

Berguttag i TASS-tunneln

Delresultat t o m september 2008

Jan Malmtorp, JLM Tunnelkonsult

Christer Andersson, Rickard Karlzén
Svensk Kärnbränslehantering AB

Oktober 2009

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co

Box 250, SE-101 24 Stockholm
Phone +46 8 459 84 00



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-08-122

Berguttag i TASS-tunneln

Delresultat t o m september 2008

Jan Malmtorp, JLM Tunnelkonsult

Christer Andersson, Rickard Karlzén
Svensk Kärnbränslehantering AB

Oktober 2009

Förord

Inför byggandet av slutförvaret för använt kärnbränsle är det av avgörande betydelse för SKB att kunna visa att det vid bergschakt är möjligt att uppnå en jämn kontur med minimal utbredning av den från sprängningen skadade zonen i det kvarstående berget. Denna rapport avser resultat och det förbättringsarbete som gjorts i samband med bergschakterna inom ramen för fintättningsprojektet. Fintättningsprojektet innebär att en kortare tunnel, TASS-tunneln med tvärsnitt ungefär lika en deponeringstunnel, byggs på 450 m djup i Äspölaboratoriet med huvudsyftet att visa att det är möjligt att uppnå de täthetsresultat som krävs under de förutsättningar och restriktioner som förutses för slutförvaret.

Denna rapport utgör redovisning från ett pågående projekt och utgör en begärd delredovisning till Berglinjen. Berglinjen utgör i sin tur en del av underlaget till den säkerhetsredovisning som SKB gör inför ansökan att få uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle. Den innehåller de fältdata som erhållits i projektet fram till och med september 2008. De diskussioner och slutsatser som redovisas i föreliggande rapport bygger på denna delmängd av data. Slutrapporten från uttaget av TASS-tunneln kommer att omfatta hela projektet. Projektet förbehåller sig rätten att utgående från den totala mängden data som projektet då producerat, dra andra slutsatser.

Projektledare är Martin Bergström, Tyréns, Göteborg, delprojektledare för berguttag är Christer Andersson, SKB, delprojektledare bygg och ansvarig för kontakter med entreprenören Bergteamet är Rickard Karlzén. Ett särskilt tack riktas till Stellan Arvidsson, Daniel Lignell och Björn Stjärnström, Bergteamet AB; Leif Harefjord Bergsäker AB, Mats Olsson, Swebrec/LTU; Anders Andersson och Patrik Norén, Orica AB samt Riitta Lehmusjärvi, Posiva OY för deras insatser vid berguttagen och sammanställningen av den dokumentation som ligger till grund för denna rapport.

Stockholm i november 2008

Ann Emmelin

Innehåll

1	Sammanfattning	9
1.1	Kontur och skadezon	9
1.2	Borrning och sprängning	9
1.3	Kvalitetsarbete för ständiga förbättringar	10
1.4	Ledning, organisation och styrning	10
2	Inledning	11
2.1	Bakgrund	11
2.2	Syfte med delprojekten	11
2.3	Omfattning	12
2.4	Avgränsningar	12
3	Processmodell och rapportdisposition	13
3.1	Processmodell	13
3.2	Rapportdisposition	16
4	Förutsättningar för drivningsarbetena	17
4.1	Drivningsförhållandena	17
4.2	Projektsamordningen	19
4.3	Resurserna och deras styrning	19
4.3.1	Upphandling	20
4.3.2	Uppstart	22
4.3.3	Genomförande	22
4.3.4	Personal och borrarutrustning	24
5	Krav och planerade arbeten	25
5.1	Orientering	25
5.2	Krav på resultat och utförande	25
5.2.1	Geometriska krav från återfyllnadslinjen	26
5.2.2	Kontur och skadezon	26
5.2.3	Detaljkrav på utförande	27
5.2.4	Vibrationskrav från Äspöanläggningen	27
5.3	Grundplaner för borrning och laddning	28
5.3.1	Borrplan	28
5.3.2	Ladd- och tändplan	28
5.4	Planerat genomförande	31
5.4.1	Strategi berggutttag TASS	31
5.4.2	Berggutttag 1 och 2	32
5.4.3	Berggutttag 3–7	33
5.5	Använda metoder	35
5.5.1	Styrning av salvborrhålens längder	35
5.5.2	Okulär bedömning av kvarstående borrarpor	35
5.5.3	Skannade borrarporors lägen	36
5.6	Osäkerheter och felkällor	38
6	Utförande och delresultat, Berggutttag 1	41
6.1	Översikt	41
6.2	Planerat	41
6.2.1	Förutsättningar	41
6.2.2	Borrning	42
6.2.3	Laddning, initiering och sprängning	43
6.2.4	Datainsamling	43
6.3	Genomfört	43
6.3.1	Förutsättningar	43
6.3.2	Borrning	43
6.3.3	Laddning, initiering och sprängning	44
6.3.4	Datainsamling	44

6.4	Delresultat	44
6.4.1	Geometriska förhållanden	44
6.4.2	Kontur och skadezon	45
6.4.3	Detaljutförande	45
6.5	Erfarenheter och beslut	46
7	Utförande och delresultat, Berguttag 2	47
7.1	Översikt	47
7.2	Planerat	48
7.2.1	Förutsättningar	48
7.2.2	Borring	48
7.2.3	Laddning, initiering och sprängning	48
7.2.4	Datainsamling	49
7.3	Genomfört	49
7.3.1	Förutsättningar	49
7.3.2	Borring	49
7.3.3	Laddning, initiering och sprängning	50
7.3.4	Datainsamling	50
7.4	Delresultat	51
7.4.1	Geometriska förhållanden	51
7.4.2	Kontur och skadezon	51
7.4.3	Detaljutförande	51
7.5	Erfarenheter och beslut	52
8	Utförande och delresultat, Berguttag 3	53
8.1	Översikt	53
8.2	Planerat	53
8.2.1	Förutsättningar	53
8.2.2	Borring	53
8.2.3	Laddning, initiering och sprängning	54
8.2.4	Datainsamling	55
8.3	Genomfört	55
8.3.1	Förutsättningar	55
8.3.2	Borring	55
8.3.3	Laddning, initiering och sprängning	56
8.3.4	Datainsamling	58
8.4	Delresultat	59
8.4.1	Geometriska förhållanden	59
8.4.2	Kontur och skadezon	59
8.4.3	Detaljutförande	60
8.5	Erfarenheter och beslut	60
9	Utförande och delresultat, Berguttag 4	63
9.1	Översikt	63
9.2	Planerat	63
9.2.1	Förutsättningar	63
9.2.2	Borring	63
9.2.3	Laddning, initiering och sprängning	64
9.2.4	Datainsamling	65
9.2.5	Åtgärder vid fel i salva	66
9.3	Genomfört	66
9.3.1	Förutsättningar	66
9.3.2	Borring	66
9.3.3	Laddning, initiering och sprängning	68
9.3.4	Datainsamling	69
9.4	Delresultat	69
9.4.1	Geometriska förhållanden	69
9.4.2	Kontur och skadezon	70
9.4.3	Detaljutförande	71
9.4.4	Erfarenheter och beslut	71

10	Resultat och diskussion	75
10.1	Översikt	75
10.2	Övergripande variationer	75
10.2.1	Förändrad kravbild	76
10.2.2	Drivningsförutsättningarna	77
10.2.3	Resursstyrningen	78
10.3	Variationer i utförandet	80
10.3.1	Planerade variationer	81
10.3.2	Ej planerade variationer	82
10.4	Drivningsresultat	83
10.4.1	Geometriska förhållanden	83
10.4.2	Kontur och skadezon	88
10.4.3	Vibrationer, luftstövåg m m	89
10.5	Borrning – erfarenheter och resultat	90
10.5.1	Sammanställning	90
10.5.2	Allmänna drifterfarenheter	90
10.5.3	Stickning	91
10.5.4	Matning	92
10.5.5	Konturborrning	92
10.6	Laddning – erfarenheter och resultat	100
10.6.1	Sammanställning	100
10.6.2	Allmänna drifterfarenheter	101
10.6.3	Frikoppling, vatten och proppning	104
10.6.4	Sprängningsresultat	104
10.7	Sammanfattande diskussion	105
11	Rekommendationer	109
11.1	Syfte och mål (förväntat utfall)	109
11.2	Förutsättningar	109
11.3	Resurser och deras styrning	109
11.4	Utförande	110
11.5	Drivningsresultat (verkligt utfall)	110
11.6	Kvalitetsarbete för ständig förbättring	111
	Appendix 1, Strategi Berguttag 5	113
1	Strategi salva 13, 14, 15 och 16	113
2	Förutsättningar	113
3	Borr- ladd- och tändplan salva 13 och 14	115
4	Borr- ladd- och tändplan salva 15 och 16 (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)	117
5	Datinsamling	117
6	Fel i salva	119
7	Arbetsberedning	119
8	Appendix 1, reservplan (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)	119
	Appendix 2, Arbetsberedning Berguttag 5	121
1	Arbetsberedning bergschakt, Berguttag 5	121
2	Borr- ladd- och tändplan salva 15 och 16 vid optimering (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)	127
3	Reservplan (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)	128
	Appendix 3, Etapprapport Berguttag 4	129

1 Sammanfattning

Från och med slutet av 2007 till och med slutet av 2008 drev SKB den ca 90 m långa och knappt 20 m² stora TASS-tunneln i Äspö på 450 m nivå. Drivningsarbetena ingick i projektet ”Fintätning av tunnel på stort djup” och utförandet av styrdes via de båda delprojekten ”Delprojekt Berguttag” respektive ”Delprojekt Bygg”.

