

BeFo

Framtida malmbrytning

Områden för gruvteknisk forskning och utveckling

Per-Arne Lindqvist, William A. Hustrulid,
Håkan Hedén, Sven-Erik Hellström,
Per-Olof Sognfors

Stiftelsen Bergteknisk Forskning – BeFo
Swedish Rock Engineering Research Foundation

BeFo 173:1/85
STU D:nr 84-4587

Framtida malmbrytning

Områden för gruvteknisk forskning och utveckling

Per-Arne Lindqvist, Högskolan i Luleå
William A. Hustrulid, Colorado School of Mines
Håkan Hedén, LKAB
Sven-Erik Hellström, SSAB
Per-Olof Sognfors, Boliden Mineral AB

Stiftelsen Bergteknisk Forskning – BeFo
Swedish Rock Engineering Research Foundation
Stockholm 1985

FÖRORD

De svenska gruvföretagen har av tradition ett väl utvecklat samarbete på flera områden, bl a inom FoU-verksamheten. Via Gruvforskningen vid Svenska Gruvföreningen deltar man i branschorgan som BeFo, MinFo, Sve-DeFo, GRAMKO m fl. Direkt mellan företagen förekommer också samråd och samverkansprojekt i mer eller mindre etablerade former.

I samband med avvecklingen av den s k Forskningsgruvan i Luossavaara har initierats en utredning med stark tillskyndan och ekonomiskt stöd från STU för att skapa underlag för en större samordnad FoU-insats under en period av fem å sju år. Målet är att företagen i samverkan med högskolor och andra forskningsinstitutioner skall kunna utveckla befintliga och nya brytningsmetoder för underjordsgruvor som ett väsentligt led i att stärka branschens internationella konkurrenskraft.

Föreliggande två delrapporter, "Framtida Malmbrytning. Områden för gruvteknisk forskning och utveckling" respektive "Underlag för gruvteknisk FoU-plan" är resultatet av ett drygt års intensivt arbete med att inventera, strukturera och prioritera områden för forskning och utveckling av brytningsmetoder. Utredningsmaterialet bildar nu grund för fortsatt planering och organisation av den föreslagna fleråriga FoU-insatsen. Preliminära uppskattningar av de olika projektens kostnader har gjorts liksom en grov bedömning av fördelningen mellan företagens, högskolornas och andra institutioners medverkan i respektive projekt. Även viss samordning med utvecklingsarbete hos utrustningsleverantörer har diskuterats. De slutliga bedömningarna är beroende av fortsatta diskussioner som nu pågår med berörda företag och institutioner. Kostnadsplanen har därför inte bifogats i de nu publicerade rapportdelarna.

.....

Arbetet har utförts av en projektgrupp bestående av Per-Arne Lindqvist, Högskolan i Luleå, William A. Hustrulid, Colorado School of Mines, Håkan Hedén, LKAB, Sven-Erik Hellström, SSAB och Per-Olof Sognfors, Boliden Mineral AB.

En av STU utsedd styrgrupp har lett projektet och aktivt deltagit vid flera 1-2 dagars arbetsmöten under året. Styrgruppen har bestått av Roger Andersson och Ingemar Marklund, LKAB, Ingemar Magnusson och Norbert Krauland, Boliden Mineral AB, Gunnar Almgren, Högskolan i Luleå, Carl-Otto Frykfors och Bo Hall, STU samt undertecknad som ordförande.

Stockholm i november 1985

Tomas Franzén

SAMMANFATTNING

Som ett led i den långsiktiga utvecklingen av svensk gruvteknik initierades våren 1984 en utredning med syfte att ta fram en FoU-plan för utveckling av brytningsmetoder under jord. Bakgrunden var ett önskemål från både gruvindustrins och forskningsorganisationernas sida att göra en översyn av utvecklingsarbetets inriktning. Frågan aktualiserades också av forskningsgruvans nedläggning halvårsskiftet 1985. Utredningen genomfördes i samverkan mellan Boliden Mineral AB, LKAB, SSAB och Högskolan i Luleå. I denna rapport presenteras den framtagna FoU-planen. Bakgrundsmaterial från utredningen lämnas i rapporten "Framtida Malmbrytning - Underlag för FoU-plan", BeFo173:1/85.

Programmet innehåller 13 utvalda FoU-områden som presenteras i prioritetsordning. Inom varje område identifieras olika projekt, vilka även anges i prioritetsordning inom respektive FoU-område. Totalt beskrivs 54 st utvecklingsprojekt vilka ingår i FoU-planens följande 13 områden.

1. Malmkännedom

När man planerar brytning av en malmkropp är den endast känd genom ett fåtal diamanborrhål som tvärrar malmen. Avvikelser från förväntade malmgränser kan vara stora och leda till gråbergsinblandning och malmförluster. Bättre kännedom om malmen innebär sänkta kostnader och ökade malmintäkter. En väl utvecklad malmbrytningsteknik förutsätter dessutom att layouten kan modifieras efter malm-bilden och bergstabiliteten. Detta kräver ökad malmkännedom.

FoU-området syftar till att ta fram olika metoder att kartera malmgränser, halter och berggenskaper. Här utgör geoinformation från produktionsborrhål genom geofysisk hållogging och kaxanalys viktiga uppslag. Vidare ingår utveckling av hammarborrning av undersökningshål och utrustning för avvikelsemätning. Programmet omfattar utnyttjande av geostatistik och utveckling av rationella metoder för analys, lagring och presentation av data från malmkarteringen.

2. Fragmentering

En god fragmentering av berget vid sprängning är av stor betydelse för alla brytningsmetoder. Stenblock hindrar malmuttaget och orsakar kraftiga störningar i produktionen med höjda kostnader som följd och krav på överkapacitet i maskiner och anläggningar. Icke kontrollerad sprängning kan även medföra skador på omgivande berg och orsaka stabilitetsproblem. Kontrollerad borrhning och sprängning innehåller därför stor potential till förbättringar av malmbrytningen.

Detta FoU-område innehåller elva projekt där precisionsborrning, robotisering, sprängämnen med reglerbar sprängstyrka, elektroniska sprängkapslar, borrhålsmätning och datoriserad beräkning av fragmenteringen utgör viktiga delar.

3. Brytningsmetodernas bergmekanik

Bergets hållfasthet och rådande bergspänningar har stor betydelse för val av brytningsmetod och utformning av brytningen. Skillnaden i kostnader för gruvbrytningen under jord mellan olika gruvor beror till övervägande del på skilda bergförhållanden. En väl utvecklad teknik att beräkna och utforma brytning, bergförstärkning och fyllning är därför av utomordentlig betydelse för framtida säkra och effektiva brytningsmetoder.

Området innefattar bl a metoder för datainsamling, dimensionering, brytningsplanering och stabilitetsövervakning. Förslaget innehåller både studier av stabilitetssituationer i gruvor och teoretisk forskning.

4. Reparation och underhåll

Gruvorna utgör en mycket svår miljö för alla maskiner. Reparations- och underhållskostnaderna kan utgöra mer än 60 % av maskinernas driftskostnader. Med den gradvisa övergången till kapitalintensiva automatiserade maskiner kommer reparations- och andra underhållsfunktioner att bli allt mer betydelsefulla. Inom FoU-området skall strategier för reparationer och underhåll, arbetsorganisation, maskinupphandlingsmetoder o s v utarbetas och utvecklingsarbete i detta viktiga ämne påbörjas.

5. Brytning med återfyllning

Återfyllning av utbrutna rum används vid igensättningsbrytning men kan även utnyttjas i kombination med skivpallbrytning. Igensättningsbrytningen är driftssäker och klarar oregelbundna malmgränser. Metoden är dock tämligen dyr och behöver därför utvecklas. I detta FoU-område skall nya brytningslayouter och ny fyllningsteknik provas.

6. Framtidens el-gruva

Den vanligaste energikällan i gruvorna är idag dieselolja. En kontinuerlig utveckling pågår dock för att gå över till elektricitet. Skälen härtill är flera, bl a kan el-fordon ges högre kapacitet, underhållet bör bli lägre på grund av enklare konstruktion, energikostnaderna kan sänkas väsentligt och arbetsmiljön under jord avsevärt förbättras. Nya gruvkoncept bör också vara möjliga att utveckla. Detta FoU-område innehåller bl a framtagning av ett scenario över framtidens el-gruva och inledande utvecklingsarbete.

7. Planering och produktionsstyrning

Under olika planerings- och produktionskedan vid malm-brytning från undersökningsborrning till brytning och transport är uppgifter om malmen (geometri, halter, kvantitet, lagersituation o s v) styrande. En rationell framtagning, hantering och analys av informationen är viktig. Detta FoU-område innehåller utveckling av produktionsstyrning, informationssystem, malmbasberäkningsmetoder samt utveckling av brytningsplanering.

8. Snabbortdrivning

Ortdrivning används för tillredning av malmer innan brytningen kan börja. Ortdrivningen är tidskrävande och dyrbar vilket ställer krav på ökad snabbhet och lägre kostnader. I detta FoU-område planeras en förstudie och ett fältförsök med syfte att öka hastigheten vid ortdrivning med sprängning och fortsatta studier av fullborrnings-tekniken.

9. Rasflödeskunskap

I malmbrytning förekommer stora mängder sprängt berg under jord. Ofta ligger malm och gråberg i kontakt med varandra. Vid lastning av malm rasar berget p g a gravitationen. Man vill då undvika att ofyndigt eller skadligt berg blandas med malmen eller att malm går förlorad i gråberget. Rasberget påverkar även markytans uppträdande. Gravitationsflödesteori är därför ett viktigt kunskapsområde. Detta FoU-område innehåller praktisk och teoretisk utveckling av rasbrytning och flödessimulering.

10. Fräsande malmbrytning

Sprängningens cykliska natur begränsar möjligheterna att effektivisera en del brytningsmetoder. Avverkning av malm med fräsande maskiner innebär övergång till kontinuerliga gruvsystem. Detta ökar effekt, kapacitet och kapitalutnyttjande. FoU-området innehåller bl a en förstudie och ett efterföljande fältförsök med fräsande avverkning i igen-sättningsbrytning.

11. Sortering under jord

Vid malmbrytning kan gråbergsinblandning aldrig helt undvikas. Ofyndigt berg orsakar kostnader vid lastning, transport och mineralberedning samtidigt som värdefull malm undanträngs. Gråberg bör därför avskiljas så tidigt som möjligt i transportkedjan. Här initieras en förstudie med syfte att föreslå åtgärder för utveckling av utrustning för sortering av berg under jord.

12. Fjärrstyrd lastning

Fjärrstyrda lastare kan effektivisera brytningen och minska olycksfallen under jord. Rationella layouter kan väljas samtidigt som kostnaden för bergförstärkning och skrotning

sänks. En förstudie föreslås där möjliga förbättringar värderas och kravprofiler för utveckling av fjärrstyrda lastare lämnas.

