvtruckarna större i alla och har vanligtvis lastskopor 5 till 20 m³ som kan lasta 20-60 ton. De snabbbrörliga hjullastarna drivna av dieselmotorer på 1000 hästkrafter eller mer är inte de enda lastmaskiner som förekommer i dagbrotten, det finns ofta jättelika eldrivna lingrävmaskiner som drivs elektriskt via elkablar. De har motorer för lyftning och vridning på tillsammans 2000-6000 kilowatt. Det är inte bara motorerna som är stora, skoporna kan rymma upp till 45 m³ och kan fylla ett gruvtruckflak med tre fulla skopor.



Eldriven, kabelmatad, hjullastare för underjordsgruvor, Lastar 14 ton i skopan. Foto Sandvik AB.



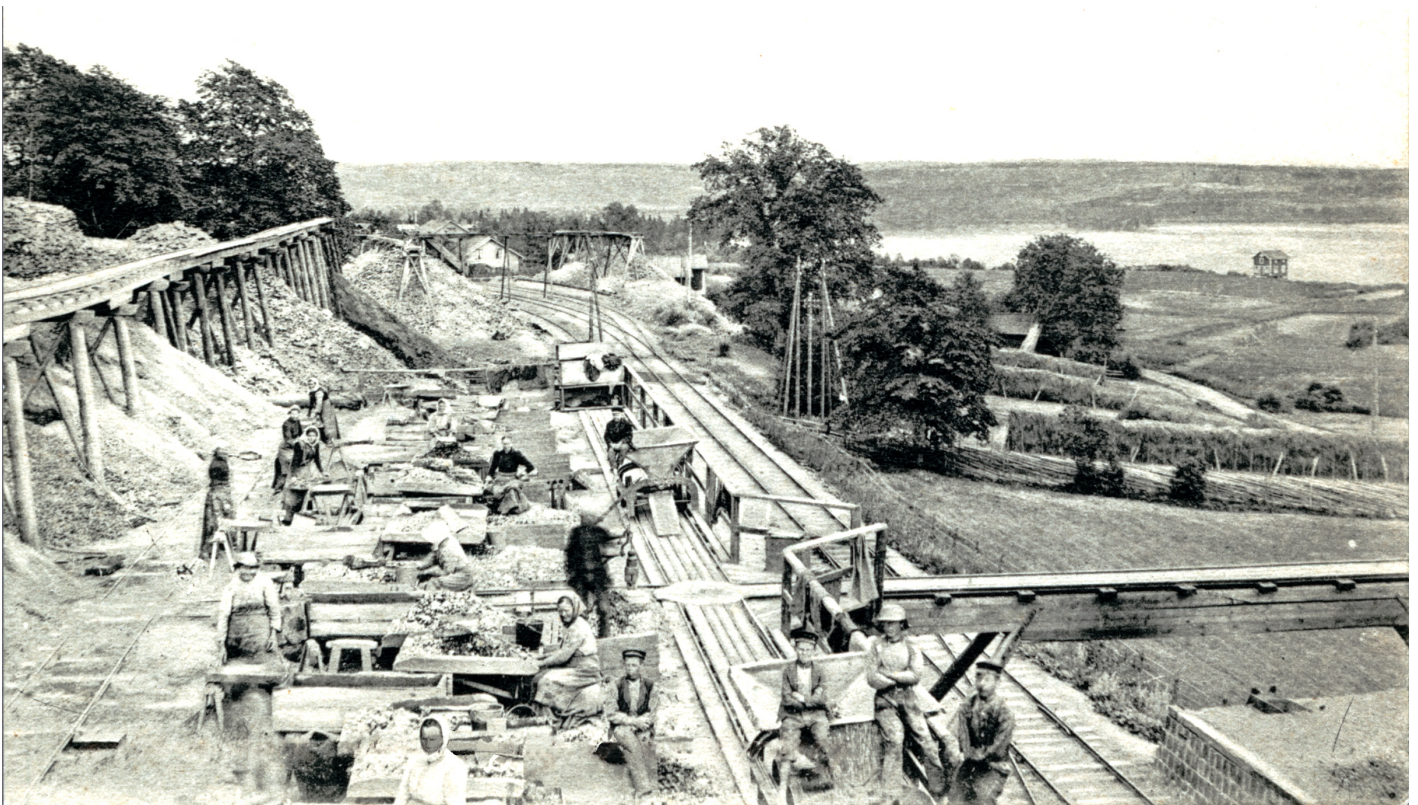
Medelstor dieselmotordriven hjullastare för dagbrott. Lastar 16 ton i skopan. Foto Caterpillar.

Malmberedning.

När malmen och något gråberg frigjorts måste gråberget tas bort och malmen finfördelas för att den ska vara möjlig att sälja. Med malmberedning menar man dessa procedurer för att rena brytmassorna så att malmen blir användbar för metallframställning. Malmberedningen har skötts på olika sätt genom tiderna och även gett olika resultat. Generellt kan väl sägas att man blivit allt duktigare att ta hand om malmen. Det ofyndiga berget, de vill säga det berg som innehåller så litet innehåll av malm att det inte vid tiden var lönsamt att försöka ta hand om den lilla malm mängden, kallades varp och kastades bort. Efter 50-100 år har man ofta uppfunnit bättre metoder att utvinna malm och då kunde det vara lönsamt att gå igenom de gamla varphögarna och göra betydande vinster av malm.

Sovring och skrädning.

Skrädning eller med ett modernare uttryck sovring är en uråldrig metod att manuellt skilja ofyndigt berg från den malm man vill komma åt. Förr hade i varje fall underjordsgruvorna ingen eller dålig belysning och då fanns det små möjligheter att skilja ett malmbit från ett bergstycke. Skillnaderna syns i färg, glans och struktur samt känns i vikten. Allt brutet fördes upp till markytan och där stod många kvinnor och barn och skrädde malmen. Varpen kastades bort på stället vilket gjorde att gruvor som brutits länge hade berg av varp runt om. I de fall man letade efter malmer med dyrare metaller som silver och koppar tvättades (vaskades) det brutna berget före skrädningen för att minska misstagen vid sorteringen. Om det satt större stycken med malm på gråbergsstycket slog man sönder gråberget med en hammare eller liten slägga och sparade malmen. I modern järnmalmsbrytning med rika malmer används en sovringsprocess på krossad malm. Med en magnetisk sortering kan magnetisk malm plockas ut från stycken av gråberg.



Vaskning av malm vid gruvorna i Klackberg i Norberg omkring år 1900. Foto Järnvägsmuseet.

Krossning.

När malmen hade skrätts var spridningen av malmstyckenas storlek mycket stor och de flesta styckena var för stora för den senare processen att utvinna metallen. De stora malmstyckena behövde krossas till mindre bitar. Detta kunde göras för hand med en slägga men det blev så småningom både dyrt och långsamt. Tidigt fanns ju bara en energikälla, vattenkraft och vattenhjul. De första krossverken som användes var de så kallade stampverken även kallade bokverk, ett vattenhjul lyfte med hakar på hjulaxeln upp grova trästockar med

järnbeslagna nederändrar ett par decimeter varefter de av egen tyngd föll ner mot en hård sten eller en gjutjärnsplatta. Man såg till att malmen fanns mellan underlaget och trästocken, stampen. Det hela fungerade delvis som en mortel. Stampverket byggdes upp av flera stampar invid varandra i en ränna med ett gemensamt underlag. Krossningsgraden varierade beroende på hur länge malmen var kvar i rännan, kort tid då blev malmen bara krossad i mindre bitar eller lång tid då blev malmen ett finkornigt mjöl. Rännan kunde lutats så att malmhastigheten i rännan påverkades eller kunde vatten rinna genom rännan med olika fart.

