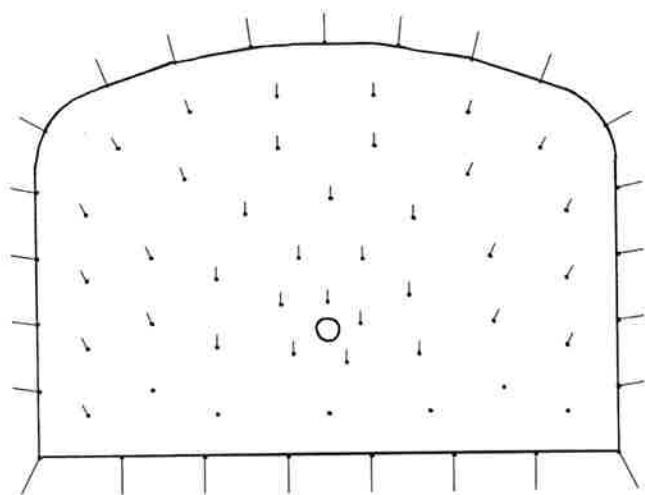




GROVHÅL I CENTRUM

Ortdrivning med grovt öppningshål i LKAB

Stig Fjellborg

Mats Olsson

**GROVHÅL I CENTRUM
Ortdrivning med grovt
öppningshål i LKAB**

**Long drift rounds with large
cut holes at LKAB**

Stig Fjellborg, LKAB
Mats Olsson, SveBeFo

FÖRORD

I SveBeFo:s ramprogram 1993-96 ingår projektet Effektiv ort- och tunnel-drivning. Avsikten har varit att genom systemanalys av olika moment i drivningscykeln och uppföljningar i fält finna viktiga faktorer som skulle kunna bidra till en höjd produktivitet i ort- och tunneldrivning. Under planeringsarbetet och en inledande förstudie visade det sig svårt att finna en bra inriktning mot anläggningsföretagens tunneldrivning eftersom produktionstekniken till stor del är tämligen företagsspecifik. Det fanns också få tunnelprojekt i sådant skede att det skulle passa att göra mera ingående fältuppföljningar. Det beslöts då att projektet till sin huvuddel skulle genomföras som ett samarbetsprojekt med LKAB, där man planerade att pröva grovhålsöppning av ortsalvor och i samband med detta undersöka vilka totaleffekter som kunde uppnås i form av bättre kontur, enklare skrotning och mindre förstärkningsinsats. Föreliggande rapport innehåller slutrapportering av detta "grovhålsprojekt". Som följd av lovande resultat planeras fortsatta insatser vid LKAB för vidareutveckling av effektiv och billigare ortdrivning, inkluderande minskad skrotning och förstärkningsinsats.

Möjligheterna att göra fältuppföljningar i samband med ortdrivning har varit gynnsamma i gruvmiljön hos LKAB. Samtidigt är det uppenbart att många av de erfarenheter som gjorts bör vara av stort värde även för entreprenadföretagen. Vår förhoppning är således att rapporten skall få uppmärksamhet även inom "anläggningssektorn" och att resultaten i olika former ska kunna nyttiggöras även vid tunneldrivning hos dessa företag.

Stockholm i maj 1996

Tomas Franzén

SAMMANFATTNING

Denna rapport beskriver ett ortdrivningsprojekt som bedrivits i LKAB under drygt ett års tid. Projektet pågick mellan December 1994 och November 1995 och utfördes i ett antal olika delsteg. Målsättningen med projektet var att med ett förborrat grovhål förbättra indrift och minimera bergskador vid ortdrivning med 7,5 m långa salvor.

Grovhålet borrades med ett AMW-aggregat försett med en Wassara 6 " vattendriven ITH-maskin. Två olika håldimensioner testades, 250 mm respektive 300 mm. Indrifter och slutkonturer för dessa grovhålssalvor jämfördes med referenssalvor, dvs standardsalvor utan grovhål. Totalt omfattade projektet 45 st grovhålssalvor i Malmberget samt 15 st i Kiruna. Försöken i Kiruna syftade främst till att studera ny teknik för skrotning och förstärkning.

Indriften för grovhålssalvorna i Malmberget blev 99 % för 300 mm grovt öppningshål och 97 % för 250 mm hål. Detta skall jämföras med referenssalvorna som hade indrifter på 92 %. Hållavvikelsen förbättrades inte trots Bever Control positioneringsutrustning och var i konturhålen drygt 5 %.

Antalet synliga halvpipor varierade mycket beroende på sprängämne och tändsystem. Bästa resultat, drygt 60 %, uppnåddes med momentan initiering av konturen med elektroniska sprängkapslar och med 80 g pentyl som kontursprängämne. Strängar av emulsion i konturhålen var nästan lika bra medan standardsalvorna endast hade 30 % synliga halvpipor. En kontroll av sprickutbredningen från några salvor utfördes bl.a. genom sågning. Salvor som laddats med elektroniska sprängkapslar och reducerad konturladdning gav obetydliga sprickor medan standardsalvor gav många och långa sprickor in i tunnelväggen.

Skrotningsvolymen har reducerats med 50 % vid 300 mm grovhål. Tester med lätt skrotning och vattenskrotning gav ett mycket bra resultat och är båda betydligt skonsammare mot berget än normal mekaniserad skrotning.

Nyckelord: tunneldrivning, sprängning, indrift, slutkontur, skrotning, förstärkning

SUMMARY

This project in LKAB which has been running from December 1994 through to November 1995 has included a total number of some 60 drift rounds involving the use of a large diameter hole. The main part of the project was done in Malmberget. In Kiruna tests were done to study new technique for scaling and rock inforcement. The purpose of the project was to increase the advance and minimize the damage zone by using a pre-drilled large diameter cut hole.

The drilling rig used for the large diameter cut hole was built on an AMW chassis and drilling performed by a Wassara 6 " ITH water driven machine. Drilling of these holes were performed in two steps. First a hole of 165 mm diameter was drilled and then reamed to a diameter of 250 or 300 mm. The maximum hole length was determined to be 32 m based upon the stated maximum hole deviation of 1 % of the drilled length.

An Atlas Copco Rocket Boomer 353 S equipped with an automatic rod adding system and Bever Control tunneling position system was used for drilling the long tunneling rounds. The boreholes had a diameter of 64 mm and the average depth of the boreholes was 7,5 m. The rounds were charged with Kimulux R, a non-cap-sensitive water resistant emulsion from Kimit AB in Kiruna. The perimeter holes were charged with different smooth blasting explosives.

The results from this project show an increase of the advance. With a large hole of 300 mm the advance was 99 % and 97 % for the 250 mm hole. These results should be compared to the ordinary advance in Malmberget which was 92 %. The hole deviation was still too high although Bever equipment was used.

The appearance of half casts varies greatly with the type of explosive, the ignition system and their different combinations. Best result, 60 % of half casts, was performed with electronic caps and 80g/m of detonating cord as smooth blasting explosive for the contour holes. Strings of emulsion in the contour holes were almost as good. Standard caps with a delay of 3500 ms in the contour reduced the number of half casts. This is due to the scatter in ignition for these standard caps. Ordinary rounds had only 30 % of half casts. To further examine the damage zone slots were cut into the tunnel wall in some sections. From holes charged with electronic caps together with smooth blasting there were no cracks. Holes from standard rounds ended up with a lot of long cracks into the tunnel wall.

The volume of scaling could be reduced to 50 % with the use of a 300 mm large opening hole. Tests with "light mechanical scaling" and high pressure water scaling gave very good result and the method is smoother to the rock than normal mechanical scaling.

Keywords: tunnels, cuts, advance, smooth blasting, electronic caps, scaling

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
1. BAKGRUND	1
2. HUVUDMÅLSÄTTNING	1
3. FÖRUTSÄTTNINGAR	2
3.1 Provplats	2
3.2 Utrustning	3
3.2.1 Grovhålsaggregatet	3
3.2.2 Ortdrivningsaggregatet	4
3.2.3 Beverutrustningen	4
3.2.4 Utrustning för pupmemulsion och strängladdning	4
3.2.5 Utrustning för vattenskrotning	5
3.2.6 Utrustning för lättskrotning	5
3.3 Uppföljning	7
3.4 Organisation	7
3.5 Projektekonomi	8
4. GENOMFÖRANDE	9
4.1 Delsteg 1	9
4.1.1 Uppläggning av delsteg 1	9
4.1.2 Borr- och laddplan	9
4.1.3 Utförande av delsteg 1	10
4.2 Delsteg 2	12
4.2.1 Uppläggning av delsteg 2	12
4.2.2 Borr- och laddplan	12
4.2.3 Borrning med rör	15
4.3 Delsteg 3	16
4.3.1 Kartering av sprickor med hjälp av borrhålskamera	16
4.3.2 Kartering av sprickor med hjälp av sågning	16
4.4 Delsteg 4; KUJ	17
4.4.1 Ortdrivning	17
4.4.2 Skrotnings- och bergförstärkningsprov	19
5. RESULTAT	20
5.1 Indrift	20
5.1.1 Indrift vid delsteg 1	20
5.1.2 Indrift vid delsteg 2	21
5.2 Hålavvikelse	23
5.3 Slutkontur	25
5.3.1 Hålpipor	26
5.3.2 Sprickkartering	28
5.4 Överberg	29

	Sida
5.5 Skrotning och bergförstärkning	31
5.5.1 Lätt mekaniserad skrotning	31
5.5.2 Vattenskrötning	31
5.5.3 Förstärkningsprover	32
5.6 Funktionskontroll	33
5.7 Övrigt	34
5.8 Sammanställning	34
 6. DISKUSSION	 36
 7. REFERENSER	 37
 8. BILAGOR	 38
Uppföljningsprotokoll	
Arbetsuppgifter	
Projektekonomi	
Utslagsareor	
Hållavvikelseprotokoll	
Datasammanställning	

1. BAKGRUND

Den storskaliga brytningsteknik som införts i LKAB har medfört högre produktivitet och lägre kostnader för gruvan. Tillredning är dock fortfarande den dyraste enhetsoperationen i gruvan. Storskaligheten har också medfört en begränsning i antal ortgavlar på brytningsnivåerna vilket innebär att kraven på effektiv tunneldrivning höjts. För att öka effektiviteten har man ökat salvlängden i LKAB. Detta möjliggjordes efter en lång inledande test i Sofia-malmen i Kiruna där SveDeFo deltog /1/. Här togs teknik och utrustning fram för att borra och spränga salvor med ett borrarat djup av 7,7 m med 64 mm diameter på borrhålen. Indrifter på mellan 75 och 90 % kunde uppnås.

Efter Sofia- försöken gjordes försök i Malmberget med långa salvor. Utfallet av dessa försök blev så gott att man beslutade införa långa salvor som standard i Malmberget. Medelindriften var där ca 90 %. En funktionskontroll på några långsalvor visade på en stor felfrekvens i öppningen vilket innebar att ca 1/3 av hålen inte hade detonerat. Ett nytt projekt genomfördes därefter i Malmberget med studier av olika öppningstyper med enbart 64 mm hål. Från en SveDeFo rapport /2/ om detta projekt konstaterades att en av de testade öppningarna gav 95 % indrift men att öppning med förborrat 300 mm grovhål gav 100 % indrift. Vidare konstaterades att man pga minskad borrar, laddning och gavelskrotning och bättre slutkontur kunde "räkna hem" en användning av ett förborrat grovhål.

Dessa resultat ledde till att LKAB 1994 beslutade hyra in ett speciellt grovhålsaggregat för att förborra 200-300 mm öppningshål. En projektplan /3/ med olika delsteg togs fram. Grovt kan projektet indelas i följande fyra delsteg:

1. Optimera grovhålets dimension /4/
2. Optimera sprängplan
3. Bestämma skadezon
4. Reducera skrotning och förstärkning

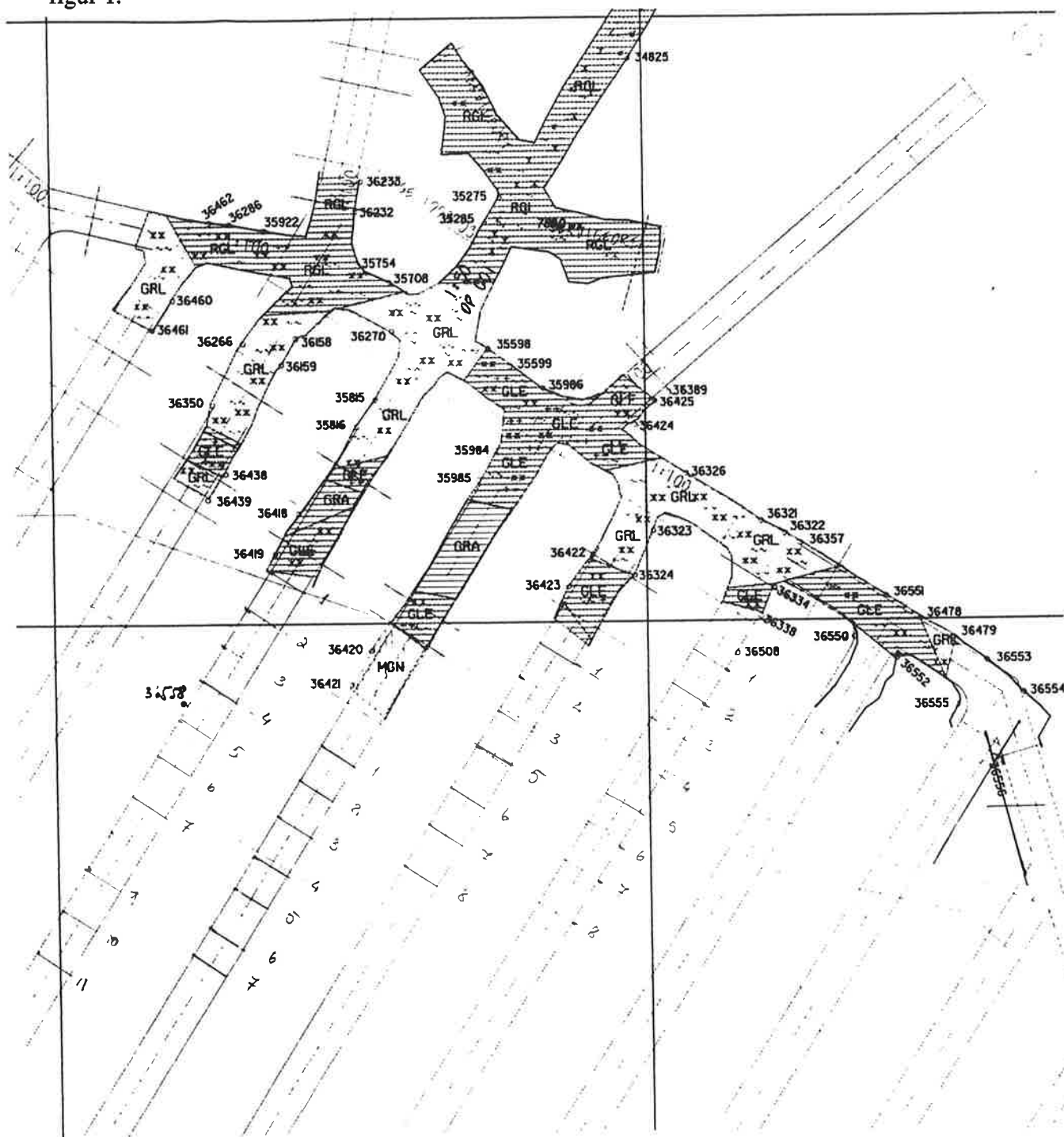
2. HUVUDMÅLSÄTTNING

Att med förborrat grovhål och nya borrar och laddplaner optimera salvlängd och salvcykel, att maximera indrift och att minimera bergskador. Detta betyder att man skall uppnå 99 % indrift i 90 % av salvorna. Hållavvikelsen i konturen skall vara inom 20 cm utanför teoretisk profil och skrotnings och förstärkningskostnaderna skall sänkas med 30%. Insatsen motsvarar en kostnadssänkning på 1000 SEK/ortmeter.

3. FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Provpplats

Gruvområdet Norra Alliansen på 790 m avvägning i Malmberget valdes som lämpligt försöksområde. Här skulle ett fältprov kunna genomföras utan produktionspress. I området planerades 11 tvärorter och av dessa skulle projektet få tillgång till 4 tvärorter, ort 503, ort 506, ort 509 och ort 512. Dessa orter var ca 150 m långa och drevs huvudsakligen i malm, se figur 1.



Figur 1. Tillredningsplan över Norra Alliansen på 790 m avvägning

Malmen i området, som stupar ca 45 °, består av magnetit med band av apatit. Dessa apatit-band stupar och stryker i samma riktning som malmen. Gråberget i liggväggen består av röd-grå leptit och grå-röd leptit. Närmare malmkontakten består gråberget av grå leptit. Vid malm-liggväggskontakten finns biotitförskiffringar med bredder på allt från några centimeter upp till 1,5 m. Dessa biotitförskiffringar har mycket låga hållfasthetsegenskaper. En dominerande sprickgrupp finns. Denna sprickgrupp har en strykning på ca 65° mot ortriktningen och stupning på ca 70 ° mot malm-liggväggskontakten.

3.2 Utrustning

I detta kapitel beskrivs utrustningen som användes i projektet i Malmberget samt förstärkningsutrustningen som provades i Kiruna.

