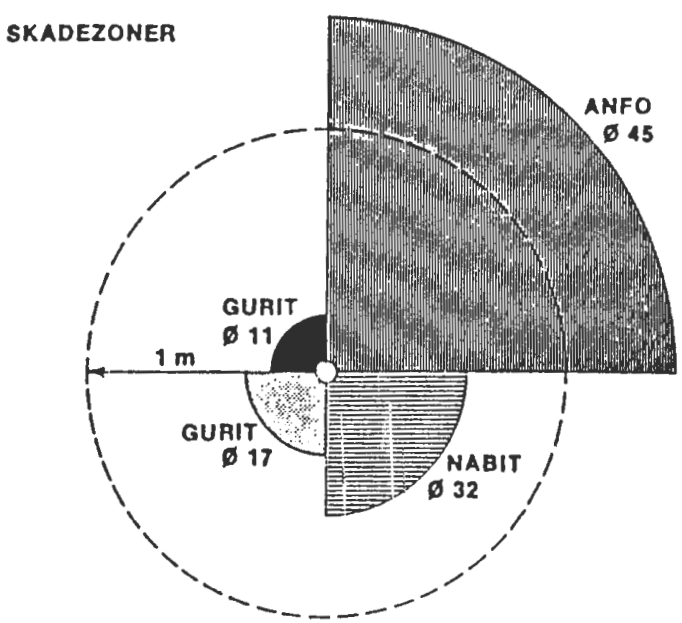
© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ANFO med variabel sprängstyrka

Gunnar Persson, Stiftelsen Svensk Detonikforskning, SveDeFo, Stockholm
Bernt-Arne Berggren, LKAB, Kiruna
Marian Golkowski, Boliden Mineral AB, Boliden

BAKGRUND

Vid skonsam sprängning, som vid konturskjutning i väggar och tak, vill man ha en liten skadezon omkring borrhålet. Vanligen använder man då rörladdningar med reducerad sprängämnesmängd.



Skadezonens storlek för några olika sprängämnen.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ANFO vilket är ett bra och billigt sprängämne användes för de flesta bergsprängningsarbeten där inte borrhålen är alltför fuk tiga. För skonsam sprängning kan sprängstyrkan på ANFO reduceras t ex genom utspädning med mycket lätta expanderade polystyrenkulor. Detta visades redan i början av 70-talet av Institutet för Fjellsprängningsteknik i Norge. Metoden har inte kommit till någon större användning i nordiska bergsprängningssammanhang men utnyttjas bl a vid flera australiska gruvor. Även icke brännbara ämnen kan blandas med ANFO för att reducera sprängstyrkan.

METODVAL

LKAB, Boliden Mineral AB och SveDeFo har inom ramprogramprojektet "Skonsam sprängning" under åren 1986-87 gemensamt studerat olika metoder att variera sprängstyrkan på ANFO. Arbetsnamnet blev "ANFO med variabel sprängstyrka".

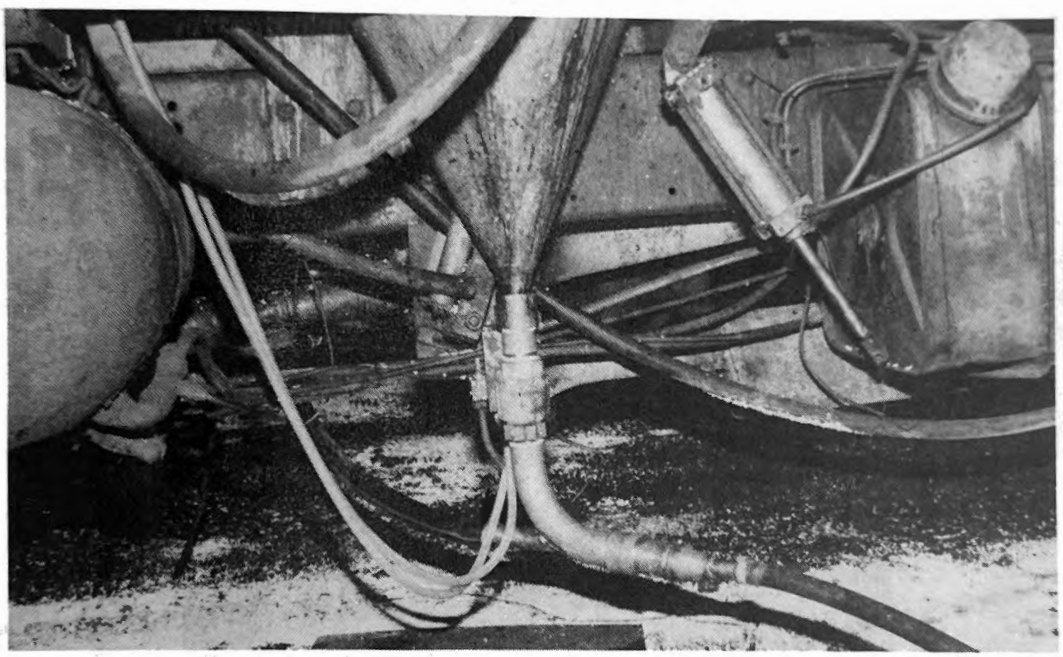
I ett inledande skede provade Boliden Mineral AB en fabriks-blandning av ANFO och kalciumnitrat i volymförhållandet 50/50. Sprängämnet jämfördes med 22 mm Gurit A i Ø 51 mm borrhål vid konturskjutning. Sprängningsresultatet blev bra och man kunde även reducera ANFO-halten till 30/70. Blandningen var emellertid fuktkänslig och klumpning av sprängämnet gav störningar i ladd-ningen.