Syftet med delprojekten och det arbete som beskrivs i denna rapport är att utifrån genomfört arbete:

Belysa vad som är realistiska krav med avseende på konturtoleranser och skadezon i sprängda ytor.

För att klara denna uppgift har syftet i delprojekten preciserats enligt nedanstående:

1. Ställa krav på utförande och dokumentation för att säkerställa att berguttagsarbetena genomförs på ett kontrollerat och spårbart sätt. Det blir därmed möjligt att bedöma vilka toleranser på konturen, samt vilken skadezon (djup och kontinuitet mellan salvor), som är rimlig att uppnå med de mänskliga och maskinella resurser som används i projektet.
2. Detaljplanera utförande med avseende på tid och metod och sedan styra berguttagsarbetena så att kraven på utförande och dokumentation från delprojekt berguttag möts.

I kommande avsnitt sammanfattas de viktigaste lärdomarna från berguttagen.

1.1 Kontur och skadezon

Konturhållningen har lyckats mycket väl och möter i huvudsak de styrande kraven från återfyllningslinjen. Vad som inte uppnåtts är att få en stickning på 20 cm i tak och anfang. Denna har i stället fått sättas till 25 cm, liksom i övriga konturen.

Skadezonen har inte mätts explicit men kvarstående andel borrhörpipor i konturen har använts som ett indirekt mått. Dessa indikerar att sprängningen skett med stor skonsamhet.

1.2 Borrning och sprängning

Med avseende på salvborrning har en stickning på 25 cm fungerat i princip problemfritt. Då stickningen minskades till 20 cm har påverkats emellertid borrhörprecisionen negativt då det blev svårt att komma åt med bommarna.

Hjälparna behöver stickas parallellt med konturen för att få en plan stuff och därmed ge bättre möjligheter för en god påhuggsnoggrannhet.

Den största svårigheten vid borrning är att utföra påhugget då kronan tenderar att glida när borrningen startar.

Riktssystemet i riggen fungerar bra och har en noggrannhet på cirka + 2 cm när kronan navigeras mot påhuggspunkten.

Den uppmålade kontur som använts ger borrhörarna omedelbar feedback på eventuella inriktningsproblem. Den uppmålade konturen har varit ett värdefullt komplement i strävandena att ligga nära men inte inkräkta på den teoretiska konturen.

Ett sätt att minska spridningen i avstånd mellan konturborrhålen är att inte bara rita ut konturen utan även var borrhålen ska huggas på. Förutom detta bedöms det som svårt att kunna skärpa utförandet av borrningen ytterligare med den typ av utrustning som används i projektet. Med andra ord krävs en insats på maskinutvecklingsidan för att utveckla borrhörprecisionen och tillhörande statistik. Det som bör göras i fortsättningen av projektet är att visa att det resultat som erhållits i Berguttag 4 kan upprätthållas och skärpas något med hjälp av ytterligare märkningar i konturen.

Med avseende på laddning har den oladdade delen av borrhålen behövt proppas med grusproppar för att få ett bra sprängningsresultat. Åtgärden motiverades till stor del av den relativt stora skillnaden mellan borrhålsdiametern och laddningsdiametern.

Bottenladdningarna i konturen bör ej vara för svaga så att kvarstående borrhål bildar en välvd stuff. Detta ger ett sämre borrhingsresultat då möjligheterna att göra ett bra påhugg blir sämre samtidigt som det reducerar det möjliga borrhjupet i nästföljande salva.

Ett rimligt krav på borrningen är att 85 % av påhuggen ska ligga inom en radie av 10 cm och att 85 % av slutpunkterna ska ligga inom en radie av 20 cm från de teoretiska lägena.

Med 25 cm stickning är ett rimligt krav på överberg cirka 15 %.

Införandet av de elektroniska sprängkapslarna har förbättrat konturhållningen. Bland annat har problemet med ryckare i princip eliminerats och sprängämnet har med denna åtgärd detonerat i hålen och inte i luften.

1.3 Kvalitetsarbete för ständiga förbättringar

Det system som utvecklats under berguttagen för att upprätthålla motivation, säkerställa spårbarhet i dokumentation och kvalitetsnivå på utförda arbeten har fungerat bra och bör användas som en mall för framtida arbeten.

Vid upphandlingen lades stor vikt vid platsledningen och yrkesarbetarnas kompetens samt kvalitet på entreprenörens utrustningar. Detta har givit god utdelning och höjt kvaliteten i utfört arbete avsevärt.

Uppföljningen av de parametrar som är viktiga för utförandet bör ske med relativt korta intervaller. Återkopplingen blir då snabb och precis vilket höjer motivationen samtidigt som fel inte hinner fortplanta sig särskilt långt.

Tre hörnpelare för kvalitetsarbetet som har identifierats är:

- Löpande kvalitetsuppföljning.
- Systematisk återkoppling.
- Tydlig målbild.

1.4 Ledning, organisation och styrning

Den viktigaste lärdomen som författarna vill framhålla framför de andra är vikten av motivationsskapande arbete. Slutresultatet är beroende av den enskilde individens arbetsinsats. Viljan och motivet till att göra en bra arbetsinsats styrs till största delen av samarbete och respekt mellan människor samt förmågan att påverka och få återkoppling på sin situation. Utförandeorganisationen bör ta fasta på detta och lägga de resurser som krävs för att upprätthålla motivationen och därmed säkerställa att slutresultatet blir det önskade.

En viktig del av arbetet för att nå ett bra resultat är de ansträngningar som görs för att skapa en laganda i utförandet där beställare och entreprenör jobbar tillsammans mot samma mål. Att arbeta med motivationsfrågor under ett så långt projekt som slutförvarsbygget kommer att vara mycket viktigt för att upprätthålla den kvalitet som kommer att krävas.

Upphandlingen i sin helhet, inklusive hur dess bakomliggande tankar förts vidare in i det praktiska arbetet, har gett beställaren möjlighet att styra utförandet och entreprenören möjlighet att fullfölja ett kvalitetssäkrat arbete utan konflikter rörande ersättningar. Detta har varit en stor bidragande orsak till det goda samarbetet.

Det administrativa arbetet med strategier, arbetsberedningar och etapprapporter har gett upphov till ett kontinuerligt förbättringsarbete där hela tiden mindre och mindre luckor kunnat täppas till.

Erfarenheterna av samverkan mellan delprojekten visar att det ställs höga krav på samordningen för att den ska fungera på avsett sätt.

När beställaren tar ett mera tydligt utförandeansvar förändras rollen för entreprenörens arbetsledare något, bland annat ökar kravet på tillgänglighet för att snabbt kunna föra kommunikationen mellan beställare och arbetet på stuff. Det blir därmed extra viktigt att arbetsledaren förstår och accepterar beställarens intentioner i de direktiv som ges.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

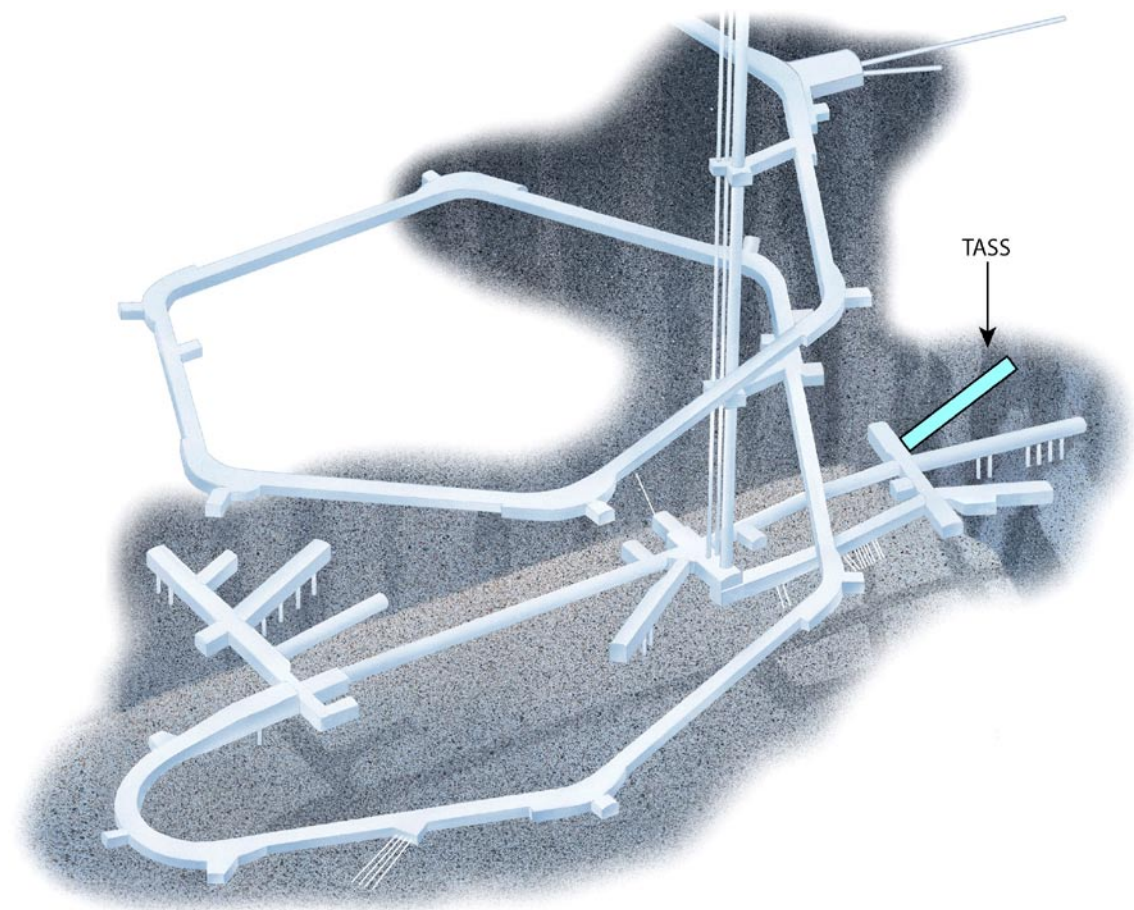
Från och med slutet av 2007 till och med slutet av 2008 drev SKB den ca 90 m långa och knappt 20 m² stora TASS-tunneln i Äspö på 450 m nivå, se översiktsbild figur 2-1. Drivningsarbetena ingick i projektet "Fintätning av tunnel på stort djup" och utförandet av styrdes via de båda delprojekten "Delprojekt Berguttag" respektive "Delprojekt Bygg". Föreliggande rapport är en delrapport utarbetad efter ca hälften av dessa drivningsarbeten och den behandlar utförandet av, och lärdomarna från, arbetena.