3.2.1 Grovhålsaggregatet

Grovhålsaggregatet, se figur 2, är byggt på AMV chassie 26/35 och drivs av en Deutz dieselmotor. Två st vattenpumpar på vardera 285 liter/minut och 190 bars tryck är monterade bak på chassiet. Pumparna drivs med 2st 110 kW elmotorer. Ett rörmagasin för 25 st 2,0 m borrhör är monterade fram på chassiet. Hanteringen av borrhören sker med en kran som liksom övrig utrustning manövreras från hytten. Hydraulsystemet drivs med en 75 kW elmotor. Riggen är utrustad med en 6 " Wassara ITH maskin.

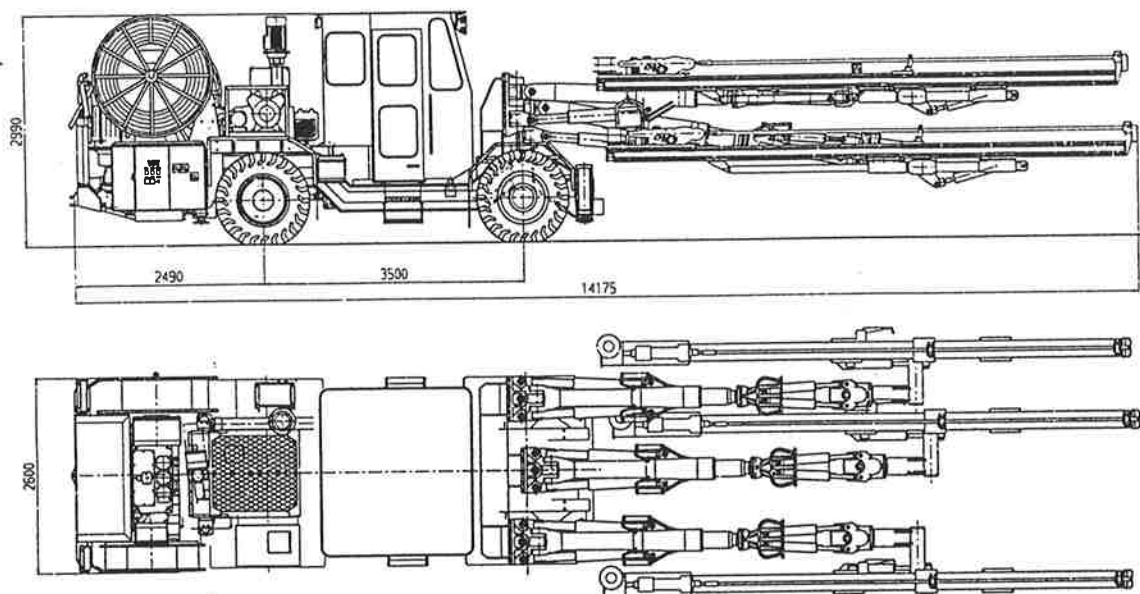


Figur 2. Grovhålsaggregatet

3.2.2 Ortdrivningsaggregatet

Under delsteg 1 användes ett 3-boms Atlas Copco Boomer 186 (Sofia-riggen) försett med TAS vinkelgivare. Från och med Delsteg 2 användes ett nytt 3-boms Atlas Copco Rocket Boomer 353 S aggregat med ett automatiskt stångskarvningssystem (RAS) för 16" och 14" borrarstänger, 1000V elsystem, elektroniskt styrsystem för övervakning av borrarboring och borrarboringparametrar typ matning, rotation, slagverk samt stångskarvning. Aggregatet var också utrustat med Bever Control positioneringssystem.

ROCKET BOOMER 353 S -- 1838



Figur 3. Ortdrivningsaggregatet

3.2.3 Beverutrustningen

Utrustningen är ett positioneringsinstrument för borrarboring av ortsalvar och består av styrsystem, givare, elektronik och programvaror som är individuellt anpassade för varje borrarboring och borrarboringssystem.

Inbyggda vinkelgivare finns i alla bomleder, längdgivare för bomteleskop och matare samt mätare för borrarboring och borrarboringdjup. Grafiska borrarboringplaner upprättas på PC med påhuggspunkt, stickningsvinkel och borrarboringdjup för varje enskilt borrarboringhål. Borrarboringplanerna lagras på diskett för överföring till borrarboringen. Via en monitor i aggregatet kan operatören sedan borrarboring salvan efter vald borrarboringplan. På disketten lagras också den borrarboringade salvan grafiskt för senare utvärdering via PC. En koordinatlista för varje borrarboringad salva ingår även i loggfilen. Borrarboringdjup och borrarboringtid registreras för varje bom och som medelvärde för hela salvan.

3.2.4 Utrustning för pumpemulsion och strängladdning

Laddutrustningen, från Kimit AB, är byggd på en 4-hjulsdriven bärare, se figur 4. Laddning utförs från en korg monterad på en kranarm. Laddningsdelen består av sprängmedelsbehållare, vattentank, sprängmedelspump, vattensmörjning, utrustning för kemisk gasning av spräng-

ämnet, laddslang med vinda samt kontrollpanel för tryck, varvtal och mängd. Sprängmedelsbehållaren som inte är trycksatt rymmer 2500 l som motsvarar 3000 kg sprängämne. Fordonet är också försett med skåp för sprängkapslar, KP-primers, rörladdningar och pentylstubin.

För att utföra strängladdning med emulsion reducerades sprängämnespumpens varvtal mekaniskt. Slangmatningen utfördes sedan manuellt. Den manuella slangmatningen var också den största osäkerhetsfaktorn med metoden och krävde stor vana av laddarna för att skapa en jämn sträng. Den andra osäkerhetsfaktorn var vattenfyllda hål där sammanhängande sträng inte kunde garanteras.



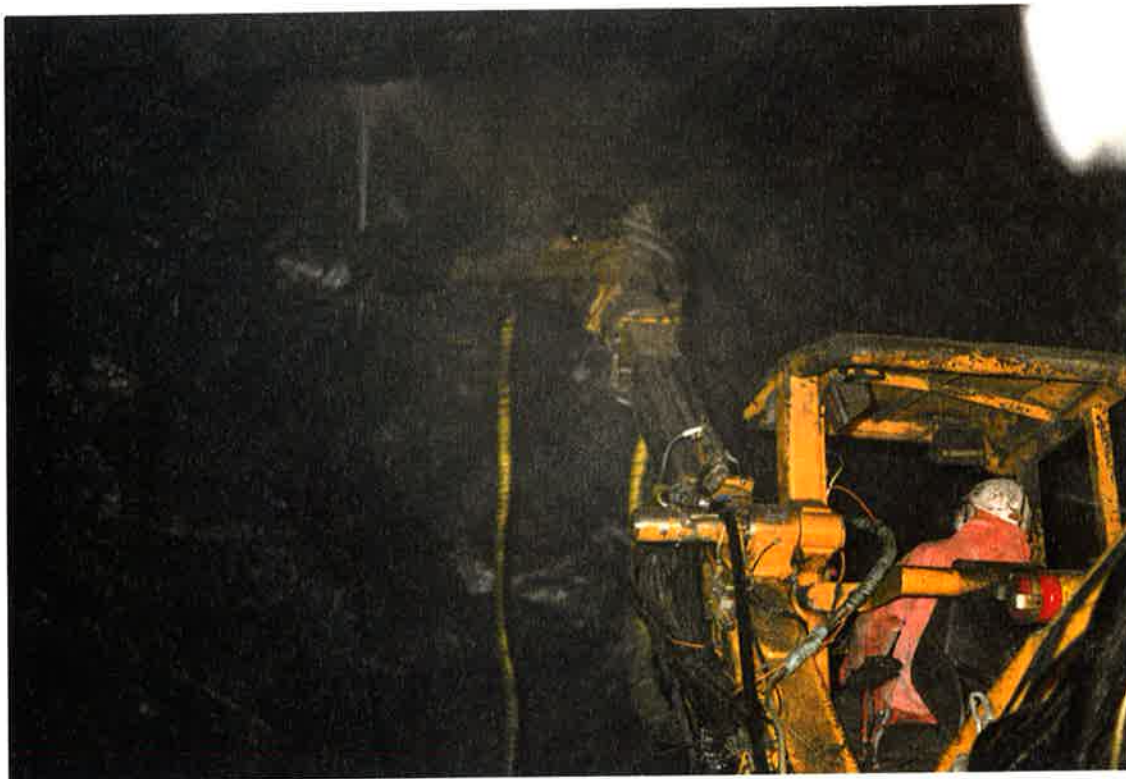
Figur 4. Laddfordon

3.2.5 Utrustning för vattenskrotning

Vattenskrotningen utfördes med hjälp av en AMV 6400 betongsprutningsrobot försedd med ett speciellt munstycke för att forma strålen, se figur 5. Skrotningen utfördes med ett vattentryck på ca 100 bar. För att åstadkomma detta tryck sammankopplades sprutroboten med en tankbil utrustad med högtryckspump. Ett flertal olika typer av munstycken provades. Bästa resultatet uppnåddes med ett munstycke försett med 5 st hål á 3mm. Vattenförbrukningen för skrotningen varierade mellan 200-250 l/min beroende på typ av munstycke.

3.2.6 Utrustning för lättskrotning

Utrustningen, se figur 6, är byggd på en 4-hjulsdriven lastbil och består av en plattform med skyddstak monterad på en hydraulisk bom. På plattformen finns en modifierad kranarm försedd med en Montabert BRP 30 hydraulhammare. Räckvidden för hammaren är 10m vertikalt och 7m horisontellt. Utrustningen utvecklades av LKAB i samarbete med AMV för att ersätta det handhållna spettet och därmed förebygga förslitningsskador vid skyddsskrotning i gruvorna.



Figur 5. Utrustning för vattenskrotning



Figur 6. Lätt mekaniserad skrotningsutrustning

3.3 Uppföljning

För att underlätta uppföljningen tog vi fram ett antal uppföljningsprotokoll, några exempel visas i bilaga 1. Uppföljningen bestod av:

- uppföljning av grovhålsaggregatet
- uppföljning av salvborrning
- uppföljning av hålavvikelse och salvprofil
- uppföljning av laddning
- uppföljning av skrotning
- uppföljning av indrift och kontur (hålpipor)
- uppföljning av lastning

Tabell 1 visar mer några exempel på vilka parametrar som följts upp under olika huvudaktiviteter.

Tabell 1. Uppföljning av olika parametrar

Grovhålsrigg	Geologi	Salvborrning	Laddning	Skrotning	Lastning	Resultat
Prestanda	Struktur- kartering	Borrplan	Sprängämne	Tid	Styckefall	Indrift
Slitage Hålavvikelse		Hålavvikelse	Tändplan Funktions- kontroll	Mängd Skrotbar- het	Lastbarhet Mängd	Salvprofil Hålpipor

Uppföljningsprotokollen fylldes i av personal i gruvan, speciella uppföljare samt MGA-tekniker. Protokollen sändes senare till projektledaren för grov sammanställning och sedan till SveBeFo för utvärdering. För prov med olika skrotningsutrustningar i Kiruna gjordes en speciell uppföljning.

3.4 Organisation

Organisationen bestod av följande personer:

Projektchef

Ingemar Marklund, LKAB Malmberget

Projektledare

Stig Fjellborg, LKAB Kiruna

Styrgrupp

Lennart Ojanlatva, LKAB Malmberget, del av projektet

Mats Keisu, LKAB Malmberget, del av projektet

Ingemar Marklund, LKAB Malmberget

Torbjörn Naarttijärvi, Kimit

Nils Westling, LKAB Kiruna

Mats Olsson, SveBeFo

L-E Andersson, Gruvprodukter

Projektgrupp

Brynolf Appelqvist, LKAB Malmberget
 Bengt Anttila, LKAB Malmberget
 Kent Lindqvist, LKAB Kiruna
 Anders Nordqvist, Kimit
 Ove Sundström, LKAB, Malmberget
 Tomas Savilahti, LKAB, Malmberget
 Anders Holmstedt, LKAB Kiruna
 Externa tekniker och uppföljare

Respektive persons arbetsuppgifter inom projektet framgår av bilaga 2.

Ansvarighetsområden:

LKAB:	totalansvariga och huvudman för hela projektet
SveBeFo:	sammanställningar och analyser
Gruvprodukter:	leverans, service och borrhning av grovhål
Atlas Copco:	leverans ortdrivningsrigg, åtgärder på Beversystemet
G-drill:	leverans vattenborrmaskiner
Nitro Nobel:	leverans och prov av elektronik sprängkapslar
Kimit :	leverans av tänd och sprängmedel, optimering borrh och tändplan, prov med elektroniksprängkapslar, gasade konturhål
Sandvik:	prov av klenstål för drifterborrhning
Kiruna Grus och Sten:	prov med vattenskrotning och sprutbetong

3.5 Projektekonomi

Projektet var kostnadsuppskattat till totalt 3895 kSEK (exkl investeringskostnader) varav LKAB/Kimit skulle stå för 1765 kSEK och externa intressenter 2130 kSEK. Fördelningen av dessa insatser framgår närmare i bilaga 3.

4. GENOMFÖRANDE

4.1 Delsteg 1

4.1.1 Uppläggning av Delsteg 1

Målsättningen med Delsteg 1 var att i första hand jämföra indrifter vid olika storlekar på öppningshålet med LKAB:s ordinarie standardsalvor. Jämförelsen skulle genomföras med samma borrh- och laddplan för såväl grovhålsalvor som referenssalvor och med 7,5 m salvdjup.

Försökens indelning och omfattning framgår av tabell 2. Försöken startade med att prova 250 mm grovhål, ca 30 m långa, i två orter. Samtidigt med drivningen av dessa orter skulle referensorter också drivas. Efter 7 salvor med denna jämförelse drevs 6 salvor men nu med en jämförelse mellan salvor med 300 mm grovhål och referenssalvor. Totalt omfattar delsteg 1 26 salvor.

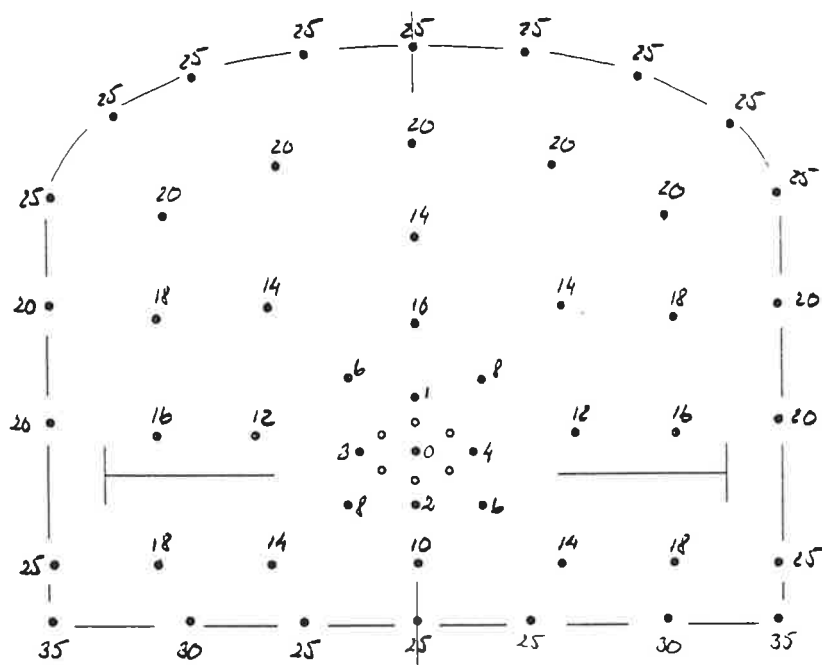
Tabell 2. Omfattning av steg 1

Salvtyp	Ortnr. och salvantal	Grovhålsdiameter (mm)	Antal (st)
Referens	503(4), 509(3)	---	7
Grovhål	506(4), 512(3)	250	7
Referens	506(3), 512(3)	---	6
Grovhål	503(3), 509(3)	300	6

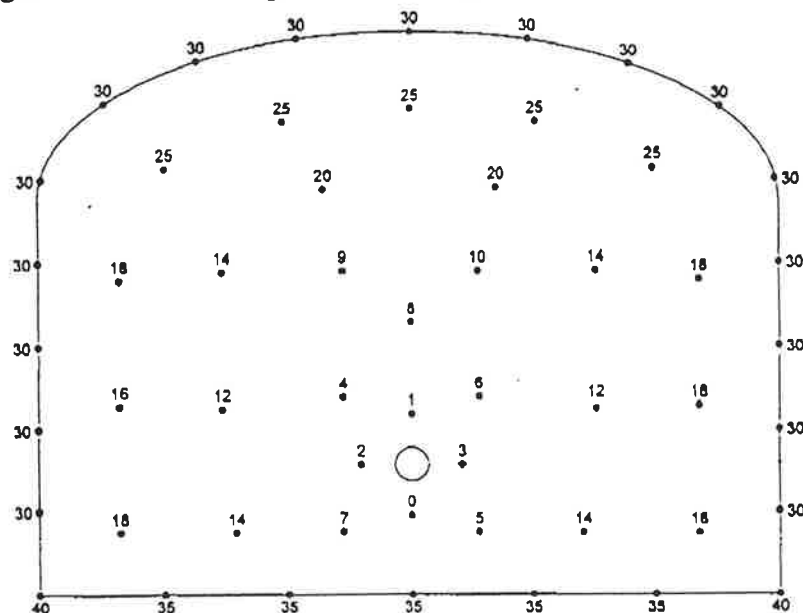
4.1.2 Borrh och laddplan

I detta första delsteg användes LKAB:s ordinarie borrh- och laddplan. En standardsalva i Malmberget har en storlek på 6,5x 5,0 med en yta av 30,8 m² och omfattar 57 st 64 mm hål. Salvan har en planerad indrift på 7,5 m. Öppningshålen som även de borraras med 64 mm fungerar som en öppnande slits. Borrh- och laddplan framgår av figur 7. Samtliga hål utom takhålen laddas med pumpemulsion, Kimulux R. Takhålen laddas med 40 g detonerande stubin, KSP 40, dvs färdigkapade längder med 40 g pentyl per meter, och med emulsion som bottenladdning. Egenskaper hos sprängämnen, se tabell 4.