Vid inblandning av expanderade polystyrenkulor i ANFO ger 20 volym % ANFO med 80 volym % plastkulor i Ø 48 mm borrhål visuellt samma skonsamma sprängningsresultat som 17 mm Guritrör. I pro-jektarbetet valdes detta blandningsförhållande plus en 50/50-blandning såsom lämplig för användning i hjälparhålen närmast konturhålen för att ytterligare minska skadorna på konturen.

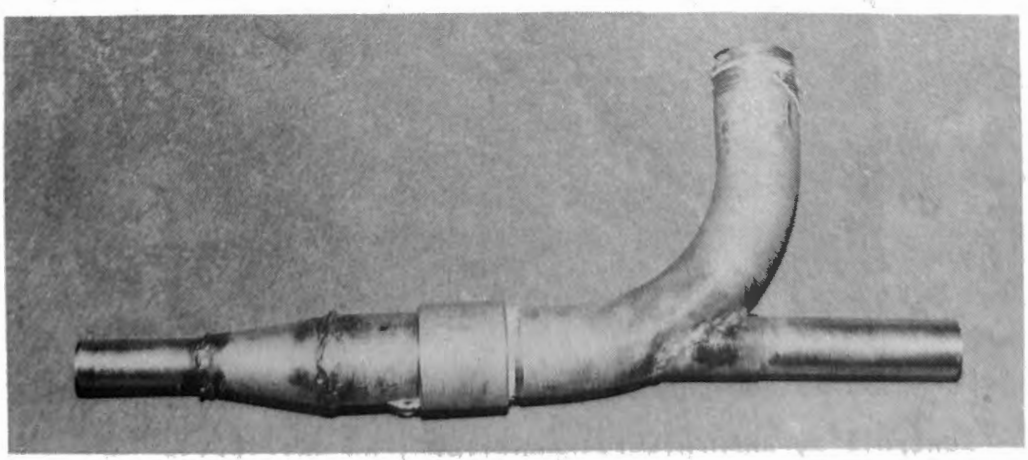
© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

PROV MED DIREKTINBLANDNING

1. Hos LKAB utfördes prov med en modifierad Jet-Anolutrustning. Ett separat kärl användes för polystyrenkulorna och blandningen gjordes i ett grenrör som under försökets gång utbyttes mot en mer sofistikerad konstruktion med ställbart munstycke och blandningskammare. Att blanda två ämnen med över 30 gångers skillnad i densitet är mycket svårt.



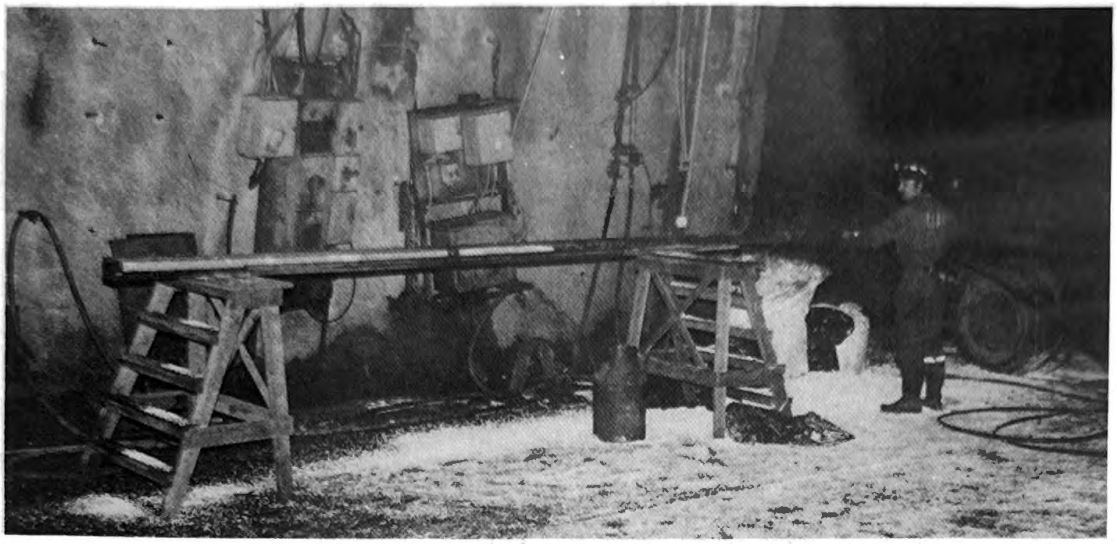
Detaljbild av den modifierade Jet-Anolapparatens blandningssystem. Behållaren för polystyrenkulor skymtar i bildens övre del.