13. Stigortsdrivning

Drivning av stigorter för kommunikation, ventilation och berglagring förekommer i alla gruvor. Detta FoU-område syftar till att förbättra stigortsdrivning med långhålsborrning, stigfullborrning och stigortsdrivning med Alimak-metoden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid
1. INLEDNING	1
2. MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR	2
2.1 Mål	"
2.2 Avgränsningar	3
3. GENOMFÖRANDE	4
3.1 Arbetssteg	"
3.1.1 Värdering av brytningsmetoder	"
3.1.2 Bedömning av utvecklingspotential	5
3.1.3 Projektformulering	6
3.1.4 Projektprioritering, tids- och kostnadsbedömning	"
3.2 Organisation	7
4. FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSOMRÅDEN	8
4.1 Malmkännedom	9
4.1.1 Metoder för geoinformation från undersökningshål	10
4.1.2 Hammarborrning av undersökningshål	"
4.1.3 Strategi för optimal förundersökning inkl utnyttjande av geostatistik	11
4.1.4 Metoder för analys, presentation och lagring av information från förundersökningar	"
4.1.5 Tre-dimensionell malmmodell för brytningsplanering (GeoCAD-system)	12
4.1.6 Bestämning av avvikelse hos undersökningshål	"
4.2 Fragmentering	"
4.2.1 Precisionsborrning	13
4.2.2 Robotisering	"
4.2.3 Pumpbart reglerbart sprängämne	14
4.2.4 Försiktig sprängning i malmbrytning	"
4.2.5 Laddrobot	"
4.2.6 Elektroniska sprängkapslar med valfria intervalltider	"
4.2.7 Vilka möjligheter ger elektroniska sprängkapslar?	"
4.2.8 Prognosmodell för beräkning av fragmentering	15

	sid	
4.2.9	Kostnadsmodell för optimal fragmentering	15
4.2.10	Enkel och billig metod för mätning av borrhålsläge	"
4.2.11	Datoriserad beräkning av laddplaner med hänsyn till borrhålsavvikelse	"
4.3	Brytningsmetodernas bergmekanik	"
4.3.1	Strategi för utnyttjande av berg- mekanik i gruvplanering och brytning	16
4.3.2	Dokumentation av erfarenheter från stabilitet och instabilitet i gruvor	17
4.3.3	Metoder för att ta fram ingångsdata och för att dimensionera bergrum i planerings- stadiet	"
4.3.4	Praktiska metoder för bestämning av bergkonstruktioners bärförmåga	18
4.3.5	Stabilitetsövervakning	"
4.3.6	Konturmätningar av stora öppna rum	"
4.3.7	Bergförstärkning	"
4.3.8	Långsiktiga teoribaserade bergmekaniska beräkningshjälpmedel	19
4.3.9	Datoriserad interaktiv gruvdesign	"
4.4	Reparationer och underhåll	"
4.4.1	Strategi för optimalt utnyttjande av kapitalintensiva maskiner	20
4.4.2	Utveckling av maskiner, rep- och underhållsteknik, standardisering m m	"
4.5	Brytning med återfyllning	"
4.5.1	Förstudie till s k Rill mining	21
4.5.2	Fältförsök med Rill mining	22
4.5.3	Fyllning med anrikningssand med låg vattenhalt	"
4.5.4	Metoder för stabiliserad bergfyll	"
4.6	Framtidens el-gruva	"
4.6.1	Utveckling av el-lastare	"
4.6.2	Scenario över framtidens el-gruva och kravspecifikationer för framtida elektriska maskiner under jord	23
4.7	Planering och produktionsstyrning	"
4.7.1	Produktionsstyrning	25
4.7.2	Informations- och kommunikations- system i gruvbrytningen	"
4.7.3	Datorbaserad malmbasberäkning	"
4.7.4	Datorbaserad brytningsplanering	"
4.8	Snabbortdrivning	26

4.8.1	Förstudie av snabbortdrivning med borrar-sprängning	26
4.8.2	Fältförsök med snabbortdrivning med borrar-sprängning	"
4.8.3	Utveckling av befintliga förundersökningsmetoder för fullbörning	"
4.9	Rasflödeskunskap	"
4.9.1	Ökad driftsäkerhet i rasflödet genom förbättrad kvalitet i enhetsoperationerna	27
4.9.2	Dokumentation av erfarenheter från rasbrytning	"
4.9.3	Segregation i raset	"
4.9.4	Dragningsstrategi	28
4.9.5	Teori för gravitationsflöde	"
4.10	Fräsande malmbrytning	"
4.10.1	Analys av metodens nuvarande begränsningar	"
4.10.2	Mekanisk bergfragmentering och bevakning av teknikutvecklingen	"
4.10.3	Fältförsök med fräsande malmbrytning	"
4.11	Sortering underjord	"
4.11.1	Förstudie av sortering under jord	29
4.12	Fjärrstyrd lastning	"
4.12.1	Förstudie av brytningsmetodutveckling genom fjärrstyrd lastning	"
4.13	Stigortsdrivning	"
4.13.1	Långhålsborrade stigheter	30
4.13.2	Upphäng i fullortsborrade stigar	"
4.13.3	Alimakmetoden	"

	ix	
	sid	
4.8.1	Förstudie av snabbortdrivning med borrning-sprängning	26
4.8.2	Fältförsök med snabbortdrivning med borrning-sprängning	"
4.8.3	Utveckling av befintliga förunder- sökningmetoder för fullborrning	"
4.9	Rasflödeskunskap	"
4.9.1	Ökad driftsäkerhet i rasflödet genom förbättrad kvalitet i enhetsoperationerna	27
4.9.2	Dokumentation av erfarenheter från ras- brytning	"
4.9.3	Segregation i raset	"
4.9.4	Dragningsstrategi	28
4.9.5	Teori för gravitationsflöde	"
4.10	Fräsande malmbrytning	"
4.10.1	Analys av metodens nuvarande be- gränsningar	"
4.10.2	Mekanisk bergfragmentering och be- vakning av teknikutvecklingen	"
4.10.3	Fältförsök med fräsande malmbrytning	"
4.11	Sortering underjord	"
4.11.1	Förstudie av sortering under jord	29
4.12	Fjärrstyrd lastning	"
4.12.1	Förstudie av brytningsmetodut- veckling genom fjärrstyrd lastning	"
4.13	Stigortsdrivning	"
4.13.1	Långhålsborrade stigorter	30
4.13.2	Upphäng i fullortsborrade stigar	"
4.13.3	Alimakmetoden	"

1. INLEDNING

Svensk gruvindustri har varit och är alltjämt världsledande när det gäller utveckling och tillämpning av brytningsmetoder. Under de sista 30 åren har en rad åtgärder lett till en allt effektivare gruvbrytning. Exempel på detta är den kraftiga mekaniseringen av enhetsoperationer t ex med hydrauliska borrarregat, laddrobotar, skrotningssaggregat, diesellastare, utrustning för mekaniserad bultning o s v. Systemförändringar har bl a skett genom införande av ramper och utveckling av rationella malmtransporter. De mest använda brytningsmetoderna, skivrasbrytning och igensättningsbrytning, har blivit allt effektivare och allt driftsäkrare. Utvecklingen har skett i samarbete med svenska tillverkare av material och utrustning. Gruvutrustningsindustrier har därigenom samtidigt fått utveckla sina produkter för den internationella marknaden.

Enhetsoperationernas fortsatta effektivisering och automatisering leder inte längre till stora förbättringar av totalekonomin. Därtill krävs förändringar av hela eller delar av brytningssystemen. Högt utnyttjande av allt kapitalintensivare maskiner fordrar nya lösningar och datoriseringens potentiella möjligheter måste utnyttjas. Malmutbyterna måste höjas och malmkvaliteterna förbättras samtidigt som bergbyggandet måste utvecklas mot allt större inslag av ingenjörsvetenskap.

I framtiden kommer sannolikt andelen fattigare malm och mindre malmkroppar att öka, samtidigt som kravet på produktkvaliteten ökar och konkurrensen från andra länder skärps. Därför är det nödvändigt att utvecklingstakten bibehålls eller t o m ökas i förhållande till nuvarande nivå.

Statsmakternas medel för FoU inom bergteknik kanaliseras bl a till universitet och högskolor där Högskolan i Luleå intar en särställning genom sitt innehav av landets enda bergsutbildning på högskolenivå. Sedan flyttningen från KTH till LuH 1974 har Institutionen för gruv- och berganläggningsteknik byggt upp avsevärda personella och instrumentella resurser. Dessa har bl a inriktats mot bergteknikens enhetsoperationer. Med tanke på ovan nämnda krav på nya systemlösningar är en översyn av forskningens inriktning vid Högskolan i Luleå och andra forskningsorganisationer av intresse. Frågan om forskningens inriktning har även aktualiserats i samband med Forskningsgruvans nedläggning.

Bl a mot denna bakgrund initierades våren 1984 en utredning med syfte att utarbeta en FoU-plan för utveckling av brytningsmetoder under jord. Resultatet av utredningen presenteras i denna rapport. Bakgrundsmaterial från arbetet redovisas i rapporten "Framtida Malmbrytning - Underlag för FoU-plan", BeFo 173:2/85.

2. MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR

2.1. Mål

Projektets huvudmål var att formulera projekt för långsiktig utveckling av brytningsmetoder.

En viktig värdering i projektet har varit att program och planer skulle tas fram av och för svensk gruvindustri. För att uppnå detta, var det av vikt att deltagande företag;

- lämnade ut nödvändiga uppgifter om kostnader, effekter, gråbergsinblandning o s v till varandra och till arbetsgruppen,
- redovisade sina uppfattningar avseende framtid, behov av forskning och utveckling,
- prioriterade föreslagna projekt,
- tog ansvar för ledning, koordinering, stöd och genomförande av detta projekt och för rekommenderade framtida projekt.

Projektet gavs bred inriktning beträffande följande faktorer:

- tidshorisont
5-10 år
- typ av utveckling
brytningsmetod
utrustning
material
teori
datorteknik
organisation/personal
- deltagare i framtida utvecklingsarbete
gruvor
maskinleverantörer
högskolor
forskningsorganisationer
konsulter
STU/BeFo/Gruvforskningen/andra

- inriktning
 - praktisk
 - teoretisk
- produkter
 - metoder
 - maskiner
 - material
 - teknik
 - rapporter
 - mänskliga kunskaper och färdigheter.

Om utvecklingsansträngningarna skall bära frukt krävs helhjärtat och långvarigt stöd av företag, högskolor, forskningsorganisationer och anslagsbeviljande myndigheter. Strukturering av behov, prioriteringar och optimalt utnyttjande av tillgängliga resurser ställer höga krav på ledningen av utvecklingsarbetet. Målet är att forskningen skall bidra till en konkurrenskraftig, dynamisk svensk underjordsbrytning, väl rustad för framtiden.

