© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

TRYCKUTSATTA BETONGKONSTRUKTIONERS ANSLUTNING MOT BERG– TEKNISKA LÖSNINGAR.

Sven-Erik Sundström Sycon Teknikkonsult AB
Rolf Ekeroth Nitro Consult AB

1. Inledning

I de fall när man vid kontakt mellan berg och betongkonstruktioner måste ställa höga krav på bergets förmåga att motstå belastningar av stötvågstryck, täthet mot vatten-eller gastryck krävs god anliggning mot berget, minimal skadezon efter sprängning och väl genomtänkta tekniska detaljlösningar för att skapa godtagbara upplagsförhållanden.

Tillämpningar finns bl a i berganläggningar avsedda för försvarsändamål, anläggningar för gas- och oljelagring, vattenkraftverk samt i anläggningar med kärnbränslelagring.

Under senare delen av 90-talet har ett antal skyddade berganläggningar byggts i såväl geografiskt som geologiskt varierande miljöer. Man har i dessa projekt haft möjlighet att utveckla det tekniska utförandet med syfte att uppnå hög kvalité till låg totalkostnad för den färdiga anläggningen. Särskilt viktigt är kravet på utförande i de avsnitt av berganläggningen där återställningskostnaden, d.v.s. kostnaden att ersätta berg med betong, vid misslyckade sprängningsförfaranden blir så höga att merkostnaden för projektet blir oacceptabel.

En av svårigheterna är att bergtekniskt verifiera det slutresultat som skall svara mot ställda krav. Det finns ingen bra metod att värdera kvalitén i bergytor utan man får förlita sig på de vedertagna tabeller som anger skadezon efter användande av olika sprängämnen. Av denna anledning ställs krav på utförande i stället för mer eller mindre omöjlig resultatutvärdering.

Utförandeföreskrifter och anvisningar för skonsam och särskild konturspräng̈ning samt krav på borrningstoleranser är exempel på sådana kvalitetskrav som alltid måste ställas i projekteringsfasen för en berganläggning där höga krav på skydd och säkerhet erfordras.

I detta föredrag redovisas, förutom anläggningstekniska krav, de försök som ligger till grund för de metodbeskrivningar som är avsedda att ingå i tekniska beskrivningar för entreprenadutförandet.

Eftersom de flesta erfarenheterna inom detta område har vunnits vid utbyggnad av total-försvarsanläggningar i berg återfinns i kommande textavsnitt uttryck härstammande från vapenverkanseffekter vilket faller sig naturligt eftersom användningsområdet i huvudsak är försvarspecifikt. I det fall att läsaren upplever detta som tungt ursäktar sig härmed författarna.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Detta föredrag innehåller inga stora förändringar av nuvarande metoder och utföranden men författarna vill med detta inlägg tydliggöra att man genom att formulera krav, anvisa metoder och inte minst genom ett fackmannamässigt utförande visa att man kan uppnå en hög kvalité till låga totala kostnader.

DEL 1

2. Anvisningar avseende utförande av upplagssprängning av för tryckutsatta betongkonstruktioners anslutning mot berg. Generella och särskilda krav. [1]

Allmänt

Bergmotgjutna betongkonstruktioner i tunnelsystems förbindelsetunnlar och i schakt utgör det fysiska skyddet mot verkan av tryck, främst i form av luftstötvåg men även tryckkrafter från gasexplosioner och vatten vilka i princip kan behandlas likvärdigt.

Tunga betongkonstruktioner är pga. sitt verkningssätt beroende av goda upplagsförhållanden och för att upprätthålla den spännvidd som konstruktionen är dimensionerad för krävs stor noggrannhet vid utsprängningsförfarandet av upplag.

Skyddskonstruktioner för upptagande av stora tryckkrafter bör därför placeras med sådan flexibilitet att möjlighet till mindre förflyttningar kan ske efter utsprängning av aktuell tunnel varefter skyddstekniska nödlösningar inte skall behöva tillgripas.

Nedan, för respektive bergmotgjuten skyddskonstruktion, redovisas exempel på de krav som kan användas som förberedelse i bergsprängningsskedet för varje specifik konstruktion.

Förklaringar

Med skyddskonstruktion och skydds- eller tätgräns avses mot berg gjuten betongkonstruktion konstruerad för och avsedd att stoppa och hindra höga tryck, gas eller vatten för vidare passering.
Med tung skyddskonstruktion avses stötvågsbarriär dimensionerad för tryck i intervallet 1,0 – 10 Mpa.

Med stötvågstryck avses trycket från en luftstötvåg orsakad av explosion eller detonation.

Med gastät skyddskonstruktion, i detta avseende, avses bergmotgjuten betong-konstruktion dimensionerad för höga krav på täthet mot inträngande gas i tryckintervallet 0,1 – 0,5 Mpa.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2.1 Betongkonstruktioner placerade i tunnelmynningar.

I tunnelmynningar placeras i regel bergmotgjutna betongförstärkningar. Förstärkningen eller förträngningen innehar flera konstruktiva uppgifter. Dels önskas en så liten öppning som möjligt för att tillgodoräkna en arcaförminskning av insläppande av luftstötvågsbelastning och dels utgör konstruktionen delvis det yttre fysiska skyddet för anläggningens inre delar. Förträngningen utgör en utmärkt bergförstärkningsåtgärd under den, i vissa fall, tunna bergtäckningen och som kompletterande förstärkning av ytberget med dess lägre kvalitet.
Erfarenheten har visat att de bergmassor som sprängs loss av oaktsamhet senare ersätts med mycket kostsamma återställningsarbeten i form av platsanpassade formsatta betongkonstruktioner. En tumregel sett ur kostnadsperspektiv är att återställningsarbetet ofta uppgår till mellan 5-10 ggr mer än att tillämpa varsamhet vid utsprängningen.
På foto nedan redovisas exempel på skonsamt förfarande vid tunnelinslag.

Följande krav och anvisningar kan ställas på bergpartier redovisade under detta avsnitt:

- All förförstärkning skall vara utförd innan påhugg för tunnelmynning påbörjas.
- Vid tunnelinslag skall metod med pilottunnel tillämpas.
- Begränsad indrift skall tillämpas för pilottunnel.
- För borrning av konturhål i väggar, tak samt tunnelbotten gäller borrningstolerans 1.
- Utstrossning av tunnel utförs som skonsam konturspräng ning.
- Upplag i berg för betongkonstruktion utsprängs efter strossning av tunnel.

Foto visande exempel på skonsamt förfarande vid tunnelinslag.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2.2 Bergmotgjutna tunga betongkonstruktioner i tunnelsystem.

De tunnlar i vilka tyngre betongkonstruktioner i ett senare skede skall motgjutas bör ges en sådan längd att handlingsfrihet råder för slutlig god inplacering i förhållande till de geologiska förutsättningarna i respektive tunnel. Lokala förflyttningar av det slutliga läget ger i de flesta fall bättre resultat och en fördelaktigare totalekonomi. Slutligt läge bör därför fixeras först efter det att utsprängningen av pilotorten genomförts. För att efterkommande stötvågsgräns till sitt statiska verkningssätt skall kunna betraktas som en kupol eller en båge bör upplaget ha de egenskaper beträffande hållfasthet, formriktighet och täthet som detta betraktelsesätt kräver. Upplagets läge skall därför väljas inom ett bergparti som möjliggör ett överförande av de koncentrerade tryckkrafterna från konstruktionen till det omgivande bergpartiet. Upplagen skall vidare utföras symmetriska eftersom konstruktionen utsätts för växelbelastningar. Bergpartier, med sådan kvalitet och hållfasthet att de förmår uppta de från konstruktionen överförda belastningarna, skall finnas runt om på båda sidor om den kommande konstruktionen. Hela och plana bergytor skall eftersträvas.

Dessa grundläggande förutsättningar ställer höga krav på överföring av krafter från betongkonstruktionen till berget varför utsprängningen måste styras upp med relevanta krav på resultatet. För att förbättra stabiliteten i berget vid utstrossning av upplag, samt för att förstärka berget vid upptagande av upplagskrafter ställs även krav på utförande. Dimensioneringsanvisningar för tunga betongkonstruktioner kräver i regel oeftergivliga bergupplag varför metoder som förförstärkning i form av injektering och bultning kombinerat med pilotförfarande vid utsprängningen är ofta förekommande krav.