Vid grovhålssalvorna har öppningshålen ersatts av ett grovhål. Under fasen med test av 300 mm öppningshål laddades några salvor i konturen skonsamt med KSP 80 i övrigt är salvorna laddade likadant som referenssalvorna. Figur 8 visar en borrh- och laddplan för grovhålssalvor.



Figur 7. Borr- och laddplan i Malmberget; Standard



Figur 8. Borr- och laddplan för grovhålssalva

4.1.3 Utförande av delsteg 1

Grovhålsriggen, som först borrade ett 165 mm hål och sedan rymde upp detta till önskad storlek, hade under den inledande bormningen en hel del problem. Några av dessa problem listas här:

- inriktnings och krökningsfel
- matningstrycket gick inte att reglera
- stora problem med att bräcka skarvrören
- mycket kort livslängd på upprymningskronor

Dessa problem åtgärdades men tvingade tex under en tid fram kortare grovhål än planerat. Vid jämförelsen mellan 300 mm grovhål och referenssalvor borrades 23 m grovhål/ort vilket innebar att 3 salvor/ort nu kunde tas ut, se tabell 2.

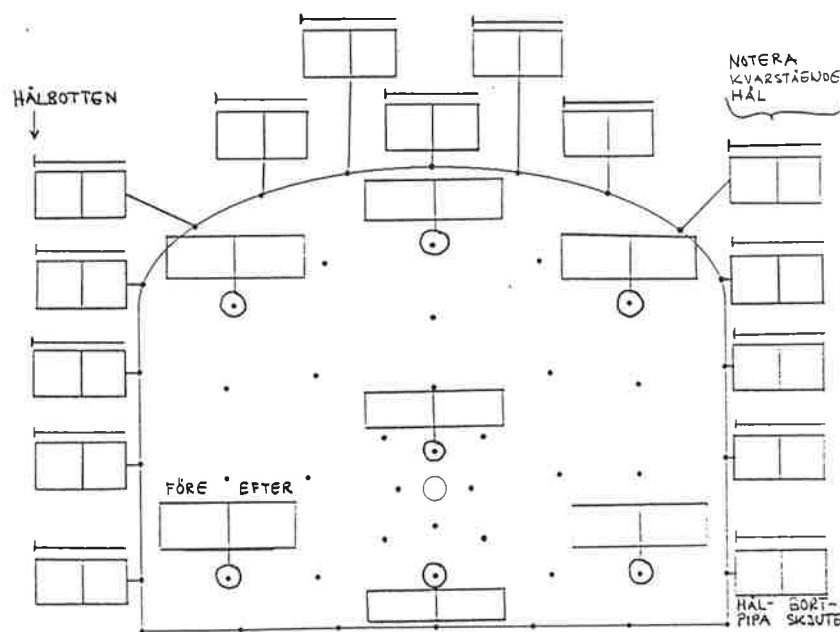
Borring av grovhålet inleds med noggrann inriktning av grovhålet. Denna görs med hjälp av en tunnllaser som placerats i ortens referenslinje. På borraragregatet finns lasersikten som placeras på matarbalken vid inriktning. Agregatet är även försett med vinkelgivare som används för justeringar efter påhugg. Inmätningen av det färdigställda grovhålets hållriktning och krökning utfördes av gruvmätnarna med hjälp av en totalstation och en reflexförsedd wire som fördes in mot hålbotten och sedan avlästes var 5:e meter. Borring av pilothålet tar 2,5-3,5 minuter per meter och upprymningen tar 6-9 minuter per meter.

Ortdrivning under delsteg 1 utfördes med ett Atlas Copco Boomer 186 aggregat (Sofia-riggen) försett med TAS vinkelgivare. Utsättning av borrhålen gjordes av gruvmätnarna med hjälp av en portabel laser och en projektorbild.

Efter uppborring inmättes ca 20 hål i varje salva. Hålens läge och riktning bestämdes genom att en 3 m lång linjal försedd med en diodlaser fördes in i hålen. Riktningen avlästes sedan via laserstrålen vid påhugg och ca 7 m bakåt med hjälp av reflex. Bestämning av hållriktningen gjordes sedan genom att beräkna laserstrålens vinkel 7,5 m in mot salvan.

Hålen laddades med pumpemulsion, Kimulux R, och salvorna sprängdes. LKAB i Malmberget laddar normalt även vägghålen med emulsion vilket ger en mycket dålig slutkontur med få synliga halvpipor.

Efter sprängning inmättes gavlarnas läge för bestämning av indrifter. Således inmättes avståndet från fixpunkter till sju punkter per gavel före och efter gavelskrotning. Vidare inmättes kvastående halvpipor i konturen, se figur 9.



Figur 9. Inmätning av indrift och hålpipor

Efter sprängning karterades även skrotning och lastning (volymer och tid). Förstärkningen följdes inte speciellt eftersom man normalt betongsprutar samtliga orter i Malmberget.

4.2 Delsteg 2

4.2.1 Uppläggning

Målsättningen med detta delsteg var att utveckla en optimal borrh- och sprängplan för grovhålen. För detta skulle dels en ny borrhplan testas och dels skulle konturen sprängas skonsamt. Omfattningen av dessa prov framgår av tabell 3. Inom detta delsteg skulle också prov med 51 mm hål utföras.

Tabell 3. Testade salvor i delsteg 2

Laddning i konturrad	Grovhålsdimension 250 mm	Grovhålsdimension 300 mm
Pentyl (KSP 40, 80)	6	4
Strängemulsion	12	3
Pentyl (KSP 40, 80)+ EPD*	3	
Strängemulsion+ EPD		4
Summa	21	11

* EPD = elektroniska sprängkapslar

4.2.2 Borrh och laddplan

Kimit hade tidigare gjort enhållssprängningar med hål runt grovhålet för att ta reda på optimalt utslag från varje omgivande hål. Utifrån dessa resultat konstruerades nu en ny borrh- och laddplan för grovhållssalvorna. Planen bygger på principen att varje hål skall få utslag mot en fri yta och att varje hål skall ha sin optimala försättning. Närmast öppningen liknar borrhplanen en spiral /5/. Vid vanliga öppningar ligger oftast hålen helt symetriskt runt öppningshålet. Detta område blir mycket överladdat med risk för samtidig detonation och skador på berget. Men pga den stora överladdningen brukar ändå dessa öppningar fungera bra. I den nya öppningen blir salvan optimerad men ställer betydligt högre krav på precision i borrhning och laddning. Principen för den nya salvan framgår i figur 10. Salvan består av 54 st hål varav 24 st konturhål.

Anders Nordqvist Kimit /6/ beskriver närmare salvmodelleringsprogrammet enligt:

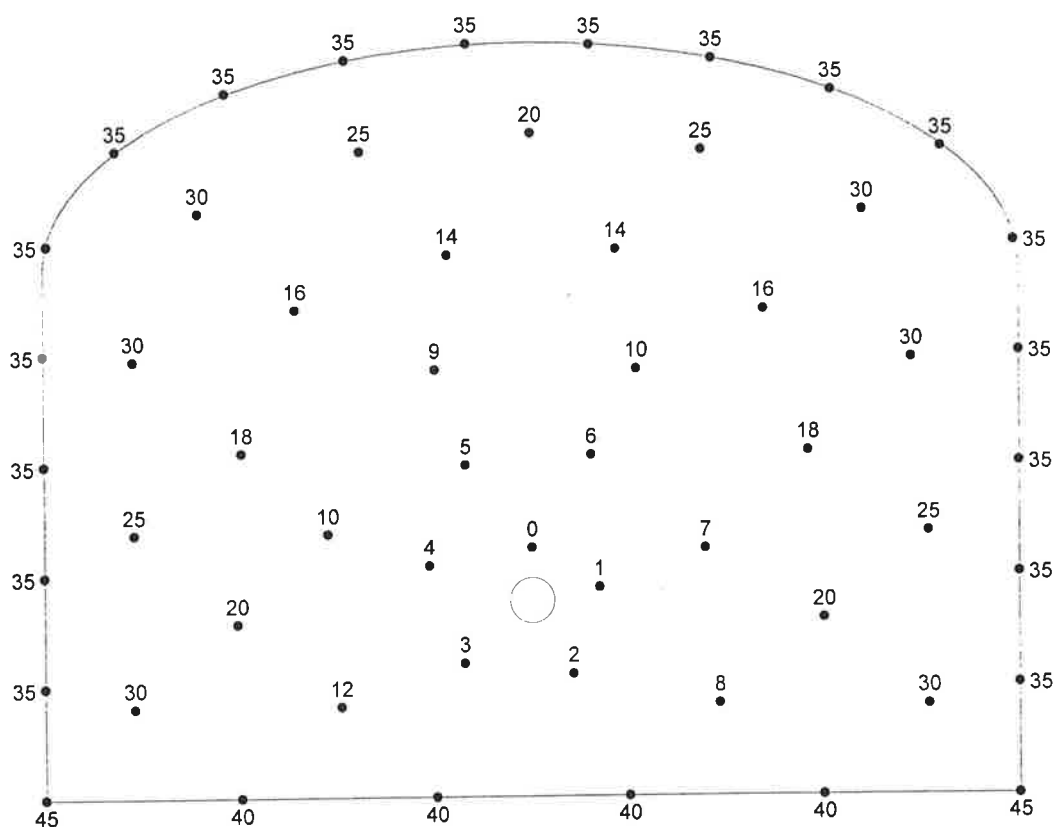
”Den bergvolym som skall sprängas snittas i ett antal (valbart) jämt fördelade snitt parallella med XY-planet. Programmet beräknar utslagsarean för varje borrhål och snitt. Beräkningen sker i den sekvens laddningarna detonerar varvid den fria ytan uppdateras succesivt. Ingen hänsyn tas till eventuell samverkan av hål. Den fria ytan består av en polygon vilket innebär att man kan simulera skjutning mot en godtycklig öppning, t.ex en rak pallkant eller ett cirkulärt hål. Borrhålen kan placeras godtyckligt runt öppningen, hålsättningen behöver ej vara parallell. Hålen skärningspunkt med snitten beräknas. Inom detta projekt har programmet främst använts för att bestämma avståndet mellan grovhålet och närmast liggande sprängborrhål (första kvadranten). Detta har utförts genom att slumpmässigt generera hålavvikelser och därefter beräkna utslagsareor mm. I detta sammanhang bör nämnas att i vissa situationer kan hål eller delar av hål bli bortskjutna eller ligga för nära utslaget så att laddningen anses vara förstörd. Detta kan hanteras genom att generera ett brott i laddningen. Detonationsfronten kommer ej att kunna passera brottet, vilket kan innebära att kvarstående laddning ej detonerar. Vad som kommer att hända beror på antal primers och

deras placering i hålet samt brottets/brottens placering i hålet. Här kan det också bli aktuellt att uppdatera detonationssekvensen.”

Indata består av totalt 37 parametrar för varje borrhål och omfattar:

- Borrhålsnummer
- Geodetiska data
- Laddningsdata
- Initieringsdata
- Sprängbarhet
- Beräkningsparametrar
- Fri yta
- Teoretisk utslagsyta
- Snitt

Utdata från simuleringarna presenteras i form av rapporter och plottar, se bilaga 4.



Figur 10. Skruvsalvan

Normalt sprängämne för salvhålen är pumpemulsion, Kimulux R. Detta emulsionssprängämne är ej sprängkapselkänsligt och behöver en primer för att initieras. Som primer används Kimits KP-primer. Denna primer har en detonationshastighet på 7500 m/s. Konturhålen laddades med antingen detonerande stubin, KSP 80 (i några salvor 2x KSP 40), eller med strängemulsion. Data för dessa sprängämnen framgår av tabell 4.

Tabell 4. Egenskaper hos testade kontursprängämnen

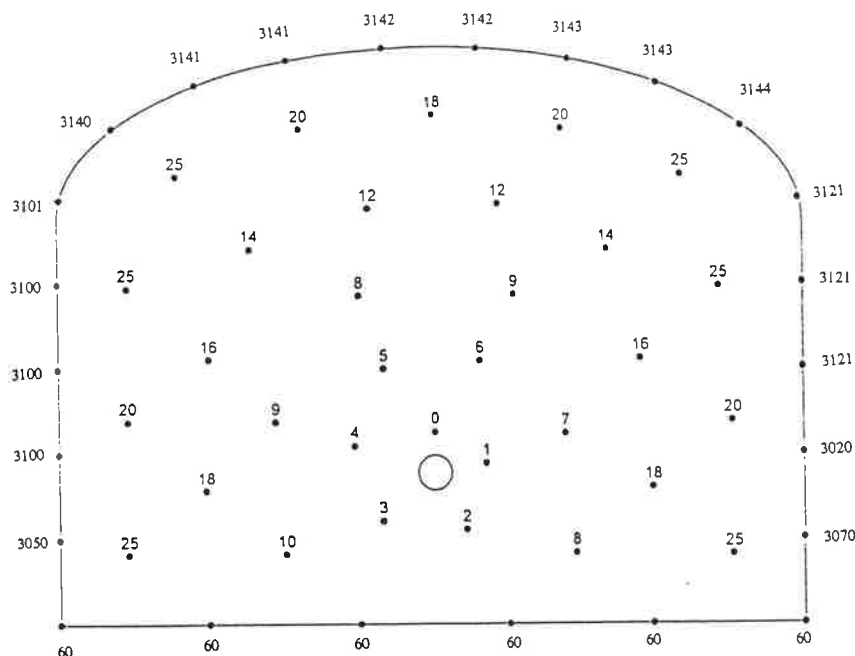
Sprängämne	Densitet (kg/liter)	VOD (m/sek)	Gasvolym (l/kg)	Energi (MJ/kg)	Laddn.konc. (kg/m)
KSP 80	1,05	6500	780	5,95	0,08
KSP 40	1,05	6500	780	5,95	0,04
Kimulux R*	1,21	5500	906	2,94	3,86
Strängemulsion *	1,21	5500	906	2,94	0,55

Detonerande stubin (KSP) med primer finns i färdigkapade längder avpassat för 7,5 m salvor. Vid laddning med KSP användes alltid pumpemulsion som bottenladdning. Bottenladdningen som också fungerar som låsning skall vara 0,5 m men laddningsmängden är mycket svårkontrollerad och helt andra mängder torde förekomma. Förutom i botten sprutas ofta även KSP-tråden fast längst ut i hålet, även klickar längs med tråden förekommer. Detta betyder att det är svårt att ange den "verkliga" laddningen i konturhålen.

Försök i Vånga /7/ för att undersöka spricklängder för olika sprängämnen har visat på frikopplingens stora betydelse för att minimera sprickor i kvarstående berg. Det vore laddningstekniskt en fördel om samma sprängämne alltid kunde användas vid laddning av en tunnelsalva. Laddningen i konturhålen behöver då reduceras och detta kan antingen göras genom en densitetsändring på emulsionen, ex genom gasning, eller genom att helt enkelt minska laddningsmängden. Den senare varianten, att endast delvis fylla konturhålen med ANFO, har tidigare varit standard i Malmberget, sk bakåtblåsning. Vid användning av emulsion kan samma princip användas, dvs att endast fylla en del av hålet, sk strängemulsion.

Mängden strängemulsion i hålet regleras med utdragningshastigheten på slangen. Ett fyllt 64 mm hål ger ca 4 kg/m. Vid mekanisk strypning av sprängämnespumpens flöde blir laddningsmängden ca 0,55 kg/m (enligt en kontroll i plexiglasrör i Malmberget). Vid hålets botten fylls dock hålet fullt med emulsion till ca 0,5 m hållängd. Fördelen med metoden är att laddningen blir frikopplad vilket alltså reducerar skadorna på kvarstående berg. Metoden behöver dock vidareutvecklas för att få önskad jämnhet på laddsträngen.

Normalt används i LKAB DNAG:s Dynashoc sprängkapslar. I konturen används höga intervallnummer. Med höga intervallnummer blir tändspridningen mycket stor vilket medför att konturhålen, trots samma intervallnummer, inte kommer att detonera samtidigt. Därmed blir den oönskade sprickbildningen i det kvarstående berget stor /8/. Såväl försök i Vånga som tidigare tunnelsprängningar i Äspö SKB /9/ visar att momentan initiering ger kortast sprickbildning. Därför valdes momentan initiering av konturhålen med elektroniska sprängkapslar, se tändplan i figur 11. I Malmberget provades sprängkapslar från Nitro Nobel och i Kiruna sprängkapslar från DNAG.



Figur 11. Laddplan med elektronik sprängkapslar i Malmberget

Skillnaderna mellan de båda systemen med elektroniska sprängkapslar kan spaltas upp enligt följande:

DNAG

- 61 "ordningsnummer"
- Varje intervall kan fördröjas med multiplar av vald intervalltid mellan 1 - 100ms
- En intervalltid per salva kan väljas
- Dator för tidgivning av kapslarna är inbyggd i tändapparaten
- Max 200 kapslar/tändapparat
- Tvåtråds-anslutning till tändapparaten
- Kan appliceras i ett centralt skjutkabelnät

NITRO NOBEL

- 126 "ordningsnummer"
- Varje fördröjning kan varieras mellan 1 - 6000 ms
- Fördröjningstider kan fritt väljas
- Bärbar PC för programmering av kapslarna
- Max 500 kapslar/tändapparat
- Tvåtråds-anslutning till tändapparaten

Gemensamt för systemen är:

- Sprängkapslarna sammankopplas parallellt till en 2-tråds busskabel.
- Tändföljden sker i stigande nummerföljd.
- Energi och information om vald intervalltid får kapslarna från tändapparaten.
- Maximal fördröjningstid är drygt 6 sekunder.