2.2 Avgränsning

På grund av att huvuddelen av svensk malmbrytning sker under jord avgränsades utredningen till underjordsmetoder. I detta avseende riktades intresset främst mot malmuttaget, d v s aktiviteter i och nära malmen, även om all verksamhet studerades under datainsamlingsfasen.

Brytningsmetodernas inverkan på transport- och uppföringssystemen har diskuterats, men utvecklingsfrågor har lämnats till BeFo-projekt 143, Bergtransport under jord.

Användningen av datorstödda beräknings-, planerings- och styrningsrutiner, liksom frågor om automatisering och robotisering, berörs i flera av de projektområden som föreslås. Problemområdet bearbetas även i BeFo-utredningen GeoCAD, som kommer att lämna mer detaljerade förslag än i denna utredning.

Kartering och datainsamling av nuvarande arbetsmiljö har ej gjorts i denna utredning. Området förutsätts bl a bevakas aktivt av GRAMKQ^x. Vid framtagning av nya maskiner och brytningssystem utgör minskning av olycksfallsrisker och förbättring av den fysiska och psykosociala arbetsmiljön en integrerad del av utvecklingsarbetet. Inom föreslagna projektområden skall därför även arbetsmiljön beaktas.

x) Gruvornas Arbetsmiljökommitté

3. GENOMFÖRANDE

Utredningen har genomförts under tiden mars 1984-oktober 1985. En arbetsgrupp med representanter från Boliden Mineral AB, LKAB, SSAB och representanter från Högskolan i Luleå har samlat och bearbetat data som sedan diskuterats i en styrgrupp som träffats iflera 1-2 dagars arbetsmöten.

3.1. Arbetssteg

Projektet har varit indelat i fyra steg, nämligen

- * värdering av nuvarande brytningsmetoder,
- * bedömning av forsknings- och utvecklingsbehov,
- * formulering av utvecklingsprojekt,
- * prioritering av projekt samt bedömning av tid och kostnader för genomförande.

Nedan följer en kortfattad beskrivning av hur de olika stegen har genomförts.

3.1.1. Värdering av brytningsmetoder

Denna fas omfattade insamling av data, som speglade underjordsbrytningens nuvarande situation i Sverige. Inledningsvis samlades information bl a om brytningsmetod, malmgeometri, brytningsdjup, malmvärde o s v för 35 malmkroppar under brytning. Bl a konstaterades att många malmer är linsformiga, de stupar brant och förväntas brytas på 300-600 m djup under kommande 10-årsperiod. Mycket varierande bergstabilitetsförhållanden förekommer och många malmer har lågt malmvärde. Baserat på denna kartering valdes sju gruvor, se tabell 1, för fortsatta detaljstudier. Dessa gruvor representerar ett bra genomsnitt av nuvarande brytningsmetoder och förhållanden.

Tabell 1. Utvalda typgruvor

Gruva	Malmtyp	Storlek (Mton/år)	Brytningsmetod
Kiirunavaara	Järnmalm	12	Skivras
Dannemora	Järnmalm	1.0	Konv. skivpall
Viscaria	Koppar	1.4	Stigort
Laisvall	Bly-Zink	1.4	Rum- o pelar
Udden	Komplex	0.36	Igensättning
Kristineberg	Komplex	0.4	Igensättning
Garpenberg	Komplex	0.19	NIB

Följande data om typgruvorna samlades under och efter de besök som arbetsgruppen utförde vid typgruvorna.

- * gruvbeskrivning med uppgift om geologi, malmbeskrivning och halter, bergstabilitet och bergmekaniska data, anläggningar, undersöknings- och karteringsarbeten, bergmekaniska arbeten, tillredning och brytning, brytningsmetodernas för- och nackdelar, transport, krossning och uppfordring, medianät, personalplan, maskinplan och viss driftstatistik,
- * kostnader
- * produktiviteter
- * anläggnings- och tillredningstider
- * salvcykler och frontbehov
- * gråbergsinblandning och malmförluster
- * kostnader för enhetsoperationer
- * ingenjör- och arbetsledarinsats
- * kartor med typiska vertikal- och horisontalsnitt av malmer under brytning.

Det viktigaste materialet från utredningens första steg har samlats i rapporten "Framtida malmbrytning - Underlag för FoU-plan" BeFo 173:2 /85.

3.1.2. Bedömning av utvecklingspotential

Detta steg inleddes med att arbetsmaterialet från steg 1 analyserades och en lista med allmänna respektive metods specifika slutsatser sammanställdes. Parallellt med detta utarbetade arbetsgrupper inom de deltagande företagen egna bedömningar av brytningsmetodernas utvecklingspotential. Resultatet av dessa arbeten utgjorde bakgrundsmaterial för ett två-dagars "planned invention"-möte med en utökad styrgrupp. Mötesdeltagarna, c:a 20 personer, indelades i fyra mindre grupper med uppgift att stegvis utföra problemanalys, målformulering samt urval och prioritering av utvecklingsområden. Arbetsprogram för mötet visas i Bilaga 1.

Resultat från smågruppernas arbete redovisades och diskuterades i gemensamma sittningar under de två dagarna. Trots brytningsmetodernas skilda natur och trots deltagarnas olika bakgrund visade den sista sessionen, att utpekade forsknings- och utvecklingsområden i stor utsträckning var gemensamma.

3.1.3. Projektformulering

Utgående från arbetsmaterial från steg 1 och steg 2 utarbetades ett utkast till forsknings- och utvecklingsplan för gruvbrytning under jord. Denna distribuerades till medlemmarna i arbetsgruppen, styrgruppen och deltagarna vid "planned invention"-mötet för bearbetning och kommentarer. Planen diskuterades och fastställdes slutligen vid ett styrgruppsmöte.

3.1.4. Projektprioritering, tids- och kostnadsbedömning

Utgående från den preliminära forsknings- och utvecklingsplanen gjorde deltagande företag en prioritering av projektområden och delprojekt enligt skalan

H = hög prioritet
M = medelprioritet
L = låg prioritet

Resultatet av detta material redovisades och sammanvägdes av styrgruppen till den prioritering som planen nu uppvisar.

Då prioritetsordningen var klar gjordes på motsvarande sätt av företagen en bedömning av tänkbara huvudsvariga för genomförandet av projekten. Följande möjliga deltagare identifierades.

- I. Forskningsorganisationer/Högskolor/Konsulter
- II. Individuella gruvor/Gruvföretag
- III. Tillverkare av maskiner, material och instrument.

Arbetsgruppen utnyttjade detta material för en sammanvägning av lämpliga parter för genomförande, vilka samtidigt också betraktas som huvudfinansiärer, dock att arbete som utförs av forskningsorganisationer/högskolor/konsulter i huvudsak förutsätts finansieras av allmänna medel från STU och andra anslagsbeviljare.

Samtidigt med ovan beskrivna sammanvägning av ansvarsfördelningen gjorde arbetsgruppen en klassning av olika projekt i fyra olika kategorier enligt nedan samt en bedömning av tidsåtgång och arbetsinsats per projekt.

- A. Utredning, förstudie, forskningsuppdrag o d som ej inkluderar laboratorie- eller fältförsök.
- B. Forskning och utveckling som inkluderar laboratorie-försök eller mindre fältobservationer, konsultuppdrag.
- C. Maskin-, material- eller instrumentutveckling.
- D. Fältförsök i gruva under jord.

Genom att sätta priser på de olika projektkategorierna utgjorde klassningen tillsammans med bedömda arbetsinsatser underlag för en enkel beräkning av projektkostnaden. Materialet har därefter bearbetats och diskuterats av arbetsgruppen och styrgruppen. Resultatet av bedömd tidsåtgång och kostnadsberäkning redovisas separat.

3.2. Organisation

Utredningsarbetet har genomförts av en arbetsgrupp bestående av Håkan Hedén, LKAB (Per-Erik Lindvall maj-augusti 1984), Sven-Erik Hellström, SSAB, Per-Arne Lindqvist, projektledare, LuH, och Per-Olof Sognfors, Boliden Mineral AB. Teodor Lundmark, Boliden Mineral AB (kostnader för enhetsoperationer) och Åke Wirstam (gråbergssinblandning och malmförluster), har även deltagit som delutredare. William Hustrulid, Colorado School of Mines, arbetade i projektet under tiden 25 april - 24 maj 1985, främst med projektformulering under projektets steg tre. Utöver besök vid typgruvorna och andra informella träffar har arbetsgruppen haft tio en-dagars möten.

Följande medlemmer har ingått i styrgruppen som aktivt lett projektarbetet: Tomas Franzén, ordf, BeFo, Ingemar Magnusson och Norbert Krauland, Boliden Mineral AB, Roger Andersson och Ingemar Marklund, LKAB, Gunnar Almgren, LuH, Karl-Otto Frykfors, STU, och Bo Hall, STU (mars-augusti 1985). Styrgruppen har haft nio protokollförda sammanträden, varav fyra två-dagarsmöten. Projektet har drivits i regi av Stiftelsen Bergteknisk Forskning och finansierats av de deltagande gruvföretagen och STU-Styrelsen för Teknisk Utveckling.

4. FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSOMRÅDEN

I detta kapitel redovisas föreslagna forsknings- och utvecklingsprojekt. Projekten är grupperade i tretton projektområden/teknikområden, angivna i prioritetsordning. Inom varje projektområde presenteras ett antal delprojekt, som även dessa är uppställda i prioritetsordning inom respektive projektområde.

För genomförande av denna FoU-plan krävs förutom projektledning även bearbetning och precisering av föreslagna projekt. Detta bör ske i samarbete mellan gruvföretag, maskintillverkare och forskare. Parallellt och integrerat med detta arbetet bör den programutredningsprocess som påbörjats i utredningen fortsätta. Detta kan tänkas ske enligt följande bakgrundsbeskrivning och metodik.

Man har många frihetsgrader vid design av ett gruvsystem. Såsom "systemet" definieras här, innehåller det bl a

- * brytningsstrategi (brytningsmetod)
- * storlek, läge och orientering av öppningar
- * bergförstärkningsmetoder
- * typ, storlek och applikation av utrustning
- * reparation och underhåll av utrustning
- * miljö (ventilation, belysning etc), energi och andra mediasystem
- * personalutnyttjande
- * malmutbytes/gråbergssinblandningsfilosofi
- * produktionsnivå/livslängd på gruvan
- * avkastning på investerat kapital.

I gruvbrytning strävar man efter stor tillförlitlighet. Designen görs med begränsningar avseende tid och pengar. Misslyckanden straffar sig ofta allvarligt och därför väljer ingenjörerna standardlösningar snarare än att vara innovativa. Då man arbetar med sådana förutsättningar, är det svårt att skapa nya lösningar vid design av gruvor och malmkroppar.