2.2 Syfte med delprojekten

Syfte och mål med Delprojekten Berguttag och Bygg kan sammanfattas på följande sätt:

- Belysa vad som är realistiska krav med avseende på konturtoleranser och skadezon i sprängda ytor.

Detta utgör en del av hela projektets mål att sammanställa erfarenheter och överföra dessa till övriga intressenter inom SKB.



Figur 2-1. SKB:s anläggning på Äspö, översikt.

Delprojekt Berguttags syfte kan preciseras på följande sätt:

- Ställa krav på utförande och dokumentation för att säkerställa att berguttagsarbetena genomförs på ett kontrollerat och spårbart sätt. Det blir därmed möjligt att bedöma vilka toleranser på konturen, samt vilken skadezon (djup och kontinuitet mellan salvor), som är rimlig att uppnå med de mänskliga och maskinella resurser som används i projektet.

Syftet med Delprojekt Bygg är kopplat till Delprojekt Berguttag och är preciserat till följande:

- Detaljplanera utförande med avseende på tid och metod och sedan styra berguttagsarbetena så att kraven på utförande och dokumentation från delprojekt berguttag möts.

De angivna syftena ska uppnås samtidigt som kraven från återfyllnadslinjen (5.2.1) uppfylls.

2.3 Omfattning

Denna rapport har tagits fram utifrån behovet av en kvalitetssäkrad redovisning av planer och förväntningar, övervägda och fattade beslut, utfört arbete samt resultat och vunna erfarenheter. Det beskrivna materialet är viktigt med hänsyn till behovet av erfarenhetsöverföring och det fortlöpande förbättringsarbetet.

Syftet med rapporten är att redovisa erhållna resultat och förklara dem utifrån det arbete som faktiskt utförts.

2.4 Avgränsningar

De avgränsningar som gäller för de arbeten som redovisas i denna rapport avser projektets syfte, de drivningsmässiga förutsättningarna, samverkan mellan de människor och maskiner som utfört arbetet samt drivningskonceptet borra–spräng. Detta innebär att samtliga del- och slutresultat, samt lämnade rekommendationer, endast är giltiga vid dessa sammantagna förutsättningar och att avvikelser gentemot dem, exempelvis vid framtida användning av rekommendationerna, kan förväntas medföra motsvarande avvikelser i det verkliga utfallet.

3 Processmodell och rapportdisposition

En del av syftet med det arbete som behandlas i denna rapport har ett uttalat läroperspektiv. Detta kommer till uttryck genom att utförandet varierar och lärdomarna dras av det tillhörande resultatet. För att kunna göra några lärdomar behöver det finnas en bild av hur verkligheten fungerar, i annat fall kommer framtida projekt inte att kunna återupprepa eller bygga vidare på de resultat som åstadkoms i detta projekt. Detta behandlas i detta kapitel med utgångspunkt från en modell, tillsammans med rapportens disposition.

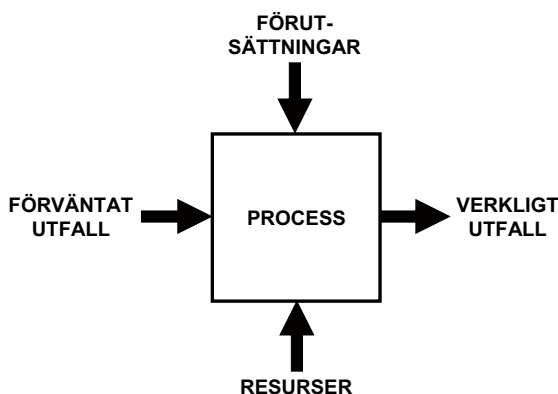
3.1 Processmodell

Syftet med styrningen av drivningsarbetena var enligt avsnitt 2.2 att utföra arbetena kontrollerat och spårbart så att kunskap om samvariationer mellan utförande och resultat kan skapas. Det vill säga redovisa erhållna resultat och förklara dem utifrån det arbete som utförts. Förståelsen av sambanden mellan utförande och resultat är grunden för kunskapsbildningen i projektet och utgår från den processmodell som visas i figur 3-1.

Modellen kan beskrivas på följande sätt:

- ”Förväntat utfall” avser det som eftersträvas, det vill säga syftet.
- ”Förutsättningar” avser i första hand bergmassan, dess egenskaper och hur de varierar, det vill säga drivningsförhållandena.
- ”Process” avser de aktiviteter som normalt utförs vid tunneldrivning enligt ”borra–spräng”-konceptet.
- ”Resurser” avser kostnaderna och totaltiden för att genomföra processen med de människor, maskiner och organisationer som gjorts tillgängliga för arbetena.
- ”Verkligt utfall” avser det som blir följden av samverkan mellan förutsättningar, process och resurser.

Processmodellen har tillhandahållit den konceptuella utgångspunkten för analyserna i rapporten och den bygger på ett systemperspektiv. Detta innebär att den avgränsar verkligheten med hänsyn till det som är viktigt för det som ska uppnås, det vill säga det som är värdeskapande. I detta fall avser det kontur och skadezon och hur de åstadkoms. Modellens främsta uppgift är att bidra till att fokus bibehålls på systemresponsen på de olika variationer som påverkar processutfallet. Indelningen i olika delar syftar till att underlätta en strukturerad hantering av data och bidra till spårbarheten.



Figur 3-1. Processmodell.

Verkliga utfall är alltid en logisk följd av den händelsekedja som bestäms av samverkan mellan förutsättningar, resurser och process. Möjligheterna att uppnå förväntat utfall bestäms därmed av styrningen av varje enskilt tidsskede av processen. Detta är centralt för allt förbättringsarbete och för möjligheterna att kunna styra mot givna produktgenskaper.

Delprojekten Berguttag och Bygg syftar enligt avsnitt 2.2 till att värdera vad som är rimligt att uppnå med avseende på kontur och skadezon i den tunnel som drivs samt klargöra vad som krävs för att åstadkomma detta. Då den valda metoden utgörs av borra-spräng innebär det att den totala omfattningen av arbetsmoment, material och utrustningar samt personal är betydande. Detta innebär att det finns ett flertal källor till variation som kan påverka utfallet och göra att syftet inte uppnås. Exempelvis är det inte tillräckligt med bra borrhning för att säkerställa en bra kontur och en begränsad skadezon, lika lite som det räcker med korrekt laddning utan båda måste uppfyllas samtidigt enligt följande:

- det behöver finnas förutsättningar för hög kvalitet i både borrhning och laddning,
- det behöver ställas krav på utrustningar och personal,
- det behöver ställas krav på planering, kommunikation, ledning, organisation, ersättning, kompetens m m.

Därutöver kan olika variationer i drivningsförhållandena också påverka del- och slutresultaten.

Arbets sättet under projektet utgjordes av att tillföra kontrollerade variationer i genomförandet av processen (se figur 3-1) och studera de tillhörande utfallen för att kunna knyta olika utföranden till olika utfall. Med stöd av detta skulle sedan sambanden mellan förväntat och verkligt utfall kunna bestämmas och värderas. Detta kan sedan användas för att göra prognoser och ta fram målbeskrivningar utifrån en förståelse av vad som krävs för att realisera dem. Detta diskuteras vidare nedan mot bakgrund av figur 3-1.

Då det gäller *”Förväntat utfall”* respektive *”Verkligt utfall”* har både beställare och utförare ett intresse av att de ska motsvara varandra. Överensstämmelse indikerar att drivningsförutsättningarna tolkats på ett riktigt sätt, att resursbehoven bedömts korrekt och att de ursprungliga förväntningarna var realistiska. Det är uppenbart att möjligheterna att detta ska inträffa är som störst när

- det som eftersträvas är tillräckligt tydligt beskrivet och förankrat hos dem som är involverade i arbetet, det vill säga syftet,
- de som är involverade har såväl förmåga som motivation och hjälpmedel för att bidra till syftet fullt ut samt att de även ges möjlighet till detta.

Otillräcklig styrning av alla de variationer som är möjliga kan även leda till att variationer i utfallet tolkas som signifikanta trots att de är slumpberoende, det vill säga de kan inte knytas till något specifikt.

”Förutsättningarna”, det vill säga drivningsförhållandena, varierar hela tiden. Detta innebär att kunskap och medvetenhet om vilka variationer som är möjliga är viktig vid bedömning av detaljutförande och vilka tillhörande tider och resurser som kan tänkas åtgå för att omvandla *”Förväntat utfall”* till *”Verkligt utfall”*.