4.2.3 Borrning med rör

Användning av 64 mm hål ger egentligen för hög sprängämneskoncentration (ca 4 kg/m) och speciellt då i öppning och kontur. För att minska sprängämnesmängden skulle en serie med 46 mm borrhör för drifterborrning kombinerat med en 51 mm borrhör ingå i projektet. Mängden sprängämne per hål skulle då sänkas till ca 2,5 kg/m. Borrstålet för detta prov togs fram av Sandvik AB. På grund av leveransförseningar kunde tyvärr endast funktionsprov utföras i 14 salvor och då med stål för en av aggregatets bormaskiner, dvs på en sida av salvan.

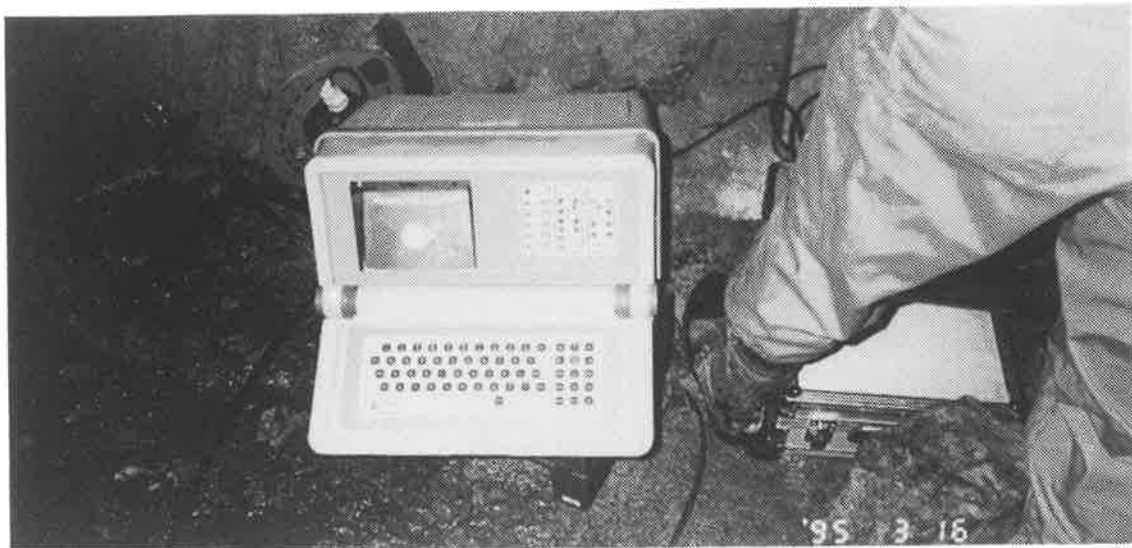
4.3 Delsteg 3

Målsättningen med detta delsteg var att undersöka sprängskador i tunnelväggen från olika typer av kontursprängningar. Detta skulle göras dels med hjälp av sprickundersökning i diamantborrade hål och dels genom sprickundersökning av sågade snitt i tunnelväggen.

Undersökning av sprickor genom att titta på borrhälskärnor eller att titta i borrhål är exempel på ganska vanliga metoder. Den allra vanligaste metoden är dock att endast räkna kvarvarande borrhålspipor. Sprickundersökning genom sågning i tunnelvägg är en ny metod /9/.

4.3.1 Kartering av sprickor med hjälp av borrhålskamera

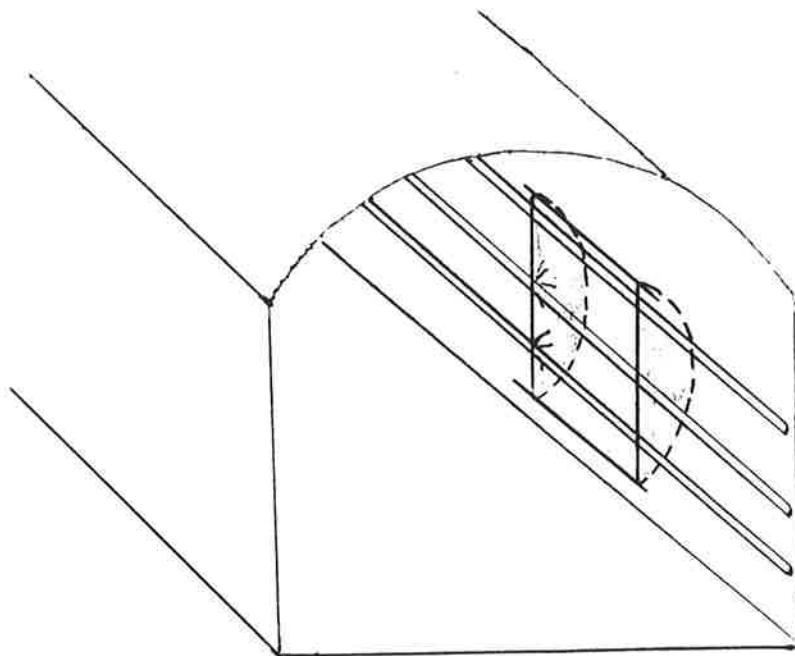
Totalt borrades 4 st diamantborrhål, 2 st i ort 518 och 2 st i ort 515. Hålen borrades 25-42 m långa och 0,5 m resp 1,0 m från den tänkta konturen. Hålen undersöktes på sprickor både före och efter orterna drivits genom en TV-kamera som stoppades in i hålen, se figur 12. Bilderna video-filmades för efterföljande jämförelser och analys. Utrustningen för borrhåls-TV hyrdes av SGAB i Malå.



Figur 12. Utrustning för TV-loggning

4.3.2 Kartering av sprickor med hjälp av sågning

I SveBeFo:s Vånga projekt /7/ studeras sprickor i det kvarvarande berget genom att block tas ut bakom pallsprängda rader. Dessa block sågas sedan vinkelrätt mot sprängborrhålen varefter penetranter påföres de sågade ytorna. Eventuella sprickor i berget framträder nu mycket tydligt. På detta sätt kan en mycket stor yta i det kvarstående berget undersökas med avseende på sprickbildning. SveBeFo har vidareutvecklat denna teknik för att kunna studera sprickor även i tunnelväggar. Genom att såga ett antal parallella slitsar i tunnelväggen, ta bort de mellanliggande skivorna, och belägga de kvarstående snittyterna med penetranter framträder tydligt sprickorna från sprängning vid tunneldrivning, se figur 13.



Figur 13. Principbild för sprickundersökning av sågade slitsar

För att kontrollera olika typer av kontursprängning utfördes sågning i totalt 4 st tunnelsnitt, ett snitt vardera i ort 509, 515 och i två snitt i ort 518. Tabell 5 visar hur konturhålen laddats i våra försökssnitt. Genom dessa snitt fick vi alltså en kontroll av de olika typer av laddning som användes för konturhålen i projektet.

Tabell 5. Laddning av konturhål i försökssnitten

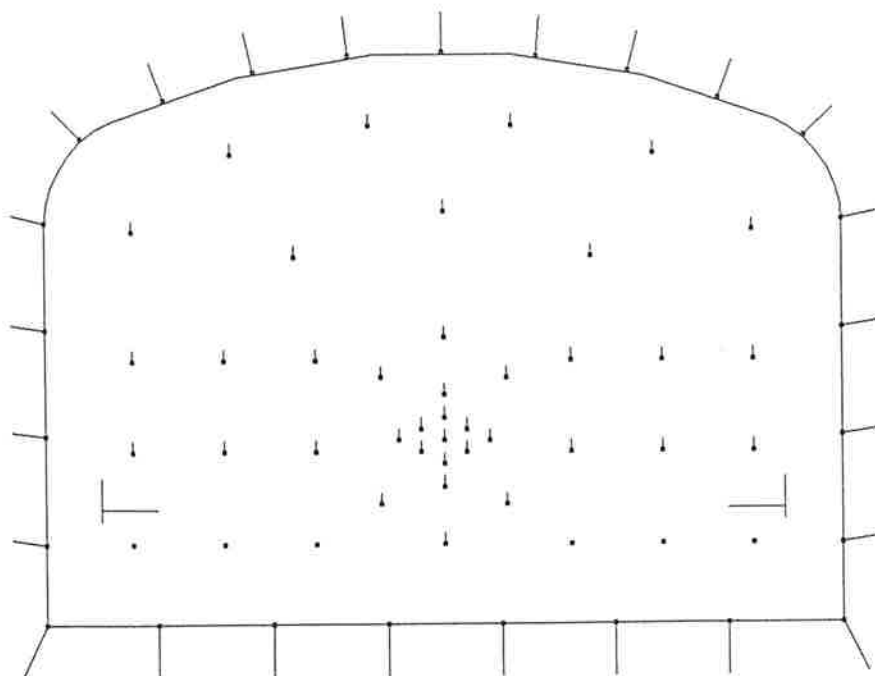
Ort	Pumpemulsion	Sträng + elektronik	Sträng+LPD	Pentyl+elektronik
509		x		
515	x			
518			x	x

4.4 Delsteg 4, KUJ

4.4.1 Ortdrivning

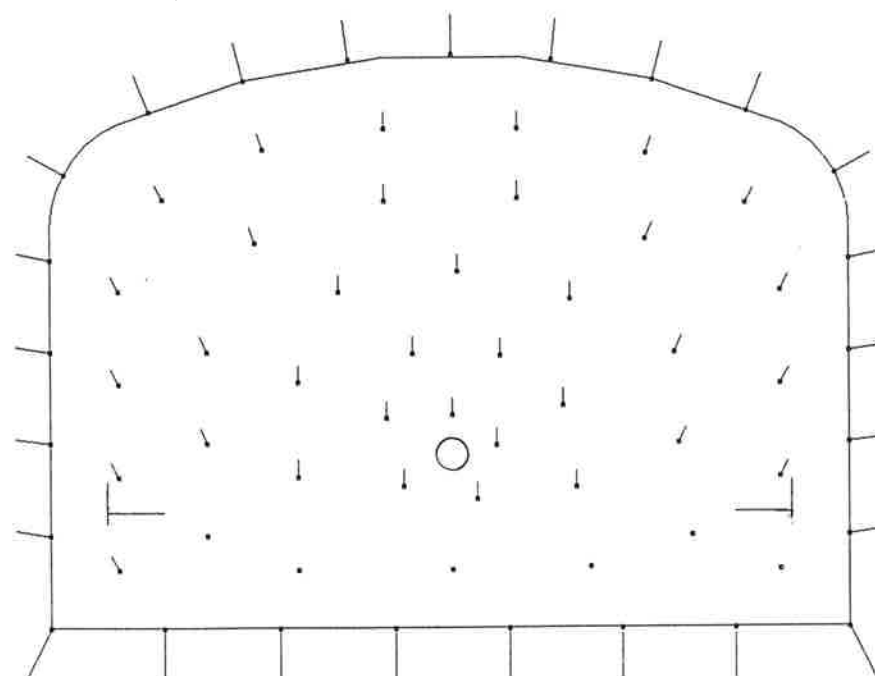
Försöken i Kiruna gruvan omfattade totalt 15 st salvor med en salvlängd av 5,1 m, varav 12 st salvor hade ett förborrat grovhål med dimensionen 250 mm och 3 st salvor hade grovhål med 300 mm dimension. Ortdrivningen utfördes även här med ett nytt 3-boms Rocket Boomer 353S aggregat försett med Bever Control. Salvhålerna hade en dimension av 48 mm.

Normal borrarplan för Kiruna visas i figur 14. En standardsalva här har en storlek på 7x5 m med en yta av 32,8 m² och omfattar 69 st hål. Salvan har en planerad indrift på 5,1 m. Öppningshålen har en diameter av 64 mm och övriga hål har 48 mm diameter. Samtliga hål utom takhålen laddas även här med Kimulux R. Takhålen laddas med KSP 40 detonande stubin med emulsion som bottenladdning.



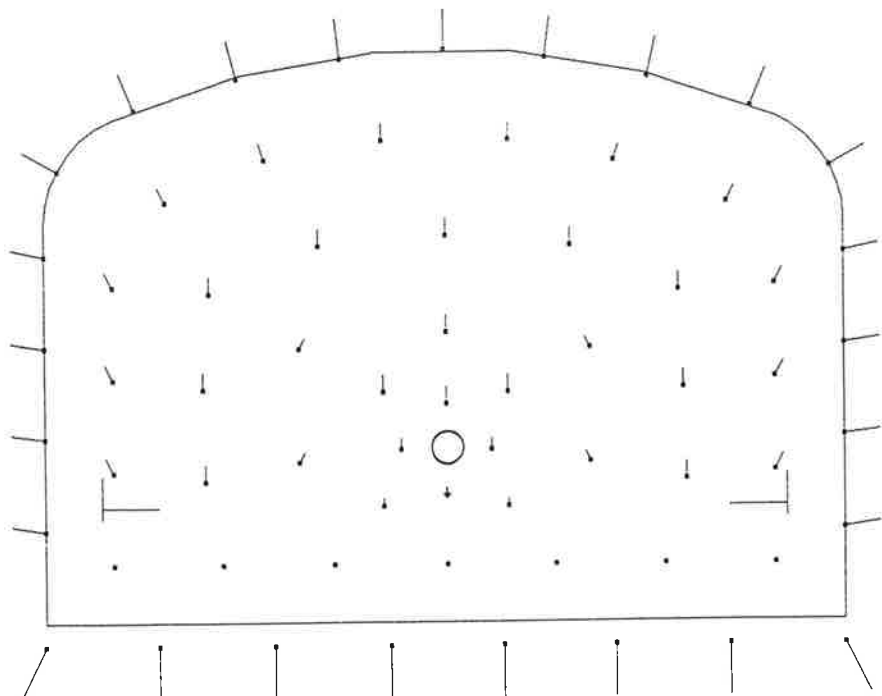
Figur 14. Borrplan i Kiruna; Standard

Salvan optimerades av Kimit och har liksom vid försöken i Malmberget ett skruvliknande utseende, se figur 15. Denna borrplan omfattar 66 st hål med 48 mm dimension.



Figur 15. Optimerad ortsalva i Kiruna

I Kiruna-gruvan borrades totalt 340 m grovhål. Den optimerade borrplanen användes i alla orter med grovhål parallellt med försöksorterna. Indriftsmätningar utfördes kontinuerligt i samtliga orter med förborrat grovhål. Bever systemets brister i form av oprecis hålplacering orsakade stora indriftsförluster i de optimerade salvorna. Detta tvingade fram en omarbetning av borrplanen, se figur 16. I denna borrplan har framförallt öppningen anpassats så att borrararen lättare skall kunna utföra en mer exakt borrarning och med grovhålet som referens för att minska avvikelserna. Sju st salvor i försöksorterna borrades efter denna borrplan.



Figur 16. Optimerad ortsalva version 2

Kontursprängning med elektroniska kapslar (DNAG) i kombination med gasad emulsion utfördes i 7 st salvor. Gasad emulsion och standardkapslar testades i 1 salva.

Anders Nordqvist, Kimit AB, beskriver gasning enligt följande:

” Det finns idag ett antal olika metoder att reducera sprängstyrkan i emulsionssprängämnen, en metod är att tillsätta någon form av inert material, en annan är att via kemiska tillsatser åstadkomma en kemisk reaktion-utveckling av gas. Kemisk gasning är en teknik som används ofta för att känsliggöra sprängämnen, i detta fall är dock sprängämnet redan känsliggjort via tillsats av mikrobällor. Syftet med gasning är endast att kraftigt reducera densitet och detonationshastighet. En av svårigheterna vid gasning är att styra/reglera förloppet så att ett jämt resultat erhålls samtidigt som densitet och detonationshastighet blir tillräckligt låga för att erhålla ett skonsamt sprängresultat. Vid de försök som genomförts har man reducerat densiteten från $1,22 \text{ kg/dm}^3$ till $0,7 - 0,8 \text{ kg/dm}^3$ samt detonationshastigheten från 5000 m/s till $3000-3500 \text{ m/s}$. Målet med det fortsatta utvecklingsarbetet är att reducera densiteten till ca $0,5 - 0,6 \text{ kg/dm}^3$ ”.

Enligt Anders Nordqvist, som använt sig av Hustrulids /10/ skadezonmodell, skall gasad emulsion med densiteten $0,75 \text{ kg/dm}^3$ ge en skadezon som är dubbelt så stor som en 22 mm rörladdning. Om densiteten reduceras till $0,6 \text{ kg/dm}^3$ och detonationshastigheten till 2500 m/s så blir skadezonen, enligt modellen, lika stor som för en 22 mm rörladdning.

4.4.2 Skrotnings- och bergförstärkningsprov

Skrotnings- och bergförstärkningsproven omfattade skrotning med ”Lätt mekaniserad skrotning” och vattenskrötning i kombination med efterföljande betongsprutning med standard OPC sprutbetong och EMC superbetong. Lätt mekaniserad skrotning utfördes i 3 st salvor. Vattenskrötning i kombination med standard OPC sprutbetong utfördes i 8 st salvor. Vattenskrötning och EMC betong användes i 7 st salvor.