Det är viktigt att åtgärder vidtas för att stimulera kreativa och innovativa angreppssätt vid utvecklingen av nya gruvsystem. Trots att det är möjligt att göra detta inom gruvföretagen, föreslås, åtminstone till att börja med, att specialister i kreativt tänkande, innovativ problemlösning och gruppdynamik inkluderas vid arrangemang av seminarier och workshops. Senare kan mindre grupper bildas med deltagare från gruvföretag, maskintillverkare, högskolor o s v med syfte att genom innovativa angreppssätt planera verkliga brytningssituationer. Sålunda kan verkligt kartmaterial, berghållfasthetsdata o s v utnyttjas för studier och diskussioner. Syftet är inte att skapa helt färdiga system, utan snarare att leta efter nya koncept och lösningar. Dessa grupper kan ha upprepade möten för att diskutera olika problem. Gruvsystemstudier på liknande sätt kan även arrangeras med utgångspunkt i ny kunskap från andra vetenskapsområden, t ex el, kemi, bioteknik, nya material, information o s v.

Nedan följer en beskrivning av prioriterade projektområden och projekt. Ett försök har gjorts att dels lämna tillräcklig bakgrundsinformation för valet av projektområde/delprojekt, dels beskriva problemen/uppgifterna inför arbetet med att utarbeta detaljerade projektförslag.

4.1. Malmkännedom

Trots att maskiner och metoder har förbättrats avsevärt under de senaste åren, har motsvarande utveckling ännu ej skett då det gäller vår kunskap om malmkropparna.

Kärnbörning är idag den helt dominerande metoden för att erhålla information om malmkroppen. Kärnorna karteras med avseende på bergarter och metallhalter analyseras. Viktiga strukturer som t ex omvandlingszoner, kraftigt uppspruckna områden och kärnförluster noteras. Kärnornas orientering bestäms ej. Det erhållna hålet utnyttjas ej för anskaffande av ytterligare information.

Korrelationen mellan förväntade och verkliga lägen på malmgränserna är ibland låg. Undersökningen av gråbergsinblandningen i sju svenska gruvor visar också att gråbergsinblandningen för flera brytningsmetoder är hög, och att den bedöms möjlig att sänka för de flesta metoder. En god malmkännedom ökar i motsvarande grad även möjligheten att minska malmförlusterna.

Om gråbergsinneslutningar är väl kända, är det möjligt att i planeringsstadiet undvika dessa, t ex genom att lämna ofyndigt berg i pelare.

Naturligtvis finns en optimal förundersökningsinsats avseende kostnad för undersökningen visavi erhållen information för olika typer av malmkroppar.

Detta optimum kan uttryckas i termer av gråbergsinblandning/malmförlust/ökad säkerhet och kostnad för erhållen information (börningskostnader + utvärdering).

Man kan dessutom anta att med bättre kartering av malmkroppen och malmgränserna ökar kvaliteten på planeringsarbetet.

En långt utvecklad malmbrytningsteknik förutsätter bl a att layouterna modifieras efter malmbilden och stabilitetsförhållandena. Detta kräver ökad malmkännedom.

4.1.1. Metoder för geoinformation från undersökningshål

Här avses utveckling av instrument som direkt kan leverera utskrifter om t ex

- (a) malmgränser
- (b) metallhalter/mineralisering
- (c) strukturdata.

Instrumenten skall mäta i eller mellan borrhål och leverera mätsignaler för analys, lagring och presentation med datorer.

Fiberoptiska sonder och färg TV-kameror för smala hål för att erhålla mera information från borrhålsväggen kan också bli aktuella.

Detta projekt bör starta med en förstudie för genomgång av tänkbara geofysiska och andra metoder och utvärdering av befintliga instrument hos SGAB, ABEM, STRIPA (SKB) med flera.

4.1.2. Hammarborrning av undersökningshål

Borrning av hammarborrhål kostar c:a 1/10 av kostnaden för diamantborrhål. Om man kan erhålla tillräcklig information från borrhålsväggar (som diskuterats i 4.1.1.) och/eller från borrhålskaxet, kan man teoretiskt borra tio hål för varje diamantborrhål. Den areala och volymsmässiga täckningen av malmkroppen skulle bli mycket mera fullständig jämfört med nuvarande situation och interpolationsavstånden skulle bli mycket kortare. Som resultat erhåller man en bestämning av malmkroppen avseende malmhalt, gråbergsinblandning, geometri o s v, som är mycket bättre. Omgivande berg i häng- och liggvägg skulle också bli avsevärt bättre karakteriserad till i princip samma kostnad som nu.

Fördelen med analys av borrhålskax (torrborrning) har demonstrerats i Forskningsgruvan. Analys av borrhålskax bör även kunna utföras "on-line" (ex Battelle-metoden). Metoder för provtagning av kax vid borring med vattenspolning bör utvecklas.

Metoder för att karaktärisera bergets struktur under hammarbörning bör kunna utvecklas genom analys av reflekterade vågor i borrstålet och variationer i vridmomentet.

I detta projekt bör även ingå en undersökning av möjligheten att kombinera hammarbörning och diamantbörning, så att speciellt intressanta områden kan kartteras med kärnor, samtidigt som borrhningskostnaden hålls låg.

4.1.3. Strategi för en optimal förundersökning inkl utnyttjande av geostatistik

Målet med detta projekt är att bestämma planerings- (borrnings-förundersöknings-)strategi för olika huvudtyper av malmer. Denna baseras troligen på geostatistik med vars hjälp malmbredd, halter, strukturer o s v kan bestämmas. Strategin för undersökningar före gruvplaneringen kommer även att bestämmas av vilka hjälpmedel som utvecklas för datainsamling under pågående brytning (tillredning, kaxprovtagning under kabelförankring och produktionsbörning o s v).

Undersökningsstrategin kan demonstreras i ett praktikfall. Undersökningsbörning utförs då först på normalt sätt och gruvplaneringen genomförs därefter. Sedan utförs kompletterande börningar och gruvplaneringen görs om på basis av den nya informationen. Även om brytningen inte kan genomföras två gånger, bör tillförlitliga beräkningar av ändringar i malmförluster och gråbergsinblandning kunna utföras och det ekonomiska utbytet beräknas.

Kunskaper om geostatistiska metoder skall spridas inom ramen för detta projekt.

4.1.4. Metoder för analys, presentation och lagring av information från förundersökningen

Med ökad mängd insamlad information ökar kravet på enkla metoder att analysera, presentera och lagra data, så att de blir användbara i gruvplaneringen. Detta innebär krav på system som är användarvänliga utan behov av omfattande dator/programmeringsbakgrund eller daglig/veckors träning.

Datorprogram för ändamålen kan delvis finnas tillgängliga.

4.1.5. Tre-dimensionell malmodell för brytningsplanering (GeoCAD-system)

Med utvecklingen av en databas av hög kvalitet kan naturligtvis många saker göras med hjälp av CAD (Computer Aided Design). En sådan utveckling är på gång inom andra teknikområden, men har ännu ej nått omfattande praktisk användning. Denna utveckling bör följas. Allmän användning av CAD i brytningsplaneringen kräver dock utvecklingen av en databas.

I BeFo's regi pågår utredning av ämnesområdet. (Termen GeoCAD används i denna utredning som beteckning på användandet av datorer i gruvbrytningen i vid bemärkelse). Förslag från denna utredning bör avvaktas.

4.1.6. Bestämning av avvikelser hos undersökningshål

Syftet med detta projekt är att ta fram utrustning för enkel bestämning av avvikelser och position hos undersökningshål.

4.2. Fragmentering

Under den senaste 10-årsperioden har några viktiga utvecklingssteg i borrar och sprängning inträffat.

Dessa är

- introduktionen av hydrauliska bormaskiner
- utnyttjandet av långa grova hål i produktionssprängningen.

Ett antal fördelar, men också några nackdelar har uppkommit. I ortdrivningen har hydraulbormaskinerna inneburit högre borrarjunkning och bättre arbetsmiljö. Borrarjunkningen är nu så hög att endast begränsad ökning av totaleffekten kan erhållas med ökad borrarjunkning.

Kostnaden per liter urborrad hålvolymer är i allmänhet lägre, då hålet blir större. I Tabell 2 redovisas ungefärliga kostnader erhållna från konventionell skivpallbrytning, stigortsbrytning och grovhålsbrytning.

Borrhålsdiameter (mm)	Volymer (l/m)	Kostnad (kr/bm)	Kostnad (kr/l)
50	1.96	19	9.7
102	8.17	62	7.6
166	21.67	107	5.0

Tabell 2. Kostnader i kr/l borrhål som funktion av håldiameter.

Potential finnes för sänkning av borrhningskostnaden för grövre hål. Dessutom är det i allmänhet enklare att borra rakare hål med ökad håldiameter. Därför kan längre hål borraras, nivåavstånd ökas, rumslängderna förlängas o s v, då håldiametern ökas. Detta innebär att specifik tillredning för en viss malmmängd reduceras. Det finns alltså möjlighet till avsevärda kostnadssänkningar med grövre hål.

Nackdelar med grova hål finns också, t ex svårigheter att ladda uppåtriktade hål och vibrationer och sprängskador från stora sprängämnesmängder om sprängningen ej sker kontrollerad. Grova hål innebär också att sprängämnet fördelas ojämnare i berget p g a stora hålavstånd, vilket resulterar i sämre fragmentering. Med längre hål följer större svårigheter att följa malmgränserna och därmed ökad gråbergsinblandning och malmförlust.

Fragmenteringen är av mycket stor betydelse för de flesta brytningsmetoder. I skivralsbrytning innebär ett okontrollerat styckefall ojämnare gravitationsflöde med ökad gråbergsinblandning som följd. I alla brytningsmetoder påverkas efterföljande operationer såsom lastning, tappning, transport, primärkrossning och uppfordring. En kontrollerad fragmentering påverkar alla dessa operationer i positiv riktning.

Oberoende av borrhningsmetod återstår alltså idag en lång rad problem med bergfragmenteringen. Utvecklade brytningsmetoder, där layouten modifieras med hänsyn till malmbild och stabilitet kräver en kontrollerad borrhning och sprängning. Nedan beskrivs ett antal projekt med syfte att förbättra nuvarande borrhnings- och sprängningsmetoder..

4.2.1. Precisionsborrning

God borrhålsprecision är alltid önskvärd. Hål bör riktas rätt och borraras raka. Utveckling mot raka produktionsborrhål krävs främst i området 50-100 mm.

4.2.2. Robotisering

Robotisering innebär två viktiga fördelar. Delautomatisering, så att borrhmaskinen kan borra över raster och skiftbyten, innebär ökat utnyttjande av maskinerna och ökning av totala produktionen i frontavsnittet. Robotiseringens andra stora fördel är möjligheten till styrd borrhålsutsättning och riktad borrhning, vilket ökar borrhningsprecisionen. Projektet syftar till åtgärder för att införa robotisering vid borrhning.