Det är både möjligt och önskvärt att begränsa effekten av variationer i förutsättningarna då detta reducerar variationerna i verkliga utfallet. Små variationer i verkliga utfallet innebär ett mera väldefinierat utfall, det vill säga en jämnare och mera bestämbar kvalitet. Små variationer i det verkliga utfallet bidrar också till möjligheterna att kunna detektera effekten av de ändringar i processutförandet som man faktiskt vill studera.

Det hanteringsarbete som variationerna i förutsättningarna leder till realiseras i systemdelen *”Processen”*. Detta påverkar systemdelen *”Resurser”* genom att resursbehovet påverkas, förutom att det även påverkar tiden för processgenomförandet. Hantering av variationer i förutsättningarna kräver kunskap om vilka variationer som är relevanta och vad de mera precist avser samt hur stora de kan tänkas vara. Det krävs även att de olika variationerna kan detekteras för att kunna hanteras (prognos- eller observationsbaserade indikatorer) samt att det finns metoder att hantera dem.

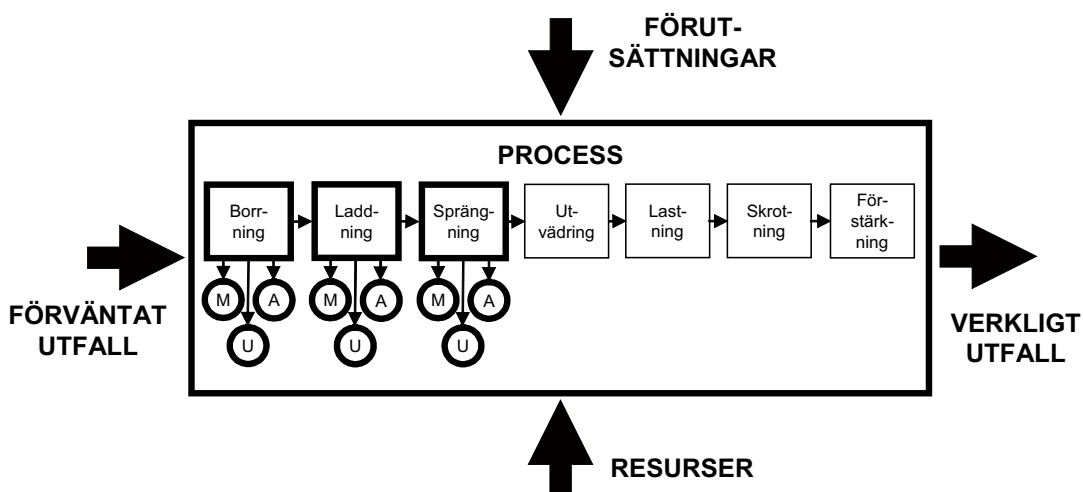
”Processen” varierar inom ramen för det utförandekoncept som valts och avser i detta projekt ”borra–spräng” vilket ger en rad möjligheter till variation. Dessa variationer kan vara planerade, styrda och dokumenterade, men de kan också vara oplanerade, icke styrda och ej dokumenterade samt allt däremellan. Möjligheterna att knyta samman ett visst detaljutförande med ett visst ”Verkligt utfall” är kopplat till kontrollen över styrning, utförande och dokumentation.

Aktuellt projekt omfattar variationer av detaljutförandena av borring (exempelvis borrlayouter, hållriktningar m.m.) och laddning (exempelvis laddstorlekar, proppning m.m.). Effekten av dessa variationer skulle sedan användas som utgångspunkt för att värdera deras betydelse för utfallet.

Sannolikheten för att rätt slutsatser ska kunna dras på rätt underlag samvarierar med hur stor andel av utförandena som utförs enligt underlagen, vilka de verkliga utfallen blir samt hur detta dokumenteras. Även vid bästa tänkbara styrning kommer de verkliga utförandena att avvika ifrån det som var tänkt och dokumenterat. Dessa avvikelser bidrar alltid till variationer i utfallet och skapar därmed osäkerheter, det vill säga icke styrda variationer. Sådana avvikelser kan ha en mängd förklaringar och kan exempelvis avse, förutom att berget som sådant begränsar möjligheterna att observera de faktiska utförandena, även ottydligheter i utförandeunderlag eller rena utförandefel (vilka i sin tur har bakomliggande förklaringar).

På samma sätt som variationerna i förutsättningarna bidrar till att de verkliga utfallen blir mindre väldefinierade och mera svårtolkade, bidrar även de icke styrda och ej dokumenterade variationerna och/eller avvikelserna i processgenomförandet till samma problem. För att begränsa detta är det viktigt att det finns ett intresse för dokumentation av avvikelser hos dem som utför arbetet. Kunskaper om projektets syfte och det egna, och andras, insats för detta är därmed avgörande för att avvikelser ska observeras, dokumenteras och hanteras. Avvikelser som observeras och hanteras på ett sätt som hela organisationen har behållning av utgör därmed förbättringsmöjligheter som tas till vara, medan de avvikelser som observeras men inte åtgärdas eller dokumenteras blir problem som ökar variationerna. Observation och hantering av avvikelser kan göras innan en arbetsuppgift påbörjas (det vill säga mottagning = M), medan den utförs (det vill säga utförande = U) och efter att den utförts (det vill säga avlämning = A), se figur 3-2.

”Resurserna” avser i första hand kostnaderna för de människor och maskiner som behövs för att omvandla ”Förväntat utfall” till ”Verkligt utfall”, vid rådande förutsättningar och enligt det utförande som dikteras av processen. Systemdelen ”Resurserna” avser även den sammanlagda tid som de aktuella resurserna behöver tas i anspråk för att realisera omvandlingen från förväntat till verkligt. De olika deltiderna som den sammanlagda tiden består av bestäms av processgenomförandet.



Figur 3-2. Preciserad modell, med tunneldrivningsprocessen inlagd (princip).

3.2 Rapportdisposition

Rapporten är strukturerad utifrån den modell som redovisas ovan. Eftersom denna är uppbyggd utifrån hur resultaten kommer till (se figur 3-1) innebär det också att rapporten betonar spårbarheten, det vill säga hur resultaten åstadkoms och kan påverkas.

Kapitel 4 redogör för förutsättningarna för drivningsarbetena respektive resurserna och deras styrning som grund för förståelsen av vad de betyder för det slutliga utfallet. Kapitel 5 redogör för de förväntade utfallen i form av krav och föreskrivna detaljutföranden, det vill säga de prov som bedöms leda till att projektsyftena avseende kontur och skadezon ska kunna uppnås, se figur 3-3.

Kapitel 6–9 redogör för genomförandet av de olika berguttagen mera precist enligt följande:

- X.1: Översikt
- X.2: Planerat
- X.3: Genomfört
- X.4: Delresultat

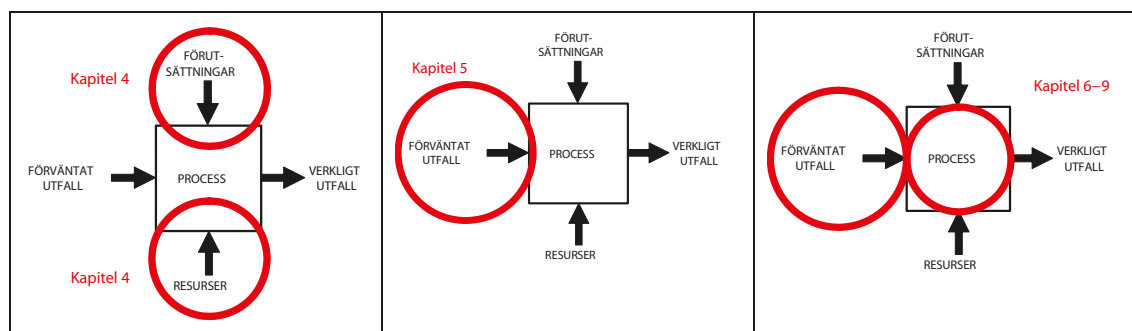
Avsnittsnumren X.1 ”Översikt” ger en allmän orientring om det aktuella berguttaget.

Avsnittsnumren X.2 ”Planerat” beskriver den mera operativa planering som styrde utförandet av de olika salvorna i berguttagen. De bygger därmed vidare på, och preciserar, det som anges i kapitel 5. Avvikelser redovisas dels i respektive berguttag och dels i sammanfattad form i kapitel 10.

Avsnittsnumren X.3 ”Genomfört” beskriver vad som faktiskt utfördes och även detta sammanfattas i kapitel 10.

Avsnittsnumren X.4 ”Delresultat” beskriver de olika delresultaten från de olika berguttagen och detta utgör en betydande del av de resultat som sammanställs i kapitel 10.

I kapitel 11 lämnas rekommendationer med ledning av erhållna resultat och erfarenheter.



Figur 3-3. Rapportens disposition illustrerad med stöd av processmodellen.

4 Förutsättningar för drivningsarbetena

Detta kapitel omfattar beskrivningar av de delar av den teoretiska modell som beskrivs i avsnitt 3.1 som svarar för de övergripande randvillkoren för projektets genomförande. Detta avser drivningsförutsättningarna inklusive samordningen med andra delprojekt samt resurserna och deras styrning.

4.1 Drivningsförhållandena

I detta avsnitt lämnas en sammanfattande beskrivning av de drivningsmässiga förutsättningarna för berguttagen. Beskrivningen knyter an till modellen i figur 3-1.

