© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SPRÄNGNING MOT LÖSSKJUTNA BERGMASSOR

Mats Olsson, Stiftelsen Svensk Detonikforskning - SveDeFo, Stockholm

1. BAKGRUND

Intresset för sprängning mot lösskjutna bergmassor beror på vissa brytningstekniska fördelar som kan uppnås vid magasinerande gruvbrytningsmetoder. Grundläggande försök har därvid gjorts bl a i Sovjetunionen för att finna ett optimalt svällutrymme och fastställa orsaker till den fragmenteringsförbättring som uppnås.

1.1 Försök i Sovjetunionen

Tidigare utförda försök i Sovjetunionen visar att fragmenteringen förbättras om sprängning sker mot en krossad bergmassa dvs mot en begränsad utslagsvolym. Fragmenteringen blir enligt samma försök bäst om svällutrymmet begränsas till 30-40% svällutrymme. Såväl modellförsök som fullskalesprängning har därvid utförts.

Försöken i Sovjet /1-3/ visar för sprängning mot lösskjutet berg dessutom bl a följande:

1. Den bästa fragmenteringen erhölls om flera rader av borrhål sprängdes med korta mellanrum.
2. Vid sprängning av många rader, > 5 st, försämras dock fragmenteringen snabbt.
3. Om enbart en rad sprängs mot lösskjutet berg blir fragmenteringen jämförbar med motsvarande sprängning vid fritt utslag.

1.2 Plexiglasförsök på SveDeFo

I syfte att verifiera de sovjetiska försöken gjordes modellförsök med sprängning i plexiglas hos SveDeFo. Dessa försök utfördes av Jim Jarlenfors under hösten 1979, och avrapporterades i SveDeFo-rapport DS 1980:5 /4/.

Modellförsöken hos SveDeFo visade emellertid att den bästa fragmenteringen erhölls vid 100% svällutrymme, dvs vid fritt utslag. Dock var det mycket svårt att bestämma fragmenteringen då sprickorna som uppstod vid sprängningen ej gav lösa bitar utan istället en ihopsintring av plexiglaset.

I hopp om att bättre kunna verifiera försöken i Sovjetunionen startade nu, i ett samarbete mellan LKAB och SveDeFo, halvskaleförsök med sprängning mot lösskjutna bergmassor. Detta föredrag beskriver dessa försök.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2. HALVSKALEFÖRSÖK I MALMBERGET

Tre försöksserier har genomförts i LKAB:s gruva i Malmberget för att bestämma vilket svällutrymme som ger den bästa fragmenteringen. Försöken utfördes 1982, 1983 och 1986 med följande svällutrymmen:

År	Plats	Svällutrymmen i %
1982	Parta -475m.avv.	20,50,100
1983	N.All.-557m.avv.	30,50,100
1986	Parta -530m.avv.	10,30,100

Inför iordningsställande av försöksplats utvaldes lämpliga ortgavlar i dessa områden i gruvan. En försökspall togs i varje omgång fram med skonsam sprängning.

Sedan detta var klart gjöts två betongmurar mot och framför pallkanten. I dessa murar lämnades plats för önskade svällutrymmen X,Y se figur 1.

Tre stycken försökspallar kan alltså sprängas per försöksomgång. Pall I och III sprängs mot komprimerat berg, dvs mot begränsat svällutrymme. Pall II är hela tiden en referenspall där sprängning sker mot fritt utslag (100% svällutrymme).

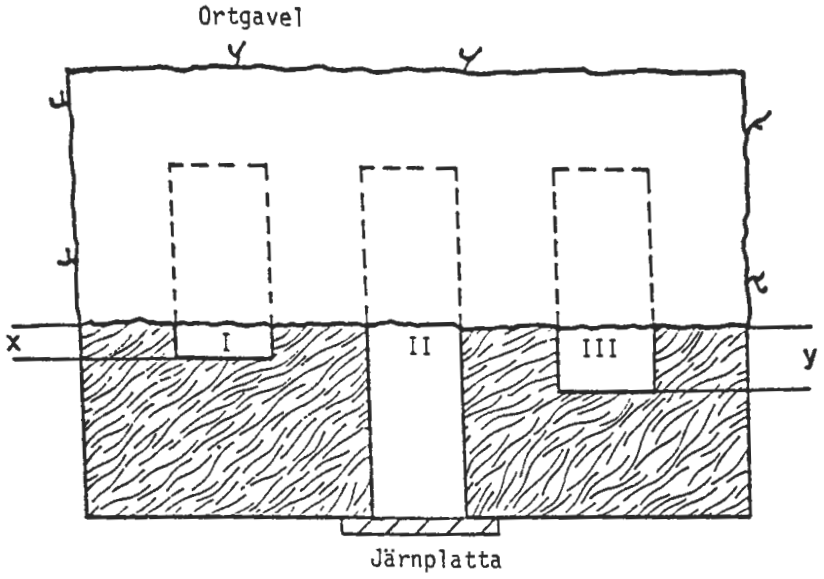
Borrplanen som användes hade följande huvuddata:

Håldiameter : 11 mm
Försättning : 0.28 m
Hålavstånd : 0.35 m
Håldjup : 0.70 m
Hål/rad : 3 st
Rader : 5 st
Palldim. : 1.4x0.7x0.7 m

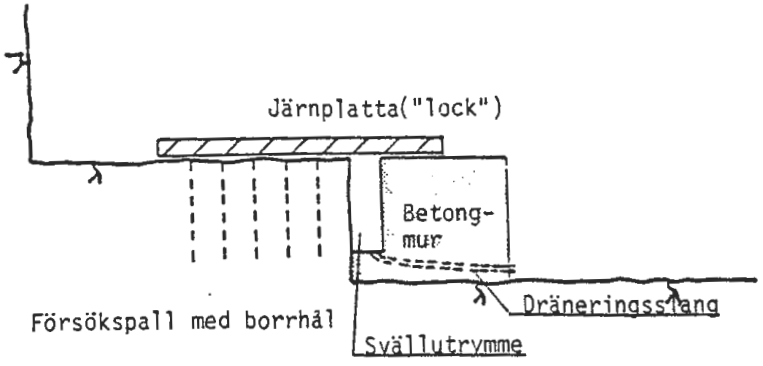
Såväl initiering som laddning har varierats något under de olika försöken beroende på resultatet från sprängningen. I de flesta fall användes dock flegmatiserad pentyl som hälldes ner i tomma Guritrör vilka därefter sattes ner i borrhålen. Detta ger en specifik laddning på 2.3 kg/m^3. Initiering gjordes med Nonel Ms nr 3 i mitthålet och nr 6 i hörnhålen.

Varje sprängning omfattar en rad, dvs tre hål. Innan sprängning fastskruvades en tung järnplatta över försökspallen som ett slags lock, se figur 1. Pallen sprängs nu radvis och det söndersprängda berget lastas ej ut mellan varje sprängd rad. Då alla fem rader var färdigsprängda lastades berget i 200 l fat för siktanalys.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Svällutrymmen : I, II, III (II representerar fritt utslag)
Svällutrymmes-: X, Y
längder