4.2.3. Pumpbart reglerbart sprängämne

Utvecklingen av nya vattenresistenta sprängämnen som kan laddas en tid före sprängningen, d v s segregationbeständiga och okänsliga för närliggande detonation, är av stort intresse. Reglering av sprängstyrkan inklusive insättning av förladdning gör det möjligt att öka sprängstyrkan där så behövs. Därvid förbättras fragmenteringen och minskar riskerna för bakåtbrytning, samtidigt som problemet med laddning av igensatta borrhål och risker med laddningsarbete nära fronten minskas.

4.2.4. Försiktig sprängning i malmbrytning

Vid malmbrytning med öppna rum är rumsstabiliteten av utomordentligt stor betydelse för metodens ekonomi. Beräkningar av sprängningens inverkan måste därför integreras med den bergmekaniska analysen och gruvplaneringen. Erfarenheter erhållna från Forskningsgruvan, brytningsförsök i Kristineberg och andra platser bör analyseras och fortsatt utvecklingsarbete föreslås med hänsyn till övriga hjälpmedel som tas fram (precisionsborrning, reglerbart sprängmedel, precisions-sprängkapslar) i de föreslagna programmen.

4.2.5. Laddrobot

Pumpbara reglerbara sprängämnen kräver en samtidig utveckling av en programmerbar laddrobot. Sådana maskiner har varit tillgängliga i dagbrott under ett antal år. Under jord kompliceras problemet av det faktum att borrhålen ofta inte är vertikalt nedåtriktade, håldiametrarna är mindre, tändarna måste placeras samtidigt med sprängämnet samt att utrymmet som laddroboten måste arbeta i är begränsat.

4.2.6. Elektroniska sprängkapslar med valfria intervalltider

Utvecklingen av elektroniska precisionssprängkapslar bör uppmuntras. Antalet intervall som f n är tillgängliga och behovet av tändspridning för att undvika överlappning förhindrar allvarligt antalet rader som kan avfyras vid masssprängningar.

4.2.7. Vilka möjligheter ger elektroniska sprängkapslar?

Med utvecklingen av elektroniska precisionssprängkapslar följer behov av att studera hur de kan utnyttjas för att åstadkomma önskad fragmentering samt att kontrollera vibrationer och undvika sprängskador. Det kan t ex vara av intresse att utnyttja uppdelade laddningar och intervalldelning i enskilda hål för att uppnå önskat resultat. Intervalldelning kanske är ett sätt att uppnå selektivitet genom differentierad fragmentering. Intervall placerade längs hålet vid ortdrivning kanske kan vara ett sätt att öka salvlängden.

4.2.8. Prognosmodell för beräkning av fragmentering

En praktisk modell för prediktering av fragmentering bör utvecklas. Den bör bygga på en fysikaliskt definerad parameterbestämning av bergarten (sprängbarhet), bergstruktur och sprickor, sprängämnets styrka och sprängningsgeometri.

4.2.9. Kostnadsmodell för optimal fragmentering

Utveckling av en kostnadsmodell för beräkning av optimal fragmentering i olika produktionssystem bör ge underlag för säkrare design av borrh- och laddplaner. Denna modell bör inkludera borrhning, sprängning, lastning, skuthantering, transport och uppfordring. Liknande modeller har utarbetats för dagbrott och även utförts vid Forskningsgruvan. Dessa behöver dock anpassas och förfinas. Hänsyn till malmförluster och gråbergsinblandning bör om möjligt även tas. Se även projekt 4.2.8.

4.2.10. Enkel och billig metod för mätning av borrhålsläge

Utveckling av en snabb metod för inmätning av borrhålsläge är viktigt för framgång i delprojektet 4.2.1. Precisionsborrning. Mätning av borrhålsläge gör det dessutom möjligt att bestämma

- (a) om extra borrhning är nödvändig
- (b) hur laddningen av borrhålen skall utföras för att kompensera avvikelser.

Redan idag bör det vara möjligt att med mätningar enligt ovan förbättra fragmenteringen. Mätinstrumentet bör vara kopplat till en dator, som direkt kan rita en bild av hålmönstret.

4.2.11. Datoriserad beräkning av laddplaner med hänsyn till borrhålsavvikelse

I anslutning till projekt 4.2.10 bör datorprogram utvecklas som direkt beräknar och skriver ut förslag till ändrade laddplaner med hänsyn till uppmätta hållavvikelser. Datorn bör leverera laddningsinstruktioner som kan användas av laddningspersonalen.

4.3. Brytningsmetodernas bergmekanik

Hållfasthetsegenskaper hos malm och omgivande berg tillsammans med initialspänningstillståndet i berget har stor betydelse för val av brytningsmetod, storleken på brytningsrummen, bergförstärkningsbehovet och valet av maskinutrustning. Gråbergsinblandning och malmförluster beror också till en del på bergets egenskaper.

I gruvbrytning är det ur kostnadssynpunkt fördelaktigt att skapa så stora rum som möjligt. Beräkningar har visat, att begränsade ökningarna av rumsstorleken i igensättningsbrytningen kan ge icke oväsentliga kostnadssänkningar.

För öppnarumsmetoder är stabiliteten i hängväggen och mellanskivor avgörande för brytningsekonomin.

Stora gråbergssinras innebär, förutom störningar i driften, även sänkta intäkter, eftersom gråberg i malmen stänger ute behandlingen av värdefull malm i den efterföljande processen.

Resultat av beräkningar i utredningsarbetet visar på mycket stora variationer i kostnader för gruvbrytningen under jord mellan olika gruvor. Dessa beror till övervägande del på skillnader i kostnad för malmbrytning samt bergförstärkning och fyllning. Av ingående möjliga orsaker till dessa skillnader, utgör skilda bergenskaper den viktigaste enskilda faktorn.

Det står alltså utom allt tvivel att bergets egenskaper har en avgörande betydelse för gruvbrytningens ekonomi, och att en väl utvecklad teknik att beräkna och utforma brytningen, bergförstärkningen och fyllningen innehåller betydande potential till förbättringar.

Viktiga områden i skivrasbrytningens bergmekanik är bl a stabilitetsbedömningar av fältorter och tvärorter, öppning av nya skivor, hängväggens rasbenägenhet och dess inverkan på markytan samt rasbergstryckets inverkan på gravitationsflödet vid lastningen. Många frågor är fortfarande obesvarade inom skivrasbrytningens bergmekanik.

Öppnarumsmetodernas bergmekanik handlar främst om de öppna rummen: hängväggs- och takstabilitet, dimensionering av pelare och mellanskivor, kabelförankring av hängväggar och pelare o s v. Viktigt är också att kunna dimensionera lastningsnivåerna. Även inom detta område finns viktiga framtida arbetsuppgifter.

Igensättningsbrytningens bergmekanik sysslar bl a med rumsdimensioneringar, dimensionering av mellanskivor, förstärkningsmetoder och fyllningens inverkan på den lokala och regionala stabiliteten. Igensättningsbrytningens bergmekanik har ägnats tämligen stor uppmärksamhet, men mycket återstår att utforska.

Dimensionering av pelare och tak, inklusive bergförstärkning utgör viktigaste arbetsuppgifter för rum- och pelarbrytningens bergmekanik, vars ingenjörsmässiga behärskning har nått längre än övriga metoders bergmekanik.

4.3.1. Strategi för utnyttjande av bergmekanik i gruvplanering och brytning

Frågan om hur bergmekaniken skall användas på bästa sätt i olika gruvor/gruvföretag skall behandlas. Bergmekanikens nytta beror i hög grad på hur denna funktion integreras i gruvplaneringen och gruvbrytningen.

4.3.2. Dokumentation av erfarenheter från stabilitet och instabilitet i gruvor

Mycket kan läras genom att studera stabilitets-instabilitetssituationer som inträffar och har inträffat i olika gruvor. Från dokumentation och tillbakaräkningar av sådana händelser kan man erhålla riktlinjer och råd för utformning av framtida brytningsrum. Dokumentationen av tidigare erfarenheter bör ske genom insamling av rapporter, kartor, borrhplaner, intervjuer o s v. Om gamla diamantborrhål är tillgängliga, kan borrhålskartering och geofysiska mätningar kanske ge ytterligare värdefull information.

Information kan struktureras på olika sätt. Den bör täcka brytningsrummens geometri, typer av brott, bergets egenskaper m m.

Viktigt är utvecklingen av olika indextyper som t ex:

- * klassifikationssystem för bestämning av bergets hållfasthet
- * klassifikation av stabilitetsförhållanden.

Dessa bör sätta observationer av bergets beteende (reaktioner) i relation till de parametrar som var tillgängliga för design (kärndata, gruvkartor, etc). I början bör dessa utvecklas för en enskild gruva eller malmkropp. Senare kan det bli möjligt att vidareutveckla dessa för mera allmän tillämpning.

4.3.3. Metoder för att ta fram ingångsdata och för att dimensionera bergrum i planeringsstadiet

I planeringsstadiet är ofta endast information från borrhål tillgänglig. För att kunna samla relevant information från borrhkärnor och från borrhålen själva måste man för det första bestämma vilka data som är användbara och för det andra avgöra hur dessa skall samlas in, analyseras och presenteras på ett enkelt och billigt sätt. Idealet vore att kunna utnyttja såväl hammarborrhål som diamantborrhål för datainsamlande. Geofysiska och andra metoder bör utnyttjas för att erhålla information om struktur, berghållfasthet och bergspänningar. Kunskap om bergets hållfasthet och spänningssituation är de viktigaste ingångsdata för bergrumsdimensionering. Metoder bör därför utvecklas som medger uppskattning av bergets hållfasthet, vilka är relevanta för den planerade bergkonstruktionen. Klassifikationssystem bör utvecklas och testas mot praktikfall. Detta kräver att man identifierar viktiga parametrar som styr bergets storskaliga hållfasthet samt utvecklar kriterier baserade på teoretiska undersökningar och erfarenhet, som medger den önskade hållfasthetsklassifikationen från borrhålsinformation.

4.3.4. Praktiska metoder för bestämning av bergkonstruktioners bärförmåga

Antalet bergtyper är stort. Utveckling av metoder för beräkning av bergets hållfasthet ur sprick- och bergartsdata kommer att ta lång tid. Det finns ett stort behov för metoder att praktiskt och i driftskala bestämma bergkonstruktioners bärförmåga, som t ex pelare eller hängväggar. Dessa metoder förutsätter således tillgång till bergrum. Man bör utveckla sådana metoder, anpassade till respektive brytningsmetods specifika problem.

Metoderna bör syfta till att genom storskaletest eller provbrytning successivt öka belastningen till kritiska värden, eller att beräkna hållfastheten från observerade kritiska belastningssituationer. Denna utveckling bör även inkludera utveckling av enkla beräkningsmetoder, lämpliga för praktiska driftsproblem.