5. RESULTAT

Delsteg 1 omfattade totalt 26 salvor, varav 13 med grovhål, av dessa finns fullständig uppföljning i 20 salvor. För de övriga salvorna saknas vissa delar av uppföljningsresultatet, dock finns indriftsresultat från samtliga salvor. En av referenssalvorna blev en bomsalva vilket innebär 19 fullständiga salvor från delsteg 1.

Under delsteg 2 sprängdes totalt 32 salvor. Liksom vid delsteg 1 saknas även här fullständiga data för några salvor, men indriftsresultat finns från samtliga salvor.

5.1 Indrift

Den teoretiska indriften för salvorna bör vara 7,5 m. Normal indrift i Malmberget efter skrotning var 6,8- 7,0 m vilket i procent innebär 89-93 %. I detta projekt har vi skilt på indrift före- och efter gavelskrotning. Egentligen är det mest relevant att jämföra indrifter före gavelskrotning då detta är den bästa måttet på hur bra salvan har gått.

5.1.1 Indrift vid delsteg 1

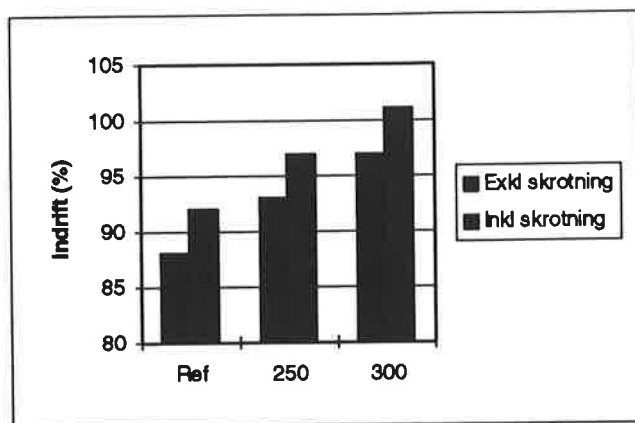
För delsteg 1, 26 salvor, har indriften för referenssalvorna före gavelskrotning legat på mellan 6,1 m och 6,9 m och indriften efter gavelskrotning har varierat mellan 6,5 m och 7,3 m. Indriften för grovhålen har före gavelskrotning varierat mellan 6,3 m och 7,8 m för 250 mm hål och mellan 7,1 m och 7,5 m för 300 mm hål. Efter skrotning varierade indriften mellan 6,6 m och 8,1 m för 250 mm hål och mellan 7,2 m och 7,7 m för 300 mm grovhål.

I tabell 6 har en sammanställning gjorts av medelindriften för respektive salvtyp vilken också visas i stapeldiagrammet i figur 17.

Tabell 6. Sammanställning av medelindrifter

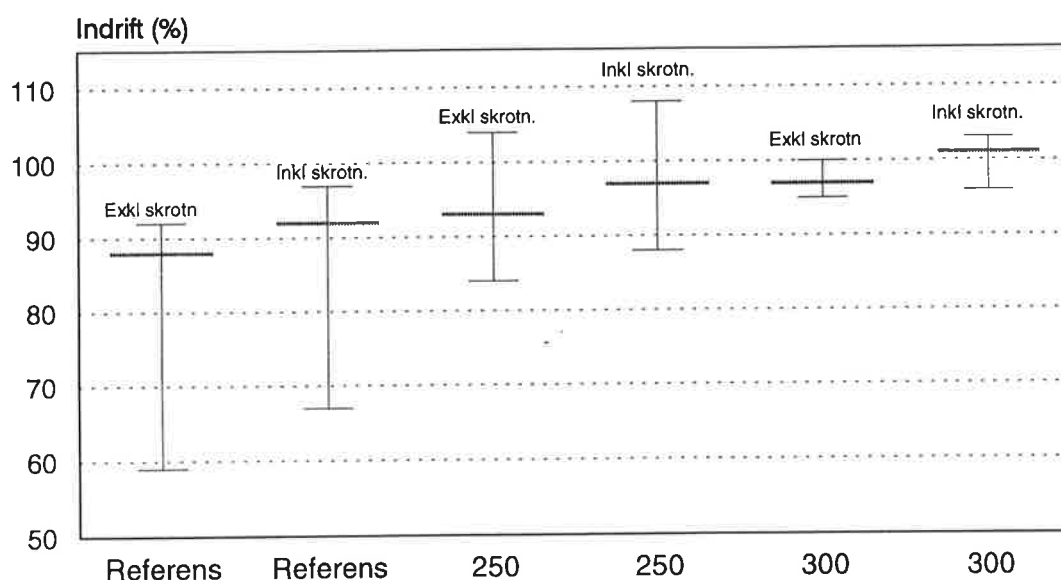
SALVTYP	INDRIFT			
	Innan skrotning (m)	Innan skrotning (%)	Efter skrotning (m)	Efter skrotning (%)
Referens	6,6	88	6,9	92
Grovhål- 250 mm	7,0	93	7,3	97
Grovhål- 300 mm	7,3	97	7,6	101

Som synes ger båda salvtyperna med grovhål en bättre indrift såväl före som efter skrotning. Klart bäst indrift har salvtyperna med 300 mm grovhål. **Det mest intressanta är den höga indriften, 97 %, innan gavelskrotning för salvor med 300 mm grovhål.**



Figur 17. Medelindrifter för salvtyperna före och efter skrotning

I figur 18 visas även spridningen i data för indrifterna. Referenssalvorna har en mycket stor spridning vilket främst beror på någon enstaka riktigt dålig salva. Indrifterna för grovhål med 300 mm har däremot en liten spridning.



Figur 18. Spridningen i indrifter (den grova linjen är medelvärdet)

5.1.2 Indrift vid delsteg 2

Delsteg 2, som omfattar 32 st grovhålssalvor, borrades med "skruvborrplanen". Indrifterna före gavelskrotning har varierat mellan 6,2 m och 7,5 m för salvor med 250 mm grovhål och mellan 6,4 m och 7,6 m för salvor med 300 mm grovhål. Efter gavelskrotning varierade indriften för både 250 mm och 300 mm grovhål mellan som minst 6,7 m och som mest 7,8 m.

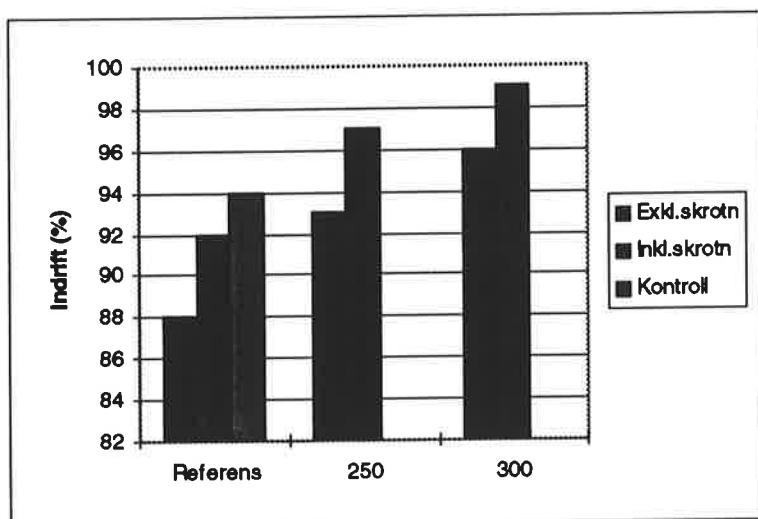
Tabell 7 visar en sammanställning på medelindrifter för respektive salvtyp.

Tabell 7. Indrifter under delsteg 2

SALVTYP	INDRIFT			
	Innan skrotning (m)	Innan skrotning (%)	Efter skrotning (m)	Efter skrotning (%)
Grovhål- 250 mm	6,9	92	7,2	96
Grovhål- 300 mm	7,1	95	7,4	99

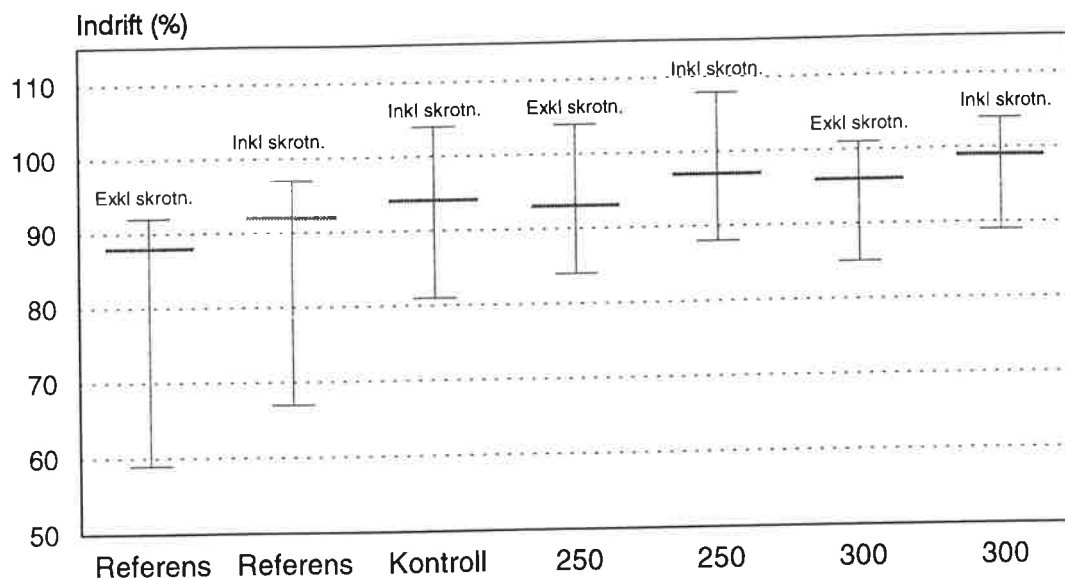
Jämfört med steg 1 så ökade alltså indrifterna här för 250 mm öppningshål med 4-5 % medan indrifterna för 300 mm öppningshål minskade något. Anledningen att indriften för 300 mm hålet minskat lite i steg 2 beror på några salvor med betydligt sämre indrift än genomsnittet. Detta beror troligtvis på felmätningar eller otillräcklig grovhålslängd för dessa salvor.

För att vara säkra på att det uppnådda resultatet inte påverkades av andra faktorer, som tex den bättre borrhänsprecisionen med det nya aggregatet, gjordes efter avslutade tester ånyo indriftsmätningar i 20 standardsalvor. Genomsnittlig indrift för dessa salvor blev 94 % vilket är något bättre än tidigare standardsalvor men långt från 99 % indrift som 300 mm grovhålssalvorna gav. Resultatet för indriften av samtliga salvor under de båda delstegen framgår av figur 19.



Figur 19. Indrift av samtliga salvor

Även här för samtliga salvor visas spridningen i indrifterna, se figur 20. Referenssalvorna och kontrollsalvorna har den största spridningen medan grovhålssalvor med 300 mm har den minsta spridningen på värdena för indrifter. Grovhålssalvor ger alltså ett bättre och jämnare resultat än referenssalvorna.



Figur 20. Spridning i indrifter av samtliga salvor

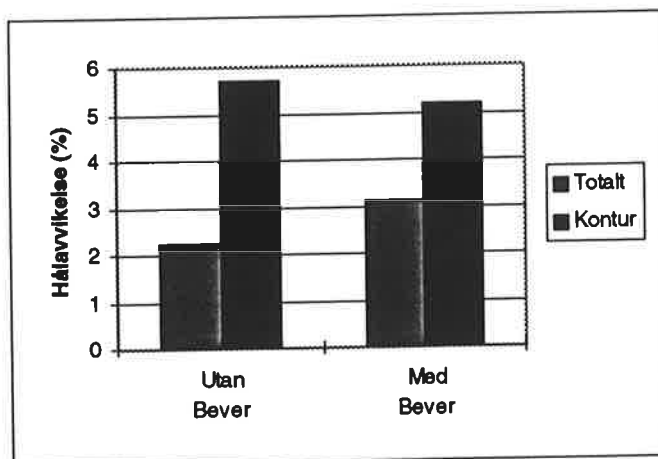
5.2 Hålavvikelse

I varje salva mättes ca 20 hål med avseende på påhugg och stickningsvinklar med hjälp av totalstation varefter hålavvikelsen kunde beräknas. Från och med delsteg 2, då Beverutrustningen började användas, lagrades också hållägen på diskett. Data från hålmätningarna sammanställdes och utvärderades. Bilaga 5 visar ett exempel på detta.

Resultatet från utvärderingen visar att hålavvikelsen är ganska jämt spridda över gaveln men på grund av stickning störst i konturhålen, drygt 5 %, vilket motsvarar ca 0,4 m. Tabell 8 visar ensammanställning av resultaten. Här framgår att man trots Bever utrustningen inte lyckats minska den totala hålavvikelsen. Däremot har avvikelsen för konturhålen minskat något. Figur 21 visar avvikelsen för grovhålssalvorna i delsteg 1 och 2, dvs utan och med Beverkontroll.

Tabell 8. Hålavvikelse

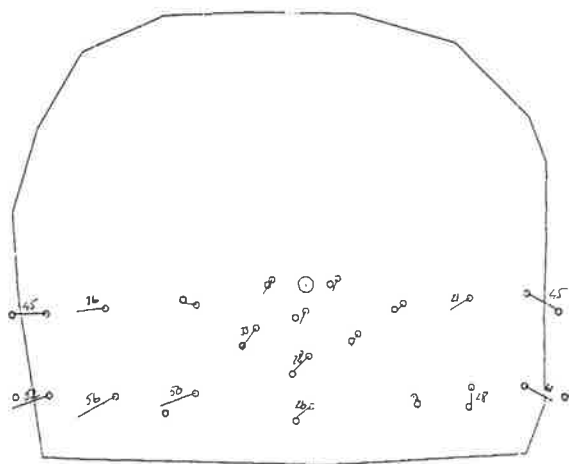
	Delsteg 1		Delsteg 2	
	Alla hål (%)	Konturhål (%)	Alla hål (%)	Konturhål (%)
Referenssalvor	2,8	4,8		
Grovhålssalvor	2,2	5,7	3,1	5,2



Figur 21. Hållavvikelse

Hålinmätningarna i början av Delsteg 2 visar således på avvikelser i påhuggslägen och stickningsvinklar för salvhålen jämfört med den borrhplan som upprättats för Bever-systemet. I Malmberget gav avvikelserna inte något nämnvärt utslag vad gäller indrifterna, eftersom salvhålen med 64 mm skapade en viss överladdning. Vid försöken i Kiruna däremot, orsakade avvikelserna däremot stora indriftsförluster eftersom salvhålen där var 48mm. Avvikelseberodde i hög grad på de nedhäng som skapas i bommar och balkar när förskjutningscylindrarna används. I alla salvor som ingick i projektet gjordes en manuell inmätning av ca 20 st salvhål vad gäller påhuggsläge och hållriktning. De inmätta värdena överensstämde dåligt med loggfilerna från Bever Control systemet. Avvikelse i påhuggsläge varierade från ca 20 cm för centrum av salvan till ca 50 cm för konturhålen. Majoriteten av avvikelserna i nedåtgående riktning. Stickningsvinklarna hade samma avvikelsestorlek som påhuggsavvikelsen och dessutom förekom vinkelavvikelser framförallt i konturhålen.

För att kontrollera den manuella inmätningssmetoden gjordes inmätningar av brännningar (rester av borrhål från tidigare salva) före skrotning i gavlarna. Bränningsmätningarna överensstämde väl med tidigare mätningar, i några hål upptäcktes en avvikelse på max 20 cm i hålbotten beroende på hållkrökning. Efter det delvis genomförda åtgärds paketet minskade avvikelserna något men resultatet var fortfarande inte godkänt, se figur 22.



Figur 22. Bränningsmätningar

I ett försök att rätta till problemet utarbetades ett åtgärdsprogram tillsammans med Bever Control och Atlas Copco. Åtgärderna kan sammanfattas enligt följande:

- Nya rutiner för uppställning dvs uppställning av riggen så nära gavel som möjligt och bomextension i maximalt utskjutsläge och matarbalken i tillbakadraget läge.
- Kontrollinstruktion för uppmätning och kontroll mot fixpunkter vid varje FU-stopp, dvs var 14:e dag.
- Kompensationsprogram för bommarnas nerböjning.

Åtgärderna genomfördes under projektets gång med undantag för installationen av kompensationsprogrammet vilket har tillkommit efter avslutet.

I januari 1996 installerades kompensationsprogrammet för nedböjningarna i bom och balk. Resultatet följdes upp enligt samma mönster som tidigare och nu kunde en betydande förbättring utläsas. Avvikelseerna för påhuggslägena höll sig inom +/- 10 cm i genomsnitt över hela gaveln förutom takhålen där en avvikelse på + 0,15 cm i höjd fanns. Värdena för takhålen pekar på en överkompensation av nedhänget. Avvikelser pga stickning minskade till ca 25 cm i genomsnitt för konturen och vinkelavvikelseerna var betydligt mindre än tidigare

5.3 Slutkontur

Delsteg 1 i projektet avsåg endast att jämföra indrifter. En bättre slutkontur skulle uppnås i kommande delsteg. Trots att konturhålen till övervägande del laddats med pumpemulsion kan man ändå se förbättringar i antal pipor i konturen för salvor med grovhål. Resterande del av salvan blir förmodligen mindre inspänd vilket ger konturhålen ett lättare utslag och därmed fler synliga pipor. Några salvor i detta delsteg blev laddade med detonerande stubin, KSP 80, i konturen. Detta blev inte så lyckat då sk Slow Cord användes. Denna detonerande stubin har en detonationshastighet på 4500 m/s jämfört med vanlig detonerande stubin som har en detonationshastighet på 6500 m/s. Den procentuella delen synliga halvpipor varierade för referenssalvorna mellan 17 % och 46 %. Med 300 mm grovhål varierade synliga hålpipor mellan 28 % och 51 %. I tabell 9 visas medelvärden av synliga borrhålspipor.