Blandningskammaren.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Vi laddade med rödfärgad ANFO i sektionerade plexiglasrör och blandningen av plast och ANFO kontrollerades okulärt och medelst vägning. Återluftens innehåll av plastkulor och ANFO-damm uppsamlades i en plastsäck vid plexiglasrörets mynning. De parametrar som varierats har varit: lufttryck, tillsatsluft, plastkulornas storlek, ANFO-typ, fuktning och slanglängder.

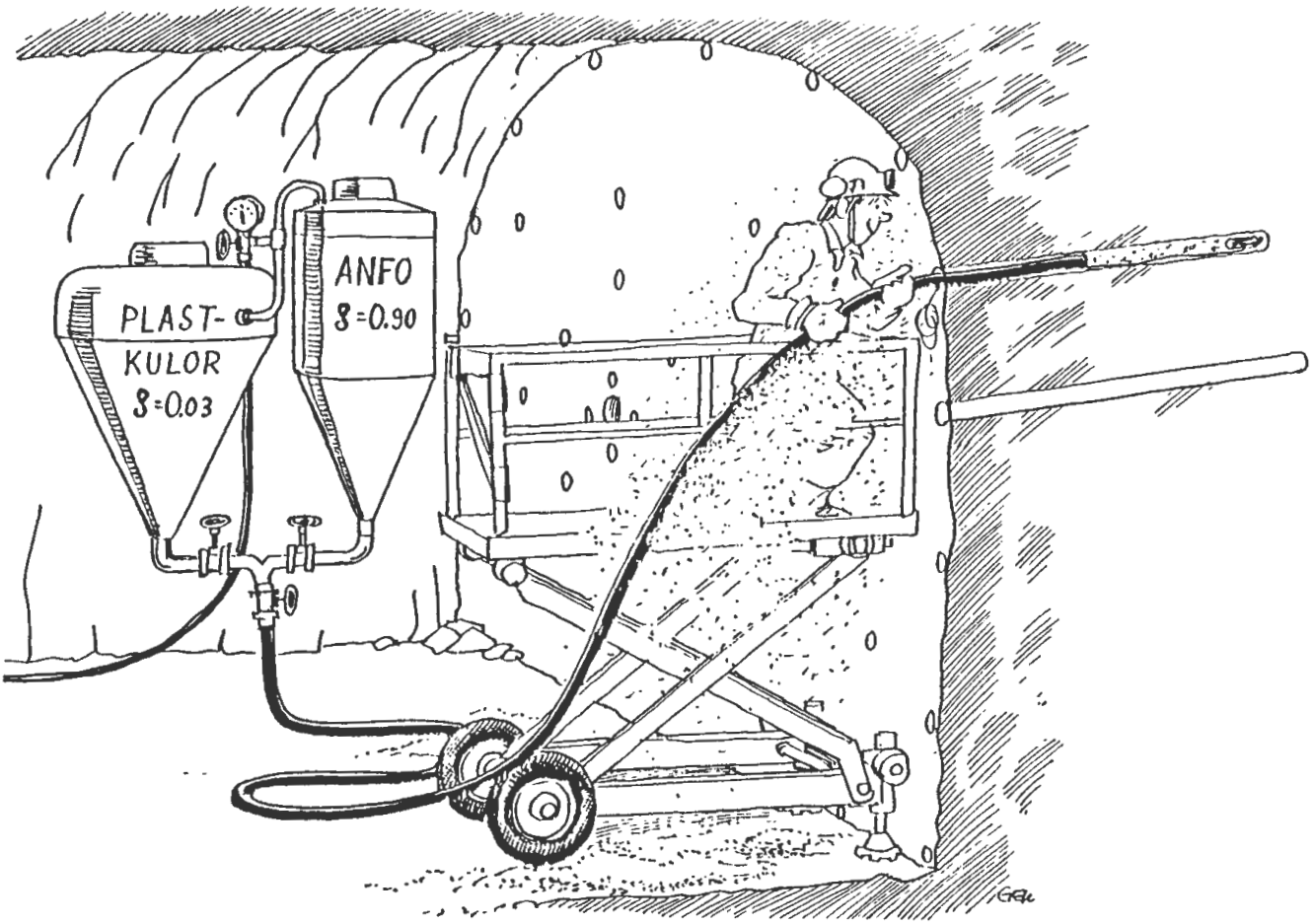


Uppställningen med det sektionerade plexiglasröret.

Kontroll av ANFO/plast-innehållet i en delsektion. OBS fördelningen av den mörkfärgade ANFO-prillsen i röret.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Trots ihärdigt arbete uppnåddes ej acceptabel stabilitet i blandningsförhållandet för den högre spädningshalten 20 volym % ANFO och 80 volym % plastkulor. Många av de uppmätta provserierna visade inledningsvis mycket stabila och bra blandningsvärden med låga utblås av plastkulor och ANFO i returluften. Vid fortsatta prov försämrades dock alltid resultaten bl a beroende på igensättningar i systemet vilket troligen orsakats av bl a fuktpåverkan.



Principen för en direktblandande lätt-ANFO-utrustning.