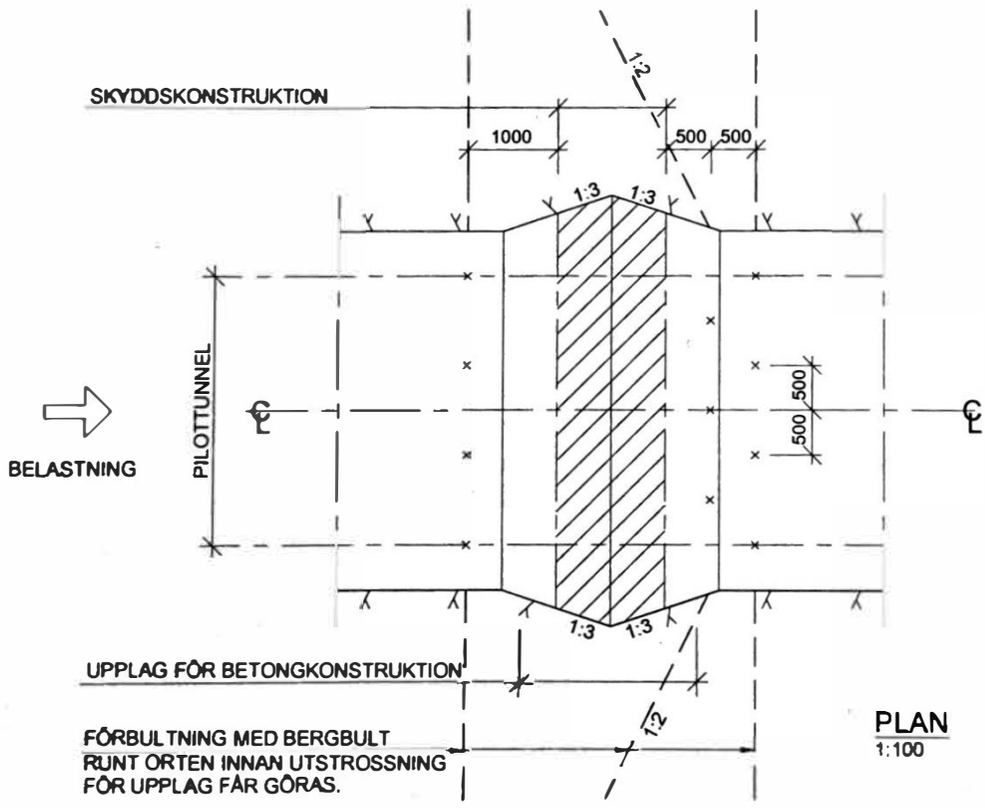
Sammanfattningsvis kan följande krav och anvisningar ställas på viktiga bergpartier redovisade under detta avsnitt:

- Handlingsfrihet för slutlig placering av skyddskonstruktion till bästa möjliga bergförhållande.
- Föreskrifter angående användande av pilotortsförfarande.
- Anpassning av utsprängningsmetoder efter de lokala förhållandena.
- Anvisningar om förförstärkning kring upplagen för att undvika onödiga bergutfall.
- Krav på metoder för utsprängning av själva upplagen samt krav på samtida upptändning i tändplanen.
- Överväganden om vilka sprängmedel som skall tillåtas. Erfarenheten har visat att mycket svaga sprängmedel kombinerat med tät borrning och laddning av vartannat hål ger goda resultat. I princip gäller samma tumregel här som vid mynningsförträngningar nämligen att återställande av bortsprängt berg med armerad platsgjuten betong tenderar att bli ca 8-10 ggr kostsammare.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Följande detaljerade krav och anvisningar kan ställas på utförandemetoder av bergpartier redovisade i detta avsnitt.

- Sprängning av tunnel vid läge för skyddskonstruktioner utförs som skonsam kontursprängning.
- För borrning av konturhål i väggar, tak samt tunnelbotten skall borrningstolerans 1 gälla.
- Ansättning för borrning av konturhål för stross sker på teoretisk konturlinje.
- Bedömd skadezon i tak och väggar begränsas till 0.3m och i tunnelbotten till 0.5m.
- Centrumavstånd mellan konturhål runt om tunneln begränsas till 300 mm.
- Krav på metod med pilottunnelförfarande eller likvärdig metod för tunnelutsprängning vid passage av läge för skyddskonstruktion.
- Undvika placering av bottenladdningar i upplagens bakre sidor.



Figur visande exempel på anvisningar för upplag till skyddskonstruktion som stötvågsgräns. [3]

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

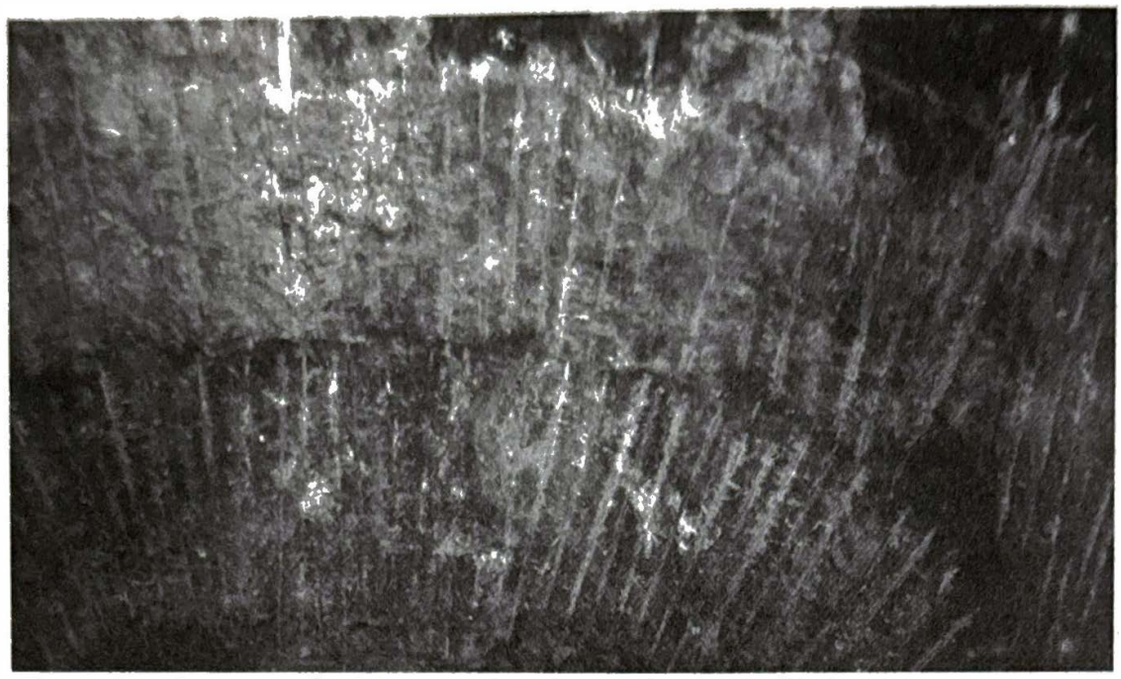


Foto visande exempel på bra resultat för upplag i tak till skyddskonstruktion.