Endast få gruvor hade rinnande vatten i närheten och kunde leverera malm krossad till önskad storlek, de andra levererade malmen efter enbart skrädning.



Renoverat vattenhjuldrivet stampverk med åtta stampar uppställt som ett museiföremål. Foto från Wikipedia.

Oftast placerades krossning med stampverk vid hyttor och andra metallverk där det redan fanns vattenkraft. Vissa malmer som i fortsättningen skulle behandlas i hytta, exempelvis järn- eller kopparmalm, ska rostas och där krossade man efter rostningen då malmen blivit mycket skörare. Malmen rostades i gropar som till hälften fyllts med ved och därefter lades ett lager av malm ovanpå veden varpå veden antändes. Man såg till att veden tändes ordentligt sedan täckte man malmen med sand. Glöden värmer upp malmen och driver ut fukt och en stor del svavel ur malmen. Normalt ska man undvika att svavel blir kvar i metallen, det förstör oftast metallens goda egenskaper. Rostgroparna ersattes senare av rostugnar som eldades med masugnsgas som innehåller en mängd brännbar kolmonoxid. Efter rostning och krossning ska malmstyckena vara stora som valnötter för att inte sätta igen masugnspipan. I den andra ytterligheten ska malmen malas till ett fint pulver för att ta fram metallen som exempelvis för kopparmalm.

Mot mitten av 1800-talet började stampverken att skrotas och ersattes av valskrossar. De bestod av två ofta räfflade gjutjärnsvalsar med parallella rotationsaxlar. Valsarna placerades med 2-3 centimeter från varandra och en av valsarna drevs av ett vattenhjul, någon gång drevs även den andra valsen av samma vattenhjul via kugghjul. Ett malmstycke som stoppades mellan valsarna drogs ner av rotationen och krossades till småbitar mellan valsarna. Valskrossar arbetade snabbare än stampverken men det behövdes ändå en person som matade in malmstycken till valskrossen så ekonomin påverkades inte så mycket men krossningen blev mycket jämnare.



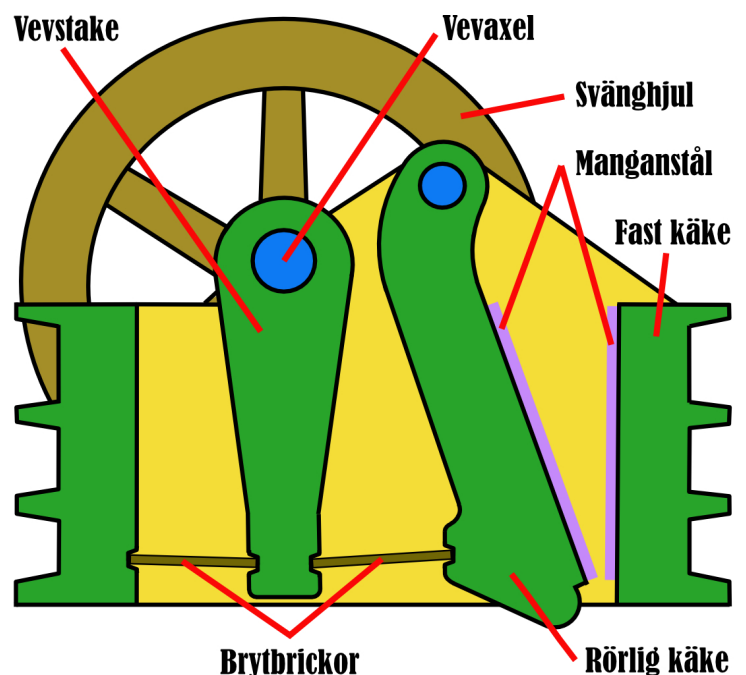
Den räfflade hjulet är ena valsen i en valskross installerad i en hytta cirka 1840. Plåtådan under valsen är en del av malmhunden, den hiss som tar upp den rostade och krossade malmen till hyttans krans (inmatningshål).

År 1858 patenterade amerikanen Eli Whitney Blake sin stora uppfinning käkkrossen, vilken på hans hemlands tungomål kallas 'Blake Jaw Crusher'. Denna uppfinning gav honom en plats i National Inventors Hall of Fame som hedrar ingenjörer och uppfinnare med patent i USA på betydande teknologi.

I början av 1900-talet byggdes elproduktion och elnät upp erbjöd en bra energikälla för gruvor. De fick ordentlig belysning under jord, bättre länspumpar och kraftigare maskiner både över och under jord. En av effekterna var att gruvorna tog över grovkrossningen av malmen för att minska driftavbrott när för stora malmblock stoppade drift av skippar och transportbanor för malm.

Blakes käkkross eller senare förbättringar av Blakes patent är väl lämpade att ta hand om den första krossningen av brytmassorna. Dessa krossmaskiner har stora inmatningsöppningar och krossar stora mängder per tidsenhet samt är enkla att underhålla.

Käkkrossen har i grundversionen en fast käke och en rörlig käke som är upphängd på en axel. Avståndet mellan käkarna minskar koniskt neråt. En roterande axel med en excentriskt placerad axel påverkar en vevstake som får en uppåt- och nedåtgående rörelse. Vevstaken kopplas med en brytbricka mot stativet och en brytbricka mot den rörliga käken. I vevstakens översta läge ligger brytbrickorna nästan i linje med varandra, i vevstakens understa läge bildar brytbrickorna en vinkel mot varandra den rörliga käken har flyttats en bit från den fasta käken. När maskinens axel roterar tuggar den rörliga käken mot den fasta och om malmblock fylls på mellan käkarna kommer blocken att ramla ner



En genomskärning av en käkkross av Blakes konstruktion som visar dess principiella uppbyggnad och arbete.

djupare i det koniska utrymmet krossas bitvis genom tuggningen tills de ramlar ut genom spalten mellan käkarna. Eftersom vevstaken arbetar inom ett område då brytbrickorna är i närheten av att ligga i linje med varandra blir kraftutväxlingen mycket stor, vevstaken flyttas med relativt små krafter och det skapar mycket stora krosskrafter mellan käkarna.

Käkarna förses med gjutna plattor av manganstål som är mycket slitstarkt men plattorna måste ändå bytas med jämna mellanrum. Det finns varianter av käkkrossor som bara har en brytbricka och excenteraxeln påverkande den rörliga käkens övre del och har större inmatningsöppning och högre krosskapacitet men de sliter de gjutna plattorna hårdare.

Dagens gruvor förses alltid med egna anläggningar för malmkrossning. De placeras i botten av underjordsgruvan och arbetar nära nog automatiskt liksom skipprarna. Malmen vräks ner till krossanläggningen genom störtschakt och när malmen ramlar ner i malmfickan blir det samtidigt lite hjälp i krossningen. Spalten i krossen ställs in så att tiocentimeters malmstycken som störst släpps ut från krossen.

Där det är lämpligt arrangeras så att den krossade malmen transporteras ut ur gruvan med hjälp av transportband men det är knappast lämpligt i mycket djupa gruvor. I dagbrott transporteras malmen ut ur gruvan med stora gruvtruckar till krossanläggningen som finns vid marknivån.

