© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

NYA HJÄLPMEDEL FÖR ÖKAD EFFEKTIVITET I GRUVBRYTNING - TILLÄMPNING I BOLIDENS GRUVOR

Göran Bäckblom, Jan Rutqvist, Niklas Frank, Boliden Mineral AB
Kari Bro ROCKMA System AB

Inledning

Användning av metaller har varit, är och kommer att vara av stor betydelse i mänskligheten utveckling. Det är således sannolikt att gruvdrift kommer att existera även långt in i framtiden. Metallutvinning har gått från kroppsarbete till en kraftfull mekanisering och successiv uppskalning av utrustningar och maskiner. I Aitiks dagbrott är nu t ex salvstorleken omkring 200 000 m^3. Lastning sker med grävmaskiner med en skopvolym uppgående till 43 m^3 och truckarna lastar 220 ton. I snitt uppgår produktionen till 1400 m^3 berg per timme, dygnet runt, året runt. För att ytterligare sänka kostnader kan man nu påräkna stegvis automatisering av driften, både i dagbrott och i underjordsgruvorna.

Detta föredrag inriktas på teknisk utveckling som förbättrar malmkännedom, kvalitet i borrningsutförande och förbättrar beslutsunderlag för den operativa styrningen av verksamheten med tillämpning på dagbrottet i Aitik (Gällivare) och underjordsgruvan Petiknäs (Skelleftefältet).

Allmänna förutsättningar

Boliden Ltd är nu ett internationellt gruv – och smältföretag med fokus på metallerna koppar och zink. Med huvudkontoret i Toronto bedrivs gruvverksamhet i Sverige, Spanien, Chile och Kanada, se Tabell 1. Aktien handlas på börsen i Montreal, Toronto och Stockholm, se vidare www.boliden.ca.

Tabell 1. Gruvproduktion i Boliden Ltd:s helägda, större gruvor under 1999

Land	Gruva (huvudmetall)	Brytningsmetod, djup	Malm-produktion Mton/år	Gråbergs-produktion Mton/år
Chile	Lomas Bayas (koppar)	Dagbrott Djup: 180 m	20,4	6,3
Kanada	Myra Falls (zink)	Skivpall, stabiliserad igensättingsbrytning Djup: 450 m	0,8	0,3
Spanien	Los Frailes (zink)	Dagbrott Djup: 180 m	1,9	28,7
Sverige	Aitik (koppar)	Dagbrott Djup: 315 m	17,7	17,6
	Garpenbergs-gruvan (zink)	Igensättnings-brytning Djup: 830 m	0,3	0,1

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Tabell 1. Gruvproduktion i Boliden Ltd:s helägda, större gruvor under 1999 – fortsättning

Land	Gruva (huvudmetall)	Brytningsmetod, djup	Malm-produktion Mton/år	Gråbergs-produktion Mton/år
Sverige	Garpenberg Norra (zink)	Igensättnings-brytning Djup: 990 m	0,6	0,2
	Kristineberg (zink)	Igensättnings-brytning Djup: 1130 m	0,6	0,2
	Laisvall (bly)	Rum-och pelarbrytning Djup: 150 m	2,0	-
	Petiknäs (zink)	Igensättnings-brytning,vein mining, magasins-brytning Djup: 670 m	0,6	0,1
	Renström (zink)	Restbrytning i pelare Djup: 1000 m	0,1	0,1
Totalt ~ 100 Mton/år	**10 större gruvor**	**Största djup 1130 m**	**44,9**	**53,6**

Allmänna förutsättningar för Bolidens verksamhet är:

- kraftig varierande metallpriser,
- fullständigt fri konkurrens på en fullt ut avreglerad världsmarknad.

Boliden Ltd möter dessa förutsättningar med

- internationalisering av verksamheten,
- flexibilitet och
- löpande teknisk utveckling i gruvor, anrikningsverk och smältverk.