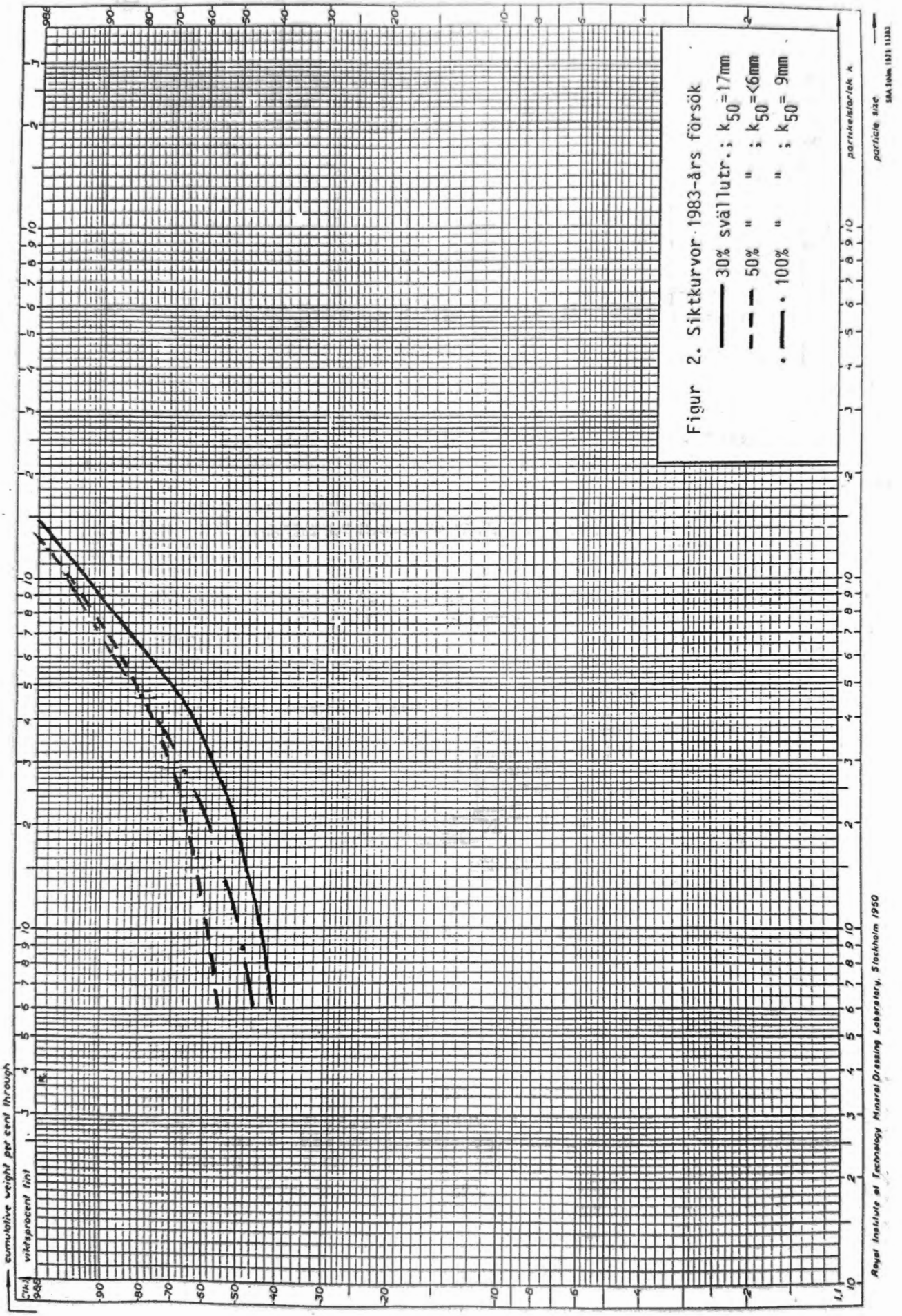


Figur 1. Försöksuppställning.

Materialet siktades i 8 fraktioner, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 12 och 6 mm. I figur 2 visas siktkurvorna för 1983 års försöksserie. Ur denna figur kan k_{50} utläsas.

k_{50} för 30%-pallen = 17 mm
k_{50} för 50%-pallen = <6 mm
k_{50} för 100%-pallen = 9 mm

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare



© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

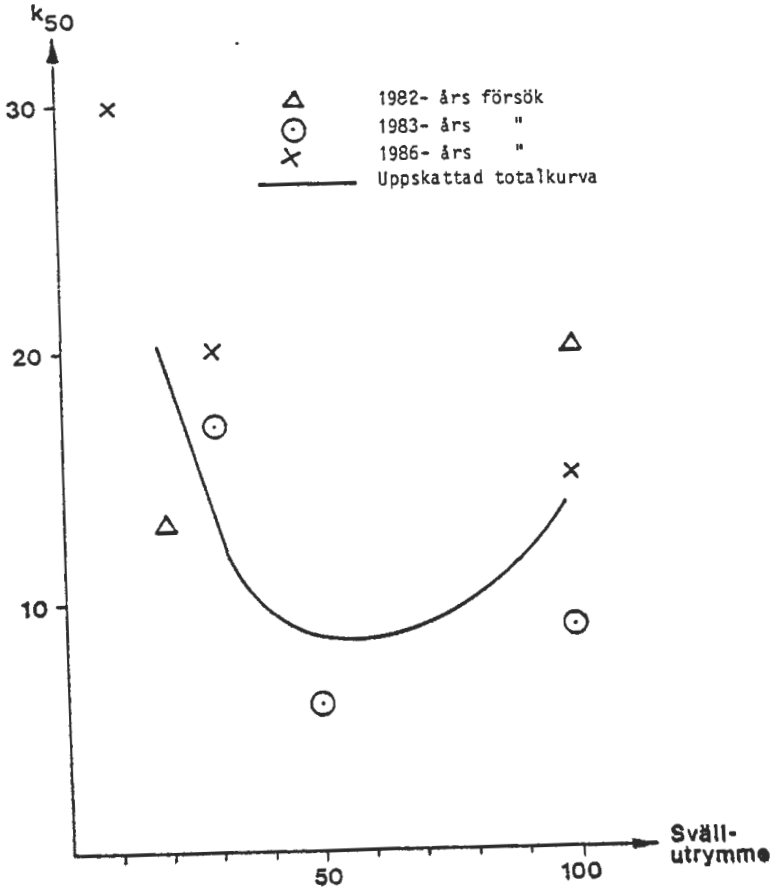
3. SAMMANSTÄLLNING

Resultaten av siktningen, k_{50}, vid de olika försöksserierna har sammanställts nedan.

	k_{50} för svällutrymme				
	10%	20%	30%	50%	100%
1982		13			20
1983			17(<6)*	<6	9
1986	30		20		15

* Troligt värde, finandelen borta vid analysen.

I figur 3 har detta resultat plottats i ett diagram. Antalet resultat per försöksomgång är i minsta laget för att kurvor skall kunna uppritas. Därför har istället en gemensam uppskattad tendens inlagts.