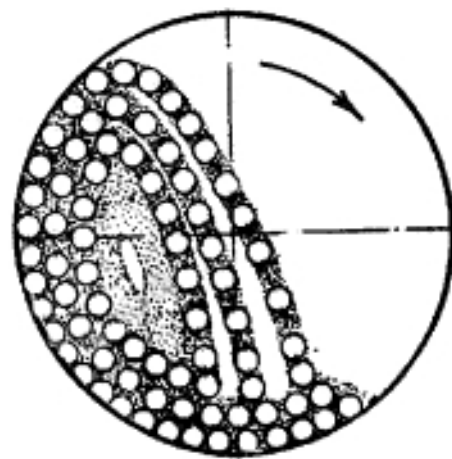
Malning.

Den grovkrossade malmen från gruvorna måste malas till finare korn, praktiskt taget som sand, för att möjliggöra ökning av metallinnehållet i malmen i en process som kallas anrikning. Ett undantag gällde fram till 1900-talet för järn- och kopparmalm då man inte bröt lågvärdig malm och accepterade att förlora lite malm vid skrädningen.

De absolut vanligaste kvarnen för malning av malmen i anrikningsanläggningar är kulkvarnen, tillsammans med de nära släktingarna stångkvarnen och stenkvarnen. Kulkvarnen som har sitt ursprung omkring år 1930 består ihålig cylindrisk trumma med oftast horisontell eller ibland något lutande axel med 5–9 meters diameter och trumman roteras av en mycket kraftig elmotor (omkring tusen kilowatt) med variabel hastighet. Längden brukar vara 1–1,5 gånger diametern. Till en fjärdedel av diametern fylls trumman med malgods, malmen alltså, sedan lägger man till ungefär 30 % stålkulor som ska göra en del av malningen. Diametern på stålkulorna brukar hållas vid 50–100 millimeter. Därefter startas cylinderrotationen. Rotationshastigheten bör vara 70–80 % av den kritiska hastigheten. Med kritisk hastighet menas den hastighet då löst material i trumman på grund av centrifugalkraften lägger sig mot trumväggen och ligger kvar där under hela varvet runt. Stålkulorna och en del av malgodset följer med trumväggen uppåt tills tyngdkraftens radiella del blir större än centrifugalkraften, kulor och malgods släpper då från trumväggen ramlar ned mot botten och krossas malgodset. Detta är en effekt av malande, två andra är malgods som krossas mellan kulor samt friktion mellan malgodsets delar. Det är inte bara malgodset som påverkas, kvarnens väggar brukar skyddas med slitstarkt manganstål eller gummi. Stålkulorna slits, de minskar i storlek och funktion. Detta kompenseras genom föra in nya kulor. Järn lämnas då i malgodset vilket i vissa situationer kan vara störande.



Insidan av en typisk kulkvarn. Kvarnen är här beskickad (laddad) med malm för malning. Foto Wikipedia.



Principen för en kulkvarns funktion. Bild från Wikipedia.

Stångkvarn är annan kvarn. Stångkvarnen är egentligen inte en annan typ, det är samma maskin men stålkulorna har bytts ut mot korta stålstänger. Funktionen är densamma som kulkvarnen men en mindre andel av malgodset krossas av stängernas fall mot malgodset och en större andel krossas när stängerna kolliderar med varandra och malgods kommer emellan. Båda kvarnarna är lika effektiva men kulkvarnen kan skapa ett pulver med finare korn än stångkvarnen kan.

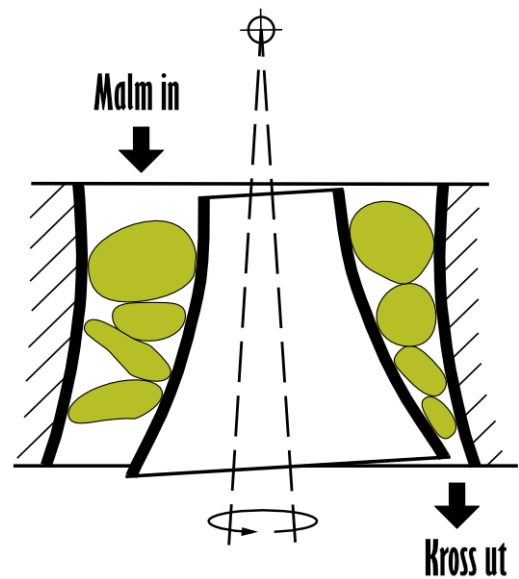
En tredje kvarn i samma familj är den autogena kvarnen (AG-kvarnen), kallas även stenkvarnen. Den har likadan maskinutrustning som de båda övriga men kulor eller stänger är bytta mot malmklumpar av samma malm som den som ska malas. Malmklumparna slits på samma sätt som stålkulor och stålstänger men de lämnar inga främmande ämnen i malgodset. Detta har stor betydelse när man ska extrahera guld ur malgodset. Det görs med lakning där cyanidlösning i vatten löser upp guldet och frigör det från de fasta ämnena i sanden efter malningen. Järn i sanden förstör lakningsprocessen och därför är malning med stålkulor eller stålstänger olämplig. Här har autogena kvarnar ett stort användningsområde men även inom andra malningar eftersom man slipper kostnaderna för malkroppar. Malmklumpar finns ju redan vid gruvan. Stålkulor, stålstänger och malmklumpar kallas med ett gemensamt namn malkroppar.

Det förekommer också SAG-kvarnar (semi autogena, halvautogena) vilka använder stålkulor och malmklumpar som malkroppar. Det är nog bara ekonomiska motiv som ligger bakom, det går åt färre stålkulor när man kör en SAG-kvarn. Järnföroreningen kommer till malgodset men i en lägre grad.

Malning i kulkvarnar och varianter kan göras torrt eller i vatten helt valfritt, den fortsatta malmbehandlingen får avgöra vilket sätt som är det lämpligaste. Varken malningstid eller resultat skiljer inte metoderna åt särskilt mycket. Om det råkar vara betydelsefullt att ha mycket låg spridning på kornstorleken efter malningen sållas det malda malgodset och alla korn större än tillåtet matas in på nytt i kvarnen tillsammans med ny malm. Den finmalda malmen kallas för slig och går sen vidare till anrikningsverket.

Om malmen ska malas i någon variant av kulkvarnar är de malmstycken första stegets käkkrossar lämnar för stora att beskicka kulkvarnar med. Malmen behöver krossas i ett andra steg. Där används oftast gyatoriska krossar. Krossningen sker i en konisk kammare där en konisk kropp med en vertikal axel går runt excentriskt i kammaren. Mellan kammarens inneryta och den rörliga koniska kroppen är det en spalt med varierande bredd eftersom kroppen är excentrisk i förhållande till manteln. Malmen ramlar ner i krossen där spalten är störst och krossas när spalten minskar genom kroppens excentriska rörelse.

Det två varianter av gyatoriska krossar, konkross och spindelkross. Konkrossar är vanligast i ett andra krossteg medan spindelkrossar har större öppning för inmatning och oftare används i ett första krossteg.



Principen för en konkross.

Anrikning.