Boliden Ltd:s koncernstab för den tekniska utvecklingen och teknikstöd är lokaliserad till orten Boliden i Västerbotten. Teknikutvecklingen är en integrerad del av utveckling av individ och organisation för att säkra intäkter, sänka kostnader och optimera malmbasens utnyttjande.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Förbättrad malmkännedom med insamling av data under salvborrning

Dagbrottet i Aitik

Dagbrottet i Aitik är nu ca 320 m djupt, men det är f n planerat att brytningen sker till ett dagbrottsdjup uppgående till ca 630 m. Malmvärdet är ~ 50 SEK/ton. Geologin uppdateras regelbundet med data från kärnborrhål, kaxprovtagning och kartering. Kärnborrningen är dock relativt gles med ett borrhål per 10 000 m^2; kaxprovtagningen ger ett medelvärde över hela salvhålets längd (~17 m) och karteringen ger inget direkt underlag för de tekniska parametrarna man är intresserad av. Under 1999 har också ett s k MWD (Measurement While Drilling) – system tagits i drift. För varje salva om ca 200 000 m^3 borras 160 –180 borrhål. Data från produktionsborrningens MWD-system kalibreras mot den geologiska modellen för att förbättra detaljinformationen och förbättra prognoser rörande:

- den geologiska modellen,
- malbarheten,
- sprängbarheten.

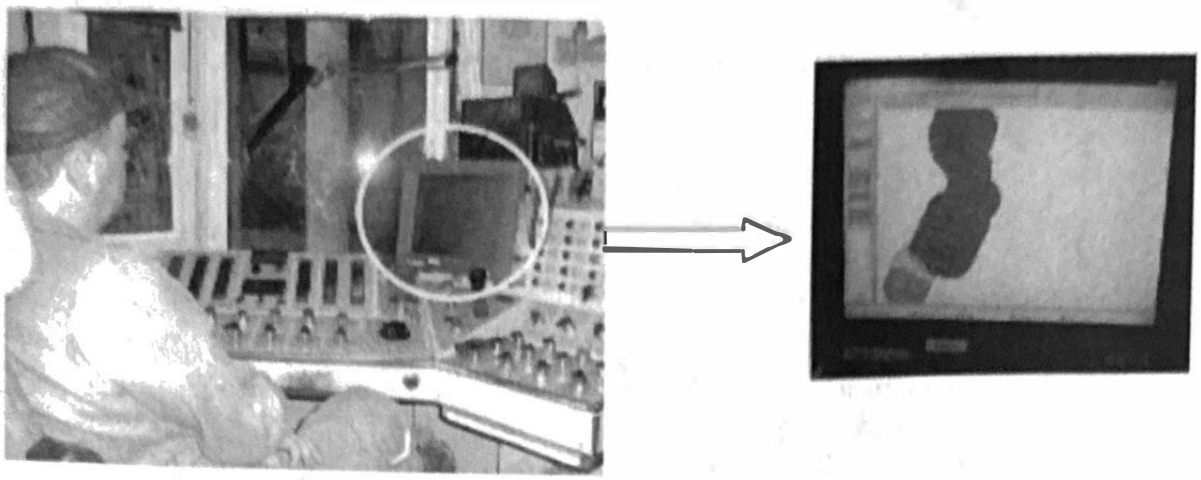
Bättre geologiska modeller förbättrar planeringen av arbetet för djupare liggande partier av dagbrottet. Malbarhet är ett mått som anger ton material som passerar kvarnen per timme. Är berget mer svårmalet, så minskar genomströmningen genom anrikningsverket, vilket naturligtvis direkt påverkar gruvans intäkter. Med bättre prognoser är det möjligt att blanda ingående material för att åstadkomma ett jämnare flöde, vilket i allmänhet leder till bättre metallutbyten vid anrikningen. Malbarheten varierar kraftigt med t ex kvartsinnehållet. Det är därför väsentligt med ett bra styckefall så att grävmaskinerna kan producera maximalt med berg per timme. Genom bättre kännedom om bergets egenskaper är det möjligt att styra borrning och laddning så att det grova styckefallet undviks (se också lägesrapporten i [1]).