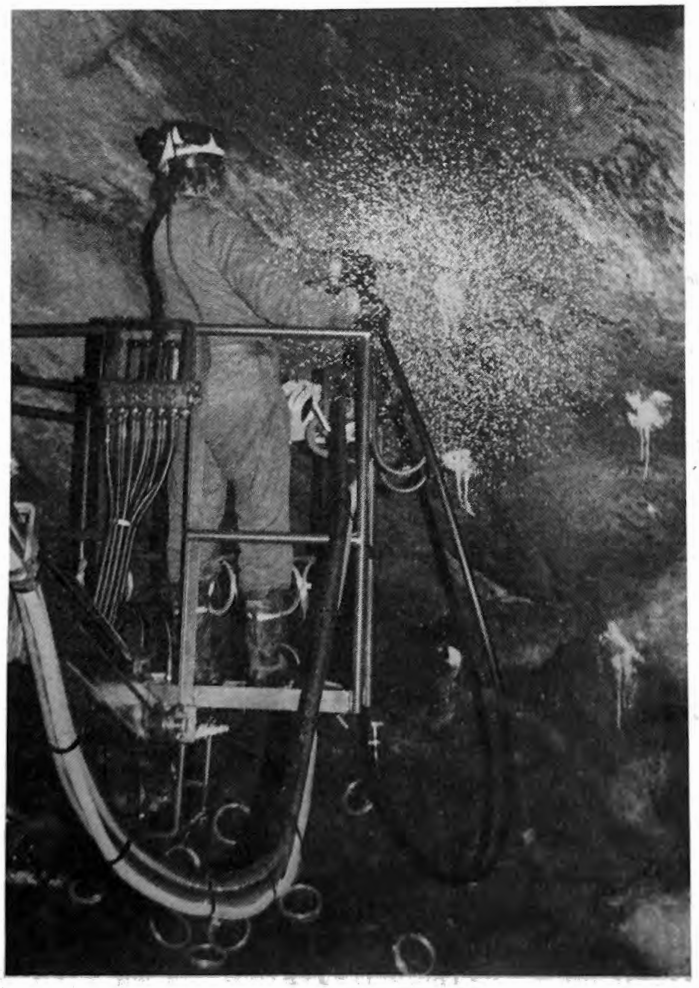
Fastän utrustningen var instabil utfördes under arbetets gång även ett flertal konturhålsskjutningar med för samtliga hål acceptabla resultat.

För den kraftiga blandningen 50/50 var betingelserna bättre och där var typiska variationer 45-55 volym % ANFO vid önskade 50

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

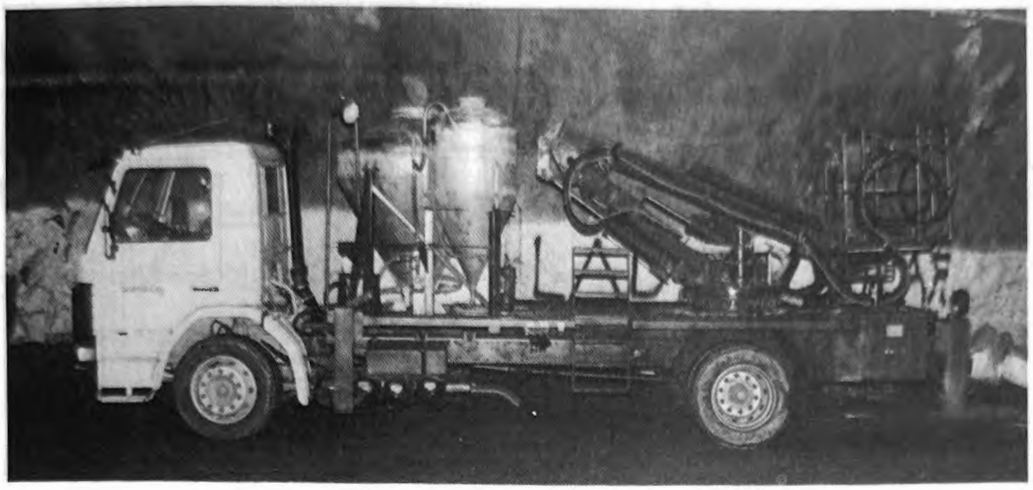
volym %. Men även här inträffade ibland igensättningar i systemet.

2. Inom projektet har även provats två fabrikstillverkade laddapparater för lätt-ANFO (eller ANFO-lätt), som vi kallar blandningen av expanderade polystyrenkulor och ANFO. BMI-apparaten gav vid inställning för 20% ANFO mellan 18-27%. Även 50-läget gav förhöjd inblandning och spridning. Laddutrustningen provades i en ortsalva. Kilen gick bra men strosshålen orkade endast bryta ut till 2/3 hål-djup vilket troligen beror på dålig fyllning av hålen med ren ANFO. Konturhålen visade hyfsade borrpipor trots någon överladdning. Försöken avbröts då blandningsförhållandet ibland utan synbar orsak kraftigt ändrades.