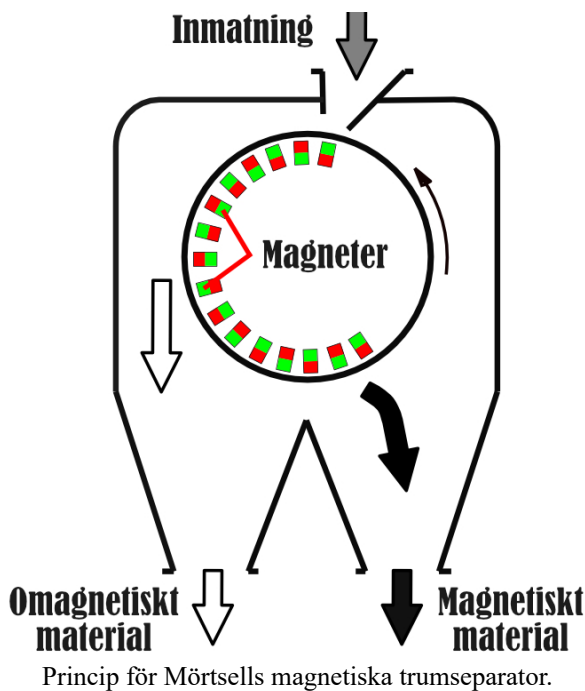
Anrikning är den process som gör andelen metallmineral i massan som blir kvar större än andelen metallmineral i den brutna malmen. Med andra ord ska man plocka metallmineralkorn med väldigt små mängder gråberg sittande fast. Helst ska det vara rena metallmineralkorn man plockar upp. Detta avgör hur fint man ska mala malmen, finns det mest små metallmineralkorn spritt i malmen ska man mala malmen till fint mjöl. Ju finare malmen mals ju bättre resultat får man men man ska komma ihåg att malning kräver mycket energi och malning är väldigt dyr så man får göra en avvägning.

Malmer har olika halter av metaller, en rik järnmalm innehåller 60–70 % järn medan kopparmalm i Sverige har mindre än 1 % koppar och mer eftertraktade metaller når inte på långa vägar promillenivå. Forskningen arbetar ständigt att försöka finna sätt att anrika alla malmer så metaller kan tas tillvara på ett ekonomiskt sätt.

Flotation är en av de vanligaste anrikningsmetoderna och genomförs i vatten. Sligen blandas ut i vatten till en så kallad slurry där också en surfaktant tillsätts. Surfaktant är någon kemikalie som fäster på metallmineralens yta och gör ytan hydrofob (vattenavstötande). Varje mineral har sina egna surfaktanter. Luft blåses in i slurryn och metallmineralkornet häftar fast vid luftbubblar och kornet lyfts till slurryns yta. Kornen samlar sig till ett skum som hämtas upp från ytan av slurryn och utgör den anrikade metallmineralen.

Det finns andra kemikalier som gör andra saker i slurryn exempelvis skumbildare och samlare som kan göra mineral hydrofoba eller hydrofila (attraktiva för vatten, motsats till hydrofob). Andra kemikalier är aktiverare som gör visst mineral mer hydrofob eller deaktiverare som gör visst mineral hydrofilt.

Med olika surfaktanter kan samma slurry stegvis användas för att anrika olika malmineral. Kopparmalm som exempel kan innehålla zink och små mängder av silver vilka också kan tillgodogöras.



Magnetisk separation är ett sätt att anrika malmer som har ferromagnetiska egenskaper, exempelvis järnmalmen magnetit eller svartmalm som den också kallas men också paramagnetiska (mycket svagare) egenskaper som till exempel wolframmineral har. Man låter en sligen passera nära kraftigt magnetfält genererat av en elektromagnet eller en permanentmagnet. Neodymmagneter är mycket kraftiga permanentmagneter som består av en legering av järn och den sällsynta jordartsmetallen neodym. Sligens magnetiska innehåll lyfts och förs bort ur sligen.

En utrustning för magnetisk separering konstruerades år 1946 av Sture Mörtzell och hans yngre bror Ture. Separatoren ser i princip ut som på bilden till vänster. En serie fast monterade magneter skapar ett cirkelformat magnetfält utmed två tredjedels cirkelvarv och runt magneterna roterar en trumma av ett omagnetiskt material som exempelvis rostfritt stål. Sligen hålls på trummans översida och sligens magnetiska innehåll låses fast mot trumytan på grund av magnetfältet. Under trummans rotation kommer det omagnetiska innehållet att falla av

trumman ovanför ett utlopp men det magnetiska innehållet följer med trumman tills magnetfältet upphör när den sista magneten passerats. Vid den punkten ramlar magnetmaterialet ner till det andra utloppet.

Med likartad teknik kan anrikning genomföras med sligen är i våt form, uppblandad med vatten i en så kallad slurry.

De gamla guldgrävarens metod, vaskning, att skilja guldklimpar från sand genom skölja massan med mängder vatten och sköljer bort sanden som håller sig i vattnet medan guldets betydligt större densitet snabbt sjunker till botten i vaskpannan. Vaskningen har industrialiserats med densitetsseparatorn som består av en hög tank som nära botten har många hålförsedda rör som sprutar ut vatten uppåt så att allt vatten tycks röra sig uppåt med samma hastighet. När malmkorn och sandpartiklar hålls i tanken kommer korn med hög densitet att falla i tanken, långsamt för de har vattenhastigheten mot sig, och samlas på botten av tanken. Kornen med låg densitet har en lägre sjunkhastighet än vattenhastigheten och kommer att stiga uppåt, de kommer finnas i toppen av tanken och på sikt följa med överflödsvattnet över kanten på tanken.

En udda fågel bland anrikningsmetoderna är separering av isotoper av samma grundämnen. Det tar lång tid för separeringen måste göras atom för atom men viljan är stor att separera klyvbart uran ur naturligt förekommande uran. Naturligt uran innehåller ungefär 0,7 % ^{235}U som är det klyvbbara uranet, resten är 99,3 % ^{238}U . Reaktorbränsle behöver ungefär 3 % klyvbart uran medan bomber behöver ungefär 90 %. Gasdiffusion var på 1930-talet den första metoden för att anrika uran. Tricket var att värma upp uranhexafluorid i gasform och hämta resultatet bakom ett membran med hål som bara släpper en molekyl åt gången. Det klyvbbara uranet är lättare så det rör sig med en högre hastighet och träffar membranet lite oftare och kommer igenom lite oftare så gasen på andra sidan hade några tiondels procent högre klyvbart uran.

Gasdiffusionsmetoden kräver att man kopplar ett stort antal diffusionsceller i serie och energiåtgången är extremt stor vilket har gjort metoden föråldrad. Numera centrifugerar man gasen i cylindrar, det tyngre uranet koncentreras i periferin och det lättare klyvbara uranet samlas mitt i cylindern. Man uppskattar att gasdiffusion använder cirka 40 gånger så stor energimängd som centrifugmetoden använder.

Det är i dag intressant att separera isotoper från varandra så centrifugmetoden har en viss liten användning utanför kärnenergiområdet.

Järnmalmspellet.

Metallutvinning från metallmalm inleds oftast med en smältning och där kan metallproducenterna ta hand om finmald metallmineral. Det kan man inte göra om det hela ska börja med en masugnprocess. Beskicker man en masugn med finmald mineral sätts masugnspipan igen och det blir stopp i processen. Problemen uppenbarades först inom järnbruken när gruvorna malde malmen före anrikningen. Problemet löstes genom att malmen sintrades till tunna plattor, kallade fines, som sedan slogs sönder med slägga. Det innebar en lösning men den var långt från ideal, den kostade arbetstid både i gruvan och järnbruket samt gjorde det svårt att hantera malmen maskinellt vid transport och användning.