Systemet i Aitik är uppbyggt på följande sätt:

Rådata från borrningen samlas upp via borraggregatets logger. Data kalibreras och presenteras på riggen i realtid för operatören (Figur 1). Operatören erhåller en tolkad bild (stapel) som visar borrhålstolkning avseende borrbarhet/malbarhet respektive sprickighet. Hålet växer succesivt fram allt eftersom hålet borras. En horisontell planbild växer fram över pallen som anger hålens medelvärden. Operatören har möjlighet att titta på tvärprofiler med tolkning längs hålen och kan välja mellan tvär och längdprofiler med möjlighet att sätta djup på profilerna. Den nära kopplingen till operatören ger också möjlighet till förbättrad tidsplanering av arbetet; operatören ser t ex i en bild utbredning av tungborrade partier. Informationen ger underlag till operatören att optimalt planera utbyten av rullborrkronor. Data skickas också via radiolänk till en server och lagras på kontoret. Från en CAD-station (MicroStation) kan sedan borrhållsdatabasen samtolkas med MWD-tolkningen. Upplösningen är satt till

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

medelvärden per meter, vilket då ger möjlighet att samköra denna tolkning med all övrig information.



Figur 1. MWD-tolkning av malbarhet och sprickighet presenteras i realtid för borroperatörerna i Aitik.

Systemet togs i drift sent 1999. Under år 2000 genomförs åtgärder för att ytterligare verifiera, kalibrera och finjustera systemet.

Underjordsgruvan i Petiknäs

Petiknäsgruvan är en relativt "typisk" zinkgruva i Skelleftefältet. Bredden på malmen varierar från några få meter till 10-15 meter. Sidoberget är svagt. Brytningsmetoden är i huvudsak igensättningsbrytning, vilket innebär att man bryter uppåt en skiva i taget om ca 5 m. Sedan återfylls det utbrutna hålrummet med restprodukter (sand) från anrikningen av malmen. Återfyllnadsmaterialet bildar golv för nästa malmskiva. Malmvärdet är ~ 400 SEK/ton. En typisk salvstorlek är 100 m^3 eller större, med värdet ca 200 000 SEK per salva. Årsproduktionen är knappt 600 000 ton.

Med höga malmvärden är det av särskild vikt att man inte tappar malm, samtidigt som gråbergsinblandning ska minimeras; även här har MWD-tekniken utvecklats för att öka malmkännedomen, för att ge förbättrat underlag för bergförstärkningsplanering och för att förbättra borrningsprecisionen.