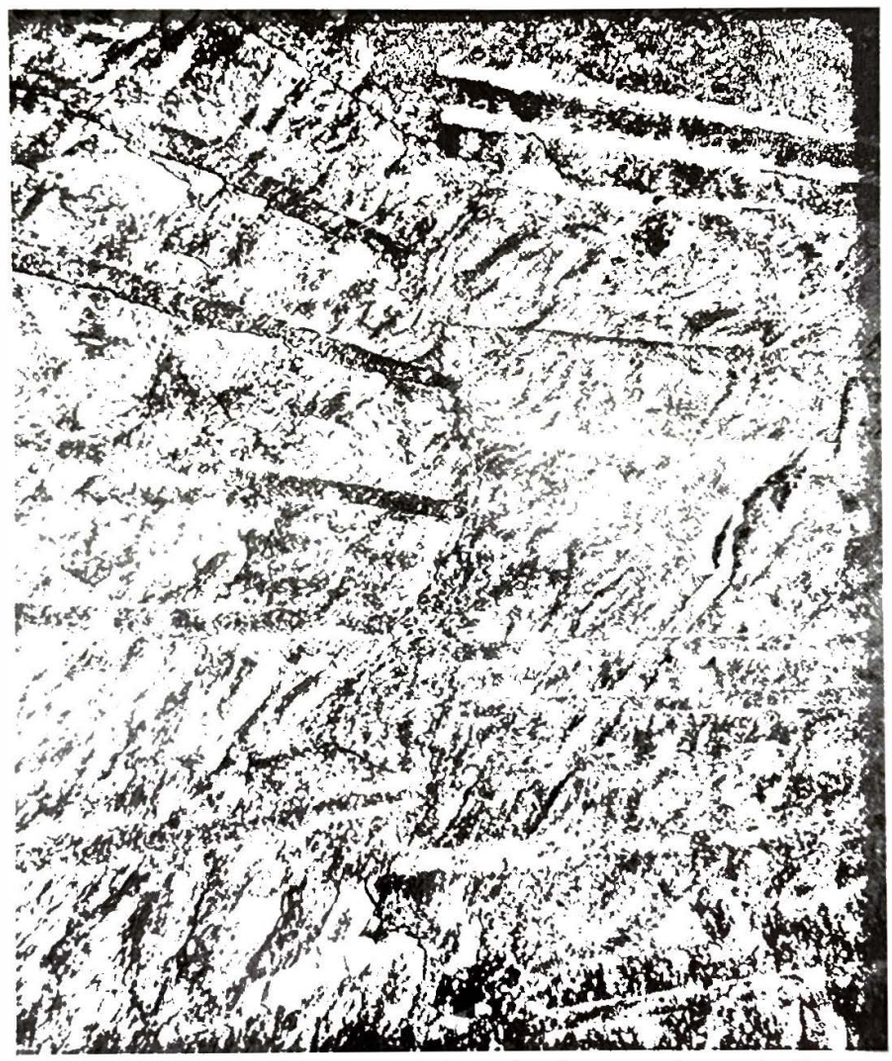
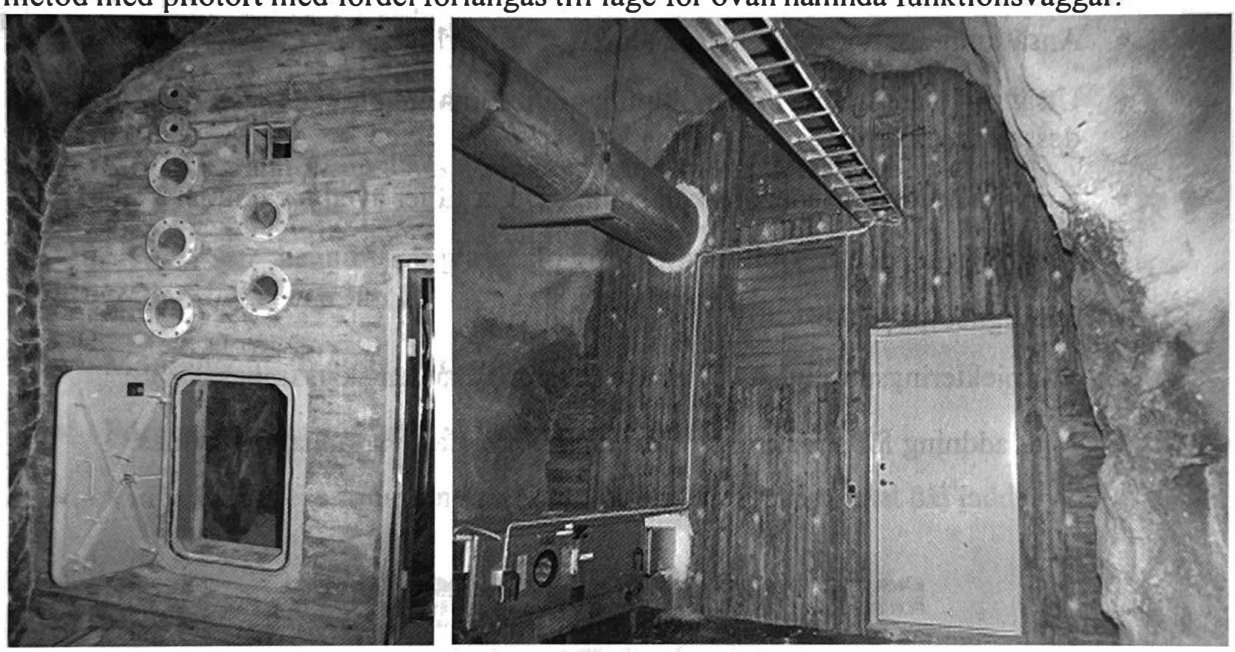


Foto visandeupplag i berg med mycket bra resultat erhållet med anvisningar och metoder enligt ovan. [4].

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2.3 *Övriga bergmotgjutna betongkonstruktioner i tunnelsystem.*

Tät- och läcktrycksväggar (-plattor av platsgjuten betong) har till uppgift att täta det läckage som uppkommer efter belastning av luftstötvåg på skyddskonstruktioner (t ex barriär).
I regel utformas dessa som betongplattor vilka inspänns mot berget med ingjutna bergbultar. De krav som bör ställas i anvisningar för sprängtekniskt utförande är måttoleranser för ansättning i konturer och krav på utförandemetod som säkerställer bedömd skadezonsnivå i närheten av 0.1 m.
Liksom konstruktioner enligt tidigare avsnitt behövs viss flexibilitet med slutlig placering så att bergpartiet inte "läcker" runt om väggen eller att väggens infästning inte erhåller erforderlig stabilitet. Om närhet till framförliggande konstruktion föreligger kan metod med pilotort med fördel förlängas till läge för ovan nämnda funktionsväggar.



Exempel på bergmotgjutna gas- och tätgränser i förbindelsetunnel.

För bergmotgjutna gasgränsväggar i tunnelsystem är det av särskild vikt att motgjutning sker mot oskadat bergparti. Relevanta anvisningar för utsprängning av den del i bergtunnlar där gasgränskonstruktioner senare skall placeras är direkt relaterade till vilket krav på täthet som ställs för slutfunktionen (gasgräns, inklusive bergupplag).
Den erfarenhet som finns på detta område är entydig. Hur tät betongkonstruktionen med sina ingjutningsgods än är så läcker övertrycket ut genom det i den störda konturzonen söndersprängda berget.

För de sprickor som uppstår i berget vid oövertänkta förfaranden kan det, trots kostsamma injekteringsarbeten, vara mycket svårt att återställa tätheten i uppspräckta bergpartier. Om man i stället spränger ut den mycket korta del av tunneln med speciella krav finner man snart att detta är en mycket lönsam väg till ett betydligt bättre resultat. Provningsförfarande visar att tätning till nästan 100 % kan åstadkommas med enkla medel och styrda anvisningar.

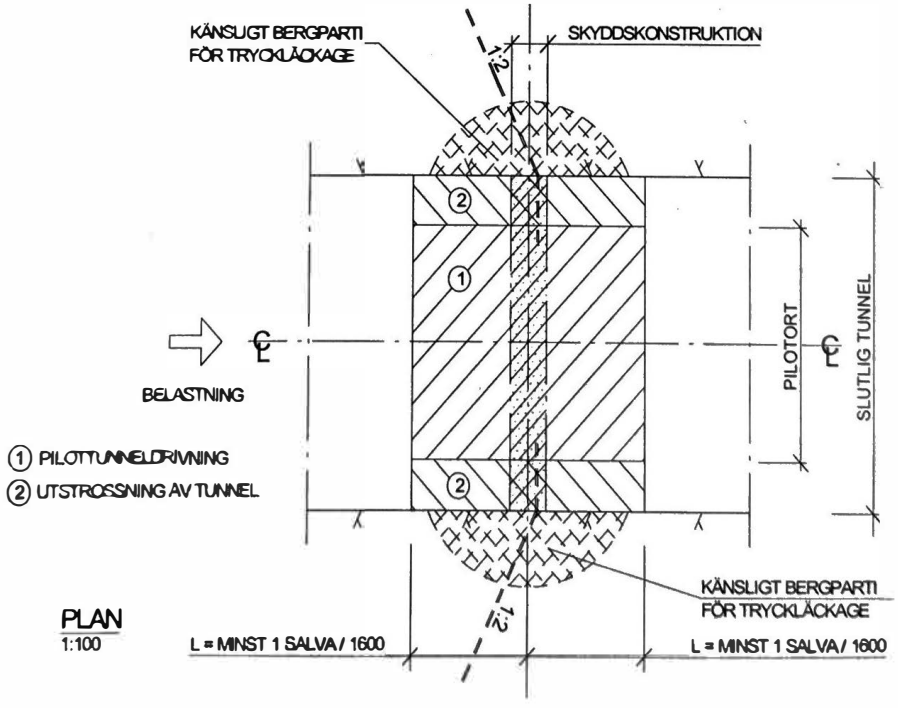
© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

För bergmotgjutna betongkonstruktioner i övrigt kan de föreskrifter och anvisningar som gäller för tätväggar och gasgränser tillämpas för de bergpartier där upplag för bergmotgjutna betongkonstruktioner i form av betongbjälklag och betongväggar skall uppföras.

Det främsta skälet till skonsamt förfarande är undvikandet av "skadat" berg i själva upplagen samt att erfarenheten har visat att konstruktionen alltid blir större än nödvändigt pga bristande krav på utförandet. I praktiken ersätts gott berg med kostsam, ny formsatt armerad, betong vilket sker till en betydlig merkostnad.