4.3.5. Stabilitetsövervakning

Metoder bör utvecklas för att på ett systematiskt sätt följa upp bergrummens stabilitet genom visuella observationer. Därvid karteras uppsprickningen, bergutfall o d. Stabilitetssituationen bedöms med hjälp av klassifikationssystem, som helst bör vara baserat på en indelning av brottprocesser i flera steg. Denna information, i kombination med mätning av deformationer och ev spänningsändringsmätning, bör användas för förbättring av den tidigare dimensioneringen, samt för styrning av brytningen och insats av förstärkningsåtgärder.

Det är troligt att speciella metoder måste utvecklas för de olika brytningsmetodernas specifika problem.

4.3.6. Konturmätningar av stora öppna rum

En viktig uppgift i all design och konstruktion är att mäta hur arbetet utfördes och hur väl den verkliga konstruktionen överensstämmer med planeringen, d v s hur väl man behärskar brytningsprocessen. För stora öppna rum under jord är det speciellt svårt att bestämma konstruktionens dimensioner och dennas ändringar med tiden. Metoder att mäta konturer i öppna rum bör därför utvecklas.

4.3.7. Bergförstärkning

Kabelbultning har blivit en alternativ bergförstärkningsmetod i gruvbrytningen. Erfarenheter av hängväggsförstärkning från Forskningsgruvan, Fabian och andra platser bör nog analyseras och dimensioneringsformler utvecklas. I denna värdering bör även sprängningspåverkan ingå. Kabelbultningens möjligheter och begränsningar bör kartläggas även i andra tillämpningar, som t ex förstärkning av malmen i igensättningsbrytning, fickor, orter och schakt. Ytterligare forskning rörande kabelbultars funktion och teori för denna bör utvecklas.

Stort behov finns även att utveckla billiga och effektiva metoder att ytförstärka berget.

Avlastningsprängning som metod för stabilitetsförbättring bör vidareutvecklas.

4.3.8. Långsiktiga teoribaserade bergmekaniska beräkningshjälpmedel

Problemområden hos de olika brytningsmetodernas bergmekanik har tidigare nämnts. Ingångsdata för alla dimensioneringsberäkningar är bergmassans deformationsegenskaper (bergarternas och sprickornas), bergspänningar samt gruvrummens geometri och brytningssekvens. Vidare måste kriterier för brott bestämmas.

Av dessa ingångsdata är två områden särskilt angelägna att studera, nämligen brottkriterier och bergmassans uppträdande efter brott. En intensifierad datainsamling av tidigare erfarenheter och en målinriktad fortsatt teoretisk forskning bör öka våra möjligheter att utveckla goda beräkningshjälpmedel för gruvindustrin.

4.3.9. Datoriserad interaktiv gruvdesign

En väl planerad malmbrytning bör innehålla möjligheter att modifiera layouten med hänsyn till malmbilden och stabilitetssituationen under brytningen. Detta kräver insamling av information om den bergmekaniska situationen under pågående brytning, analys av informationen samt förslag till åtgärder i form av ändringar av brytningsplaneringen, som t ex layout, brytningsföljd eller bergförstärkning i linje med vad som beskrivs under 4.3.5. Föreliggande projekt avser datorisering av denna interaktiva gruvdesign. Informationen samlas in så långt möjligt med hjälp av olika slags givare som är kopplade till dator. Även visuella observationer matas in. Goda erfarenheter med denna typ av mätdatainsamling har bl a erhållits vid Forskningsgruvan. I projektet ingår en fortsatt utveckling av givare och utrustning för signalöverföring samt utveckling av programvara för insamling, lagring, analys och presentation av data. Projektets design del bygger på en parallell utveckling av praktisk och teoretisk bergmekanik (projekt 4.3.2, 4.3.5, 4.3.8).

4.4. Reparationer och underhåll

Reparations- och underhållsarbetet upptar en allt större andel av den totala kostnaden för gruvbrytningen. I tabell 3 visas kostnadsandelen för reparationer och underhåll av totala kostnader för enhetsoperationerna borrhning resp lastning, vid sju svenska gruvor 1984.

Gruva	Reparations- och underhållskostnad exklusive kapitalkostnader	
	Andel av borrh- ningskostnad (%)	Andel av lastningskostnad (%)
Kiirunavaara	41	44
Dannemora	37	38
Viscaria	41	62
Laisvall	32	62
Udden	47	51
Kristineberg	44	51
Garpenberg	38	60

Tabell 3. Rep- och underhållskostnader för borrhning och lastning.

Med den gradvisa övergången till automatiserade maskiner (robotisering) kommer reparations- och andra underhållsfunktioner att bli allt mer betydelsefulla på grund av behovet att hålla dessa kapitalintensiva maskiner i arbete på högsta möjliga kapacitetsnivå. Om tillgängligheten och utnyttjandet ej kan hållas höga, är det troligt att sådana maskiner ej alltid är ekonomiskt försvarbara.

4.4.1. Strategi för optimalt utnyttjande av kapitalintensiva maskiner

Nuvarande strategier, beträffande konstruktion (bl a komponentutbyte), reparations- och underhållsrutiner, arbetsorganisation, skiftorganisation, lagstiftning, upphandlingsmetoder, FoU-ansvar o s v, bör utvärderas allsidigt, och förslag till fortsatt arbete lämnas i denna förstudie.

4.4.2. Utveckling av maskiner, rep- och underhållsteknik, standardisering m m

Förstudien enligt 4.4.1. skall ge förslag till fortsatta åtgärder av olika slag som genomföres i detta och andra projekt.

4.5. Brytning med återfyllning

En begränsning av möjligheterna att öka produktiviteten hos igensättningsmetoderna är brytningens cykliska natur. För en salva förekommer borrhning, sprängning, skrotning, lastning, transport, bergförstärkning inklusive inspektions- och planeringsoperationer mellan dessa. När en skiva är avslutad följs den av fyllningscykeln, som omfattar byggande av väggar, dragnings- och fyllningsrör samt slutligen själva fyllningen. Normalt flyttas gruvmaski-

nerna till andra sidan av brytningsområdet och fortsätter att arbeta där. Man har alltså brytnings- och fyllningscyklarna liggande ovanpå huvudoperationernas egna cykler.

En mycket högre produktivitet kan uppnås i varje enhetsoperation, om dessa kan separeras från varandra. Detta kan erhållas med någon form av vertikala igensättningsmetod. En sådan metod visas i Fig 2.

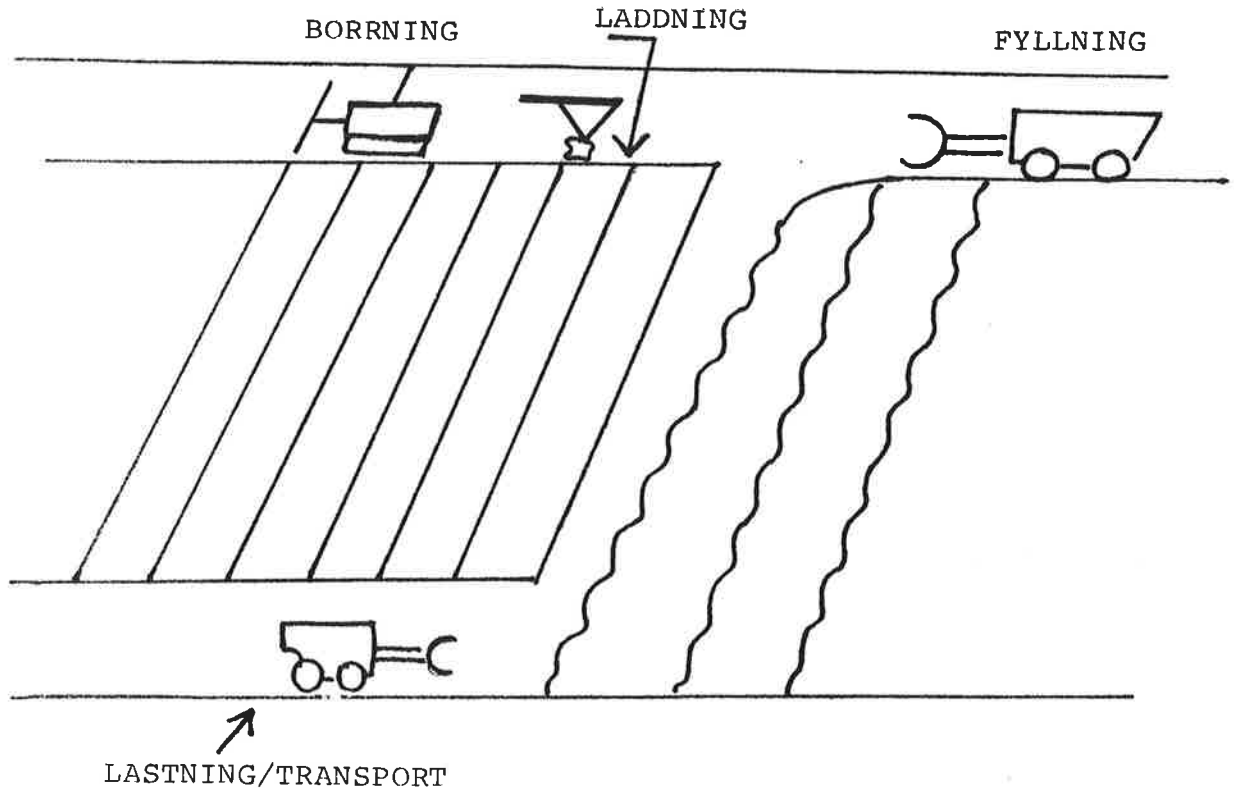


Fig 2. Vertikal igensättningsbrytning med s k "Rill mining".

Som synes utförs borrning och sprängning från den övre nivån, medan lastning och transport sker på den lägre nivån. Efterhand som brytningsfronten flyttas bakåt (åt vänster på bilden) tippas eller placeras fyll (gråberg från tillredningen) framför fronten. På detta sätt kan andelen "fria" väggytor hållas lågt, vilket är mycket viktigt i berg där igensättningsbrytning utnyttjas. Denna metod, som också kallas "Rill mining", har uppenbarligen viktiga potentiella fördelar jämfört med de metoder som nu används.

4.5.1. Förstudie till s k Rill mining

En eller några malmkroppar bör väljas och metodens möjlighet utvärderas beträffande bergstabilitet, gråbergsinblandning, malmförluster, rasflöde, tillgång på gråberg, maskinbehov o s v.

4.5.2. Fältförsök med Rill mining

Om projekt 4.5.1. visar positivt resultat, bör ett storskaligt fältförsök utföras. Modern datainsamling, stabilitetsbedömningar, brytningsplanering o s v bör utnyttjas.