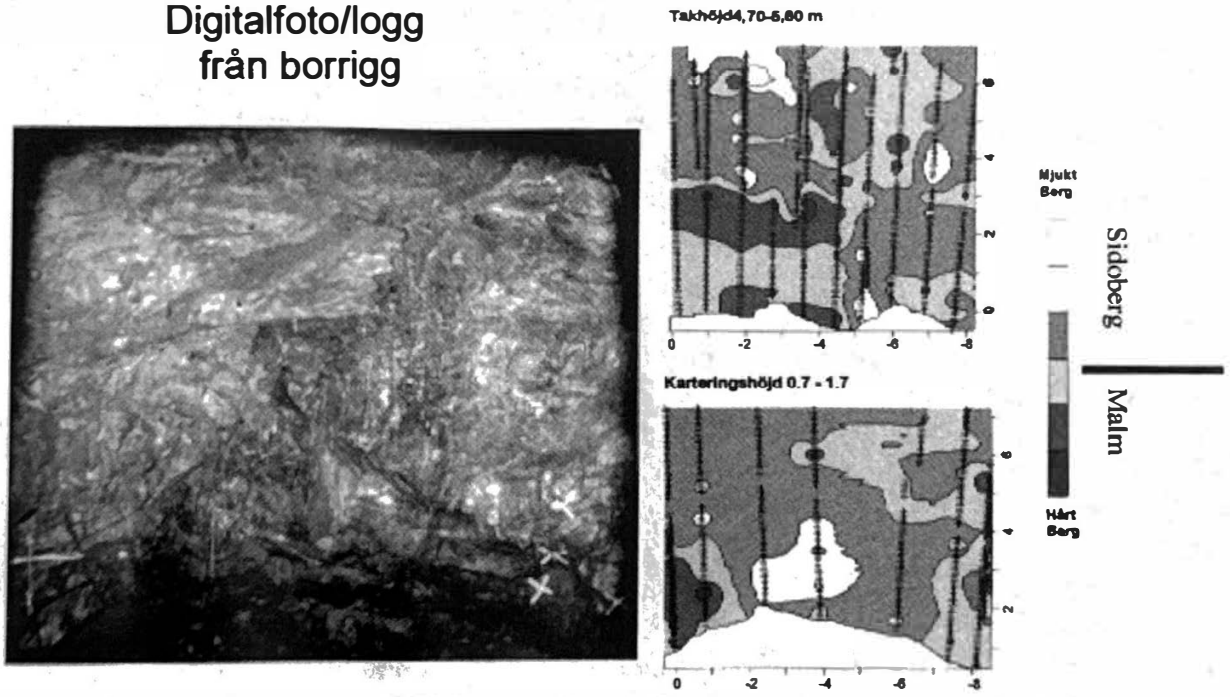
MWD-systemet i Petiknäs är i grunden samma system som i Aitik men med vissa modifikationer. En grund för bättre produktionsstyrning är att borriggen är positionerad i x,y,z. Bever Control AS har tillsammans med Boliden utarbetat ett helt nytt Windows-baserat program för positionering av borriggen. Operatören använder sig av en friuppställd teodolit med peklaser. Först slås en riktning mot en känd punkt. Därefter riktas peklasern mot stuffen och linjen används för att positionera en av borriggens matarbalkar. När denna utsättning och inställning är utförd så kan operatörer erhålla en realtidsbild på hyttens datorskärm som visar borriggens placering och riktning i förhållande till den aktuella, digitala gruvkartan som är inmatad i datorn på riggen.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Under borrningen följer operatören borrningen på datorskärmen där varje borrhål med tolkade bergegenskaper växer fram med riktiga koordinater och rätt placering på gruvkartan. På samma sätt som vid Aitik, sker tolkning och presentation av pågående produktionsborrning i realtid. I Petiknäsfallet är tolkningen på skärmen relaterad till malm/gråberg. Operatören har möjlighet att direkt ta beslut om kompletteringar av hål i salvan, alternativt att avbryta salvhål som kommit ut ur malmen.

En systematisk fotografering av gaveln från borriggen utförs efter varje slutförd salvborrning. En digitalkamera finns monterad på riggen. Kameran är inkapslad och sammankopplad med datorn på riggen. Att fotografera gaveln efter utförd borrning har stora fördelar. Det är ungefär samma avstånd från kameran till gaveln vid varje borrtillfälle, samma ljusförhållande Vidare är malmgaveln alltid är renspolad av borrvattnet. Dessa fotografier ger geologer/kartörer ett utmärkt basunderlag för den geologiska karteringen, samt möjlighet att samtolka karteringen med tolkningen av MWD data. Här finns möjlighet att gå vidare med avancerad bildanalysteknik för att i automatiskt tolka bilden så att malmkvalitet och strukturer erhålls i digital form för vidare hantering i CAD miljö.

De samverkande delmomenten - positionering av borrigg, MWD och digitalfoto av stuff - ger tillsamman, bättre möjligheter att flexibelt anpassa brytningen för att minimera malmförlust och gråbergsinblandning, se Figur 2.



Figur 2. Exempel från digitalfoto, tolkning av MWD-data från salvborrning.

Systemet togs i drift sent 1999 och kommer att testas och vidareutvecklas under innevarande år.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Förutom att systemet används för malmkännedom, prövas det också i samband med kabelbultning. I Petiknäs kabelbultas de flesta brytningsrum. Längden på hålen varierar mellan rummen men är normalt 18-22 meter. Ett Transtronic Devilog-instrument är påmonterad på denna Tamrock Cabolt-rigg. Här medges möjligheter för att förbättra kartläggningen i brytningsrummen med avseende på strukturer och bergartsfördelning ett antal brytningsskivor i förväg.