Järnmalm är den enda malm som används för pellets-tillverkning. Järnmalmspellet som tidigare kallats kulsinter används för att ersätta fines vid framställning av järn i masugnar eller genom direktreduktion. Pellets är nu den absolut vanligaste leveransformen av järnmalm.

Vid slutet av 1800-talet framställdes i USA för första gången pellets där den pulvriserade malmen blandades ut med en liten mängd tjära och därefter brändes i en roterande ugn. År 1912 patenterade svensken A.G. Andersson pellets men det dröjde ända till mitten av 1950-talet innan pellets producerades i större mängd, först i USA och lite senare även i Sverige. Järnmalmspellet skiljde sig då åt både i storlek och utseende hos olika tillverkare men nu har de blivit sfäriska 8–18 millimeter i diameter.



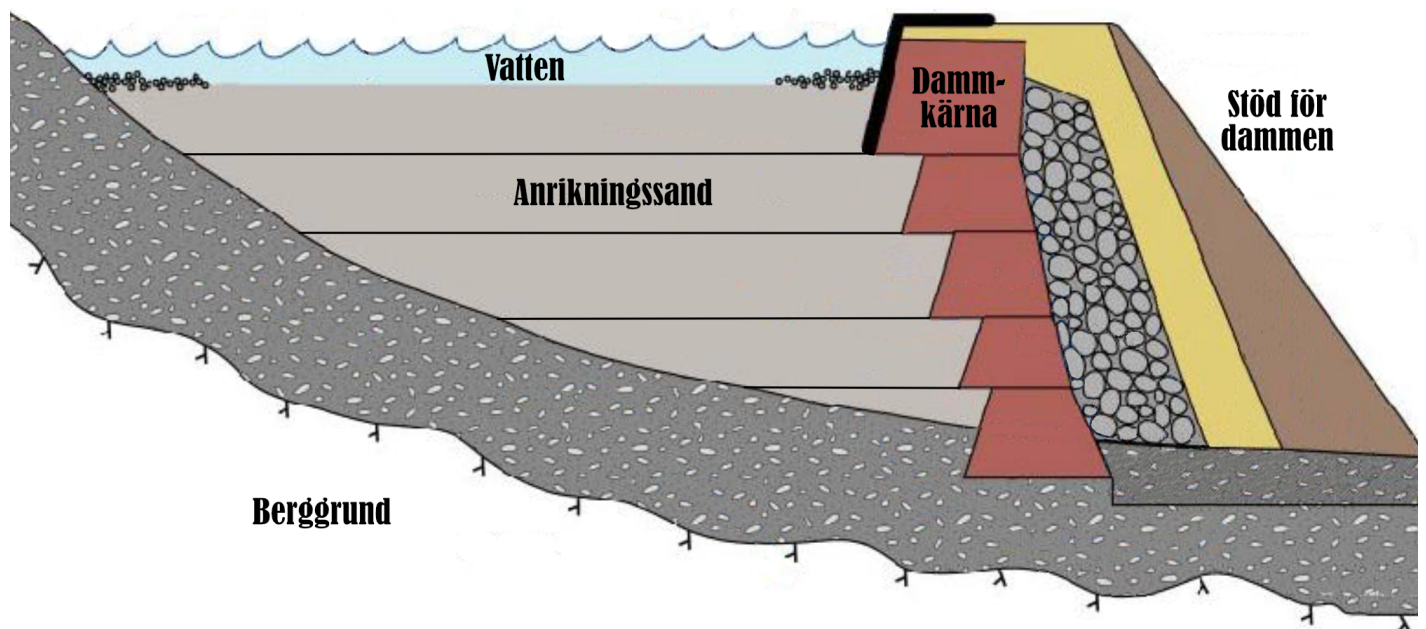
Järnmalmspellet. Foto Luleå Tekniska Universitet.

Järnmalmelig ges tillsatser av olivin eller kvartsit beroende på hur den ska användas och bentonit eller kalk tillsätts som bindemedel. Lagom fuktig rullas massan av järnmalm och tillsatser i en roterade trumma med en lätt lutande axel tills lagom stora kulor bildas. Därefter tas kulorna till sinterugnen. I den första delen torkas kulorna och i den andra delen sintras kulorna vid 1250 °C. Under sintringen oxideras magnetiten och bildar hematit under värmeutveckling vilket minskar energiåtgången i sinterugnen. Efter sintringen kyls pelletsen men flera anrikningsverk har en masugn omedelbart efter sintringen utan kylning dit den heta pelletsen direkt går för att minska kostnaden för uppvärmningen i masugnen.

Avfallet.

Den största mängden avfall från en gruva utgör av allt ofyndigt berg som bryts för att komma åt metallmineralet plus den anrikningssand som kasseras under anrikningen. Det ofyndiga berg, gråberg, som bryts långt från malmkroppen för transporttunnlar och maskinhallar är oftast likadant som det berg som bryts ovan jord för att krossas till makadam. Det ofyndiga berget lagras i ett upplag vid gruvan för att användas till att fylla igen övergivna brytningsrum och tunnlar, det som är sulfidmineralfritt bedöms vara ett överskott och kan säljas som makadam för väg- och dammbyggen och fyllnadsmaterial i betong. Järnmalmerna har i allmänhet ingen eller mycket låg inblandning av sulfidmineral och orsakar inga avfallsproblem att tala om. Brytning av malm i sulfidmineral som består av föreningar mellan svavel och en eller flera metaller ger stora problemen med det fasta gruvavfallet. Förutom de metallmineral man bryter och anrikar finns oftast flera andra metallsulfider vilka blir kvar i anrikningssanden. De är stabila och praktiskt taget olösliga i vatten under förutsättningen de inte nås av syre. Om syre kommer åt sulfiden vittrar den genom oxidation och

bindningen mellan svavel- och metallatomer bryts. Då uppstår andra föreningar som är lösliga, ibland lättlösliga, i vatten. Samtidigt frigörs en vätejon som gör vattnet surt (lägre pH-värde) vilket får allt fler föreningar att gå i lösning. Detta pågår normalt med stenar i naturen men då kommer syret bara åt stenens yta och sulfitmolekylerna där men när stenen är krossad till sand kommer syret åt alla sulfitmolekyler i stenen och oxidationen går mycket fortare. Anrikningssanden innehåller då ofta de giftiga tungmetallerna arsenik, bly, kadmium, kvicksilver och uran. Ämnen som inte ska släppas ut i vattenlösning i naturen eftersom de kommer ut i grundvattnet. Det vatten som kommit in till anrikningssanden och löst upp de hälsovådliga föreningarna kallas lakvatten är dessutom surt så att det löser upp skadliga olösliga ämnen i jorden. Lakvattnet utgör ett allvarligt miljöproblem. Anrikningssand som innehåller sulfidmineral måste därför förvaras syrefritt för att förhindra vittringen. Det vanligaste sättet är att stänga av en dalgång med en stabil damm i den nedre delen och pumpa dit en slurry av anrikningssand och fylla på med mera vatten så sanden blir helt täckt av vatten. Det går åt mycket stora lagringsutrymmen, till exempel får man för varje ton koppar som produceras från en rik kopparmalm 50–100 ton anrikningssand. Sandmagasin kan också täckas med material som är täta för luft och vatten för att på den vägen minska risken för oxidation av sulfidföreningar och urlakning av skadliga ämnen, då brukar man också lägga på mängder av kalk för att neutralisera bildning av surt vatten för säkerhets skull. Dammanläggningar måste dessutom underhållas så att de fungerar i evig tid eller i varje fall fram till nästa istid. Sandmagasin som inte behöver täckas kan också få ett täcke för att vind inte ska riva upp dammoln, anrikningssand innehåller en stor del partiklar som kan jämföras med damm.