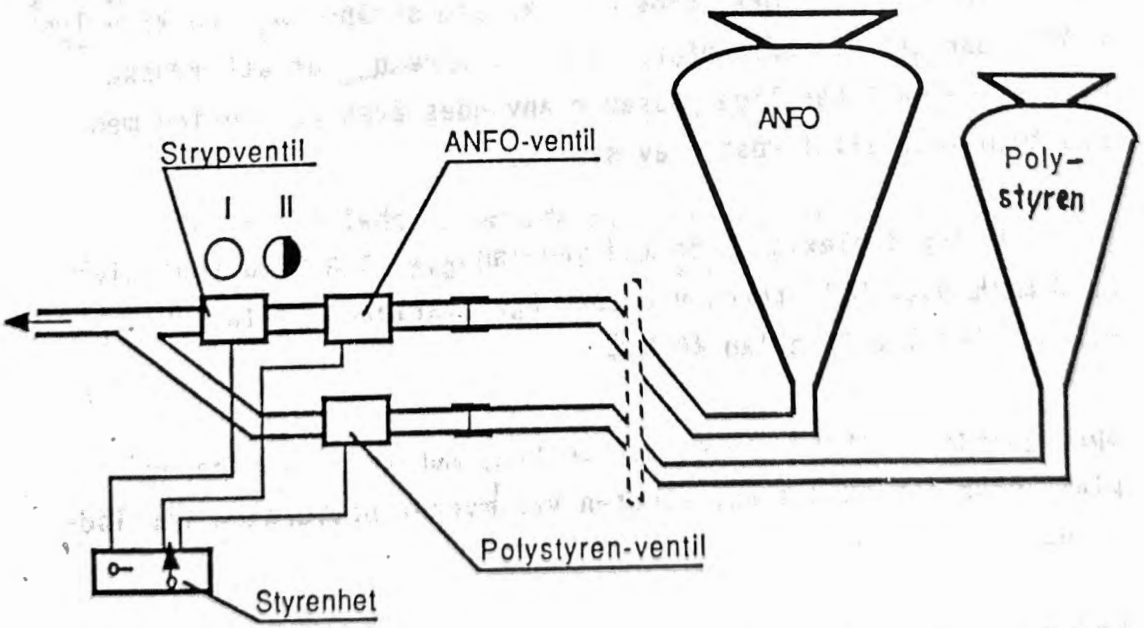
Laddning med direktblandande laddapparat.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare



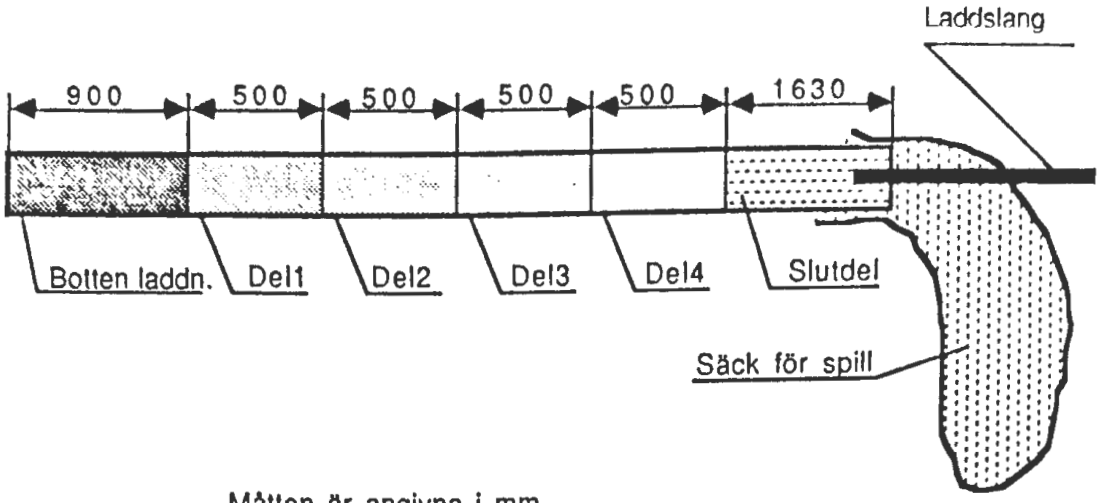
BMI laddapparat för lätt-ANFO.

3. Nitro Nobel AB:s Styranol laddsystem provades hos Boliden Mineral AB. Laddapparaten gav upp till 60% ANFO vid lägsta inställda ANFO-inblandning som enligt tillverkaren var 15%. Detta resulterade vid användning i ortskjutning i skador på väggar och tak. Apparaten åtgärdades av försäljaren men gav fortfarande ca 50% ANFO vilket gjorde den mindre lämpad för skjutning i konturhål. Senare modifierades denna apparat inom projektet och ger nu ca 20% ANFO i blandningen.



Principen för Nitro Nobel AB:s Styranol laddutrustning efter den modifiering som gjordes hos Boliden Mineral AB.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Måtten är angivna i mm.

Principskiss över det använda provröret.

Koncentrationen av ANFO utefter hålet är dock ojämn och varierade mellan 3-33% i de olika delsektionerna vid laddning i 4.5 m långt provrör. Utblåset av lätt-ANFO i returluften är ca 20% av laddad volym vilket är irriterande för laddaren.

4. Hos Skanska har man gjort försök med lätt-ANFO vid tunnelsprängning. Tunneln uttogs med galleri och pall. Man provade Nitro Nobel AB:s Styranol laddsystem i originalutförande med ena kärlet inne i det andra. Prov med skonsam sprängning med 25 volym % ANFO har utförts på konturen i pilottunneln. För att minska vibrationerna i känsliga passager användes även reducering med 50% ANFO-innehåll i resten av salvan.