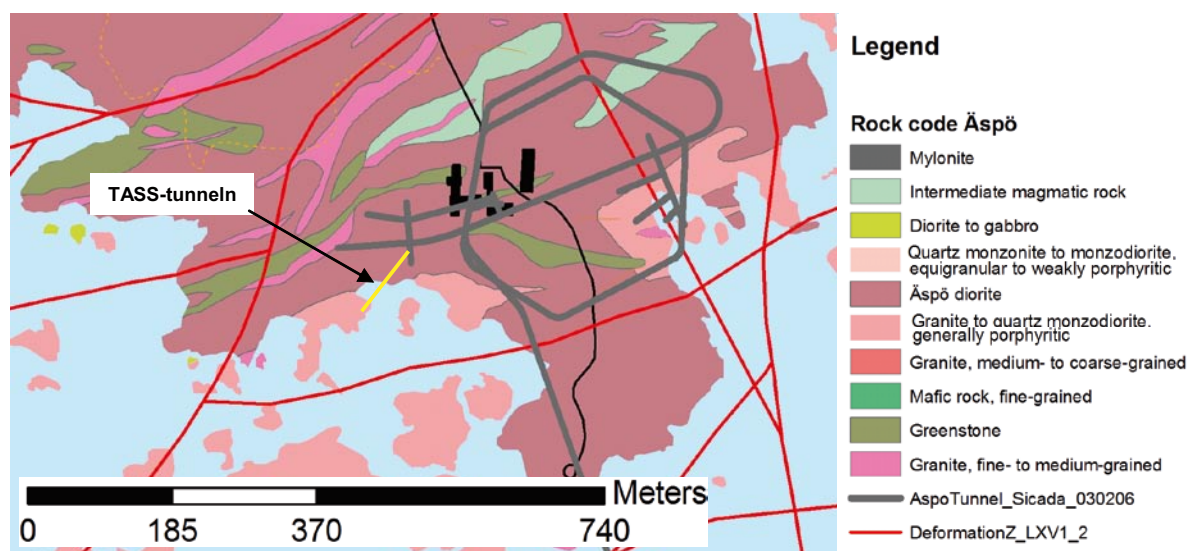
Det område i vilket TASS-tunneln drevs valdes primärt på grund av att man förväntade sig att träffa på sådana strukturer som var lämpliga att testa injekteringsbruket i. Valet av drivningsriktning styrdes främst av behovet att få höga tryckgradienter alldeles i början av tunneln, varför drivningen planerades till ungefär vinkelrätt mot den vattenförande NV-SO sprickgruppen.

Det planerade drivningsområdet var välkaraktäriserat och berget klassificerades som frisk Äspödiorit. Bygghänsynen bedömdes vara mycket god och med försumbara risker för stabilitetsproblem, se figur 4-1.

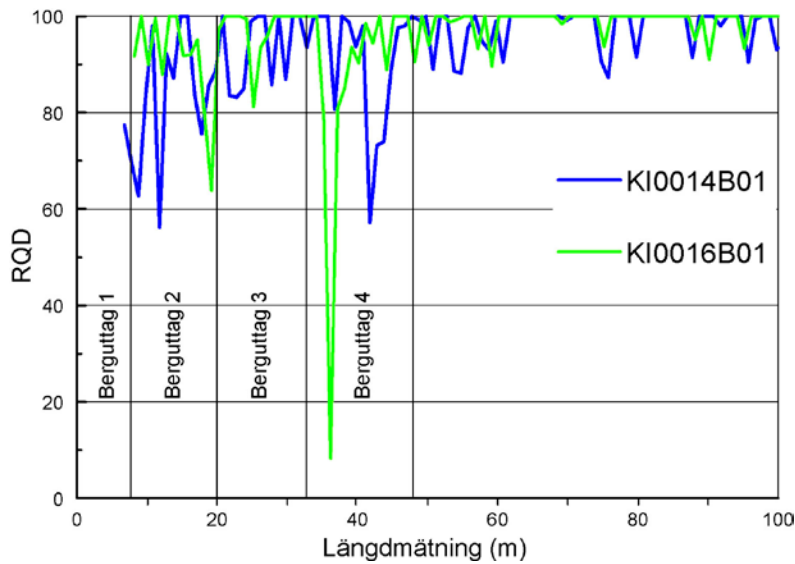
Karaktäriseringen med avseende på vatten och hydrogeologi visade på förekomsten av kluster med vattenförande, brantstående, sprickor med orienteringen NV-NNV. Aktuella vatteninflöden låg vid utförda borrhningar på mellan 20–60 l/min för de första 100 m av borrhålen (KI-hålen).

Under förundersökningsskedet borrades två stycken kärnborrhål (KI0014B01 och KI0016B01) innanför konturen på den blivande tunneln. RQD för dessa kärnor redovisas i figur 4-2. Bergkvaliteten bedömdes som god, men med en förhöjd sprickfrekvens under tunnelns första del samt i ett område kring 40 m längdmätning.

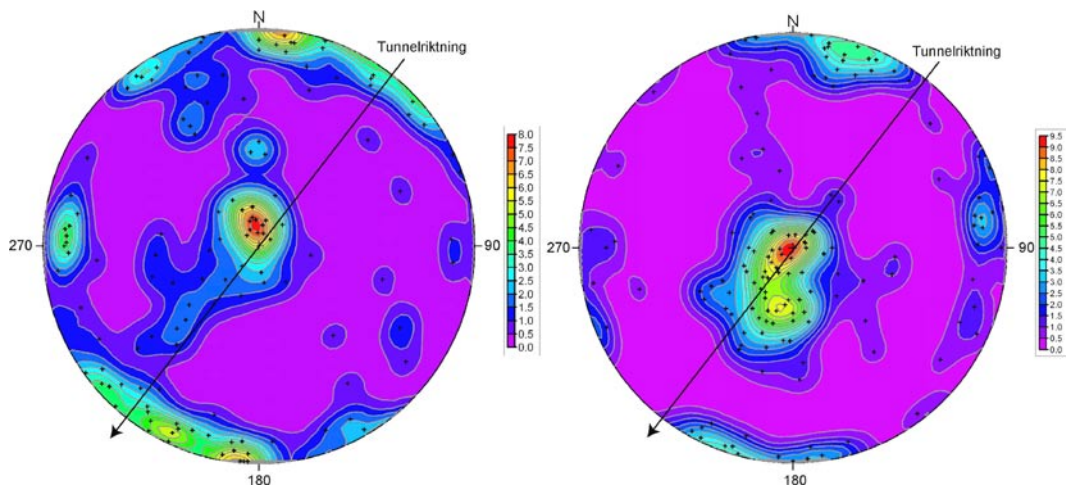
Stereogram från tunnelkarteringen för Berguttag 2–4 redovisas i figur 4-3 och figur 4-4. Stereogrammen omfattar sprickkartering av väggar, anfang och tak och sprickor längre än ca 0,5 m har karterats.



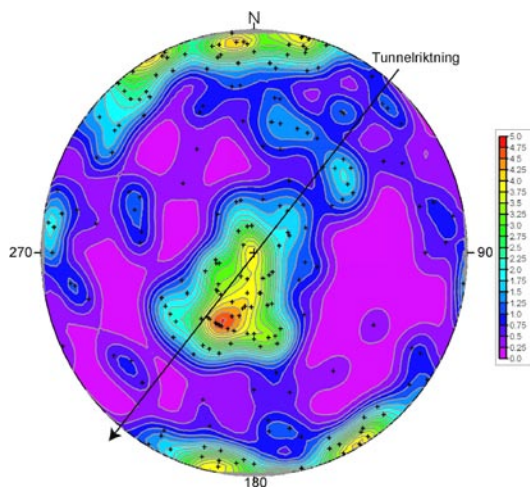
Figur 4-1. Geologisk översiktskarta.



Figur 4-2. RQD för de två kärnbrorhåll som borrats innanför tunnelkonturen i förundersökningssyfte.



Figur 4-3. Stereogram (Schmidt) för sprickarteringen i Bergtagg 2 (till vänster) respektive Bergtagg 3 (till höger).



Figur 4-4. Stereogram (Schmidt) för sprickarteringen i Bergtagg 4.

Sprickriktningarna anges i magnetiskt norr likväl som den inritade tunnelriktningen. Norr i Äspö 96 ligger 12 grader väst om magnetiskt norr. Stereogrammen indikerar tydliga subvertikala och subhorisontella sprickset vars riktningar stämmer väl med de huvudsprickriktningar som finns på Äspö.

Andra förutsättningar för drivningsarbetena som också värderades var påverkan på närliggande delar av anläggningen och andra experiment, möjligheterna att föra ned tung utrustning samt förutsättningarna för vidareutbyggnad. Sistnämnda avsåg möjligheterna att expandera försöken för framtida experiment.