Figur 3. Styckefallet (k_{50}) som funktion av svällutrymmet.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Här framgår det emellertid tydligt att för bästa styckefall erfordras ett begränsat svällutrymme. Kurvan bör antagligen förskjutas ytterligare nedåt då finandelen fattas i 1983-års försök . Ett troligt optimum för fragmenteringen hittar man i området 40-50% svällutrymme. Betydligt fler försök måste dock göras om optimalt svällutrymme exakt skall fastställas. Erforderlig svällvolym varierar dessutom med bergart, kornstorlek och geologisk struktur och kan därför inte generellt bestämmas.

Enligt de sovjetiska försöken, gav ett optimalt svällutrymme på 30% - 40% den bästa fragmenteringen, medan alltså SveDeFo:s försök enligt ovan anger svällutrymme till 40-50%. Sålunda har SveDeFo:s försök nära nog verifierat de sovjetiska försöken. Tendensen är helt klar d v s **styckefallet blir bättre vid sprängning mot lösskjutet berg än vid sprängning mot fritt utslag.**

Generellt för de tre försöksomgångarna gäller att fragmenteringen blir grövre vid sprängning av de främre raderna och från raderna längst bak. Vid sprängning av de främre raderna är svällutrymmet stort, oftast 100%. Däremot har de sista raderna inget eller ett mycket begränsat svällutrymme.

4. DISKUSSION

Vad beror nu förbättringen i fragmentering vid sprängning mot kompakterat berg på, vad innebär den ekonomiskt och hur kan denna teknik praktiskt utnyttjas?

Några av orsakerna till denna förbättring är framförda av de sovjetiska forskarna och kan förklaras som en kombination av ordinarie dragvågssönderdelning, gasens inverkan samt ett kollisionsförlopp. Enligt Langefors-Kihlström /5/ så omvandlas emellertid endast 5-15% av tillförd energi till stötvåg. Minst 2/3 av denna energi försvinner utan att den påverkar sönderbrytningen. Resterande del åtgår då bl a till värme, gastryck och kast. Energin som åtgår till kast är av storleksordningen 15%. Vid sprängning mot lösskjutet berg omvandlas denna rörelseenergi plötsligt till krossningsarbete. Detta resulterar i en förbättrad sönderdelning av berget.

Försök har också utförts med "kollisionssprängning" /5/. Här har olika rader sprängts mot varandra för att sedan kollidera, vilket gav en förbättrad fragmentering. Detta betyder alltså att man nu utnyttjat kastenergin för fragmentering.

Orsaken till en förbättrad fragmentering vid sprängning mot lösskjutna bergmassor beror alltså på att man bättre tillvaratar den vid detonationen frigjorda energin.

Jämför man nu den förbättring som erhålls vid sprängning mot lösskjutet berg med motsvarande förbättring om den specifika laddningen skulle ökas betyder det att den specifika laddningen måste öka med ca 60% för att uppnå en halvering av medelkantlängden /6/. Kostnaden för en sådan höjning av den specifika laddningen är naturligtvis betydande.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Vad kan man då uppnå vid en övergång till magasinerande brytningsmetoder? Några av fördelarna är:

- Styckefallet förbättras
- Det lössprängda berget tjänstgör som stöd för väggar
- Den magasinerande malmen kan verka konjunkturutjämnande
- Lastningen blir mycket effektiv

Dessa fördelar skall övervägas varje gång när brytning med t ex skivpall planeras. Magasinerad brytning kan vara extra intressant för brytning av smala malmer.

För att undvika de nackdelar som geologin ger vid halvskalesprängningar borde slutligen noggranna försök utföras i fullskala för att undersöka effekten av sprängning mot lösskjutna bermassor. Därför har nu planering för fullskaliga prov påbörjats. I Bolidens Kristinebergsgruva kommer under året sprängning mot lösskjutna bergmassor att utföras i samband med gruvans Rillmining brytning. Här kan svällutrymmet lätt varieras. Styckefallet kommer då att bestämmas med hjälp av bildanalys.

5. REFERENSER

1 Imenitov, V.R. Höghållfasta malmer.- Gosgortechnizdar, Moskva, 1961.

2. Pokorovskij, G.I. Fedorov, P.S. Verkan och stötar av explosioner i deformabla medier.- Pormstrojizdat, Moskva, 1967.

3. Imenitov, V.R. Pustovalov, A.I. Om metodik för malmbrytning i kläm.- Gornyj Zjurnal, no 12, 1964.

4. Jarlenfors, J. Sprängningsförsök mot kompakterade bergmassor. Modellförsök i plexiglas.- SveDeFo rapport DS 1980:5, 1980.

5. Langefors, U. Kihlström, B. The Modern Technique of Rock Blasting.- Almqvist och Wiksell, Stockholm, 1967.

6. Ouchterlony, F. Några kommentarer till en fragmenteringsformel.- Kommentarer i samband med en fragmenteringsförstudie i Gruvteknik 2000, 1986.