4.5.3. Fyllning med anrikningssand med låg vattenhalt

Rill mining förutsätter användande av billigt och lätt-tillgängligt gråberg från tillredningar i stället för anrikningssand. Detta kan bli ett problem för många igensättningsgruvor. En annan möjlighet kan vara att använda en anordning av typ "Tail-Spinner", utvecklad av Joy, som tar bort det mesta av vattnet från hydraulfyllen innan den placeras. Försök med denna har utförts i Sydafrika. Andra metoder kan vara att utnyttja både torr och våt anrikningssand.

4.5.4. Metoder för stabiliserad bergfyll

Öppnarumsmetoder kan enkelt kombineras med återfyllning av primärrummen, där stabiliteten så kräver. Ett attraktivt alternativ till hydraulisk fyllning med sand är återfyllning med berg från tillredning eller med berg som skjutits loss i närheten av gruvan. Stabilisering av berget görs med cement eller annat bindemedel. Detta projekt syftar till att ta fram stabiliserande medel samt prova ut blandnings- och fyllningsförfaranden. I projektet skall ingå prov i full skala.

Kravspecifikationen för fyllen måste ofta baseras på det enskilda tillämpningsfallet. Kriterier för framtagning av en realistisk kravspecifikation behöver utvecklas.

4.6. Framtidens el-gruva

Införandet av el-hydrauliska bormaskiner och pågående utvecklingsarbete av elektriskt drivna lastmaskiner och truckar har öppnat möjligheten att övergå till ett gruvsystem som bygger på energiförsörjning med elektricitet. En konsekvent införd el-gruva innebär stora potentiella möjligheter att förbättra ekonomi och arbetsmiljö.

4.6.1. Utveckling av el-lastare

F n pågår omfattande försök med elektriskt drivna lastmaskiner. Försöken visar följande viktiga resultat:

- * Dieselavgasproblemet minskas
- * Kapaciteten är 15-20% högre än hos motsvarande dieseldrivna maskiner
- * Driftskostnaden (kr/ton) är något lägre än för motsvarande dieseldrivna maskiner
- * De dominerande störningarna för de el-drivna lastmaskinerna är

- kabelskador
- växellådshaverier
- converterhaverier
- drivaxelbrott.

Försöken visar att elektriskt drivna lastmaskiner är ett lönsamt alternativ under förutsättning att driftsäkerheten och flexibiliteten kan förbättras.

Dagens el-lastare är byggda med mekanisk kraftöverföring från dieseldrivna lastare. Framtidens el-lastare kan bli betydligt bättre, om man bygger dessa utgående från el-driftens förutsättningar.

Detta projekt syftar till att upprätta kravspecifikationer med el-motorns möjligheter som grund. Maskinen bör vidare specificeras beträffande flexibilitet, reparationer, service, ergonomi o s v.

4.6.2. Scenario över framtidens el-gruva och kravspecifikationer för framtida elektriska maskiner under jord

Vinsterna med el-drift har ännu inte tillgodogjorts, inte ens i gruvor med omfattande el-drift. Stor potential finns beträffande miljöförbättringar, sänkning av ventilationskostnader, energibesparingar, lägre underhållskostnader samt ökad driftsäkerhet och livslängd på maskiner.

Detta delprojekt har till syfte att beskriva den framtida el-gruvan, där mediasystem och maskiner är helt anpassade till el-driften. Vidare skall kravspecifikationer för föreslagna system och maskiner upprättas och utveckling av dessa stimuleras.

4.7. Planering och produktionsstyrning

Under olika planerings- och produktionsskeden vid malmbrytning, från den första undersökningsborrningen till brytning och transport av malmer, är uppgifter om malmen (halter, kvaliteter, föroreningar) processstyrande.

En rationell framtagning, hantering, analys och informationsutnyttjning är av utomordentlig vikt. Inom vissa områden av planering och produktionsstyrning utnyttjas moderna datorhjälpmedel, medan andra utförs manuellt.

Den största bristen är emellertid att tillgängliga data ej lagras rationellt, så att de kan utnyttjas från den ena planeringsrutinen till nästa.

I Fig 3 visas ett blockschema över olika rutiner, inklusive material som produceras vid dessa, samt en grov bedömning av nuvarande användande av datorstödda moderna beräknings- och planeringsrutiner.

Olikhet mellan olika gruvor och företag föreligger. Probleområdet bearbetas i utredningen GeoCAD, som kommer att lämna detaljerade förslag. Nedan anges punktvis några delområden, som kräver utvecklingsinsatser.

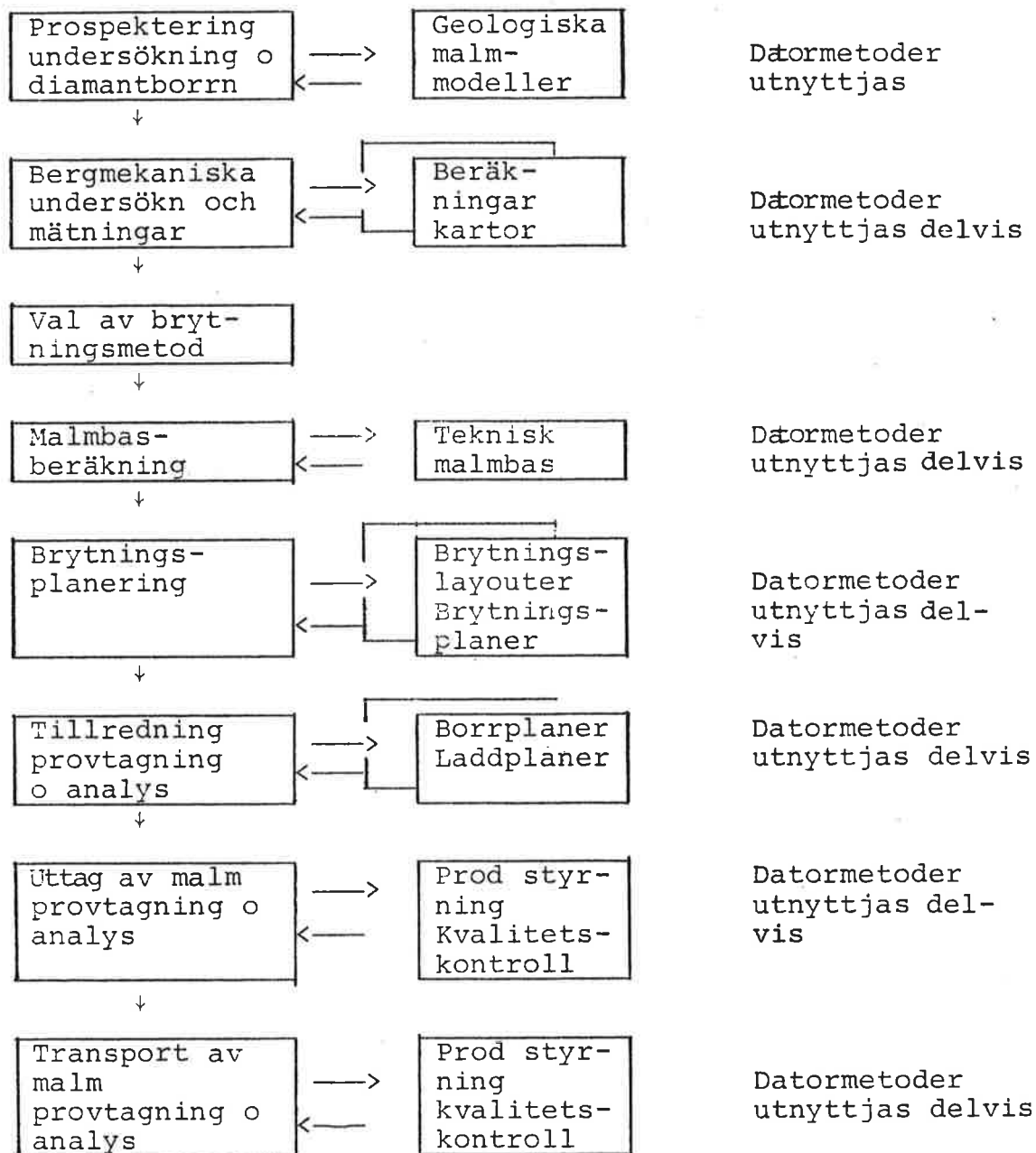


Fig 3. Planeringsrutiner, planeringsmaterial och användning av datorer i grubbrytning.

4.7.1. Produktionsstyrning

Med brytningsplaner som grund utvecklas system för beräkning av bl a borrhplaner och laddplaner, samt system för styrning av tillredning och brytning (uttag av malm). Systemet skall vara så utformat, att ny information från analyser under tillredning och brytning (provtagning och analys vid tillredning och under produktionsborrning) snabbt tillföres och uppdaterar brytningsplanerna (3D-modellen) så att tillgänglig information utnyttjas maximalt för kvalitetskontrollen och kvalitetsstyrningen.

Produktionsstyrningssystemet kräver samtidig utveckling av snabba undersöknings- och analysmetoder beskrivna under projektområdet Malmkännedom.

Införandet av datoriserade planeringssystem kräver en samtidig utveckling (förändring) av produktionsorganisationerna.

4.7.2. Informations- och kommunikationssystem i gruvbrytningen

Tillsammans med produktionsstyrningssystemen kan övrig informationsbehandling avseende t ex materialförbrukning och utfört arbete datoriseras. Rationell planering och arbetsledning kräver ytterligare utveckling av gruvornas kommunikationssystem, t ex tele, radio, maskinövervakning o s v.

4.7.3. Datorbaserad malmbasberäkning

Från den geologiska malmodellen (dataregistret) och brytningsmetoden (geometriska data) bör datorstödda metoder för upprättande av en tredimensionell teknisk malmbas för fortsatt gruvplanering utvecklas. En viktig del utgör framtagning av en rationell malmbas (register).

4.7.4. Datorbaserad brytningsplanering

Datorstödda metoder för brytningsplanering bör utvecklas. Projektet syftar till att ta fram metoder och hjälpmedel med vars hjälp layouter, brytningsföljd, sekundärbrytning, fyllningsetapper m m utformas. Vidare skall halt- och kvantitetsberäkningar för lång- och korttidsplaner kunna utföras, liksom beräkningar av gråbergsinblandningar och malmförluster. Framtagna brytningsplaner skall även ligga till grund för produktionsstyrning enligt 4.7.1. Systemet bör vara kopplat till bergmekaniska stabilitetsberäkningar. Se även projekt 4.1.5. som avser utveckling av CAD-metodiken, medan detta delprojekt avser utveckling av metoder och rutiner där CAD-metoder troligen utnyttjas.

tidigt 60-tal. Påtagliga minskningar av gråbergsinblandning och malmförlust har ej åstadkommits, även om ännu ej avslutade försök med magasinierande metoder (Kiirunavaara, Grängesberg) visar lovande resultat.