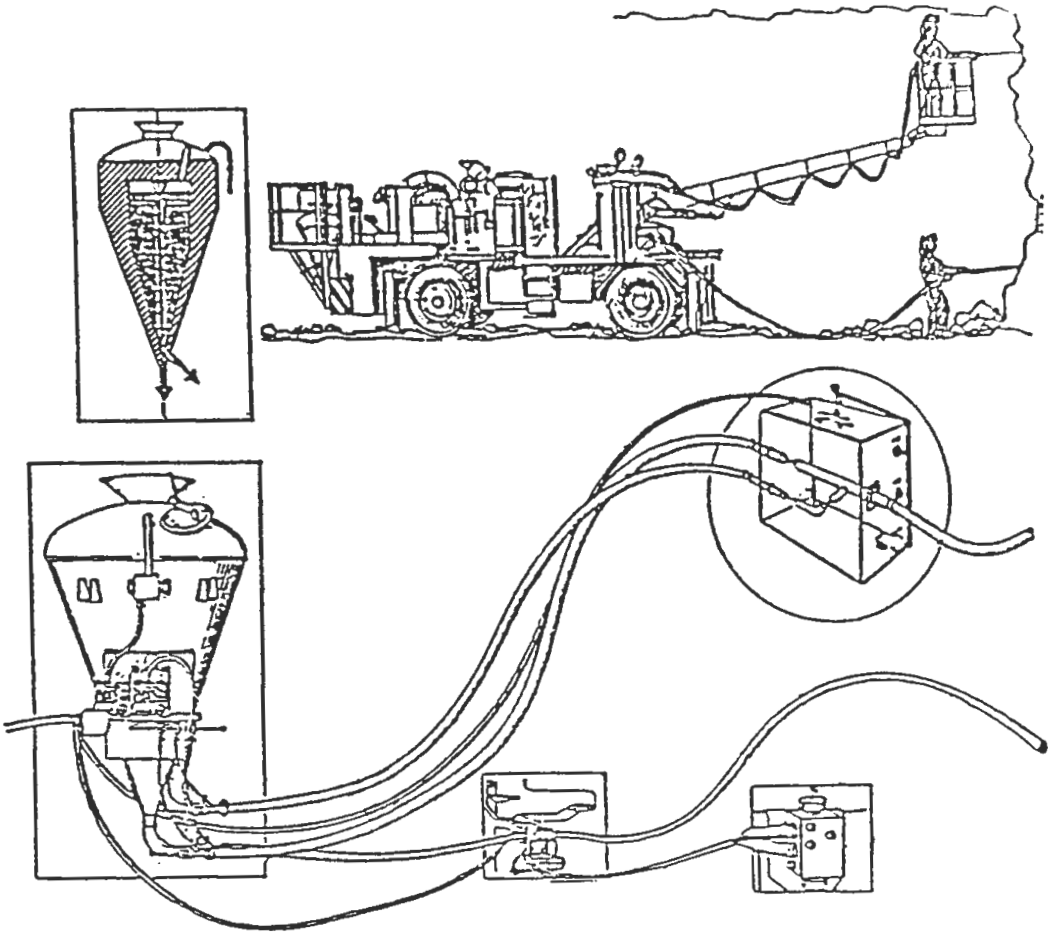
Provladdning i plexiglasrör med vägning visade att volymandelen ANFO mätt över hela röret vid 25%-läget varierat mellan 20-28% och vid 50%-läget mellan 40-54%.

Sprängningsresultaten bedömdes som bra, men utblåsningen av plastkulor och ANFO i returluften var mycket besvärande för laddarna.

Under försökets gång har diverse modifieringar och förbättringar genomförts för att öka utrustningens användbarhet. Tyvärr blev