Tabell 9. Synliga halvpipor i konturen för de olika salvtyperna

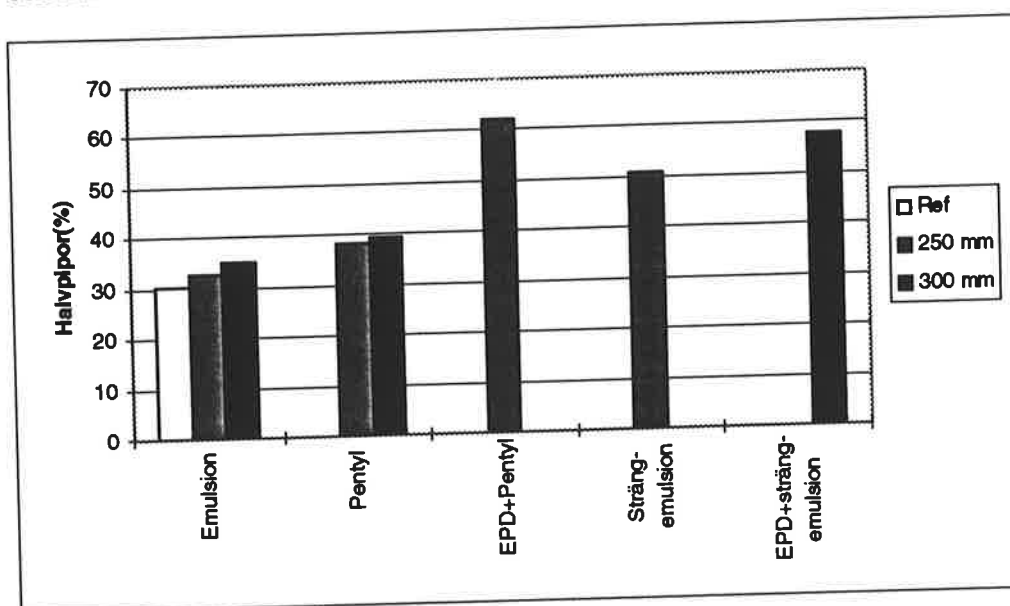
Salvtyp	Synliga halvpipor (m)	Synliga halvpipor (%)
Referens	28,9	30,2
Grovhål- 250 mm	32,7	32,5
Grovhål- 300 mm	42,8	39

I *delsteg 2* av projektet användes den optimerade varianten av borrarplanen. Endast grovhåls-salvor med öppningshål på 250 och 300 mm ingick i försöken. Samtliga salvor borrades med det nya Atlas Copco 353 S aggregatet.

5.3.1 Hålpipor

Antalet synliga halvpipor varierade kraftigt beroende på typ av sprängämne och tändsystem samt olika kombinationer av dessa, från 30 % med standard salvor upp till drygt 60 % med elektroniska sprängkapslar och pentyl, se figur 23. Det är anmärkningsvärt liten skillnad, ca 5 %, för grovhålssalvor där konturhålen varit fulladdade med emulsion jämfört med grovhålssalvor med pentyl i konturen. Detta beror troligen på att man vid laddning med pentyl först sprutar in emulsion som bottenladdning och dessutom laddar fast pentylen med ytterligare emulsion längs hålet. Längden på bottenladdningen kan variera från några decimeter upp till flera meter. Vid detonationen är det därför emulsionen i botten och längs hålet som spränger berget, knappast pentylen som man förmodligen skulle klara sig lika bra utan.

Konturhålen initieras normalt med intervall nr 35. Detta ger som synes för pentyl ca 40 % i kvarstående halvpipor. Med elektroniska sprängkapslar (EPD), där konturhålen initieras momentant, och för samma sprängämne som ovan fick man drygt 60 % i synliga halvpipor. Skillnaden beror på den tändspridning man har vid konventionella kapslar. Detta syns även vid laddning med emulsionssträng. Här fick man ca 50 % synliga halvpipor med vanliga kapslar och närmare 60 % för emulsionssträng initierade med elektroniska kapslar.



Figur 23. Uppmätt andel halvpipor

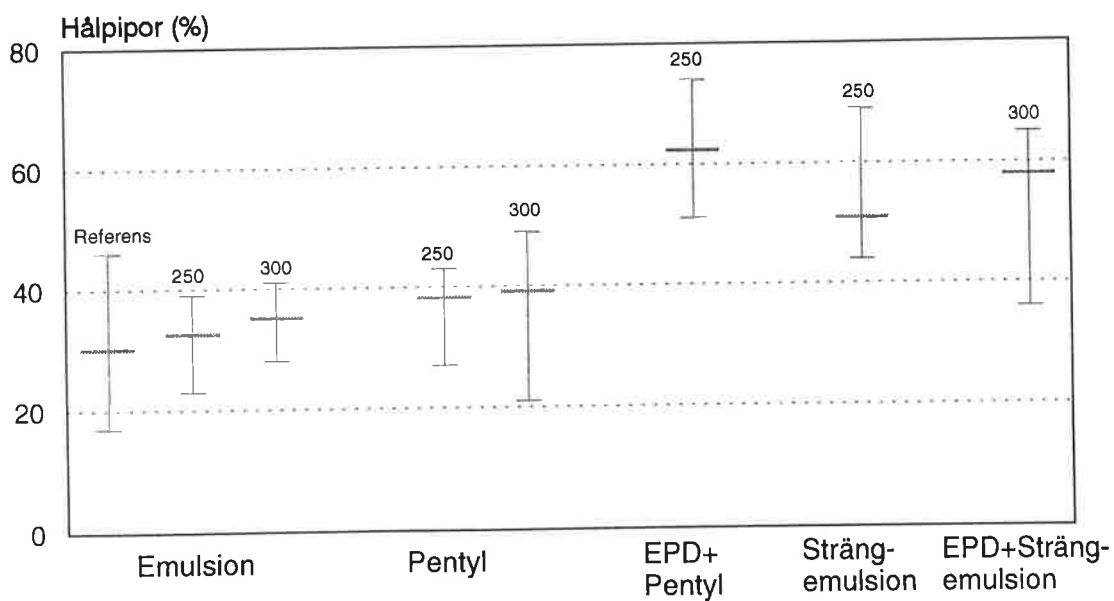
Strängladdade hål är också okänsligare för tändspridning vilket framgår vid en jämförelse mellan konturhål laddade med pentyl. Strängladdade hål ger 10 % högre andel kvarstående halvpipor.

Bästa resultat erhöles alltid vid momentan initiering med elektroniska sprängkapslar. Figur 24 visar ett foto från en salva med strängemulsion i kombination med elektroniska sprängkapslar.



Figur 24. Tunnelkontur

Spridningen i värden på synliga hålpipor för de olika salvtyperna framgår av figur 25. Spridningen kan tyckas stor för vissa alternativ men beror oftast på någon enstaka salva som drar ner helhetsintrycket. Av referenssalvornas 11 salvor kommer 7 salvor inte över 30 % i kvarstående halvpipor. Det sämsta värdet för EPD+strängemulsion (1 värde) är ungefär på samma nivå som de bästa referenssalvorna. Av totalt 9 salvor med strängemulsion har 5 salvor > 50 % kvarstående halvpipor och endast 1 salva < 30 % halvpipor.



Figur 25. Spridningen i andel synliga halvpipor

5.3.2 Sprickkartering

Videofilmning utfördes i borrhål längs två orter, totalt 3 hål. På grund av igensatta borrhål kunde inte hålen mätas till fullt borrarat djup. Två av hålen borrades därefter om men i ett av dessa hål fastnade borrarstängerna. Videofilmning kunde därför bara utföras i två hål och där endast till ca 25 m djup, se tabell 10.

Tabell 10. Sammanställning av data från diamantbörning och TV-logging

Borrhål	Laddning	Borrdjup (m)	Karteringsdjup (m)	Avst. till vägg (m)	Skadelängd (m)
1	Emulsion	25	24	1,0	0,8 *
2		25		1,5	
3	Sträng+EPD	42	25	1,5	1,2 *

* Endast ett värde per borrhål

Resultatet, endast i två punkter, visar att nya sprickor uppstått /11/. Detta betyder alltså att väggen, på ett avstånd på ca 1,5 m från sulan, är skadat 0,8 m respektive 1,2 m från teoretisk tunnelprofil. Mot bakgrund av hur salvorna var laddade förefaller detta resultat underligt.

Resultatet från *sågningen* ger en annan bild av skadorna. Tyvär kan inte sågningen utvärderas i alla snitt. Detta beror dels på att man sprutat tjocka lager av betong, ofta > 15 cm, över våra provområden men också på att borrhålspipor delvis saknas i snitten. Detta betyder att det är mycket svårt att utvärdera sprickriktningar och spricklängder. Ytterligare en svårighet är att malmen i området består av många naturliga tätt liggande sprickor, c-c 0,1 m. Utseendet för de olika snitten framgår av figur 26 och figur 27. Fulladdade emulsionshål gav som framgår av figur 26 mycket sprickor in i berget. Vid strängladdat hål, se figur 27, fanns inga sprickor från sprängningen. Däremot fanns det i denna profil mycket naturliga sprickor.

Resultaten av sprickkarteringen har sammanställts i tabell 11. Där framgår det att spricklängden vid sträng + EPD var mycket kort, ca 5 cm. Spricklängden för ett fulladdat emulsionshål borde självklart vara större och har uppmätts till > 35 cm, dvs sprickor så långt in i berget vi kom med sågningen. För snittet med pentyl+EPD samt snittet med sträng+ LPD verkar sprickor från sprängning saknas, men utvärderingen är svår då borrhålspipor också saknas.

Tabell 11. Resultat från sprickkartering

Laddning	Maxlängd (cm)	Radiella sprickor (cm)	Antal	Hålpipa	Kross-sprickor	Naturliga sprickor	Betong-tjocklek (cm)
Sträng+EPD	5	5	2	Ja	---	v och h*	Ej sprutad
Emulsion	>35	30	>10	Saknas	---	v och h*	10
Pentyl+EPD	?			Saknas		v och h*	15-20
Sträng+LPD	?			Saknas			10

* vertikala och horisontella c-c 10 cm

Radiella sprickor definieras som sprickor som är längre än 10 cm och krosssprickor kortare eller lika med 10 cm. Krosssprickor kan förekomma närmast hålet speciellt om hålet varit utsatt för

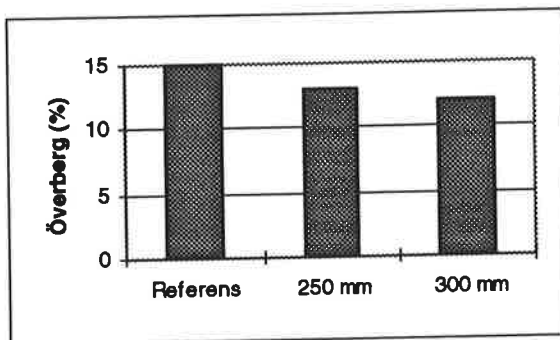
höga borrhålstryck vilket tex är fallet vid fulladdade hål. På grund av den tjocka sprutbetongen var vi i de flesta snitt för långt från laddningen för att kunna detektera eventuella krossprickor.

Ur tabellen framgår att orterna sprutas med alldeles för tjockt lager betong. I våra provsnitt var tjockleken minst 10 cm och om detta är repäsentivt för samtliga orter i Malmberget måste kostnaden för detta vara avsevärd.

5.4 Överberg

Överbergsmängden under delsteg 1 var ca 15 % med toppar upp mot 30 %. Under projektets följande delsteg kunde överbergsmängden minskas till i genomsnitt ca 12 %, se figur 28.

Andelen överberg bör dock inte anges som ett säkert mått på sprängresultatet utan bör endast ses som en fingervisning om att man är på rätt väg eftersom en mängd olika faktorer som noggrannhet i uppställning och borrhning, hålkörning, skrotning, geologi samt eventuella omskjutningar påverkar utfallet.



Figur 28. Överberg



Figur 26. Fulladdat emulsionshål



Figur 27. Sträng+EPD

5.5 Skrotning och bergförstärkning

Resultaten av tid och volym för gavelskrotning i Malmberget framgår av tabell 12. Såväl volym som tid har halverats vid en jämförelse mellan referenssalvor och grovhålssalvor med 300 mm öppningshål. Detta betyder självklart att kostnaderna för skrotning kommer att sänkas vid en övergång till grovhålsöppning.

Tabell 12. Skrotningstider och volymer berg

Delsteg 1			Delsteg 2			
Salvtyp	Volym (m ³)	Tid (tim)	Gavelskrotning (m)	Volym (m ³)	Tid (tim)	Gavelskrotning (m)
Referens	8,8	2,4	0,4			
250 mm	3,0	2,2	0,3	4,9	2,5	0,3
300 mm	5,0	1,6	0,2	4,5	1,8	0,2

Vad gäller värdena för volym och tid är dessa inte några absoluta tal eftersom mängden nerskrotat berg inte uppmäts utan endast uppskattats av skrotaren. Även tidsfaktorn är osäker eftersom den är helt operatörsberoende. De uppskattade värdena ger dock en klar indikation om att skrotningen minskar när grovhål används. Värdet för inskrotningen är däremot ett absolut tal och även här bekräftas att skrotningen minskar med ökad diameter på grovhålet.

5.5.1 Lätt mekaniserad skrotning

Ordinarie skrotningsutrustning i Kiruna är en Åkerman H3 bärare utrustad med en Montabert BRP 70 hydraulhammare. "Lätt mekaniserad skrotning" utfördes i 3 st salvor varav 2 st med bra indrift och 1 st med dålig indrift. I salvorna med bra indrift kunde ingen större skillnad i tidsåtgång utläsas jämfört med ordinarie utrustning trots den lilla Montabert BRP 30 hammaren. I salvan med dålig indrift tog skrotningen däremot betydligt längre tid än likvärdig skrotning med ordinarie utrustning. Den dåliga salvan kunde trots tidsåtgången ändå skrotas till godkänt resultat med den lätta utrustningen. En stor fördel med denna utrustning är att det är omöjligt att "driva ort" med den vilket ställer högre krav på borrar och sprängning.

5.5.2 Vattensskrotning

Fullständig vattensskrotning, dvs i tak, väggar och gavel, utfördes i 7 st salvor. I 8 salvor skrotades endast tak och väggar. Ett flertal olika modeller av munstycken testades. Metoden att skrota med relativt högt vatten tryck (100 bar) fungerade utmärkt i de 7 salvor som hade full indrift. Tidsmässigt bedömdes avskrotningen som snabbare än med ordinarie utrustning (30 - 40 min/salva). Bästa resultatet åstadkoms med ett munstycke försett med 5 st 3 mm hål.

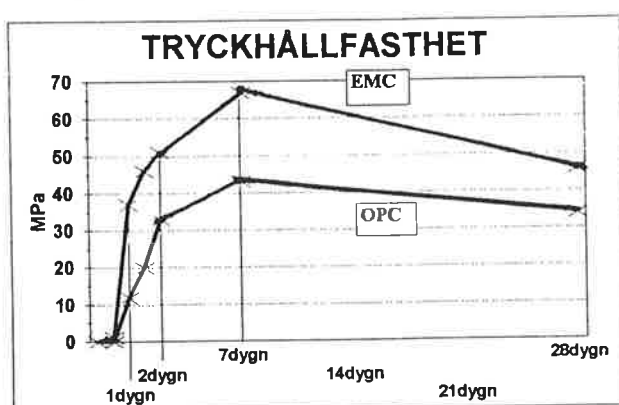
Vattenförbrukningen varierade mellan 200-250 l/min beroende på typ av munstycke. I de 8 salvorna med sämre indrift kunde ett godkänt resultat inte uppnås för gaveln utan där fick gavelskrotning utföras med ordinarie utrustning. Efter utförd vattensskrotning besiktades samtliga salvor och om inget behov av tyngre förstärkning tex bultning förelåg applicerades ett ca 2 cm tjockt lager med sprutbetong för att fylla igen öppna sprickor. Mängden sprutbetong per salva var ca 2,5 - 3,0 m³. Total tid för vattensskrotning och betongsprutning inklusive ställtider uppskattades till mindre än 2 timmar per salva.

5.5.3 Förstärkningsprover.

Vid appliceringen av det tunna sprutbetonglagret efter vattenskrotningen användes 2 olika typer av betong, standard OPC-sprutbetong samt EMC superbetong. EMC betongen tillverkas av EMC Development AB i Luleå och skall enligt tillverkaren ha följande egenskaper:

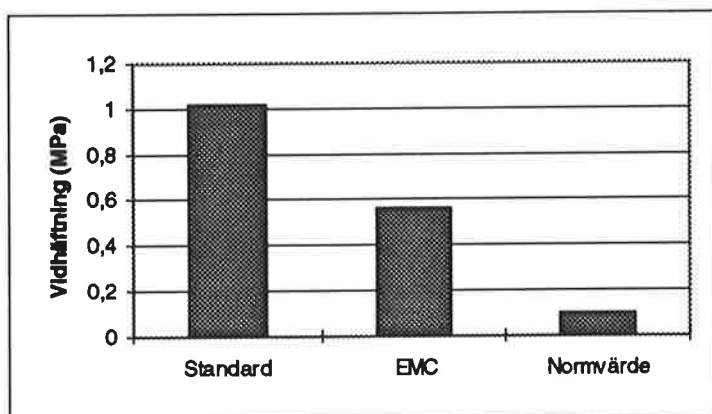
- Snabbhärdande
- Rör sig mindre än vanlig betong vid härdning.
- Seg
- Tät och hård
- Vattentät

Betongen är i första hand avsedd för betongkonstruktioner och golvplattor som utsätts för hårt slitage. Tryckhållfasthets- och vidhäftningsprover togs av de båda betongsorterna. I diagrammet för tryckhållfasthet, figur 29 bekräftades också den snabba härdningen för EMC betongen.