4.2 Projektsamordningen

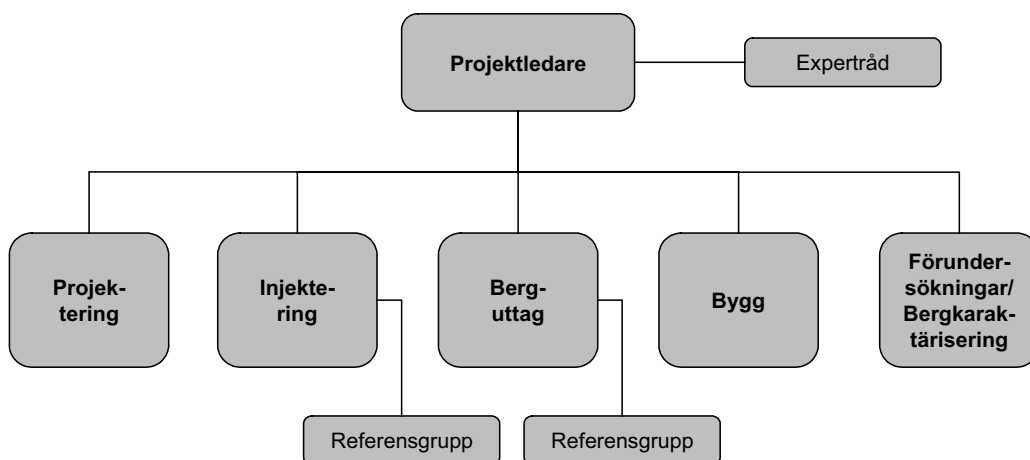
Projekt ”Fintätning av tunnel på stort djup” är organiserat i fem delprojekt, se figur 4-5. Projektets huvudmål är att bekräfta silica sols användbarhet vid det vattentryck som är aktuellt för slutförvaret samt att det på försvarsdjupet är möjligt att uppnå en täthet motsvarande ett maximalt inläckage på 1 l/min per 60 m tunnel med för slutförvaret tillämpbara bruk.

Delprojekten Berguttag respektive Byggs primära uppgift är att svara för drivningen av den tunnel som behövs för att kunna utföra erforderliga injekteringsförsök. Som en del av drivningsarbetena ska eftersträvas att uppfylla höga krav med avseende på kontur och skadezon inklusive bakomliggande krav. Detta innebär att huvudprojektets syfte och mål är överordnat de olika delprojekten, men innebär också att det finns ett samordningsbehov mellan delprojekten så att samtliga syften kan uppnås. Insikt om detta är en förutsättning för att kunna tolka utfallen av de olika försöken med avseende på kontur och skadezon på ett rättvisande sätt, det vill säga detta kan utgöra en källa till variation enligt avsnitt 3.1.

4.3 Resurserna och deras styrning

I detta avsnitt ges en sammanfattande beskrivning avseende resurserna och deras styrning. Beskrivningen knyter an till modellen i figur 3-1.

De sätt på vilket resurser styrs är viktigt med avseende på möjligheterna att uppnå den önskade kvaliteten (resultaten). Detta beror på att såväl förväntade utfall som variationer överförs mellan storheterna kvalitet, tid och kostnad, det vill säga påverkar de förväntningar som kan knytas till var och en av dem. Det är med andra ord inte möjligt att avskärma någon av dem från de övriga utan konsekvenser, varför kunskap om dessa konsekvenser är viktig för beslutsfattandet vid både upphandling och genomförande. Detta är exempelvis viktigt för att kunna koppla ersättningsincitament till det man avser att åstadkomma och det som kan påverkas av detta.



Figur 4-5. Huvudprojektet ”Fintätning av tunnel på stort djup” samt ingående delprojekt. Rapporten omfattar delprojekten Berguttag och Bygg.

Ovanstående innebär att produktkvalitet inte kan värderas på ett rättvisande sätt utan hänsyn till helhetsperspektivet, det vill säga det behövs även kunskap om vad som krävs för att åstadkomma en viss produktkvalitet för att denna ska kunna utföras flera gånger. Att kunna återupprepa resultat avseende konturhållning är ett huvudintresse i detta projekt. I figur 4-6 redovisas en modell över de beskrivna sambanden.

I centrum för möjligheterna att uppnå givna kvalitetskrav inom givna toleranser på en given tid och till givna kostnader står hur de tekniska, organisatoriska och mänskliga förutsättningarna är samordnade för att stödja detta. Detta ställer därmed krav på

- hur verksamheten leds, det vill säga att detta är inriktat mot att främja motivation och önskvärda beteenden hos människor över tiden och att lämpliga tekniska hjälpmedel tillhandahålls,
- att de människor som arbetar i processen har rätt kompetens och motivation för sin uppgift och att de utför såväl rutinuppgifter som avvikelshantering enligt i förväg träffade överenskommelser på ett sätt som stödjer verksamheten,
- att de maskiner och den utrustning som används är utformade så att de stödjer operatören så långt som möjligt vid utförandet av såväl rutinuppgifter som avvikelshantering.

Då styrningen av arbetena möjliggjordes av det entreprenadkontrakt som tecknades innan drivningens påbörjande lämnas nedan en sammanfattande beskrivning av de aktiviteter som föranleddes av upphandlingen och som också måste stödja det som avsågs att uppnås.

4.3.1 Upphandling

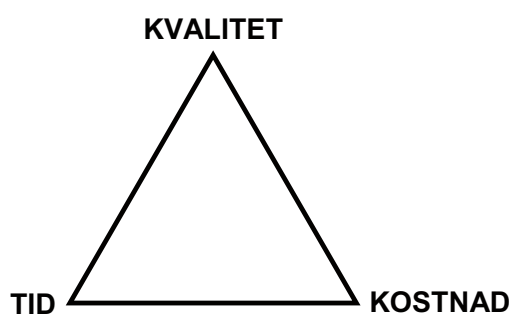
Förutsättningar

Upphandlingen av TASS-arbetena baserades på erfarenheterna från drivningen av TASQ-tunneln. De erfarenheter som gjordes där och de förbättringsförslag som lämnades sammanställdes och den primära synpunkten var att SKB borde ta ett tydligt ansvar för genomförandet genom att stödja utförandet med:

- ledning och kontroll gällande borring och laddning med syftet att dokumentera det som faktiskt utfördes så att valt utförande skulle kunna utvärderas riktigt,
- information, observationer, utvärderingar och resultat förmedlas till utförarna själva för att skapa delaktighet och förståelse för berguttagens mål samt betydelsen av deras observationer och kunskaper.

Rekommendationerna innehöll också förslag till att det skulle finnas en ekonomisk styrning för att lyckas med det ändrade synsättet på genomförandet. Baserat på erfarenhet betraktades dokumentationen som en av de viktigaste delarna för att få ett effektivt arbete, inklusive att det kunde säkerställas att den var korrekt. Förslaget blev därför att någon ersättning inte skulle betalas ut förrän korrekt dokumentation var inlämnad.

Utöver detta bedömdes det även att det vore positivt med ett incitament, t ex genom att införa ett bonussystem.



Figur 4-6. Sambandet mellan kvalitet, tid och kostnader.

Förfrågningsunderlag

Förfrågningsunderlaget togs fram med stöd av tidigare erfarenheter från TASQ-tunneln delprojektledarna Berguttag och Bygg var ansvariga för. Därutöver bedömdes det att det fanns flera tillkommande aspekter av drivningsarbetena som skulle behöva betonas i förfrågningsunderlaget. Dessa beslutades omfatta följande aspekter:

- pris,
- tillgänglighet för kontraksarbetena,
- platsledningens och yrkesarbetarnas kompetens,
- beskrivning av borrhutrustning och övriga tekniska hjälpmedel som skulle användas i projektet (kvalitetspåverkande egenskaper som ålder, riktinstrument respektive sådant som bedömdes viktigt med avseende på omgivningspåverkan som utsläpp),
- anbudsgivarnas finansiella styrka och tillgång till backupresurser,
- referensobjekt (erfarenhet av projekt med stora krav på försiktig sprängning, täthet och noggrann kontroll),
- företags kvalitets och miljösystem.

Anbudsprövning

Ett viktningssystem utformades för de olika förmågor som anbudsgivarna skulle beskriva i sina anbud. Syftet med detta var att öka möjligheterna att identifiera den anbudsgivare som var bäst lämpad för uppgiften. De viktade faktorerna presenteras i rangordning nedan:

Kompetensen hos platsledningen och yrkesarbetarna samt den erbjudna utrustningens lämplighet.

Motiven för detta var att kvalitet, effektivitet och repeterbarhet i utförandet bedömdes öka med bra kompetens och med bra utrustning, det vill säga de viktigaste parametrarna för att uppnå projektets syfte.

Priset, tillgängligheten samt referensobjekten. Motiven till detta var att kontraktet till stor del skulle baseras på å-priser per timme. Tillgänglighet var viktig för att innehålla projekt-tidplan. Detta utvärderades mot entreprenörens bedömning av tidplan, skiftgång och flexibilitet. Referensobjekt var också viktiga då det möjliggjorde en bedömning av anbudsgivarnas erfarenheter, inklusive motsvarande för den föreslagna platsledningen och yrkesarbetarna.

Kvalitets- och miljöledningssystemen, företags finansiella styrka respektive tillgång till reservresurser.

Kontrakt

En central del i det kontrakt som tecknades utgjordes av de ekonomiska incitamenten. Frånsett att de även var knutna till en korrekt dokumentation och dess inlämnande omfattade de även ett mera renodlat bonussystem med inriktning mot de delar av utförandet som krävde mer än vad som normalt förekommer i bergbranschen. Tanken med detta var att det som gav ett mervärde för SKB också skulle stimuleras ut i produktionen.

Bonusen delades in i Borrning, Tid respektive Dokumentation. Indelningen syftade till att bidra till arbetsmotivationen genom att det skulle vara möjligt att erhålla någon del av bonusen även om någon annan del inte medförde bonus. Man utformade även ett motsvarande system med ”straff”, och som omfattade samma parametrar. Systemet kan översiktligt beskrivas på följande sätt:

- *Borrning:* Borrningsnoggrannheten bedömdes som den viktigaste aspekten för kvaliteten på konturen och för att kunna minimera skadezonen. Borrningen var därför indelad de underliggande kraven ansättning, stickning och parallellitet (slutpunkter för kontur- och hjälparhål).
- *Tid:* Tidhållning i salvcykeln bedömdes som viktigt med tanke på de tillhandahållna resurserna från SKB, driftpersonalen som skötte utrymning och ventilation under jord samt besöksverksamheten. Tid kopplades till att aktiviteterna borrning, skjutning respektive skrotning skulle vara utförda på utsatta tider och avsåg främst att minimera riskerna för förskjutningar av salvcykeln och oplanerade väntetider.
- *Dokumentation:* Den dokumentation som omfattades av bonussystemet var råadata från borrningen, sprängjournaler samt den dagbok som skulle föras (”Daily Log”).