Följande anvisningar rekommenderas därför på bergpartier där betongkonstruktioner (plats- och motgjutna) enligt ovan senare skall placeras:

- Ansättning för borrning sker på teoretisk konturlinje.
- Utsättning, ansättning och inriktning bör utföras med hög noggrannhetsnivå i dessa tunnelpartier
- Krav på bedömd skadezon skall ställas. Detta gäller även för bottnar.
- Valmöjlighet och flexibilitet av slutlig placering skall finnas.
- Möjlighet till pilotortsdrivning skall uppfyllas.
- Förinjekteringsmöjlighet vid sämre bergförhållanden skall finnas.
- Vid laddning för strossning av konturer bör endast vartannat hål laddas.



Figur visande exempel på anvisningar för genomförande. [1]

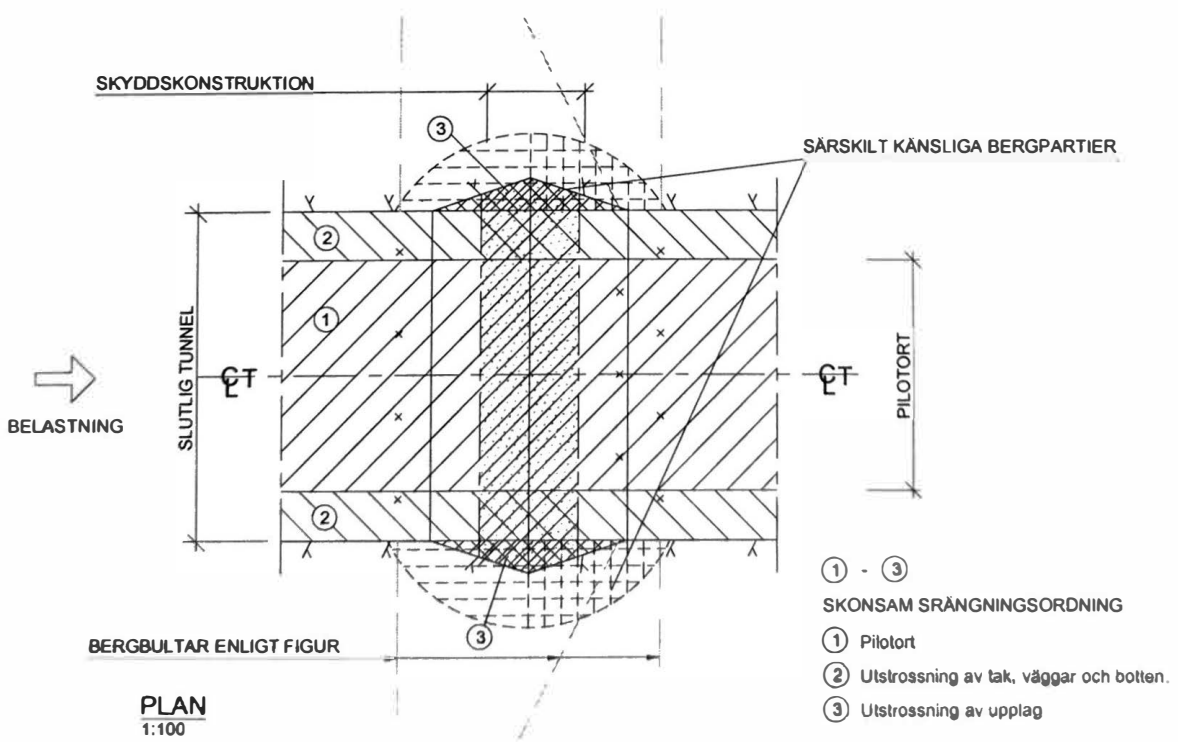
© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2.4 Särskilda krav på skonsamhet med användande av pilot- eller fältort.

Tunnelsprängning med pilotort innebär att först utsprängs en förminskad tunnelsektion (50-60 % av den slutliga arean) och därefter vidgas och utstrossas tunneln till sin slutliga area. Utstrossningen bör helst ske separat och först efter det att det känsliga partiet helt har passerats. Fördelen vid det sistnämnda förfarandet är att man innan slututsprängning kan bestämma läget för upplag och då förbereda lämplig metod. I normala fall tillåts att utförandet av utstrossning till full sektion sker med en indrift efter pilotortsalvan.
Pilotortsförfaranden kan med fördel användas vid inslag, schaktmynningar, tunga stötvågsgränser, i känsliga tunnelkorsningar och där kraven på täthet är höga.

Följande föreskrifter skall därför anges för bergpartier där konstruktioner (plats- och motgjutna) enligt tidigare avsnitt senare skall placeras:

- Begränsning av spännvidder. Minimalt överberg.
- Stor noggrannhet med ansättning och inriktning i dessa tunnelpartier.
- Krav på bedömd skadezon, även för bottnar.
- Valmöjlighet och flexibilitet av slutlig placering bör finnas.
- Möjlighet till pilotortsdrivning.
- Förinjekteringsmöjlighet vid sämre bergförhållanden.
- Vid laddning för strossning av konturer bör endast vartannat hål laddas.



Exempel på anvisningar för pilot-/fältortsdrivning. [1]

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

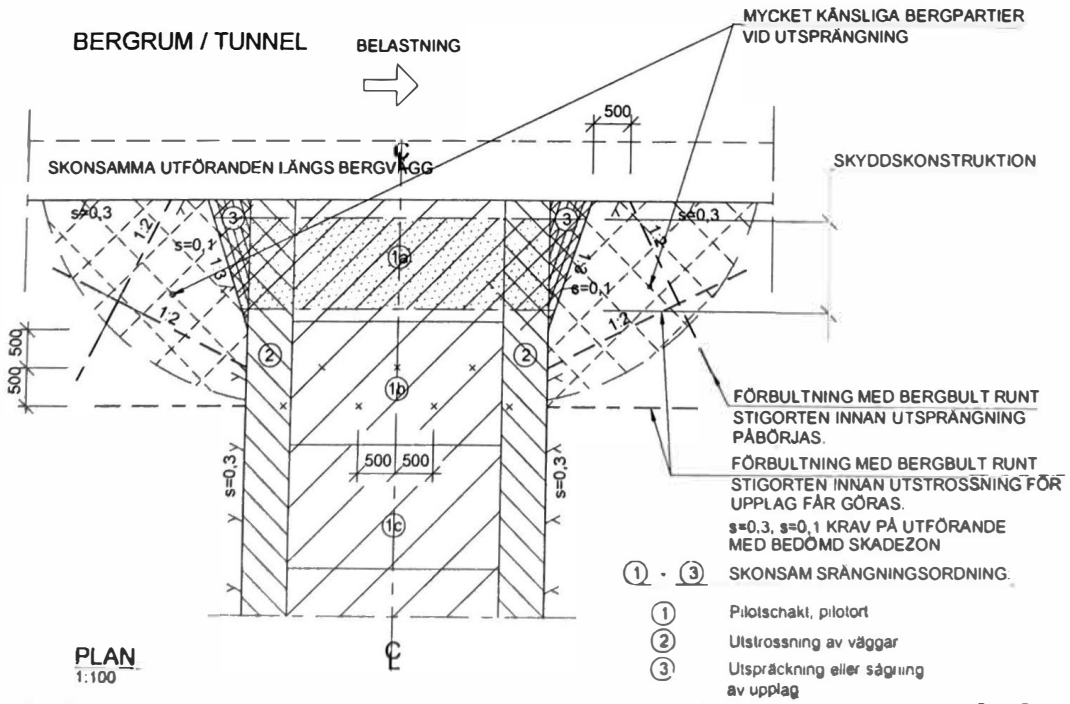
2.5 *Speciella krav för alternativa metoder till bergschakt i tunnlar av upplag för tunga betongkonstruktioner.*

Eftersom ovan redovisade bergpartier är bland de viktigaste i varje skyddad berganläggning kan det i vissa fall vara motiverat att använda alternativa metoder för bergschakt av upplag. Vid nedsatt bergkvalitet och när upplag måste utföras i svaghetszoner kan därför andra metoder än sprängning bli aktuella.

Mera sällsynt men förekommande är luftstötvågsgränser med mycket höga belastningar. I bergförlagda ammunitionskammare, vid kustartilleribatterier och i några andra samman-hang finns god anledning att skärpa kraven ytterligare för att åstadkomma högkvalitativa upplag i berg för tunga skyddskonstruktioner. Bland de på marknaden förekommande metoderna kan nämnas slitsborrning, sågning med diamantklinga alternativt linsågning, vattenjetmetod, jetbränning, Demex-metod med expanderande medel samt bilning.

Följande är exempel på krav och anvisningar som kan ställas på bergpartier där alternativa metoder skall användas för upplag till tunga skyddskonstruktioner:

- Handlingsfrihet för slutlig placering av skyddskonstruktion i bästa möjliga bergförhållande.
- Föreskrifter angående användande av pilotortsförfarande vid passering av läge för upplag.
- Anpassning av schaktmetoder efter de lokala förhållandena.
- Anvisningar om förförstärkning kring upplagen för att undvika onödiga bergutfall.