Om förväntningarna infrias och kontrollerad fragmentering erhålls genom bättre borrar och sprängning, bör dessa fördelar optimeras. Förbättrade kvalitetsutfall, lägre gråbergsinblandning och bättre malmutbyte innebär stora potentiella vinstmöjligheter.

4.9.1 Ökad driftsäkerhet i rasflödet genom förbättrad kvalitet i enhetsoperationerna

Ökad driftsäkerhet och minskade fluktuationer i raset, orsakade bl a av ojämnt styckefall, utgör troligen den största möjligheten att förbättra kvalitet och minska kostnader i skivrasbrytning. Kontrollerad fragmentering är därvid en nödvändig förutsättning. Driftförsök med kontrollerad borrar och sprängning och optimering av skivrasbrytningen vid god fragmentering bör utföras. Individuell provtagning av fosfor- och järnhalt av varje skopa med s k Batell-utrustning i Kiirunavaara ger unika möjligheter att analysera driftsförsök och studera rasflödet. Jämförande mätningar av brytning i områden utan kontrollerad fragmentering kan även ingå. Ett större driftsförsök kan även innefatta ett observationsprogram för utveckling av skivrasbrytningens bergmekanik och/eller parallella modellförsök avseende t ex segregationsfenomen.

4.9.2. Dokumentation av erfarenheter från rasbrytning

Troligen finns stora erfarenheter och kunskaper att hämta genom dokumentation och analys av tidigare, pågående och planerad brytning med rasmetoder (se även projekt 4.3.2). Tillgängliga data över påverkande faktorer över kortare eller längre tid bör dokumenteras såsom borrar- och laddplaner, fragmentering inkl skutfrekvens, malmhalt och utlastningsgrad, observationer och spårämnen, inneslutningar och markeringar, bedömningar av rasets fysikaliska egenskaper, spänningstillstånd i rasmassan, stabilitetsförhållanden i orter och på markytan osv.

4.9.3. Segregation i raset

Segregation p g a skillnader i densitet och/eller storlek mellan olika korn i rasmassan påverkar kvalitetsutfallet i skivrasbrytningen. En ökad kvalitetskontroll kräver bättre kunskaper om dessa fenomen. Under 60- och 70-talen utfördes omfattande modellförsök vid KTH i Stockholm och hos gruvföretagen. Den senaste 5-årsperioden har denna undersökningsmetod utnyttjats i begränsad omfattning. En genomgång av teori och försöksuppläggning bör göras och därefter bör man med modellförsök försöka skaffa bättre kvalitativa och kvantitativa kunskaper om segregationsfenomen.

4.9.4. Dragningsstrategi

Oberoende av säkerheten hos nuvarande flödesmodeller föreligger intresse att utveckla simuleringsmodeller för flera underliggande skivor och för magasinerande metoder. Sådana modeller kan ge information om möjligheterna att bryta selektivt med magasinerande metoder, och även ge underlag för layouter och dragningsstrategi bl a vid massskjutningar i öppnarumsmetoder.

4.9.5. Teori för gravitationsflöde

Utveckling av matematiska modeller för beskrivning av gravitationsflödet i fragmenterat berg skall utvecklas i detta delprojekt.

4.10. Fräsande malmbrytning

Under den senaste 10-årsperioden har ett antal fabrikanter arbetat med utvecklingen av maskiner som kan fräsa i allt hårdare berg. Robbins har t ex utvecklat den s k Mobile Miner, som f n undergår fältprovning i Mt Isa i Australien. Den franska roadheadern Paurat 500 drev nyligen en dubbelramp i sandsten (för oljeskifferbrytning i Utah) med lyckat resultat. Dessa försök liksom utvecklingsarbetet med s k waterjet visar att utvecklingen på området är stark och att den nogga bör följas.

4.10.1. Analys av metodens nuvarande begränsningar

Brytning av malm med fräsande maskiner utgör ett alternativ att effektivisera igensättningsbrytningen. Detta delprojekt syftar till att bedöma metodens nuvarande tekniknivå, identifiera begränsningar och föreslå åtgärder för snabbare utveckling.

4.10.2. Mekanisk bergfragmentering och bevakning av teknikutvecklingen

Delprojektet syftar till forskning angående bergets fragmentering genom mekanisk åverkan. Arbetet utförs genom teoretiska beräkningar, laboratorieförsök och omsättning av kunskapen i design av verktyg för bergavverkning. I projektet ingår även bevakning av teknikutvecklingen.

4.10.3. Fältförsök med fräsande brytning

Utvecklingen inom området bedöms så snabb att man under perioden kan påbörja fältförsök med fräsande brytning.

4.11. Sortering under jord

Önskvärt vore att endast lasta och transportera ren malm från arbetsplatsen. Under normala förhållanden är malmen blandad med ofyndigt berg, som åstadkommer samma lastnings-, transport- och malmbehandlingskostnad som malmen (vid brytning av magnetiska malmer sorteras

en del gråberg bort tidigt i mineralberedningsprocessen). En gråbergsinblandning av 20% t ex, innebär en 20%-ig höjning av kostnaderna för lastning, transport, uppfordring och anrikning. Allvarligare ändå är att detta gråberg undantränger samma kvantitet malm, vilket leder till motsvarande intäktsbortfall.

Gråberget bör alltså separeras så tidigt som möjligt. För magnetiska malmer kan en utrustning för detta ändamål vara en magnetisk lastare/sorterare. För icke magnetiska malmer fordras någon form av "real time" analysator/sorterare. Med god fragmentering kan en gräv-armslastare/sorterare eventuellt bli ekonomisk. Detta är ett framtidsprojekt som kan ha mycket stor potential.

4.11.1. Förstudie av sortering under jord

Projektet syftar till att inhämta kunskaper och föreslå åtgärder för utveckling av utrustning för sortering av berg under jord.

4.12. Fjärrstyrd lastning

Utnyttjandet av fjärrstyrda lastare i öppna brytningsrum, t ex i skivpallbrytning eller igensättningsbrytning ökar möjligheten att utveckla metoderna och minska riskerna med fallande sten. Trots att några fjärrstyrda lastare finns tillgängliga på marknaden, bör utvecklingen drivas vidare.

4.12.1. Förstudie av brytningsmetodutveckling genom fjärrstyrd lastning

Inledningsvis bör möjliga förbättringar av brytningsmetoder och layouter värderas förutsatt att driftsäkra, flexibla, fjärrstyrda lastare kan utvecklas. Här ingår bedömning av miljö och ekonomi. Bl a kommer kostnader för skrotning och bergförstärkning att minska, medan lastningskostnaden troligen ökar. I förstudien bör ingå förslag och kravspecifikationer för utveckling av fjärrstyrd lastning.

4.13. Stigortsdrivning

En mycket kostsam andel av tillredningsarbetet är drivningen av stigorter för kommunikation, ventilation och bergförvaring (bergschakt). Stigfullborrning är en numera väl etablerad metod som dock fortfarande vidhäftar ett antal problem. Ibland föreligger problem med precisionen vid pilothålsborrningen. Ett annat problem som observerats i en del gruvor är upphäng i bergschakt, troligen beroende på de släta väggarna, som gör att berget lätt bildar proppar.

Alimaksystemet är fortfarande en viktig metod som har en del nackdelar, främst arbetsmiljön och drivningshastigheten.

Med införandet av borrar av långa grova raka hål öppnas en möjlighet att utveckla långhålsborring av stigorter, en metod som bör ha stor utvecklingspotential.

4.13.1. Långhålsborrade stigorter

Metoden att driva stigort med långhålsborring bör ses över och eventuella utvecklingsförslag lämnas.

4.13.2. Upphäng i fullortsborrade stigar

Detta problem bör karteras, orsakerna till upphängen analyseras och förslag till åtgärder lämnas.

4.13.3. Alimakmetoden

En översyn av Alimakmetoden bör göras och förslag till åtgärder lämnas. Kanske kan problemen övervinnas med ökad robotisering.

Bilaga 1

ORGANISATION OCH ARBETSUPPGIFTER VID MÖTE I
MALMBERGET DEN 2-3 MAJ 1985

Deltagare

Mötesledare Tomas Franzén, BeFo

Bitr mötesledare Per-Arne Lindqvist, LuH

Boliden Mineral AB

Ingemar Magnusson
 Norbert Krauland
 Jan-Erik Falkdal
 Per-Olof Sognfors

LKAB

Roger Andersson
 Ingemar Marklund
 Bengt Wester
 Lars-Erik Aaro
 Håkan Hedén
 Leif Rönnbäck

SSAB

Sören Linder
 Sven-Erik Hellström

Övriga

Bo Hall, STU
 Carl-Otto Frykfors, STU
 Sven Gunnar Bergdahl, Gruvfo
 Åke Wirstam
 Gunnar Almgren, LuH
 Bill Hustrulid, CSM

Mötesdeltagarna indelades i fyra mindre grupper avseende brytningsmetod

- Grupp 1: Rasbrytningsmetoder
 Skivrasbrytning, magasinerade skivras, block-
 ras och rasbrytning av pelare och mellan-
 skivor.
- Grupp 2: Öppnarumsmetoder
 Konv skivpallbrytning, stigortsbrytning, grov-
 hålsbrytning med öppna rum, rum- och pelar-
 brytning.

Grupp 3: Igensättningsmetoder inkl ortdrivning
Olika typer av igensättningsbrytning, Konv,
NIB, Konv ortdrivning, Stigortsdrivning.

Grupp 4: Nya brytningsmetoder.

Mötet och smågrupperna i MalMBERGET hade följande arbets-
uppgifter:

1. Problemanalys
Utifrån resultat av delutredningar och företagens
bedömning av brytningsmetodernas utvecklings-
potential görs en sammanfattning av metodernas
problem och teknikområden med hög utvecklings-
potential.
2. Målformulering
Bestäm kriterier och avgränsningar för vilka prob-
lem/teknikområden som skall behandlas samt välj
ut de viktigaste problemen/teknikområdena.
3. Identifiera teknik- och kunskapsområden som kräver
utveckling för att uppnå skisser (svara på frågan
hur man skall uppnå beskrivningarna).
4. Ange huvudsaklig typ av utvecklingsinsats (för-
ändring) som behövs för att uppnå beskrivningarna
t ex
 - Metodutveckling (brytningsförsök)
 - Maskinutveckling
 - Materialutveckling (tänd- och sprängmedel, borrh-
stål osv)
 - Teoriutveckling
 - Organisation/arbetsledning
 - Lagstiftning och anvisningar osv
5. Samlas omkring gemensamma kriterier för urval av
föreslagna utvecklingsområden.
6. Prioritera utvecklingsområden.
7. Formulera utkast till allmän inriktning och inne-
håll i gruvindustrins handlingsprogram för utveck-
ling av brytningsmetoder.