Figur 29. Kurva för tryckhållfasthet

Vidhäftningsproverna däremot gav en motsäggande bild, se figur 30. Här framkom att EMC hade en halverad vidhäftning jämfört med standardbetongen.



Figur 30. Vidhäftningsprover

Detta var också första gången EMC användes som sprutbetong och det teoretiskt beräknade receptet gav inte någon sprutbar betong. Ett nytt recept där cementinblandningen ökades med 30 % men med oförändrad mängd acceleratorer utarbetades för att kunna utföra sprutningarna. Eftersom underlaget är mycket litet kan påverkan av t.ex. geologi, cementmängd, mängd

acceleratorer osv. ge ett stort utslag på resultatet. En annan inte oväsentlig faktor var priset för EMC betongen som redan i grundutförande var dubbelt så dyr som standardbetongen.

Tester med EMC betong kommer att fortsätta i både Malmberget och Kiruna. Provtagning kommer att ske kontinuerligt vilket kommer att ge ett mycket större och säkrare resultatunderlag. Förhoppningsvis borde ett optimalt recept också kunna utarbetas under testerna.

5.6 Funktionskontroll

Totalt utförde Kimit 10 st vibrationsmätningar i Malmberget, varav 8 st i salvor med grovhål. Mätningarna fördelade sig enligt 1 st "skruvöppning" och 7 st öppningar med grovhål samt 2 st sömsalvor (inget grovhål). Den vanliga grovhålsöppningen fungerade bra. Skruvöppningen fungerade vid detta tillfälle sämre då endast vart annat hål i öppningen detonerade. Detta ledde till att hålavstånden ökades i senare skruvöppningar.

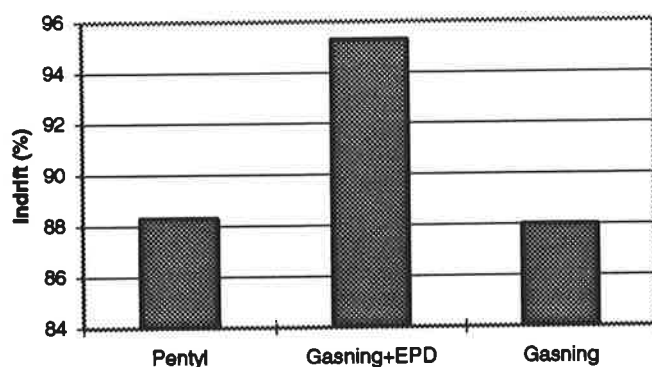
Nitro Nobel utförde också funktionskontrollmätningar i samband med proven av elektronik-sprängkapslar i konturen. Samtliga dessa salvor hade "skruvöppning". Av totalt 7 st salvor så visade funktionskontrollen att 3 st hade ett riktigt öppningsförfarande. De resterande 4 salvorna var alla behäftade med fel i öppningssekvensen, dvs hålen detonerade ej riktigt. Trots detta var det ingen större skillnad på indrifter mellan salvor med perfekta öppningar och defekta öppningar. Detta kan endast förklaras med att även "skruvsalvor" är överladdade i öppningen.

5.7 Övrigt

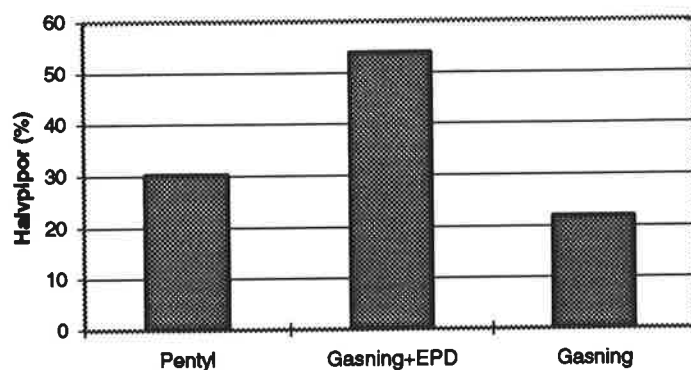
Försöken i Kiruna omfattade 15 salvor. Huvudsyftet med dessa försök var att undersöka skrotning och förstärkning, se kapitel 5.5. Indrifter och kvarstående halvpipor följdes emellertid också upp och resultaten från denna uppföljning redovisas därför här. Resultaten delas upp i tre olika konturladdningstyper, pentyl, gasad emulsion samt gasad emulsion i kombination med elektroniksprängkapslar EPD.

Indrifter framgår av figur 31. Med gasad emulsion och elektroniksprängkapseln kom man upp till 95 % indrift. De andra fallen, dvs utan elektronikkapslar, blev indriften endast 88 %. I Kiruna användes två olika öppningstyper dels spiralöppningen som utvecklats för salvorna i Malmberget och dels en modifierad öppning anpassad för Kiruna. En jämförelse mellan dessa två typer gav ca 82 % indrift för den förra och ca 94 % indrift för den senare typen.

I figur 32 framgår andel halvpipor. Liksom vid försöken i Malmberget blev andel halvpipor högst när elektroniska sprängkapslar användes, här över 50 % i synliga halvpipor. Med vanliga sprängkapslar fick man den högsta andelen halvpipor med pentyl. Gasning i nuvarande form reducerar inte sprängstyrkan tillräckligt mycket.



Figur 31. Indrifter vid försöken i Kiruna



Figur 32. Andel halvpiopor vid försöken i Kiruna

5.8 Sammanställning

Några av resultaten från försöken i Malmberget och Kiruna har sammanställts i tabell 13. Resultaten har bl.a uppdelats i sprängkapseltyp, PPD (vanliga kapslar) samt EPD (elektroniska sprängkapslar). I bilaga 6 visas ett exempel på sammanställning för några av salvorna.

Tabell 13. Sammanställning av några data från projektet

Observationer (resultat i %)	Malm berget			Kiruna	
	Referens	PPD	EPD	PPD	EPD
Indrift	92	99	96	88	95
Halvpiopor	29	43	60	22	55

Tabellen visar klart att grovhålssalvor är att föredra jämfört med vanliga referenssalvor. Själv indrift som antal kvarstående halvpiopor har ökat. Elektroniska sprängkapslar ger högsta andelen halvpiopor.

Enligt målsättningen med detta projekt skulle indriften vara 99 % i 90 % av alla salvor, hålavvikelsen max 20 cm utanför teoretisk profil och skrotnings- och förstärkningskostnaderna reducerade med 30 %. Har nu dessa krav uppfyllts? Av de uppföljda 45 grovhålssalvorna i Malmberget saknade 7 salvor komplett uppföljning. 90 % av återstående 38 salvor, medför att 4 salvor med lägre indrift kan tas bort. För återstående 34 grovhålssalvor blir indriften då 99,5 %. Tabell 14 visar hur indriften ändras vid dessa justeringar.

Tabell 14. Indriftshöjning vid justering av antal salvor

Antal salvor	45	38	34
Indrift	98,1	98,4	99,5

Vad gäller hålavvikelsen har projektet däremot inte lyckats uppnå målsättningen. Hålavvikelsen för grovhålssalvorna blev ca 40 cm utanför teoretisk profil. Förklaringen härtill beror på Beverutrustningen som inte höll måttet.

Genom 99 % indrift och en fördubbling av antalet synliga halvpipor kunde skrotningsinsatserna halveras. Detta bör betyda att kostnaderna för skrotning- och förstärkning kan reduceras med minst 30 %.

6. DISKUSSION

Metoden med **förborrat grovhål har uppnått drygt 99 % i indrift** i 90 % av salvorna. I detta projekt har en separat rigg använts för att borra grovhålen. Detta går bra i en gruva med många fronter. I andra tunnelarbeten, där man har begränsat antal fronter, torde en kombinationsrigg vara att föredra.

Den nya skruvöppningen har dock inte fungerat helt tillfredsställande. Öppningen är känslig för felborrningar och egentligen anpassad för 51 mm hål men borrades med 64 mm hål varför hålen blev överladdade.

Kraven som ställdes på hållavvikelserna har inte hållits beroende på otillräcklig noggrannhet i Beaver-utrustningen. Dock har **antal synliga borrhålspipor fördubblats** jämfört med normal kontursprängning i Malmberget. Bästa resultat har alltid erhållits vid initiering med elektro-niska sprängkapslar. Tillsammans med frikopplade kontursprängämnen som pentyl och sträng-emulsion har andelen kvarstående halvpipor väsentligt kunnat höjas. Vid användning av vanliga sprängkapslar kan dock pentyl vara känslig för ryckare (stor tändspridning). Detta kan medföra att odetonerad pentyl hamnar på berghögen vilket är en säkerhetsrisk. Botten-laddningarnas längd måste bli kortare och kunna kontrolleras. Gasad emulsion, som provades i Kiruna, reducerar inte sprängstyrkan tillräckligt mycket. Förmodligen blir sprickutbredningen från denna laddning större än motsvarande patronerad laddningsmängd ty man borde få ett högre borrhålsstryck vid fulladdade hål.

Skrotningsvolymen har reducerats med 50 % vid 300 mm grovhål. Förstärkningsvolymen borde också väsentligt kunna reduceras då slutkonturen bevisligen starkt förbättrats vid den skonsamma sprängningen. **Satsningen på skonsam sprängning är bortkastad om man inte drar konsekvenserna av ett stabilare berg och förstärker mindre.** Man bör endast förstärka där det verkligen behövs och inte som nu i Malmberget förstärka över allt. Vår kontroll av sprutbetongens tjocklek visade att man sprutar åtminstone dubbelt så tjockt lager som behövs. Detta betyder att kostanden för sprutbetong i Malmberget åtminstone kan halveras.

Utifrån resultaten från proven rekommenderas:

- Ortdrivning med långa salvor och grovt öppningshål Ø 300 mm
- Vidareutveckling av "skruvöppningen" så att den blir mindre känslig för felborrning
- Ytterligare prov med klenare salvhål för att reducera laddningsmängderna (i Kiruna laddas 500 kg emulsion/ 5 m salva, i Malmberget 1500 kg emulsion/ 7,5 m salva!)
- Konturladdning med reducerad sprängmängd. Vid användning av ordinarie kapslar rekommenderar vi kontrollerad strängemulsion men laddtekniken måste vidareutvecklas.
- Skrotning med högtrycksvatten bör vidareutvecklas. Skrotning och sprutning borde utföras med samma aggregat
- Behovsanpassad bergförstärkning (bättre slutkontur minskar behovet av sprutbetong)
- Mer prov med EMC-betongen

7. REFERENSER

1. Niklasson, B., Keisu, M. Ny teknik för ort- och tunneldrivning-Sofia projektet. SveBeFo rapport nr DS 1991:10.
2. Niklasson, B., Keisu, M. Förbättring av borrhåls- och laddplaner vid drivning av långa salvor i Malmberget. SveDeFo rapport DS 1993:1.
3. Fjellborg, S., Olsson, M. Projektplan "Grovhål i centrum", 1994.
4. Fjellborg, S., Olsson, M. Grovhål i centrum-Delrapport 1, Maj 1995.
5. Koorem, B. Spiralkil vid ort- och tunneldrivning, Examensarbete LuH 1992:088 E.
6. Nordqvist, A. Projekt grovhål i centrum. Sammanställning av testskjutningar, funktion-kontroll och försök med elektronisprängkapslar, Kimit AB 1995.
7. Olsson, M., Bergqvist, I. Sprickbildning vid flerhålsprängning. SveBeFo rapport nr 18, 1995.
8. Fjellborg, S., Olsson, M. "Grovhål i centrum". Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte 1996, sida 85-97.
9. Olsson, M., Reidarman, L. Crack test from blasting at Äspö. Äspö hard rock laboratory, Technical note, TN-96-01 z, December 1995.
10. Hustrulid, W. The "Practical" Blast Damage Zone in Drifting at the Kiruna Mine. Från rapport Skadegren vid tunneldrivning, Andersson, P, SveBeFo rapport nr 8, 1983.
11. Savilahti, T. Skadegren av borrhål, LKAB 1995.

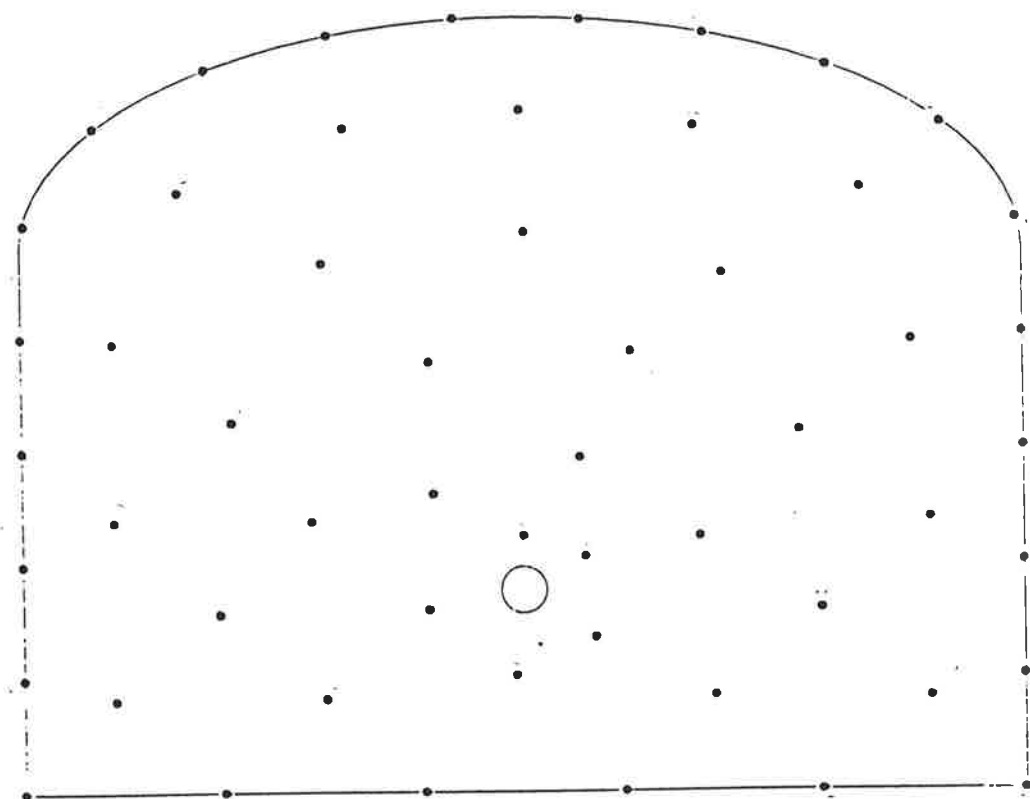
BILAGOR

UPPFÖLJNINGSPROTOKOLL	Bilaga 1a-e
ARBETSUPPGIFTER	Bilaga 2
PROJEKTEKONOMI	Bilaga 3
UTSLAGSAREOR	Bilaga 4
HÅLAVVIKELSEPROTOKOLL	Bilaga 5
DATASAMMANSTÄLLNING	Bilaga 6

PROJEKT GROVHÅL I CENTRUM
BORRINGSUPPFÖLJNING
MALMBERGET NORRA ALLIANSEN 790 m
 Ortdimension 6,5*5 m

Nivå: 790	Ort:	Salva:	Datum:	Sign.
-----------	------	--------	--------	-------

Salvdjup (m): 7,5	Grovhåll diam: 300 mm	Övriga hål diam.: 64
	Grovhåll diam: 250 mm	Övriga hål diam.: 64



AVVIKELSER FRÅN BORRPLAN

GROVHÅL I CENTRUM

LASTNINGSPROTOKOLL

DATUM:.....

ORT NR:.....

STYCKEFALL: FIN MEDEL GROVT
(ringa in)

LASTBARHET: LÄTT MEDEL SVAR
(ringa in)

ANTAL SKOPOR:.....