Exempel på anvisningar för upplag till "side-on" placerad skyddskonstruktion. [1]

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Slutprodukten, i detta fall en stötvågsgräns med snabbstängande ventiler, har underställts de krav som upptagits under kravspecifikation för stötvågsgränser vilket medfört att slutresultaten blivit mycket nära den teoretiska förebilden. Bergupplaget för konstruktionen är oskadat, spännvidden och betongvolymen sammanfaller med den teoretiska samt med ett skickligt utförande har stötvågsgränsen närmat sig det ideala.

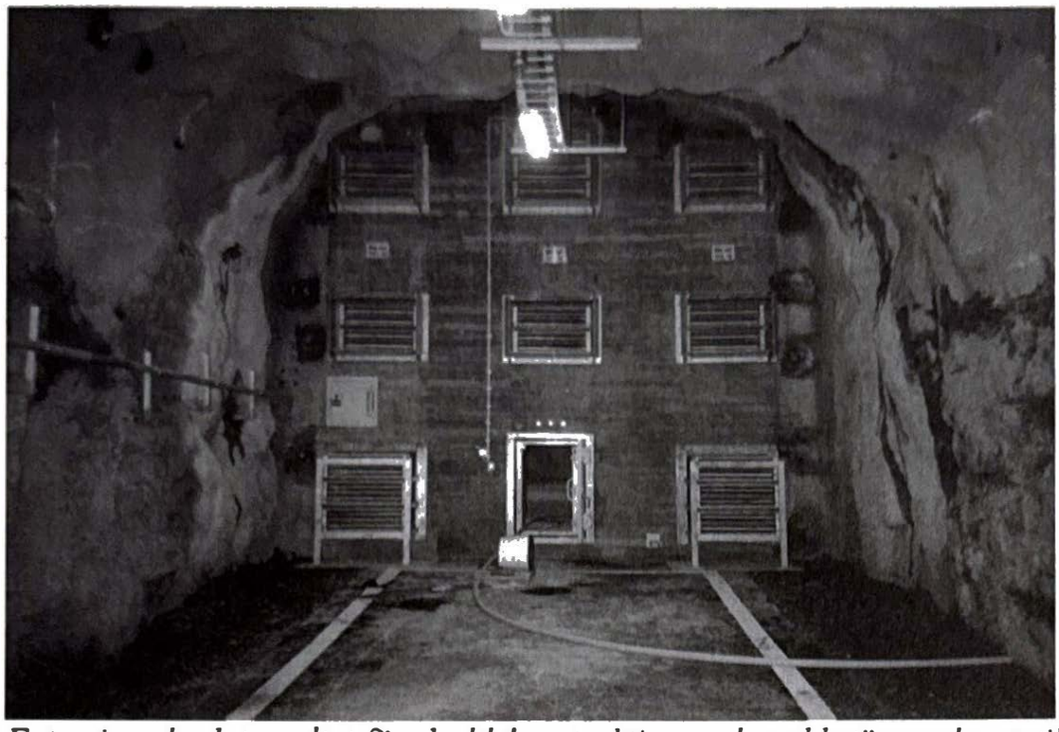


Foto visande slutresultat för skyddskonstruktion med snabbstängande ventiler. (Observera stötvågsgränsens infällning i omgivande berg).

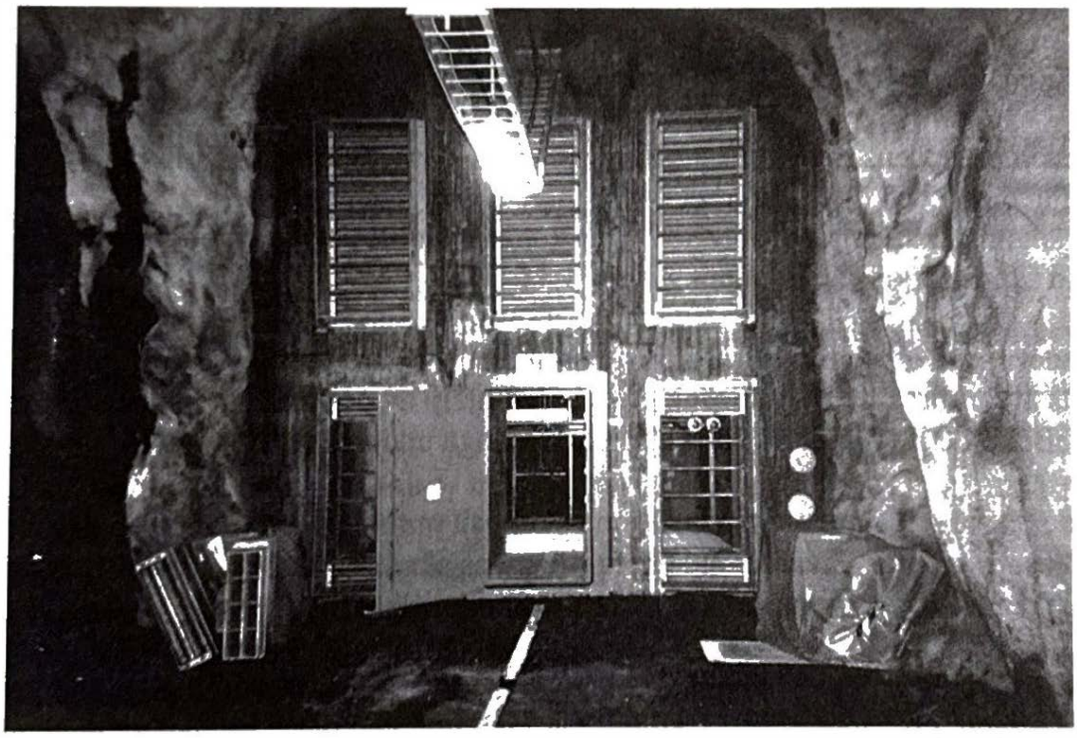


Foto visande slutresultat för skyddskonstruktion med stora ventiler. (4)

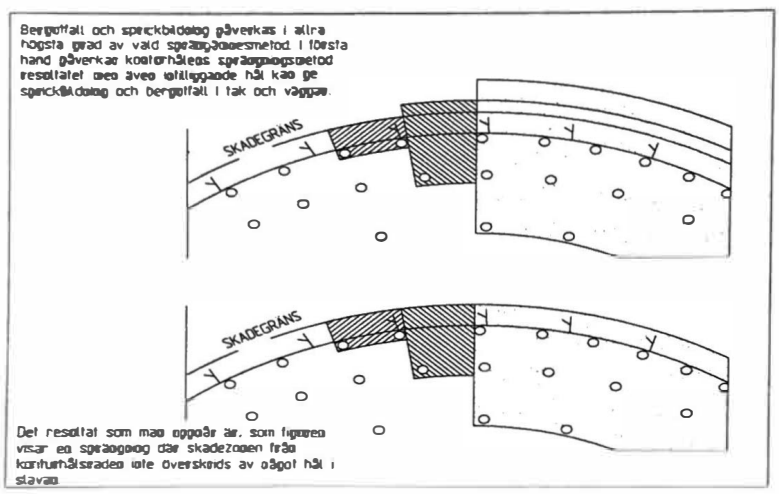
© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

DEL 2

3. Sprängtekniskt utförande

Skonsam kontursprängning är ett begrepp inom bergsprängningstekniken som fått allt större aktualitet beroende på att ett skonsamt berguttag blivit en allt viktigare totalekonomisk faktor vid sprängning såväl över som under mark.

Skonsam kontursprängning innebär att man förutom att ladda borrhålen i konturen med lågbrisanta sprängämnen också dimensionerar laddningarna i innanförliggande hål på sådant sätt att sprickutbredningen från dessa begränsas till den skadezon som uppstår från de låga laddningskoncentrationer som används i konturhålen. Gurit rörladdningar är fortfarande det vanligaste sprängämnet då det ställs höga krav på skonsamhet.



Figuren visar principen för skonsam kontursprängning

Arbetarskyddsfondens projekt nr 77/224 "sprängningsmetod för kontrollerad sprickutbredning och ökad säkerhet under jord" som presenterades vid Bergsprängningskommiténs möte 1979 har kommit att bli vägledande för de krav som ställs vid skonsam kontursprängning.