Genomsnitt av gruvdamm med sandmagasin som har byggts på fyra gånger allt eftersom dammen fyllts av sand. Anrikningssanden sedimenterar och man kan då bygga på fördämningen inklusive stödet som måste vara långsträckt och tungt. Tyngden ger en så hög friktion mot marken att fördämningen trots sand- och vattentryck ligger kvar på plats. Bild från Wikipedia.

Nästa stora föroreningskälla som finns i gruvor är vatten, kylvatten och processvatten (vatten som används i olika processer). Egentligen är det inte vattnet som utgör problemet utan de kemikalier och det slam som vattnet har blandats upp med. Det är inte fråga om några stora mängder föroreningar men en del ämnen är riktig elaka och ska absolut inte tömmas ut i naturen. De flesta gruvor löser problemet genom rena avloppsvattnet och återanvända vattnet till nytt kyl- och processvatten.

Eftersom gruvor innebär en större närhet till grundvattnet är det viktigt att hantera oljor med en större försiktighet än vad som är brukligt vid marknivå. När gruvor en dag överges kommer stora oljespill att förorena det grundvattnet som läcker in när läns pumpningen stoppas.

Buller och gaser släpps ut från gruvor och det är ju tur att förutsättningar för gruvor och städer inte är desamma. I gruvor finns ett flertal mycket stora dieseldrivna maskiner för lastning och transporter. De förbrukar mycket stora mängder dieselolja som genererar främst koldioxid, kolmonoxid och nitrösa gaser

samt partiklar av oförbrända ämnen. Det är väl bara koldioxiden som utgör något problem utanför gruvan. Eldrift kan lösa problemet men en del fordonen kräver motoreffekter på cirka 1500 kilowatt så att batteridrift är nog inget att tänka på just nu eftersom de med de största batterier bara får en drifttid på enstaka minuter per laddning. Sprängningar orsakar ganska mycket nitrösa gaser vilket orsakar problem i underjordsgruvor. Nya brytningsmetoder med mindre laddningar av sprängämnen och förbättrade sprängämnen gör att de nitrösa gaserna minskar. Detta gör också att buller och markvibrationer minskar.

Gruvverksamhet har även kvardröjande effekter som definitivt inte har med avfall att göra. Naturen påverkas mycket av gruvor, även långt efter de har stängts. På grund av rasrisk blir mark runt gruvor oanvändbar, något som nu märks i Kiruna där man har stått inför valet att fortsätta gruvdriften eller att flytta stadens centrum. Där har frågan kokat ned till antal arbetstillfällen eller nostalgiska skäl att bo kvar i sitt gamla hem. Situationen är likartad i Norberg där man haft gruvdrift under dagens samhälle under flera hundra år. De gruvkartor som finns kvar är ofullständiga så kommunen har börjat utreda var tunnlar och brytningsrum är belägna under markytan och var det finns rasrisk. Gruvbolagen har upphört för länge sedan och det finns ingen rik organisation som kan bekosta en flytt av byggnader. Kanske blir det ett försäkringsbolag som står för pengarna till en nybyggnation när en villaägare upptäcker sin villa på botten av ett slukhål.

Det finns också en estetisk fråga kring industrietableringar i allmänhet och gruvor i synnerhet. Ett berg som brutits ner är borta och en dagbrottsgruva är ett sår i marken. Vad kan göras? Det går ju alltid underlätta för naturen kan ta över på sitt egna sätt, det behövs inte anläggas någon park på området. Vad är det som säger att gammal natur är vackrare än nyetablerad? Ett nedlagt dagbrott kan ju döljas av en sjö. Vi kunde tävla med Finland om beteckningen tusen sjöars land. Frågorna måste hanteras av våra politiker, de måste tydligt förklara vad som är viktigt i vårt samhälle och hur frågorna ska prioriteras.

Gruvbrytningens ekonomi.

En verksamhet som gruvbrytning liknar i grunden hjortronplockning för att sälja hjortronsytt, i båda fallen ska man hitta, samla in och förädla en naturresurs som är nästan gratis och laga till den så att den faller köpare på läppen. I genomförandet visar det sig emellertid vara en himmelsvid skillnad mellan verksamheterna i varje detalj. De malmfyndigheter som nu är upptäckta ligger flera hundra meter under markytan och kan i allmänhet endast spåras med indirekta metoder. De malmkroppar som låg i markytan är sedan länge upptäckta och exploaterade. Numera kan man bara med åtskillig tur finna stenblock på marken med spår av malm som brutits loss och transporterats av inlandsisen. Då får man gissa sig till varifrån stenblocket kom och den större delen av malmkroppen finns.

Den vanligare metoden att prospektera (leta efter dolda naturtillgångar) startar vid skrivbordet genom att leta i geologiska kartor, gamla berättelser och annan dokumentation för att finna områden värda att titta närmare på. När ett intressant område hittas söker man undersökningstillstånd hos bergmästaren då den sökande måste ställa ekonomisk säkerhet för de skador som kan uppstå samt avtalar med markägaren om undersökningen. Då börjar utomhussökandet, området undersöks manuellt och olika mätningar genomförs. Magnetfält och gravitation mäts, elektriska egenskaper undersöks och markradar används för att oregelbundenheter i mätvärden studeras om de kan orsakas av en malmkropp. Provboring med diamantborr ger borrhärdar som visar hur berget och mineraliseringar ser ut på olika djup. Diamantboring gör det även möjligt beräkna malmkroppens storlek. Hela denna undersökning tar tid, oftast många år och kostar stora pengar. Det uppges också att ungefär endast en av tusen prospekteringar ger ett gynnsamt resultat. Prospekteringar genomförs ofta av särskilda prospekteringsbolag som marknadsför sina fynd och säljer fyndigheten till högstbjudande gruvbolag. Prospekteringsbolagen genomför oftast arbetet mer rationellt eftersom de enbart gör undersökningar och har utvecklat förfinade metoder samt skaffat värdefull erfarenhet.

Den som innehar ett undersökningstillstånd har förtur till de eventuella fyndigheterna som hittas.

Nästa steg i skapandet av en gruva är att söka bearbetningskoncession hos bergsstaten. Då är kraven på den sökande större än då undersökningstillståndet söktes, han måste visa att det finns förutsättningar att bryta malmen med lönsamhet. En miljökonsekvensbeskrivning skall också bifogas med ansökan. Bergsstaten gör även en undersökning också om brytningen inte är olämplig i förhållande till andra samhällsintressen. Bygget av en gruva kräver ytterligare flera tillstånd från andra myndigheter och domar från olika domstolar varför hela processen att skapa en ny gruva från prospektering till bruten malm tar i allmänhet flera tiotals år.

En summering av kostnaderna för att starta en gruvverksamhet börjar med prospekteringskostnaderna och fortsätter med utredningskostnader för att få alla nödvändiga tillstånd av olika myndigheter samt planering av gruvverksamheten. Därefter kommer kostnaderna för gruvans infrastruktur som transportvägar under och över jord, ordna brytningsrum och arrangera lagringsplatser för gruvavfallet. I de domar som ger gruvbolaget brytningsrätt krävs också att finansiering för att återställa marken efter gruvans nedläggning samt underhåll av dammar för anrikningssand. Sådant underhåll kan behöva fortgå under mycket lång tid och det brukar ordnas med olika försäkringslösningar där gruvbolaget betalar försäkringspremien under verksamhetstiden. Samhället försöker på olika sätt undvika att behöva sanera gruvområdet om gruvbolaget oväntat upphör. Investeringar i byggnader och maskiner som brukar vara mycket stora tillkommer också och ger årliga räntebetalningar samt återbetalning av lånet då det förfaller.