4.3.2 Uppstart

Innan arbetenas påbörjande gjordes bedömningen att olika observationer under genomförandet skulle vara viktiga för att kunna bedöma hur bra en tunnel skulle kunna göras samt vilket utförande detta var förknippat med. Detta medförde att en sprängtekniker anlätades för att stå för det sprängtekniska expertstödet. I åtagandet ingick även att upprätta borr- och laddplaner samt installera utrustning för mätning av vibrationer och utvärdera vibrationsdata.

Då genomförandet av projektet skulle ske med många olika kategorier av människor med olika bakgrunder och kunskaper genomfördes en teambuilding med dem som skulle vara i fält. Syftet var att skapa öppenhet och förståelse avseende vad som skulle komma att krävas för att genomföra projektet samt identifiera vad deltagarna tyckte var viktigt för att samarbetet skulle fungera.

En av de frågor som framhölls som särskilt viktig var att det skulle behöva finnas en hög samstämmighet mellan planerat, utfört och dokumenterat. Det var också viktigt att varje risk för icke styrd variation ("avvikelse") från något som styrdes eller inte styrdes av beslut från tidigare skeden, skulle synliggöras för ett samlat beslut och det verkliga utförandet dokumenteras. Om inte styrningen fullföljdes på detta sätt skulle det försvåra möjligheterna att dra korrekta slutsatser och även kunna leda till att fel utförande skulle komma att föreskrivas. Deltagarna kom fram till att samarbetet skulle fungera med följande spelregler:

- Goda förberedelser: Genomgångar av vad som skulle utföras, tillgång till tidplan (kort och lång) samt att aktiviteter skulle vara planerade.
- Tydlighet: Tydliggörande av kravspecifikationer, tydliggörande av vad som skulle dokumenteras samt tydliggörande av roller och ansvar.
- Öppenhet: Att kunna säga till, fråga eller föreslå utan att bli tillfrågad och att få dela med sig av såväl goda som dåliga erfarenheter samt att både få tala om saker som gått bra och vad som gått sämre.
- Jävlar anamma: Inget skulle anses omöjligt, alla skulle vara beredda att hugga i även om det låg utanför det egna ansvaret samt fokusering och avslutning även om det var "tråkiga" uppgifter.

4.3.3 Genomförande

För att drivningen av TASS-tunneln skulle kunna utföras effektivt och säkert var det viktigt att utförande, roller och ansvar, säkerhetsregler, arbetstider och rutiner med avseende på dokumentation var genomgångna och förankrade innan genomförandet.

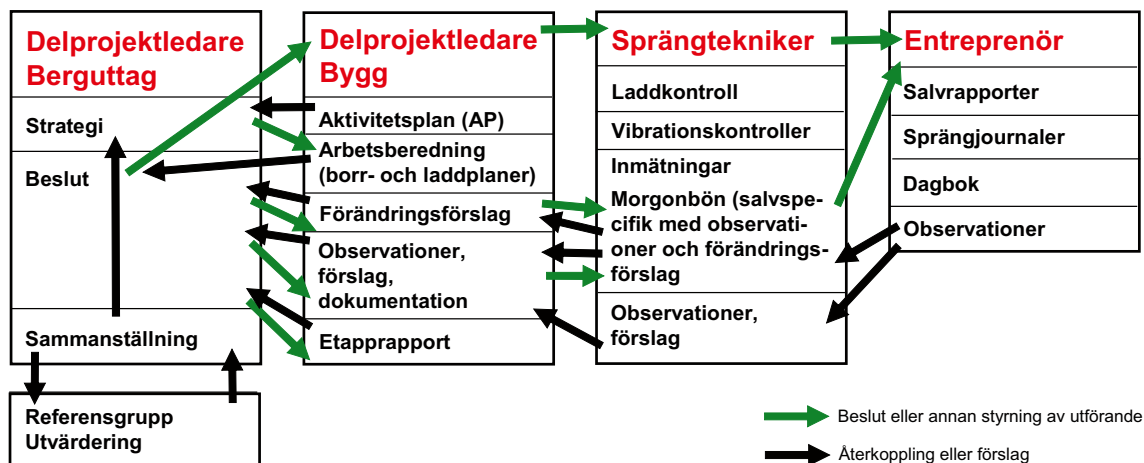
Beslutsgång

Den detaljerade styrningen av utförandet i de olika berguttagen baserades på särskilda Arbetsberedningar, vilka i sin tur baserades på särskilda strategier. Ansvaret för att fastställa och besluta om strategierna låg hos Delprojektledare Berguttag, något som även inkluderade samråd med Delprojektledare Bygg och så småningom även med deltagarna på referensgruppsmötena.

För att säkerställa att de som var inblandade i berguttagen var införstådda med de krav, direktiv och anvisningar som gällde för genomförande och dokumentation inför varje nytt berguttag hölls ett särskilt arbetsberedningsmöte. Detta möte innebar slutpunkten för följande förberedelsearbete, se figur 4-7:

- Delprojektledare Bygg tog i samråd med sprängtekniker fram ett förslag till Arbetsberedning, det vill säga en detaljerad plan för hur arbetet i det kommande berguttaget skulle utföras och följas upp. Arbetsberedningen baserades på den tidigare fastställda strategin. Detta förfarande säkerställde även att Arbetsberedningen knöts till Aktivitetsplanen (AP).
- Arbetsberedningen lämnades sedan till Delprojektledare Berguttag för granskning och avstämning mot strategin, varefter Delprojektledare Bygg godkände den.
- Den godkända arbetsberedningen lämnades till sprängtekniker och till Entreprenör för utförande i samband med det arbetsberedningsmöte som nämndes ovan.

Till arbetsberedningsmötena kallades Entreprenör, sprängtekniker, geodetiker, koordinator samt kartörerna. Förutom genomgång av det förestående berguttaget gavs även möjlighet till feedback från tidigare berguttag.



Figur 4-7. Beslutsgång och ärendehantering (princip).

Sprängteknikern medverkade under utförandet av samtliga berguttag. Detta innebar att han stod i ständig kontakt med Entreprenören och dennes personal samt med Delprojektledare Bygg. Han hade därmed en viktig roll i arbetet med observation och dokumentation. I de fall en observation bedömdes medföra risk för avvikelse från godkänd Arbetsberedning involverades även Delprojektledare Berguttag i samrådet. En avvikelse som innebar ett avsteg gentemot Arbetsberedningen dokumenterades därefter som ett förändringsförslag av Delprojektledare Bygg, inklusive förslag till åtgärd. Förslaget godkändes sedan av Delprojektledare Berguttag varefter det godkändes för utförande av Delprojektledare Bygg.

Efter det att samtliga salvor i ett berguttag utförts överlämnade Entreprenör, sprängtekniker och geodetiker sina respektive delar av dokumentationen till Delprojektledare Bygg. Denne gjorde sedan en sammanställning av dokumentationen.

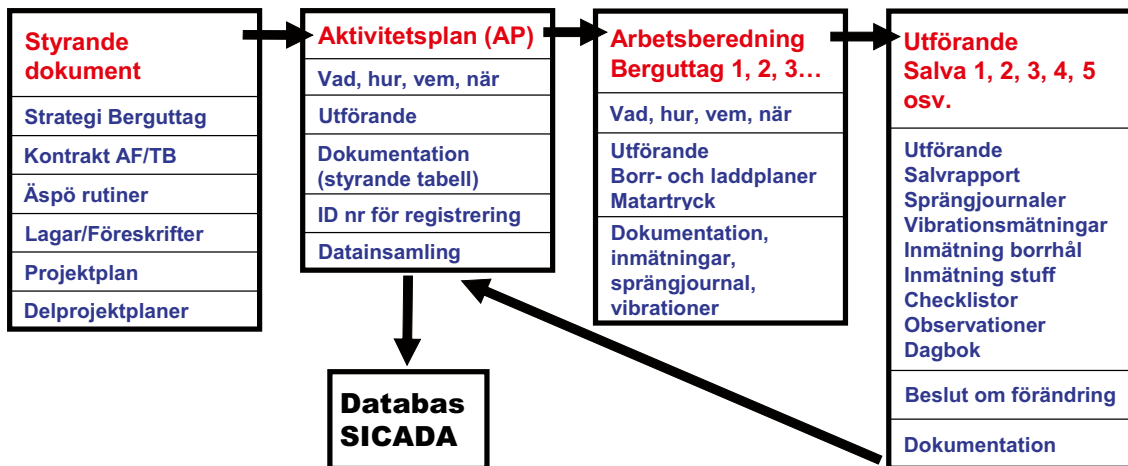
Den kompletterande information som behövde samlas in, exempelvis avseende olika observationer, kompletterades med av Delprojektledare Bygg som också samlade dokumentationen digitalt samt överlämnade den för arkivering i SICADA. Utöver detta användes även dokumentationen vid framtagning av de olika etapprapporterna, vilka levererades till Delprojekt Berguttag för vidare användning som diskussionsunderlag på Berguttags- och Referensgruppsmötena. Förslagen från Berguttagsmötena och Etapprapporterna behandlades därefter vidare på referensgruppsmötena, vars rekommendationer i sin tur gav underlag för strategier för ännu inte utförda berguttag.