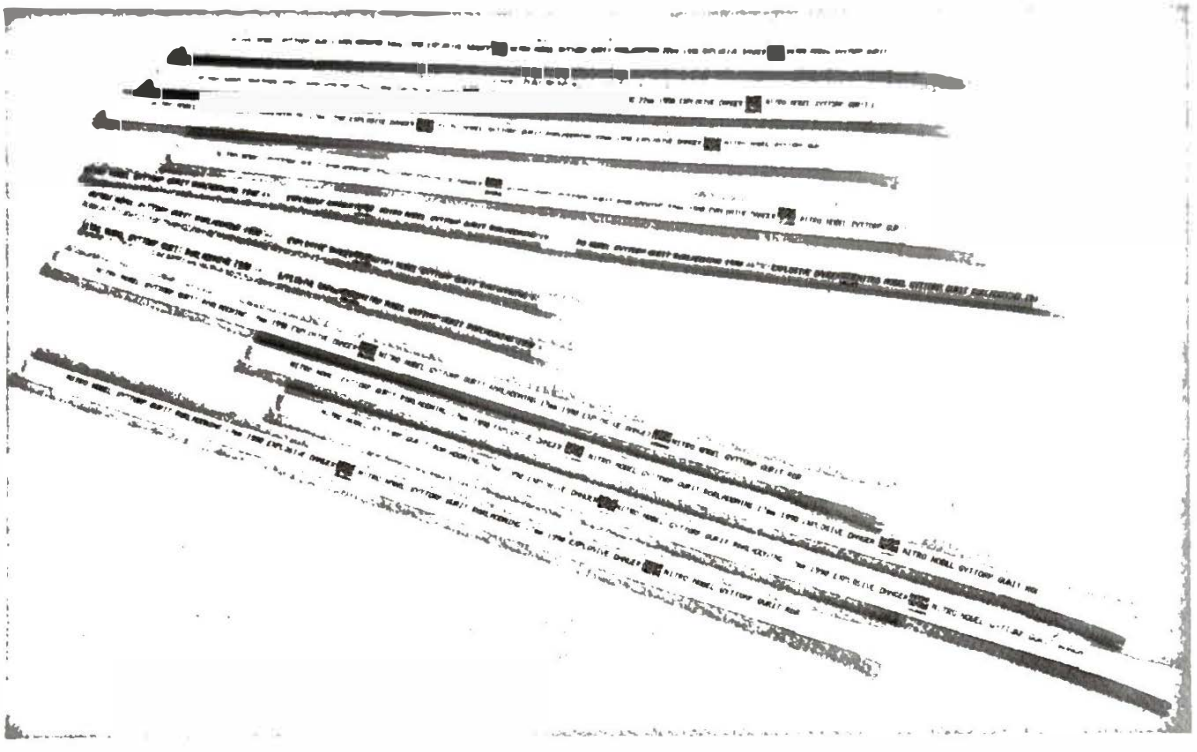
Den skadezonstabell som blev resultat av projektet har därefter kunnat förfinas och utvidgats att omfatta flera sprängämnen bla med hjälp av den sprängtekniska forskning som SveBeFo bedrivit med praktiska försök i Vånga under åren 1993-1996.

Beroende på att det ännu inte finns någon enkel och praktisk metod att mäta den skadezon som uppstår i kvarvarande berg tillämpas skadezonstabeller i praktiskt taget alla projekt där höga krav på skonsam kontursprängning ställs.

Inom SveBeFo pågår försök syftande till att ytterligare kunna förbättra tekniken för skonsam kontursprängning genom lämplig kombination av hålsättning, sprängämne, frikopplingsgrad, tändföljd etc.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Införandet av bla SSE bulkemulsion på marknaden innebär att strängladdad SSE kommer att bli en ny metod för skonsam kontursprängning.
I produktinformation nedan återfinns tekniska data angående Gurit.



GURIT är ett pulverformigt nitroglykolkänsligtgjort specialsprängämne för skonsam sprängning.

GURIT har genom sin komposition låg volymstyrka. Detta möjliggör laddning med låg, noggrant anpassad laddningskoncentration, vilket är en förutsättning för ett bra resultat vid skonsam sprängning.

GURIT - rörladdningar tillverkas i styva plaströr försedda med speciell skarv- och spärrhylsa vilken säkerställer sprängämnets funktion.

GURIT används främst vid slätsprängning av berg där höga krav ställs på slutkonturen samt vid försiktig sprängning där markvibrationsproblem förekommer.

Tekniska data:

Densitet	1000 kg / m3
Energi	3,4 MJ / kg
Gasvolym	930 l / kg
Viktstyrka	- relativt Dx 80%
Detonationshastighet	2000 m / s
Vattenresistens	Mindre bra

Produktkatalog NitroNobel

Gurit är exempel på ett sprängämne väl lämpligt för skonsam kontursprängning.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3.1 Borrningstoleranser

Där det ur konstruktionssynpunkt ställs mycket höga krav på det kvarvarande bergets kvalité är det förutom den skonsamma kontursprängningen av största vikt att motsvarande krav ställs på borrningen.

För att uppnå skonsamhetskravet skall borrningen uppfylla krav minst motsvarande borrningstolerans 1, Mark AMA 83.

3.2 Metoder för skonsam konturspräng ning

3.2.1 Allmänt

I samband med byggandet av ett antal skyddade berganläggningar har SYCON (tidigare Fort F) och Nitro Consult ingått i en projektgrupp där vi bl.a. gemensamt svarat för Teknisk beskrivning, bergschakt.

Genom att vi i flera fall även ingått i byggledning s- och kontrollorganisationen under utförandeskedet har vi också haft en unik möjlighet till erfarenhetsåterföring.

Detta har resulterat i att man redan i ett nästkommande projekt kunnat upprätta anvisningar och metodbeskrivningar syftande till att ytterligare förbättra det sprängtekniska utförandet där höga krav ställs på det kvarvarande bergets kvalité.

Vid sprängning för en berganläggning i Västra Sverige har vi också kunnat utföra testsprängningar i de avsnitt där de största kraven på högkvalitativa upplag för betongkonstruktioner ställts.

Resultatet av dessa prov tillämpas under avsnittet *Bergschakt för utsprängning av upplag för stötvågsbarriärer.*

3.2.2 Skonsamhetskrav

Här beskrivs metoder för skonsam kontursprängning inom olika avsnitt av en berganläggning. Kraven varieras beroende på berganläggningens funktion. För skyddade anläggningar kan kraven på skonsamhet variera med hänsyn till om tunnlar och schakt ligger utanför eller innanför den skyddade delen eller om en tunnel endast skall användas som transporttunnel under byggtiden.

Baserat på erfarenheter från ovanstående skyddade anläggningar men även från andra projekt såsom väg- och järnvägstunnlar, mediatunnlar etc. tillämpas oftast tre skadezonsnivåer då det gäller väggar och tak i bergrum. Dessa krav gäller även skärningar och tunnelpåslag ovan mark.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3.3. *Beräknat skadezonsdjup med hänsyn till vald laddningskoncentration*

Skadezon m	Laddningskoncentration kg/m rel. Dynamit
0,1	0,08
0,3	0,17
0,5	0,40

På motsvarande sätt tillämpas följande skadezonsnivåer för skonsam sprängning mot tunnel- och bergrumsbottnar

Skadezon m	Laddningskoncentration kg/m rel. Dynamit
0,5	0,40
1,0	0,70
1,3	0,90
1,6	1,20

Man bör undvika att ställa sprängtekniska krav som inte kan motiveras av tekniska, säkerhets- eller kostnadsmässiga skäl.

Vid krav på förinjektering och där inga läckage tillåts bör skadezonen mot botten begränsas till max 1,0 meter eller mindre. Där viss grundvatteninläckning kan tillåtas kan skadezonsdjup av storleksordningen 1,3 –1,5 meter vara acceptabelt.

För väggar och tak i tunnlar och bergrum bör skadezonen begränsas till 0,3 m med hänsyn till bla säkerhet och framtida underhåll. Vid motgjutna betongkonstruktioner där stora krav ställs på ett berg fritt från skador från sprängning, exvis vid skyddsbarriärer, gastäta väggar etc, bör skadezonen begränsas till 0,1 m.

Som framgår kan det bli aktuellt med flera olika skonsamhetskrav i en berganläggning. Detta föredrag begränsas dock till att ge några exempel från avsnitt av en berganläggning där särskilda krav ställs på det sprängtekniska utförandet.

Nedanstående skadezonstabell tillämpas vid val av lämplig laddningskoncentration för ställda skonsamhetskrav.

I vissa fall kan det även bli aktuellt att använda alternativa metoder för att ta ut bergupplag exvis genom slitsborrning eller sågning.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3.4 Bedömd skadezon och typ av vanligt förekommande sprängämnen

Likvärdiga sprängämnen får användas efter att dessa delgivits beställaren och inplacerats i nedanstående tabell.

Angiven skadezon gäller vid 45 mm borrhålsdiameter.