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

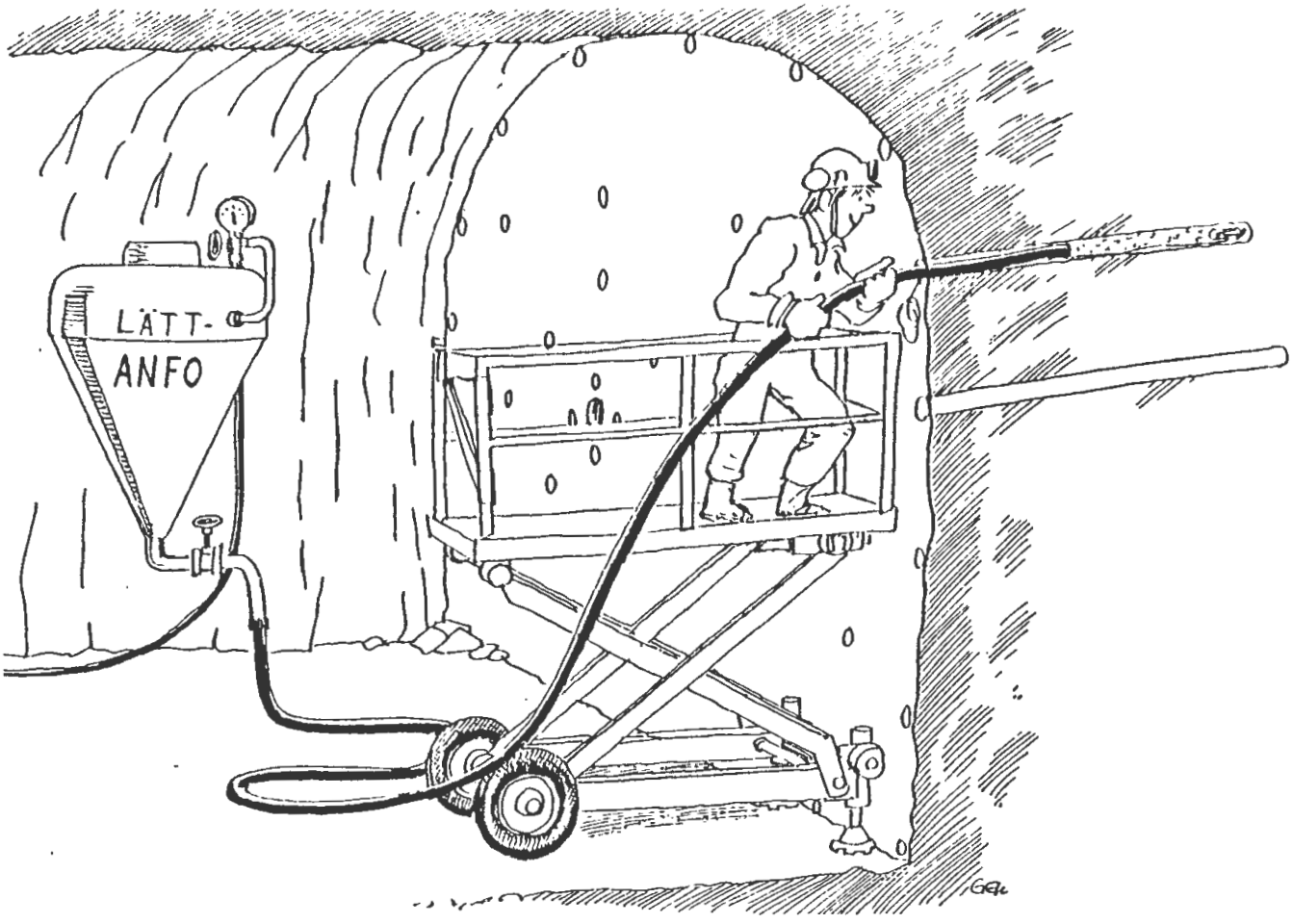
andelen finfraktion så hög i den använda Prilliten att igensättningar uppstod i laddutrustningen och man tvingades avbryta försöken.



Styranol laddsystem för direktblandning
med ena kärlet inne i det andra.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FÖRBLANDAD LÄTT-ANFO



Principen för laddning av förblandad lätt-ANFO.

Inom SveDeFo:s ramprogram har dessutom ett annat delprojekt drivits tillsammans med Outokumpu OY i deras Pyhäsalmigruva parallellt med det svenska arbetet. Här har också polystyrenutspädd ANFO använts.

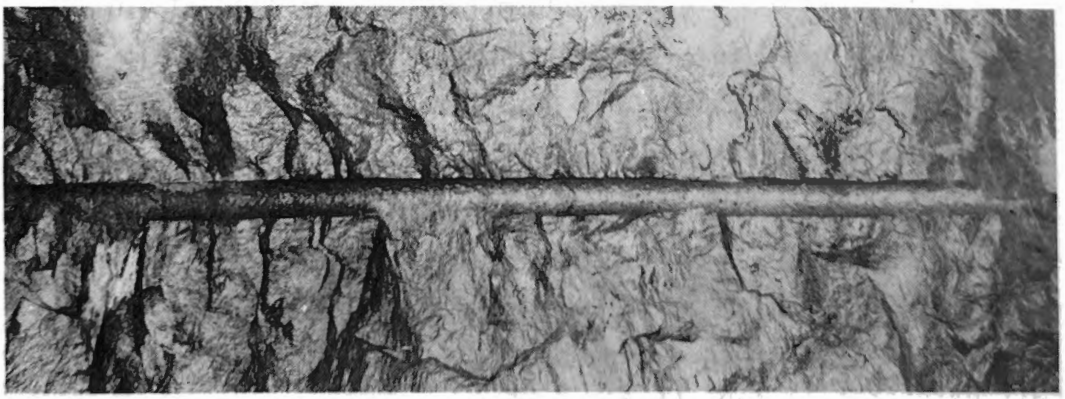
Redan från början valdes förblandad lätt-ANFO bestående av kristallin ammoniumnitrat, olja och polystyrenkulor som laddas med ANOL-apparat. Det blir ingen utblåsning av plastkulor och ANFO i returluften från borrhålet vid laddning med denna typ av färdigblandad lätt-ANFO.

Dieseloljan som normalt användes i ANFO angriper plastkulorna så att dessa krymper varför blandningen måste användas inom 2 dygn. Genom att byta ut dieseloljan mot en lågaromatisk olja erhölls en

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

lagringsstabil lätt-ANFO. Oljesorten gör även ANFO:n luktfri något som uppskattas av laddningspersonalen.