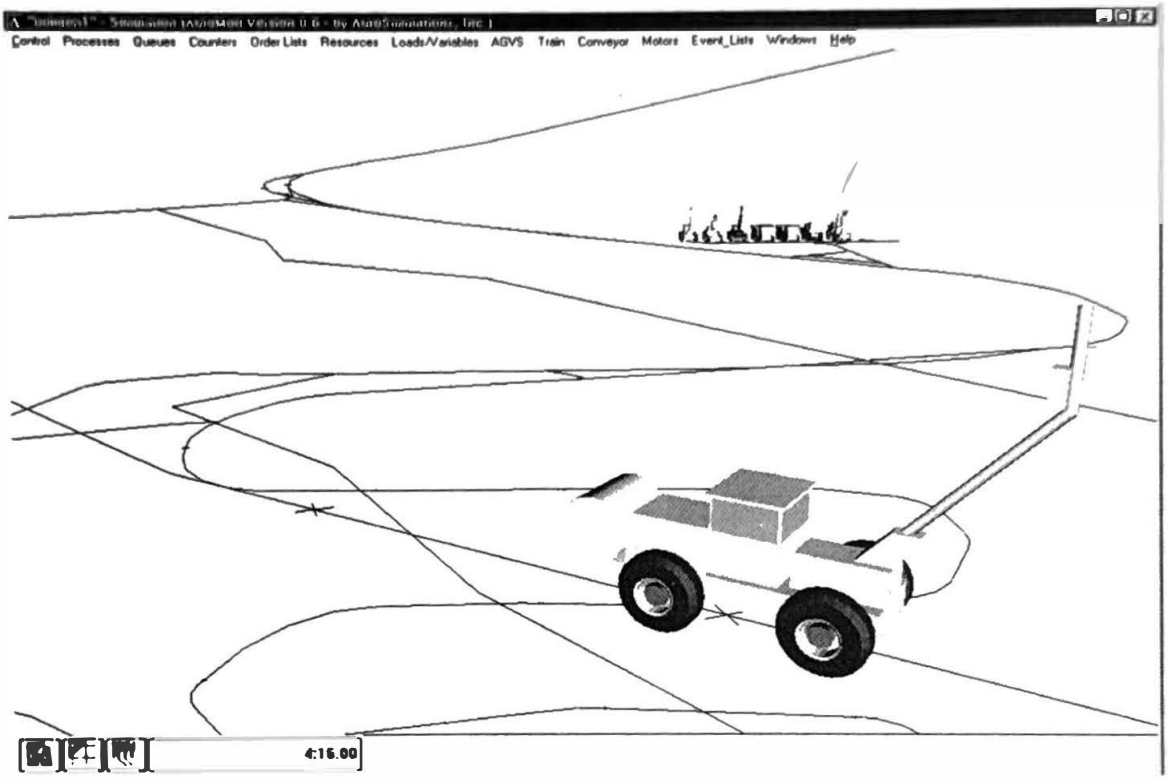
Förbättrad styrning med realistisk simulering av gruvans produktionssystem

En igensättningsgruva är ett komplext produktionssystem. Malmens bredd och egenskaper varierar; sidobergets bergkvalité är också varierande vilket medför högst varierande salvcykeltider. Brytningen sker på många fronter på olika djup och en icke föraktlig del av skifttiden åtgår till transport av manskap och utrustning. Boliden har under 1999 genomfört så kallade "flödesstudier" i två gruvor. Via kommunikationsradio har alla aktiviteter i brytningsfronter inrapporterats till en driftcentral. Uppgifterna har därefter bearbetats och analyserats för att identifiera trånga sektioner, frekventa störningar m m i produktionen. Dessa data kommer att användas för att verifiera redan gjorda datorsimuleringar av produktionen i en igensättningsgruva.