Sprängämne	Dimension	Laddningskonc. i kg Dx/m	Skadezonens djup i m	Typ
Gurit	11 mm	0,08	0,1	NG
Gurit	17 mm	0,17	0,3	NG
Gurit	22 mm	0,30	0,4	NG
Cord 40 gr 1)	9 mm	-	0,2	PE
Cord 80 gr 1)	12 mm	-	0,3	PE
Dynamex	25 mm	0,7	1,1	NG
Gelatine Donarit	25 mm	0,7	1,1	NG
Dynamex	29 mm	0,9	1,3	NG
Gelatine Donarit	29 mm	0,9	1,3	NG
Kimulux 42	22 mm	0,28	0,5	EM
Emulite 100	22 mm	0,28	0,5	EM
Emulite 100	25 mm	0,40	0,8	EM
Kimulux 42	29 mm	0,54	1,1	EM
Emulite 100	29 mm	0,54	1,1	EM
Kimulux 42	32 mm	0,67	1,2	EM
Emulite 100	32 mm	0,67	1,2	EM
Emulite 150	25 mm	0,52	1,0	EM
Kimulux 82	29 mm	0,70	1,2	EM
Emulite 150	29 mm	0,70	1,2	EM
Kimulux 82	32 mm	0,86	1,3	EM
Emulite 150	32 mm	0,86	1,3	EM
Bulkemulsion Kimit		0,3-1,8	0,4-2,0	EM
SSE Bulkemulsion		0,3-1,8	0,4-2,0	EM

Typ EM = emulsionssprängämne
NG = nitroglykolbaserat sprängämne
AN = ammoniumnitratbaserat sprängämne, typ ANFO
PE = pentylbaserat sprängämne 1)

1) Vid användning av Cord (detonerande stubin) som innehåller oflegmatiserat pentylpulver skall känsligheten för friktion och slag beaktas, se leverantörens råd och rekommendationer.

Här lämnas några exempel på tekniska beskrivningar från de senast utförda berganläggningarna:

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3.5 *Bergschakt för tunnelinslag med pilottunneldrift*

Allmänt:

- Förförstärkning skall utföras enligt beställarens anvisningar. Omfattning bestäms efter utförd bergbesiktning

Borrning:

- Vid borrning får maximalt 45 mm håldiameter användas.
- För borrning av slutliga konturhål och hjälpare närmast dessa gäller borrningstolerans 1, tabell B6/1, Mark AMA 83.
- Hjälparhål borras parallellt med konturhålen.
- Centrumavståndet mellan konturhål i väggar och tak skall vara max 300 mm på den sträcka där pilottunneldrift tillämpas. Vartannat konturhål laddas.

Sprängning:

- Sprängning utförs med pilottunnel på en sträcka av minst 5 m. Salvlängden begränsas till 2,0 m.
- Vid öppning av tunneln skall den första pilottunnelomgången sprängas i flera omgångar, (kil, uppskjutning och stross) med hänsyn till såväl risken för kast som ökad risk för skador på berg utanför avsedd slutkontur.
- Vägg- och takkonturer sprängs separat.
- Pilottunnelns laddningar dimensioneras så att skadezonen från dessa inte går längre ut än skadezonen från laddningarna i de slutliga konturhålen.
- Kontursprängning i väggar och tak utförs så att den bedömda skadezonen anses gå max 0,3 meter utanför konturhålen.
- Bottenladdning i konturhålen vid sprängning av vägg- och takkontur får ha en styrka motsvarande max 0,15 kg Dx. Pipladdningen skall vara 17 mm Gurit eller motsvarande.
- Hörnhål mellan vägg och botten skall räknas och laddas som vägghål. Bottenhål och hjälparhål nära hörnhål skall laddas mht till kontursprängningskraven för vägg.
- Kontursprängning i botten utförs så att den bedömda skadezonen anses gå max 1,3 meter utanför bottenkonturhålen. Såväl bottenladdning som pipladdning i bottenkonturhål får ha maximal laddningskoncentration motsvarande ca 0,90 kg Dx/m.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3.6 *Bergschakt med pilottunneldrivning vid tunnelkorsningar*

Allmänt:

- Tunnelavsnitt där pilottunneldrivning skall utföras framgår av ritning.
- Förförstärkning av blivande hörn framgår av ritning.

Borrning:

- Vid borrning får maximalt 45 mm håldiameter användas.
- För borrning gäller borrningstolerans 1, tabell B6/1, Mark AMA 83.
- Centrumavståndet mellan konturhål skall vara högst 600 mm.

Sprängning:

- Pilottunneldrivning skall utföras på en sträcka av minst 8 meter.
- Vid pilottunneldrift begränsas salvdjupet till ca 2 meter.
- Vägg- och takkonturer sprängs separat.
- Pilottunnelns laddningar dimensioneras så att skadezonen från dessa inte går längre ut än skadezonen från laddningarna i de slutliga konturhålen.
- Kontursprängning i väggar och tak utförs så att den bedömda skadezonen anses gå max 0,3 meter utanför konturhålen.
- Konturhålens bottenladdning vid sprängning av vägg- och takkonturer får ha en styrka motsvarande max 0,15 kg Dx. Pipladdningen skall vara 17 mm Gurit eller motsvarande.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

3.7 *Bergschakt för utsprängning av upplag för stötvågsbarriärer*

Allmänt:

- Slutlig placering av upplag för skyddskonstruktion avgörs av bergsakkunnig och skyddskonstruktör efter att geologisk kartering utförts i pilottunnel.

- Med hänsyn till att borrhålens ansättning, inriktning och djup i förhållande till närliggande och motstående hål är av största betydelse för att skapa bra upplag skall varje enskilt borrhål utsättas med sådan noggrannhet att avvikelsen vid påhugg blir maximalt 20 mm.

Borrning:

- Vid borrning får maximalt 45 mm borrhålsdiameter användas. Sprängtekniskt är en klenare håldiameter att föredra.

- Centrumavståndet mellan konturhålen skall vara max 200 mm.

- Borrhålen skall vara parallella. Dock får avvikelsen uppgå till max 20 mm/meter borrhål.

- Vid krökta ytor, såsom i anfang och tak, skall hålavståndet anpassas på så sätt att centrumavståndet vid borrhålsbotten ej överstiger 300 mm.

Laddning:

- Bottenladdning i alla konturhål (tak, väggar, botten) får ha en styrka motsvarande max 0,05 kg Dx. Utförda försök med alternativa metoder för sprängning av upplag visar att man oftast kan utesluta bottenladdningen.

- Pipladdningen skall vara 11 mm Gurit eller motsvarande som placeras centriskt i borrhålet med hjälp av lämpliga distansringar. Metoden ger en god frikopplingsgrad (0,24 vid 45 mm håldiameter) mellan sprängämnet och borrhålet vilket är av stor betydelse för att minimera skador i kvarstående berg. Vid 45 mm borrhål blir detonationsstabiliteten säkrare med 5 gr E-cord.

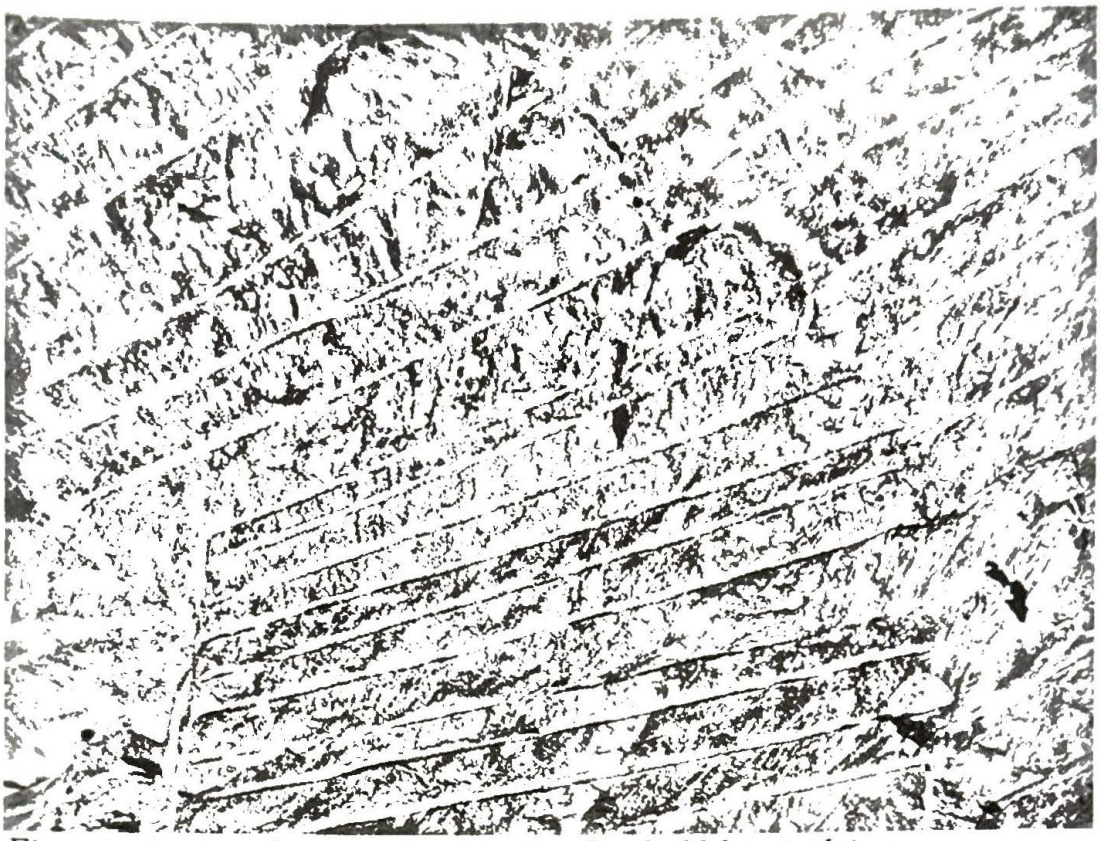
Anm. I konturhål för upplag kan detonerande stubin, 20 g/m, användas som alternativ till pipladdningen av 11 mm Gurit eller motsvarande.