Laddning med förblandad lätt-ANFO i Pyhäsalmigruvan. OBS ingen utblåsning av plastkulor och ANFO-damm i returluften.



Exempel från konturhål skjutet med lätt-ANFO.

Lätt-ANFO användes i Pyhäsalmigruvan för konturskjutning vid ortdrivning och för skonsam sprängning i Ø 89 mm nedåtriktade långhål. Laddutrustningen fungerar mycket bra och resultatet bedöms som lyckat.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FUNKTION OCH SÄKERHET

I projektet "ANFO med variabel sprängstyrka" har vi för funktions- och säkerhetsdelen arbetat efter denna 10-punktslista:

1. Komponentval, t ex AN, polystyrenkulor och oljetyper.
2. Blandningsförhållanden och fuktning.
3. Blandningens beständighet, mekaniskt och kemiskt.
4. Blandningens resistens i Ω meter, mätes i provlåda.
5. Alstring av elektrostatisk uppladdning vid hantering.
6. Brandrisk, försök i både större och mindre skala.
7. Initieringskänslighet, prov i stålrör.
8. Detonationsstabilitet, prov i stålrör, borrhål och laddslang.
9. Överslagsförmåga i borrhål.
10. Miljö, damm- och spränggasalstring.

Flera av punkterna har berörts tidigare i texten men ytterligare några resultat kan nämnas:

- Den elektrostatiska uppladdningen har visat sig vara obetydlig i lätt-ANFO även vid försök gjorda med enbart plastkulor i torra slangar av icke ledande plast.

- 20% lätt-ANFO kan initieras med enbart sprängkapsel. En mindre primer ger alltså mer än tillräcklig initiering samtidigt som detonationshastigheten naturligtvis momentant jagas upp över den normala. Att ladda med ren ANFO i botten på konturhålen ger onödiga skador på det kvarstående berget.

- Lätt-ANFO är vanligen en inhomogen blandning vilket medför att detonationen får ett ojämnt förlopp med fluktuationer i cm-intervall. Mäter man detonationshastigheten över halvmeterlånga sträckor vilket ger en god medelvärdesbildning får man hastigheter på ca 1800 m/s för 20% ANFO-blandning och ca 2600 m/s för 50/50-blandningen. Ren ANFO detonerar med ca 3800 m/s.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

- Säkerhetsprov med lätt-ANFO vid detonationsöverföring i grova laddslangar har visat omedelbart detonationsavbrott vid slangens början.

- Överslagsförmågan vid felaktiga laddningar har undersökts med 20% lätt-ANFO i stålrör. Felen, som arrangerades mitt i röret, utgjordes av 500 mm långa sektioner med enbart plastkulor eller helt vattendränkt 20% lätt-ANFO. Detonationen överfördes utan svårighet.

- I LKAB:s sprängprovkammare har omfattande spränggasmätningar utförts på olika lätt-ANFO-blandningar både i borrhål och i tjockväggade stålrör. Alstringen av kolmonoxid (CO), kväveoxider (NO_x), monostyren och bensen har uppmätts.

- Lätt-ANFO alstrar vid 48 mm borrhålsdiameter 3-7 gånger mera CO per kg detonerat sprängämne än normalt ANFO. NO_x-mängden är omkring 3 ℓ per kg sprängämne d v s samma som för ANFO. Vid mindre borrhålsdiameter ökar CO-alstringen.

- Gasalstringsbilden är sådan att det ej varit meningsfullt med en minskning av oljehalten i AN-prillan för att kompensera bränsleöverskottet i lätt-ANFO.

- Monostyren och bensen kan även uppmätas i spränggasmolnet men halterna är i jämförelse med CO och NO_x-gaserna försumbara.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

EKONOMI

Ungefärliga sprängämneskostnaden per m borrhål med Ø 48 mm i relation till ANFO.

ANFO	100
Lätt-ANFO 20/80	31
Lätt-ANFO 50/50	57
Gurit 17 mm	102
Gurit 22 mm	126
Kimit 80, 22 mm	81

Observera att kostnaderna inte inkluderar den speciella laddutrustning som behövs för direktblandning, eller skillnader i primerbehov och tidsåtgång för laddning.

SLUTSATS

Att ladda lätt-ANFO med direktblandande laddapparater är svårt. Proven hos LKAB med Jet-Anol-systemet visar ett så ojämnt resultat med påverkan av så många yttre faktorer att metoden inte är praktiskt användbar. Det system som Boliden provat visar att det går att ladda åtminstone under ingenjörsmässiga former men att spridningen i ANFO-halt utefter borrhålet är mycket stor.

Det faktum att man på vissa arbetsplatser bl a i Norge anser direktblandande laddapparater vara tillfyllest har naturligtvis samband med de olika krav man ställer på det slutliga resultatet av den skonsamma sprängningen.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Laddning med förblandad lätt-ANFO fungerar mycket bra i halvstor skala. Detta är kanske den bästa metoden men då måste hanteringsfrågan utvecklas för att bli acceptabel för svenska förhållanden med storskalig drift.

Det är svårt att bedöma vad projektet betytt för bergsprängningstekniken. Klart är dock att det aktiverat sprängämnesfabrikanternas arbete med att utveckla ett billigt bulksprängämne för skonsam sprängning.