Simulering kan prövas för utreda kort- och långtidseffekter på produktion av t ex arbetstider, skiftformer, skjuttider, förbättrat underhåll, alternativa maskininvesteringar, alternativ utformning av ramper, placering av verkstäder m m. Boliden har använt en generell programvara AutoMod. Modellen är tredimensionell och visar gruvans layout skalenligt. Import av gruvlayout sker direkt från Microstation. Gruvmodellen för t ex Petiknäsgruvan (Figur 3) innehåller ramp, upp till 11 st brytningsgavlar, malmschakt, verkstad samt tipplats ovan jord. Modellen tillåter valfri zoom och rotation i 3D. Vyer kan sparas och senare öppnas med hjälp av kortkommandon. Logiken i modellen hanterar variation i salvcykler, enhetsoperationer, salvstorlekar, antal brytningsrum, lastningsmetoder (lastbil resp. LHD), rumsprioritering, möten i ramp, ort- och schaktkapacitet, transporter, skifttider, bemanning samt maskinpark. Indata till modellen ges i ett Excel-gränssnitt som är enkelt att använda och inte kräver kunskap om AutoMod. Utdata kan ges som textfiler eller som diagram i Excel-format. Rapporter kan anpassas och automatiseras av användaren. AutoMod har motsvarat förväntningarna och är en lämplig programvara för utveckling av gruvsimulatorer. Förutom rent tekniskt stöd ger också en simulator stöd i extern och intern kommunikation. Samtliga moment i salv-cykeln, LHD-lastning, malmschakt, ort med tåg, ramp med lastbilar, verkstad med maskiner osv visas. Panorering, zoomning och snapshots kan göras.

Boliden har under 1999 genomfört simuleringar av Petiknäsgruvan och dagbrottet i Aitik och kommer under året att utvärdera nyttan och användbarheten med programmet. Nulägesbedömningen är att simulering är ett kraftfullt instrument för beslutsstöd i den komplexa verksamheten som en modern gruva utgör.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figur 3. Exempel på vy från simulering av Petiknäsgruvan. Detalj ur modellen. Ramp indikeras med streckad markering. Rampen kan renderas så att konturerna framträder i 3D. På bilden ses rampens centrumlinje, parkeringsplats samt en bultsättare.

Diskussion

Detta föredrag redovisar några glimtar från den gruvtekniska utvecklingen i Boliden. Vad ligger i framtiden? Fokusering på koppar och zink innebär en fortsatt internationalisering på en starkt konkurrensutsatt marknad. Det finns mycket goda utsikter att Boliden även i fortsättningen är en stark och viktig aktör där teknisk kompetens och fortsatt teknisk utveckling är en styrkefaktor. De svenska zinkgruvorna går mot allt större djup och teoretisk och praktisk bergbyggnad är väsentlig för att säkerställa en säker produktionsmiljö. Skellefteåfältet är fortfarande ett utomordentligt intressant prospekteringsområde. Boliden undersöker f n mineraliseringar i Renström, där malmvärdet mot djupet bedöms vara mer än 1000 SEK/ton. Om de fortsatta undersökningarna leder till lönsam brytning sker brytningen på djupet 1300 till 1700 meters djup inom några år. Den framtida moderna gruvan är snart här. Delar av produktionen kommer att vara fjärrstyrd från dagen; man ser gruvan som en "processfabrik" där hårda mätdata från produktionen anpassas till marknadens krav på kvalitet och tillförlitliga resultatprognoser.

Metaller kommer att utnyttjas även långt in i framtiden. Sverige, som nu är Europas gruvland nummer ett kan bibehålla denna position även i framtiden. Viktiga faktorer är bl a att prospektera fram nya malmer, att utveckla den egna kompetensen, värna om

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

kompetens hos universitet, högskolor och leverantörer och att hämta in impulser från den omvärld som sannerligen inte är stillastående.

Referenser

[1] Turtola, H et al, 2000: *Mätning under borrning (MWD) för optimering av sprängning i stora dagbrott.* BK Diskussionsmöte 2000 *ib idem,* Bergsprängningskommittén, Stockholm