Laddning och tändning:

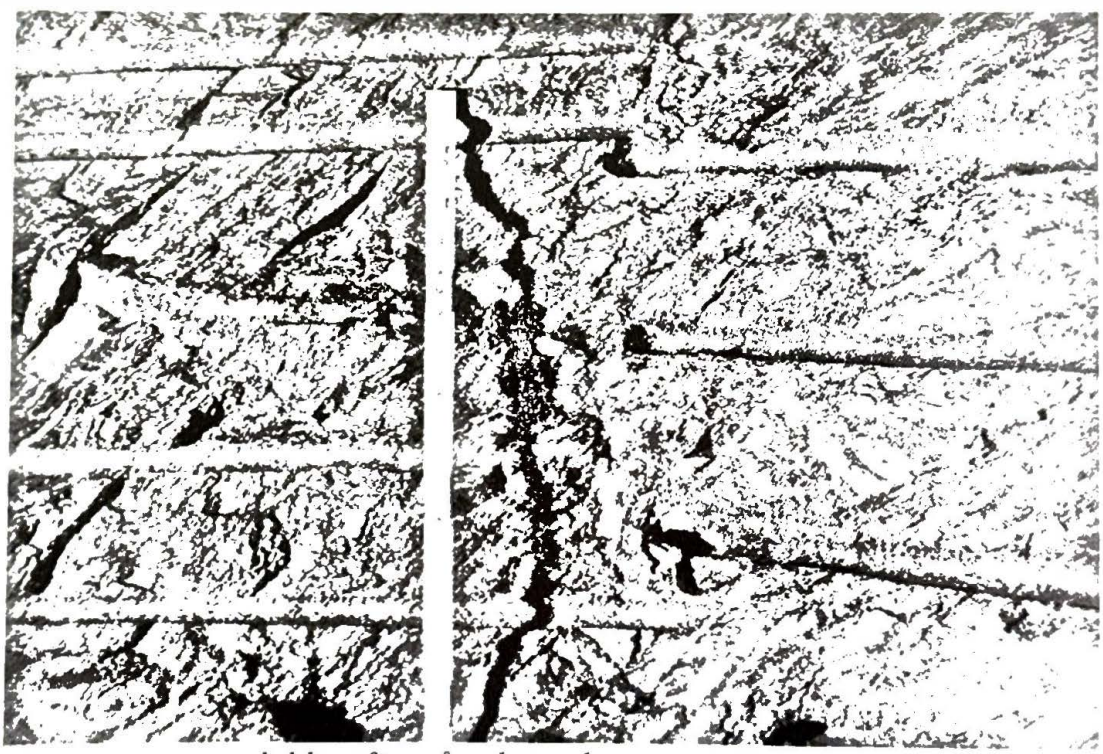
- Laddningarna i varandra motstående konturhål skall detonera samtidigt.

- Initiering skall ske med 5 grams E-cord. Antalet hål som kan tillåtas detonera momentant bestäms med hänsyn till eventuella vibrationsrestriktioner.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

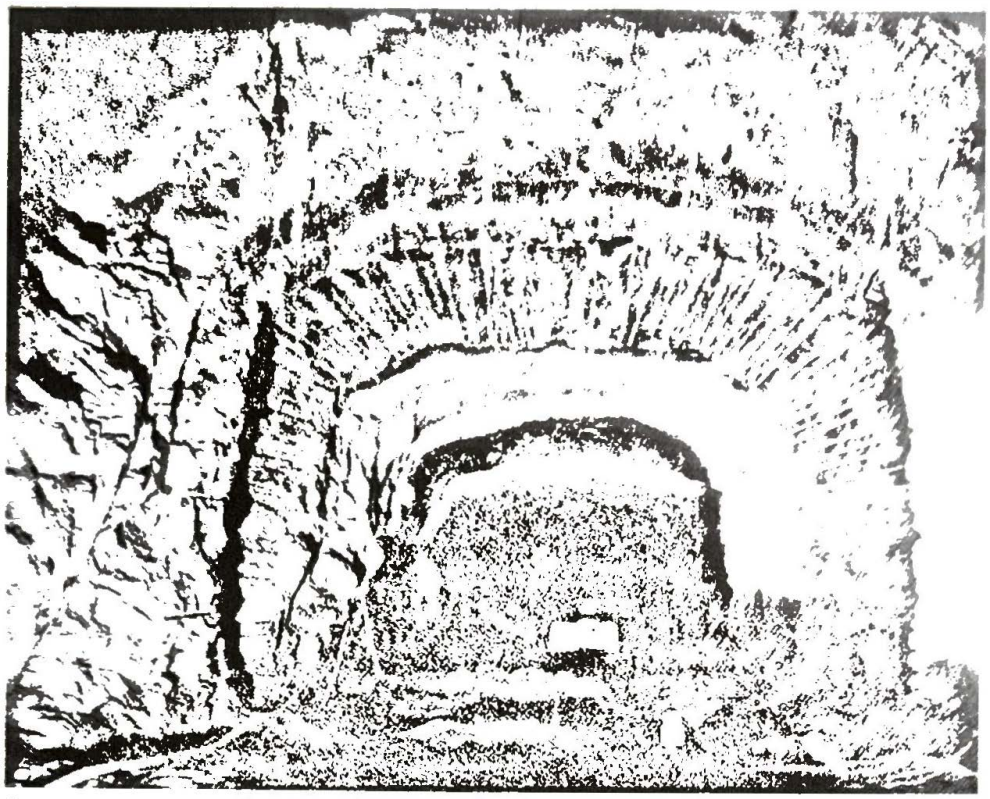


Figuren visar resultatet av utsprängning för skyddskonstruktion.
Lägg märke till resultatet av noggrann utsättning och borrning.



Figuren visar närbild av föregående upplag

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figuren visar ett bra resultat av utförda provsprängningar

4. Avslutning – sammanfattning

I samband med sprängning för vägskärningar, väg- och järnvägstunnlar och olika slag av berganläggningar har begreppet skonsam kontursprängning fått allt större betydelse såväl ur teknisk som totalekonomisk synpunkt.

Om man gör en historisk tillbakablick 25 år eller mer, då de flesta mindre tunnlar drevs med handhållen utrustning eller lätta borriggar med håldiametrar av storleksordningen 27 – 32 mm, erhölls också skonsam sprängning mot tunnelkonturen. Den skonsamma sprängningen fick man så att säga på köpet.

De klena konturhålen var mycket lämpliga för Gurit 11 och 17 mm rörladdningar. Risken för detonationsavbrott var liten.

Hjälparhål och strosshål nära konturen laddades med rörladdningar eller ANFO med laddningskoncentrationer som på sin höjd åstadkom skadezoner omkring 0,5 – 1 m.

I dag har man oftast tung borrutrustning som kräver 48 – 51 mm håldiameter vilket ger stora laddningskoncentrationer vid laddning med olika slag av bulksprängämnen.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SSE i kombination med Dyno Nobels strängladdningsmetod som i dag används vid flera stora projekt såsom Södra Länken, Kringenprojektet i Göteborg, Botniabanan etc. har visat sig ha många fördelar. Det fordras dock ytterligare anpassning till skonsamhetskraven för att klara skadezoner mindre än 0,3 m då det gäller laddning av konturhål.

Referenser

Del 1:

[1] Handbok bergbyggnad avseende skyddade berganläggningar.
Försvarsmakten HKV

[2] Fortifikationshandbok, FortH 1 och FortH 2.
Försvarsmakten ÖB

[3] Konstruktionsanvisningar för skyddsbarriärer
FortF / Befästningsavdelningens Konstruktionsbyrå, Bk publ nr 35, 1972.

[4] Provningsförfarande vid utförande av berganläggningar.
NitroConsult AB / Siab Anläggning AB Södra Regionen.