När gruvan bearbetas kommer driftkostnader såsom personallöner, energi (bränslen och elkraft), kemikalier, sprängämnen och så vidare. Dessa kostnader ökar och minskar med den brutna mängden berg. Den årliga produktionen av malm eller slig ska räcka till för att betala de årliga kostnaderna för räntor och drift samt ge vinst och det överskott som betalar lånen under gruvans livslängd. Livslängden beräknas genom att dividera malmkroppens storlek med den årliga malmbrytningen. Gruvans ekonomi kan tämligen enkelt beräknas men det finns två osäkerheter, en liten och en vansinnigt stor. Den lilla handlar om malmens kvalitet och den stora om priset på sligen under gruvans livslängd. Slig- och malmpriser är starkt beroende av världskonjunktur och konkurrensen inom området samt i mindre grad av andra faktorer. I dåliga tider måste produktionen minska tillsammans med personalen. Gruvbolagen försöker öka säkerheten genom att prospektera efter fler malmkroppar i området nära gruvan för att på så sätt öka livslängden med lägre infrastrukturkostnader.

Gruvarbetare.

Hur malmbrytning gick till omkring Kristi födelse har vi inte en aning om men det finns mer eller mindre intelligenta gissningar härom. Vad som finns är rester av blästerugnar men de säger inte mycket om vilka som arbetade med järnframställning eller hur de arbetade. Vad man vet är att myrmalm och rödjord (ungefär samma förening som rost, järnhydroxider) samlades och reducerades till järn i blästerugnar. Då organiserades tillverkning inte av företag utan av enskilda människor eller familjer, möjligtvis av familjer gemensamt. Gruvverksamheten var okomplicerad, sjöbottnar skrapades för att samla klumpar av myrmalm eller ändå enklare, man lyfte på grästorv och skottade upp rödjord. Detta organisatoriskt enkla sätt att skaffa sig ett nytt svärd, leta efter järnmalm, reducera det till järn och till slut smida det utan byråkrati ändade i slutet av 1200-talet då Magnus Ladulås 1282 stadfäste bergsregalerna, det vill säga deklarerade att oberoende av äganderätt till marken tillhörde all malm kungen. Från 1300-talet och framåt delade kungen ut privilegium till markägaren för att bryta och bearbeta malm mot en plikt att bryta malm, framställa och sälja metallen samt att skatta för metallen. Detta skapade gruppen bergsmän. De var självägande bönder som fått privilegium att bryta malm ensamma eller i gruvlag. De arbetade sällan i kollektiv utan delade sinsemellan på arbetet i gruvan liksom i hyttan där de vanligtvis blåste sin egen malm. Bergsmannen skötte tillsammans med maka och barn samt drängar och pigor jordbruket och det verkar troligt att de bröt malm tillsammans under den tid bergsmannen disponerade gruvan. Bergsmannen fick både status och rikedom.



Bergsmansyxan, en käppyxan (utan käpp) av 1700-talmodell. En statussymbol för en bergsman. Foto Tekniska Museet.

Under slutet av 1700-talet började finansärer och järnbruk köpa bergsmansandelar i gruvor, branschen började långsamt övergå till en affär mellan arbetsgivare och arbetstagare. I mitten av 1800-talet slutade bergsmännen vara aktiva i järnhanteringen, en del blev brukspatroner och en del återgick till enbart lantbruket men de lämnade säkert sina gamla traditioner kvar i gruvindustrin. I arbetslivet var det ovanligt med kvinnor anställda i tungt arbete men gruvindustrin verkade vara ett undantag. Under 1700- och första hälften av 1800-talet var de kvinnliga gruvarbetarna, gruvpigorna som de kallades, ungefär lika många eller till och med fler som de manliga gruvdrängarna i Nora bergslag och det finns inget som tyder på annorlunda förhållande i andra bergslager. Kvinnor som tog arbete i gruvor var hustrur till gruvdrängar men också änkor och ogifta. Det var inte bara fattiga kvinnor som tog anställning i gruvor utan också hustrur till välbärgade män, makor till rika män, förmän till och med gruvfogdar. I ett fall kan man misstänka bedrägeri då en gruvfogde anställde frun i egen gruva. I flertalet fall arbetade fogdefrun i en annan gruva.

Det finns inga preciserade uppgifter om vad kvinnorna arbetade med i gruvor, endast vad kvinnor (även män) gjorde när de råkade ut för svåra olycksfall. Inga kvinnor verkade arbeta med tunneldrivning och skrotning men ett fåtal deltog vid laddning med sprängämnen och sprängning men i övrigt hade de samma uppgifter som männen. Kvinnor arbetade ofta i lag med sina makar speciellt när de transporterade malm och borrhade. På 1700-talet när borrhning och sprängning började praktiseras sköttes borrhningen av tre män, två som med tunga släggor växelvis slog på borrhstålet och en som vred borret. Vridningen sköttes ofta av en kvinna eller undantagsvis av ett barn. Senare började borrhningen skötas av två män, en som slår och en som vrider borret. Från början av 1800-talet startades en-mans borrhning med lättare hammare och borrhstål. Borraren slog med en hand och vred borret med den andra handen. Det fungerade minst lika bra som slag med tung slägga eftersom hög borreffeekt främst kommer av slagfrekvensen. Med lätta verktyg kunde kvinnor själva överta borrhningen.

Ett arbete som ofta förbises i gruvsammanhang är smedens. Han var en av förutsättningarna för borrhningen, ett borr av mjukt stål som var det enda som då var tillgängligt tålde bara en halvmeters hållängd innan det behövde skärpas. Skärpningen sköttes av en eller flera smeder och flera smeddrängar som egentligen var smedlärlingar. Ibland sökte sig kvinnor till detta arbete och utbildade sig till smeder eller ärvde de ett smedprivilegium och en smedja och kom på så sätt in i skräet.



Skrädning av malm under tidigt 1900-tal. Lägg märke till kvinnornas dominans, tidigare arbetade många barn med skrädning. Antingen hade barnen flyttats inför fotograferingen eller hade de blivit utkonkurrerade av kvinnor. Foto från Wikipedia.

Det är inte förklarad varför antalet gruvpigor sjönk mycket snabbt strax före 1850 och därefter blev de ovanliga i gruvorna. Kanske berodde det till en del på att en del brukspatroner och politiker vädrade unken inställning till kvinnor, de borde vara hemma, koka gröt och snyta ungar. Det var inte de orden som användes men så kan deras ord tolkas. År 1900 kom också ett förbud att anställa kvinnor för underjordsarbete men under 1950-talet och framåt blev dispenserna så många att förbudet upphävdes 1978. Numera arbetar många kvinnor igen under jord men ibland tycker man sig höra de 150 år gamla argumenten.