ÖVRIGA KOMMENTARER:

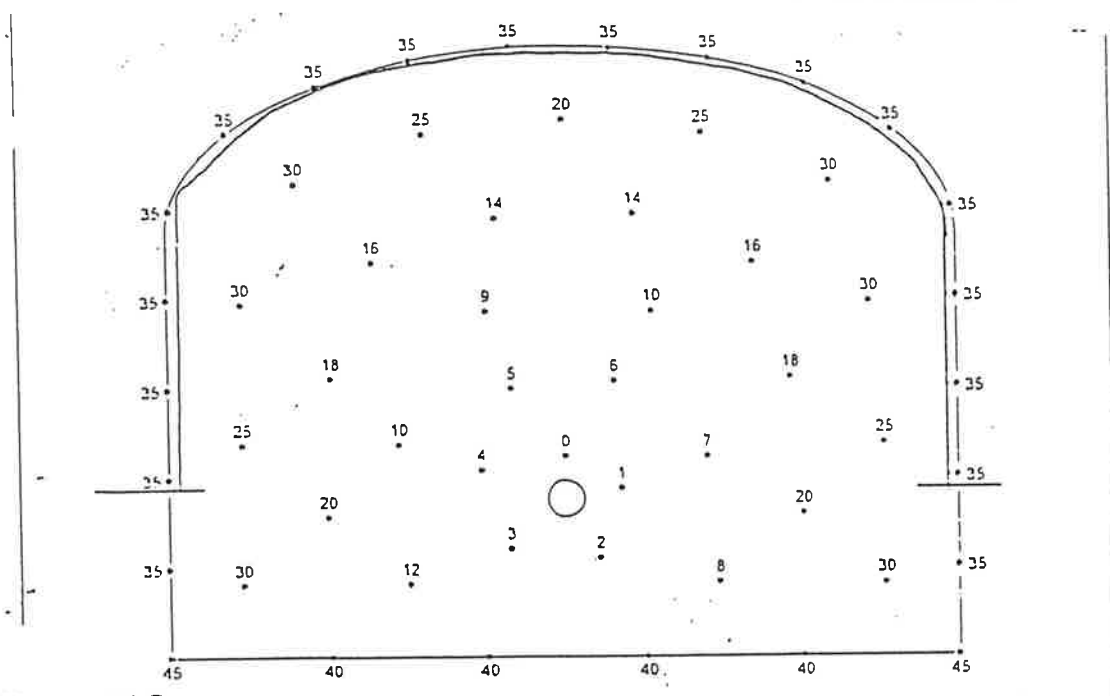
.....
.....
.....
.....

PROJEKT GROVHÅL I CENTRUM
SKROTNINGSUPPFÖLJNING
MALMBERGET NORRA ALLIANSEN 790 m
 Ortdimension 6,5*5 m

Nivå: 790	Ort:	Salva:	Datum:	Sign.
-----------	------	--------	--------	-------

Salvdjup (m): 7,5	Grovhåll diam.: 250 mm	Övriga håll diam.: 64
	Grovhåll diam.: 300 mm	Övriga håll diam.: 64

KIMULUXSTRÄNG I KONTUR



SKROTNING

	LITE	NORMAL	MYCKET	SKROTN.TID
JÄGGAR, TAK				
GAVEL				

JÄNG.MÄNGD NERSKROTAT

M3

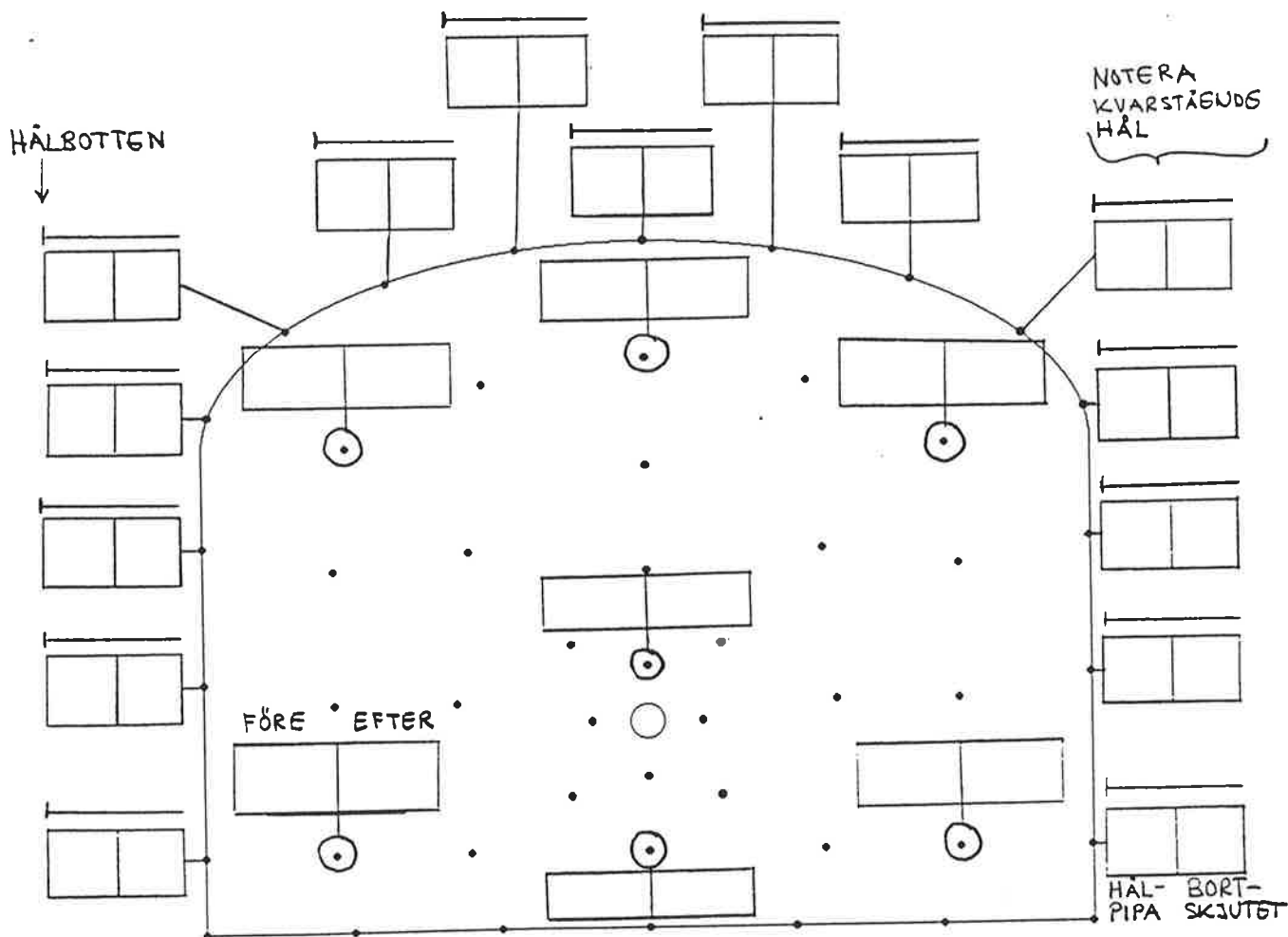
ÖVRIGA ANMÄRKNINGAR (DOLOR, SKÄRMAR ETC.)

PROJEKT GROVHÅL I CENTRUM
UPPFÖLJNING AV HÅLPIPOR EFTER SKJUTNING SAMT
INDRIFT FÖRE OCH EFTER SKROTNING (7 punkter)
MALMBERGET NORRA ALLIANSEN 790 m
 Ortdimension 6.5*5 m

Nivå: 790	Ort:	Salva:	Datum:	Sign:
-----------	------	--------	--------	-------

Salvdjup (m): 7.5	Grovhål diam.: 250	Övriga hål diam.: 64
-------------------	--------------------	----------------------

BORRPLAN



NOTERINGAR:

SPECIFICERADE ARBETSUPPGIFTER**SVEBEFO**

- Sammanställning och analys av data.
- Bergskadeutvärdering
- Söker externa intressenter för deltagande i projektet.
- Samordnar externa insatser.
- Ansvarar för slutrapport

PROJEKTGRUPPEN**Brynolf Apelqvist**

- Kontaktman mot tillredningsgruppen
- Samordnar, planerar tillredningsoperationer
- Samordnar, planerar all uppföljning
- Samordnar övriga projektgruppsmedlemmars arbetsuppgifter
- Ansvarar för att funktionsmätningar utförs
- Sammanställer uppföljningarna

Bengt Anttila

- Uppföljning och dokumentation av borraragregatet vad gäller:
 - *hålavvikelser
 - *prestanda
 - *ställtider
- Undersöker om borraringsparametrar går att logga.

Kent Lindkvist

- Uppföljningsansvarig för skrotning
- Konturmätning, hålpipor
- Kontaktman och idéansvarig gentemot externa bergförstärknings intressenter.
- Samordnar, planerar vattensskrotning, direktsprutning och lätt mekaniserad skrotning.
- Sammanställning och dokumentation av skrotningsinsatser.

Anders Nordqvist

- Borr-och laddplaner
- Salvoptimering
- Gasad emulsion och ev MWD-teknik
- Tolkning funktionsmätningar
- Sammanställning och dokumentation

Bergmekaniker

- Allmän bergklassificering, strukturkartering
- Lämna förslag till förstärkningsinsatser
- Bistå vid bergskadeutvärdering
- Förslag på andra metoder för utvärdering av skador.
- Ev. utbildning i strukturkartering
- Sammanställning och dokumentation

Gruvmätare

- Tillse att nödvändiga instrument och personalresurser finns för projektet.
- Utföra indrifts- och konturmätningar.
- Inmätningar grovhål, borrhål i salva.
- Ev. strukturkartering
- Sammanställning och dokumentation.

Ver.1:5
 94-11-10
 LKAB/SveBeFo
 S.Fj/M.O

PROJEKTEKONOMI PROJEKT GROVHÅL I CENTRUM (KKR)

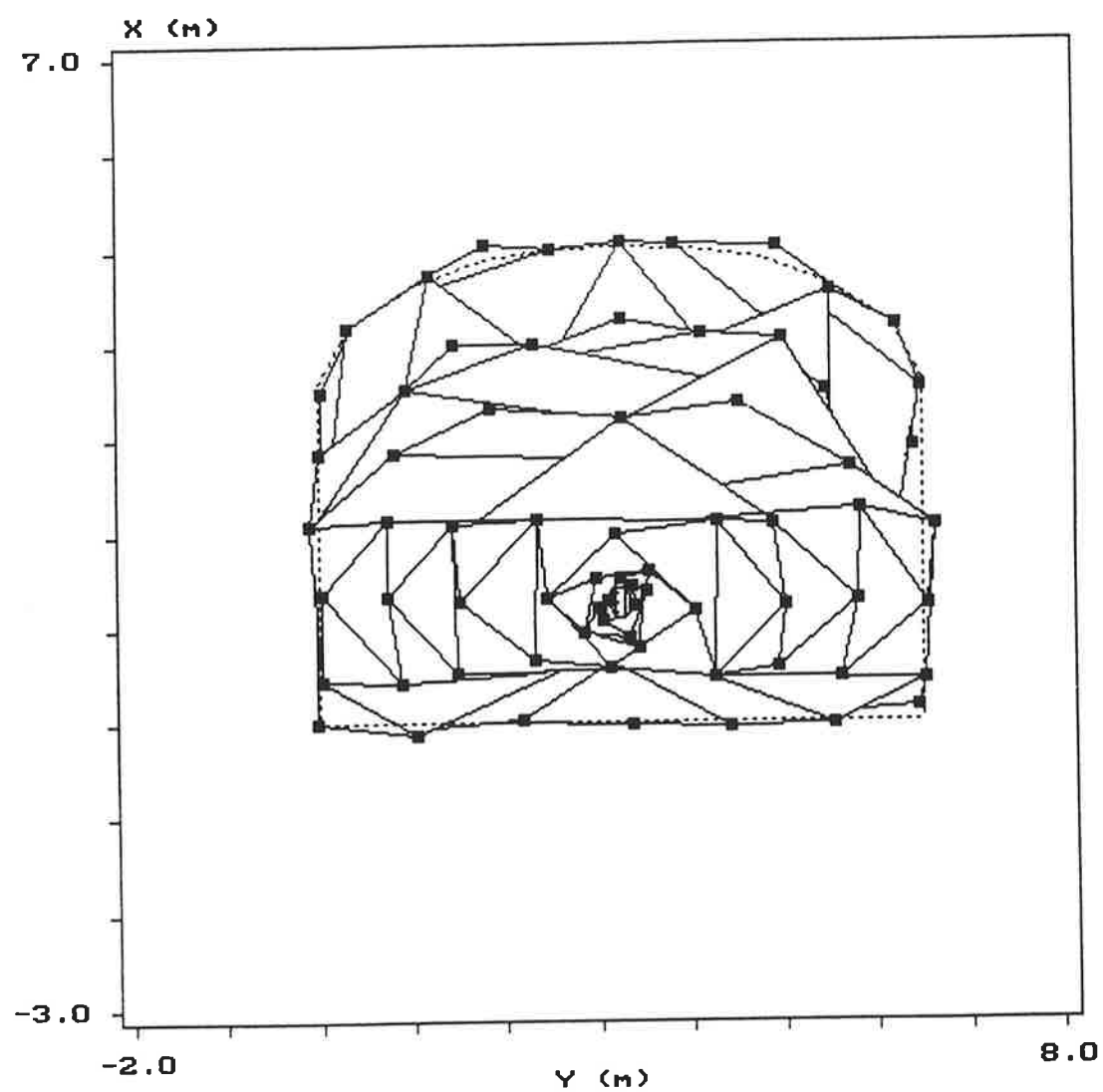
	LKAB/KIMIT	EXTERNA	TOTALT	ANM.
Intrimning grovhålsrigg	140	200	360	GRUVPRODUKTER
Driftsuppföljning/analys	20	220	240	SVEBEFO
Skadeindikering	25	275	300	SVEBEFO
Måtn.indrifter,kontur,hålpipor	250	300	650	
Borr/ladduppföljning	550		550	
Skrotningsuppföljning	100		100	
Salvoptimering	315	150	320	NITRO NOBEL
Långhålsrigg	110	110	220	ATLAS COPCO
Borrör	30	150	180	SANDVIK
Lätt mek. skrotning	25	25	50	GRUVPRODUKTER
Vattenbilning	75	300	375	KGS
Direktsprutning	75	300	375	KGS
Övrigt	50	100		

Summa

1765 KKR

2130 KKR

3895 KKR



Hålavvikelseprotokoll				
Ort	Salva			
518	15			
Hålnr	Hålavvikelse		Riktning	
	(m)	(%)	(klockan)	
1	0,7	9,3	9	v
2	0,7	9,3	10	v
3	0,3	4,0	11	
4	0,35	4,7	11	
5	0,4	5,3	12	
6	0,3	4,0	12	
7	0,1	1,3	11	
8	0,5	6,7	12	
9	0,45	6,0	11	
10	0,15	2,0	11	
11	0,4	5,3	11	
12	0,25	3,3	11	
13	0,35	4,7	11	
14	0,15	2,0	2	h
15	0,25	3,3	2	h
16	0	0,0	0	
17	0,8	10,7	10	v
18	0,25	3,3	10	
19	0,25	3,3	11	
20	0,2	2,7	11	
21	0,2	2,7	11	
22	0,35	4,7	12	
23	0,25	3,3	12	
24	0,35	4,7	11	
25	0,5	6,7	12	
26	0,26	3,5	11	
27				
28				
29				
30				
Medel	0,34	4,5		

ELEKTRO.XLS

Ort	Salva	Datum	Grov(m)/ Ref.	Diam. gr.hål (mm)	Indrift			Vägg, tak	Skrotat Gavel (m)	Volym (m3)	Hålpipor		Hålawv.		Area 1 (m2)	Över- berg		Stycke- fall	Utlast. volym (skopor)	Övrigt
					ex. sk. (m)	inkl skrot (m)	(%)				(m)	(%)	(m)	(%)		(m2)	(m2)	(%)		
509	15	950904	Grov	250	6,8	6,9	92		0,1		90,2	73,7	0,47	6,3	36,4	5,7	19	Medel	92	11,16,17
	Medel	värde			6,8	6,9	92		0,1	#####	90,2	73,7	0,47	6,3	36,4	5,7	19		92	
515	15	950911	Grov	300	6,7	7,2	96		0,5		62	51,4	0,28	3,7	34,6	3,9	13	Grovt	90	9,15,16
	16	950919	*	*	6,4	6,7	89,3	Lite	0,3	5,2	66	64,5	0,29	3,9	33	2,3	7,5	Medel	106	9,16
	Medel	värde			6,6	7	92,7		0,4	5,2	64	57,9	0,3	3,8	33,8	3,1	10		98	
518	15	950912	Grov	250	6,3	6,9	92		0,6		54,5	50,9	0,34	4,5	34,5	3,8	12	Grovt	80	11,16
	16	950919	*	*	6,9	7,2	96	Lite	0,3	0,5	72,5	65,7	0,22	2,9	34	3,3	11	Medel	90	4,16
	Medel	värde			6,6	7,1	94		0,5	0,5	63,5	58,3	0,3	3,7	34,3	3,6	12		85	
521	15	950912	Grov	300	7,1	7,5	100		0,4		46	36	0,23	3	38,5	7,8	25	Grovt	96	9,16
	16	950920	*	*	7,1	7,2	96	Lite	0,1	7	42,5	37,4	0,23	3	37,7	7	23	Flint	100	9,15,16
	Medel	värde			7,1	7,4	98		0,3		44,3	36,7	0,2	3	38,1	7,4	24		98	
Medelvärde			250		6,6	6,9	92		0,4		72,4	62,3	0,4	5,4	35,45	4,75	15		86	Det 40x2
			250		6,9	7,2	96		0,3		72,5	65,7	0,2	2,9	34	3,3	11		90	Det 60
Medelvärde			300		6,9	7,2	95,4		0,35		54,2	47,3	0,3	3,4	35,95	5,25	17		98	Strängem.
1) exkl. omskjutn. 2) teor.area=30,7m2 3) gammal tändplan 4) Det 80 i konturen 5) Kimulux i vägg 6) special 7) Beverplan 8) Bomsalva 9) Strängemulsion 10) omskjutning anfang 11) 2ggr Detonex 40 i kontur 12)=Opt.1 13) Opt.2 14) Omskjutn tak 15) Fel borrning 16) Elektronik 17) Förskj.borrplan																				