Ackordsarbete infördes ganska sent i gruvorna och daglönesystemet bibehölls länge och daglönen var ungefär densamma för män och kvinnor och det visar nog att mäns och kvinnors arbeten uppfattades som likvärda. Arbetet i en gruva var tungt och synnerligen farligt, allt kroppsarbete var tungt fram till mitten av 1900-talet men det var extra tungt i de tillfälliga arbetsplatserna i gruvor. Godset och verktygen som hanterades var tunga och det fanns då inte möjligheter att installera hjälpmedel något som den moderna gruvan har. Under de senaste 50 åren har stora delar av gruvarbetet mekaniserats vilket har förbättrat arbetet för gruvarbetarna. Riskerna för olycksfall, exempelvis genom fall, ras och sprängningar, har minskat fantastiskt mycket de senaste 250 åren men fortfarande finns det väldigt många oförutsedda händelser som kan orsaka olyckor. Tur, goda säkerhetsanordningar och rutiner har hittills räddat svenska gruvindustrin från stora katastrofer.

Gruvornas framtid.

Sverige har haft cirka 3000 gruvor genom tiderna, just nu finns det tolv aktiva metallgruvor kvar i landet.

Gruvnamn	Län	Kommun	Ägare	Mineral	I drift sedan
Aitik	Norrbotten	Gällivare	Boliden Mineral AB	Au Cu Ag	1968
Malmberget	Norrbotten	Gällivare	LKAB	Fe	1820-talet
Kiirunavaara	Norrbotten	Kiruna	LKAB	Fe	1860-talet
Leveäniemi	Norrbotten	Kiruna	LKAB	Fe	1964-83, 2015
Kaunisvaara	Norrbotten	Pajala	Kaunis Iron AB	Fe	2012-14, 2018
Kristineberg	Västerbotten	Lycksele	Boliden Mineral AB	Pb Au Cu Ag Zn	1940
Kankbergsgruvan	Västerbotten	Skellefteå	Boliden Mineral AB	Pb Au Cu Ag Zn	2012
Renström	Västerbotten	Skellefteå	Boliden Mineral AB	Pb Au Cu Ag Zn	1948
Björkdalsgruvan	Västerbotten	Skellefteå	Björkdalsgruvan AB	Au Cu Ag	1989
Garpenberg	Dalarna	Hedemora	Boliden Mineral AB	Pb Au Cu Ag Zn	ca 400 f Kr
Lovisagruvan	Örebro	Lindesberg	Lovisagruvan AB	Pb Ag Zn	1993, 2004
Zinkgruvan	Örebro	Askersund	Zinkgruvan Mining AB	Pb Cu Ag Zn	1700-talet

Mineral: Pb=Bly Au=Guld Fe=Järn Cu=Koppar Ag=Silver Zn=Zink

Gruvbranschen har nästan helt dominerats av järnmalmgruvor och deras verksamhet har helt styrts järn- och stålmarknad. I stort sett har järnmalmgruvorna gått bra och varit betydelsefulla för Sverige men stora kriser på 1730- och 1870-talen har reducerat antalet gruvor. Den stora slakten på gruvor och även på järn- och stålverk kom emellertid under 1970-talets kris som bara lämnade en handfull verksamma gruvor efter sig.

Brytning av kopparmalm vid Falu gruva och silvermalm i Sala visade sig vara riktigt goda affärer och finansierade stora delar av alla krig Sverige utkämpade. Nu är malmkropparna tömda och stormaktstiden över, i varje fall är väl det senare betryggande att veta.

Om man ser på gruvhistorien och tittar på dagsläget kan man få den uppfattningen att svensk gruvindustri bara kommer att existera en kort tid till men våra rika mineraltillgångar och det kunnande vi skaffat oss ger fördelar med att utöka gruvindustrin. Inom Europa är Sverige genom sina jättegruvor med järnmalm och kopparmalm samt bifångster av silvermalm och guld fortfarande en gruvnation att räkna med. Det produceras mycket mer malm än det gjorts tidigare. Nya lovande gruvområden prospekteras och det ansöks om koncessioner för gruvdrift men hela processen med tillståndsprövning och överklaganden tar lång tid, kanske ett par tiotal år, så det dröjer innan nya gruvor är i drift. Det finns fortfarande en efterfrågan på de gamla vanliga metallerna men också på nya metaller bland annat de sällsynta jordartsmetaller, just nu litium som

har stor användning inom batteritekniken. Allt tyder på att våra politiker är väldigt sugna på att det öppnas många gruvor, kanske mest för arbetstillfällen i glesbygd.

I Sverige har vi väldigt djupgående malmkroppar som ska utnyttjas i framtiden och de brytningsmetoder vi använder är utforskade på stora djup. Exempelvis för LKAB som planerar en sänkning av huvudnivån från dagens 1365 meter till 1800 meter och berget är utsatt för högre spänningar på detta djup. Hur det påverkar brytningen finns bara liten kunskap och LKAB har startat flera försök för att skaffa kunskaper och utveckla brytningsmetoder samt se över passande maskinell utrustning. Ledord är säkerhet och effektivitet men det finns också andra krav, exempelvis miljöfrågor. Säkerheten skall upprätthållas bland annat genom att göra brytningen helt maskinell. Effektiviteten är viktig för det är dyrt med djupa gruvor och priskonkurrensen på malm är hård.

För ett par år sedan har det installerats 5G datanät i gruvor som gör det möjligt att fjärrstyra även snabba maskiner i gruvgångarna, till exempel lastmaskiner och borrhjull. Ytterligare steg mot automation har maskinleverantörerna hållit med. Fordonen har försetts med sensorer som känner av bergväggar och olika hinder samt en styrande dator som spelar in en testkörning på en sträcka. Därefter kan fordonet självt upprepa samma körning även i tunnlar som bara har några få decimeter fritt utrymme mellan fordon och väggar. Fordonet behöver då inte ens en fjärrstyrande förare.

Nästa steg i mekaniseringen är nu i försöksstadiet att skaffa artificiell intelligens (AI) till gruvmaskinerna. Maskinerna ska bli autonoma, det vill säga i viss mån självbestämmande och de ska få en arbetsuppgift men sedan själva avgöra hur uppgiften ska lösas. Målet just nu är att få en borrhjull att med hjälp av kameror och borrhjull lägga upp en bra borbild och se till att hålen laddas med sprängämnen för ett bra sprängresultat. Styrningen av bormaskinerna är bagatellartad men det tidsödande är att ge datorn uppgifter om att placera hålen på rätta ställen, det som är kärnan i en mänsklig borrarers yrkeskunskap.



På det här sättet arbetar många moderna gruvarbetare. Foto Boliden Mineral.

Det kommer säkert efterfrågan på nya metaller allt efter man hittar användningsområden för dem. Då uppstår ett anpassningsproblem. Efterfrågan kommer fort medan uppbyggnad av framställningsresurser sker mycket långsamt. Gruvindustrin riskerar alltid att komma långt efter, kanske så långt efter att efterfrågan har

försvunnit när gruvinvesteringen är klar. Det gör att antalet prospekteringar måste öka för att slutligen hamna i den amerikanska situationen. För att lyckas en gång måste många försök göras som slutar med misslyckanden och det kostar stora pengar. Därför måste dagens produktion ge stora vinster,

Det senaste inom materialtekniken är fossilfritt stål och där är Sverige verkligen med i tävlingen även om vi ännu inte fått igång någon produktion men det har ingen annan heller. Direktreducerat järn är en liten sektor i världen. Förresten är fossilfritt stål ett felaktigt namn. Kol är det viktigaste legeringsämnet i stål och kan inte ersättas. Vanliga stål innehåller 0,2 till 0,8 % kol, inget kol inget stål.