Styrande och uppföljande dokumentation

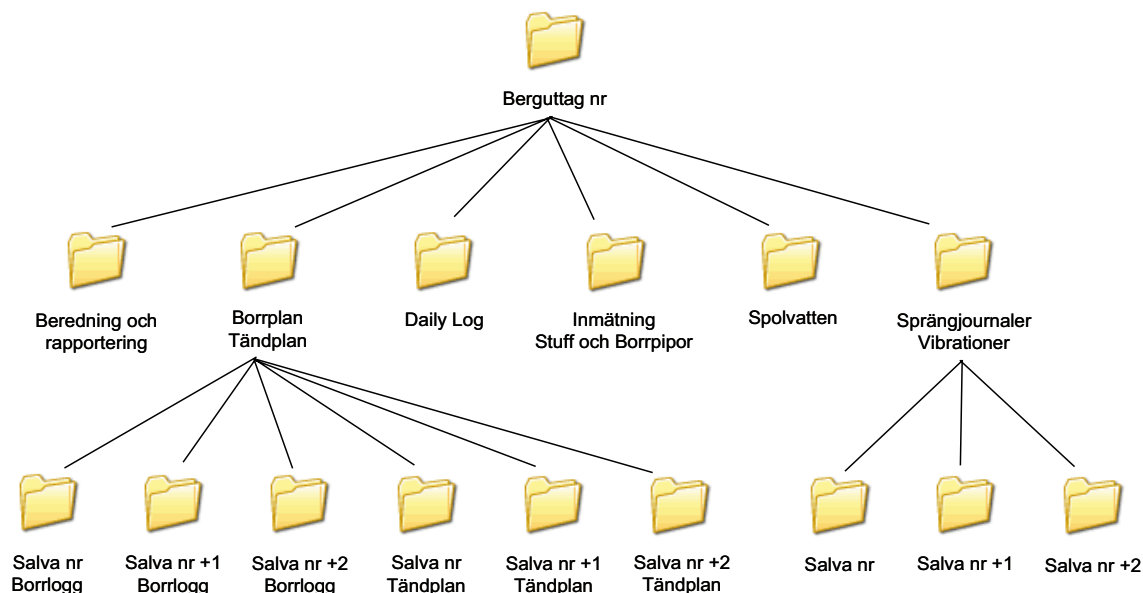
De styrande dokumenten bestod på en övergripande nivå av beskrivningarna av delprojekten Berguttag respektive Bygg. De behandlade dels det som skulle provas med hänsyn till vad som skulle uppnås och dels hur detta skulle genomföras och följas upp. Den detaljerade styrningen av de olika salvorna och berguttagen preciserades sedan i berguttagsvisa strategier och arbetsberedningar, se figur 4-8.

Under uttagen av de olika salvorna gjordes olika mätningar och uppföljningar i enlighet med de styrande dokumenten. Uppföljningarna av detta redovisades för yrkesarbetarna för att ge feedback på utförandet och för att samla erfarenheter. De redovisades även för övriga som var involverade i uppföljningsarbetet samt även för deltagarna på berguttags- respektive referensgruppsmötena av samma anledning.

Arbetsberedningarnas motsvarighet efter varje utfört berguttag utgjordes av de s.k. Etapprapporterna. Dessa sammanfattade relativt detaljerat allt arbete som utförts, vilka beslut som tagits och varför, olika avvikelser och förändringar m.m. Den fullständiga dokumentationen arkiverades slutligen i databasen, SICADA, så som visas i figur 4-8, samt även lokalt i ett särskilt digitalt mappsysteem, där dokumentationen för varje berguttag strukturerats på det sätt som visas i figur 4-9.



Figur 4-8. Styrande och uppföljande dokument (princip).



Figur 4-9. Mappstruktur för arkiverat material, översikt.

4.3.4 Personal och borrustrustning

Den personal som svarat för utförandet av drivningsarbetena tillhandahålls av den entreprenör som kontrakterades.

I projektet används Atlas Copco:s borrhög Rocket Boomer E2^{C30} med två BUT45 bommar på vilka COP3038 borrhöggregat var monterade som matades med BMH 6900 Series. 3:e generationens RCS borrsystem används.

5 Krav och planerade arbeten

I detta kapitel redovisas de planerade drivningsarbetena, både de övergripande planerna och kraven som de mer detaljerade. Därutöver beskrivs de viktigaste mätmetoderna som använts för att generera utdata samt lämnas en översiktlig genomgång av osäkerheter och felkällor.

5.1 Orientering

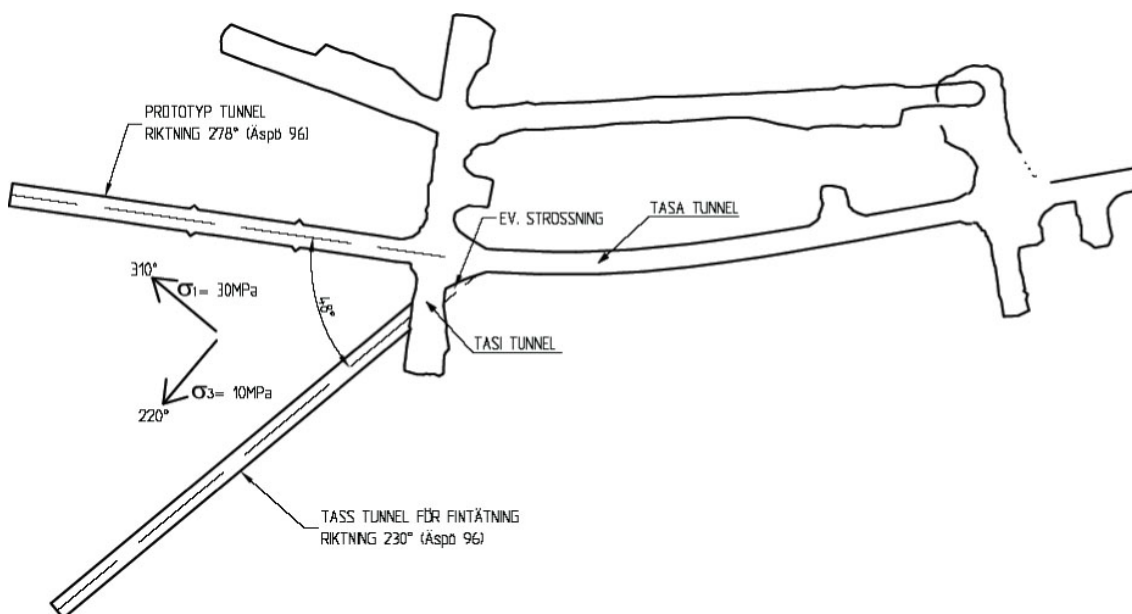
Den planerade, drygt 90 meter långa, tunneln utförs på 450-metersnivån från den befintliga TASI-tunneln, se figur 5-1.

Tunnel utfördes med en tvärsnittsarea av 18,93 m² och med de övriga mått som anges i figur 5-2.

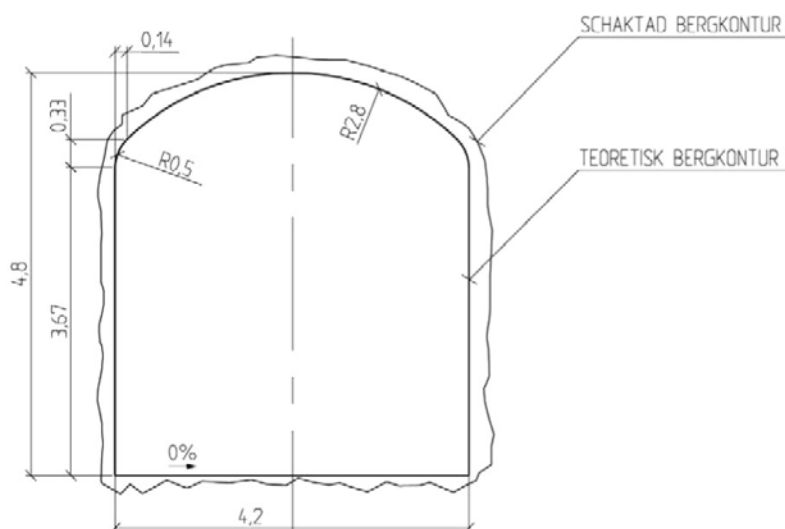
Drivningsarbetena är indelade i sju stycken Bergguttag, numrerade från 1 till och med 7. Vart och ett av dem omfattade mellan två och fyra salvor. I dessa utfördes olika prov där utförandet varierades. Se figur 5-1 samt sammanfattning i avsnitt 5.4.

5.2 Krav på resultat och utförande

Den sammantagna kravbilden bestod dels av styrande krav från återfyllnadslinjen och dels av målsättningar i huvudprojektplanen som avsåg att fastställa vad som skulle eftersträvas med avseende på kontur och skadezon. Utifrån detta upprättades olika detaljkrav på utförandet från delprojekt bergguttag för att nå bindande krav och målsättningar. Vissa krav var preliminära vid projektstart och flera av dem reviderades under projektiden. Dessa ändringar redovisas i anslutning till de olika bergguttagen. Nedan redovisas vad som gällde vid projektstart.



Figur 5-1. TASS-tunneln på 450-metersnivån, horisontalprojektion. De planerade bergguttagens lägen har indikerats i figuren.



Figur 5-2. Teoretisk kontur för TASS-tunneln.

5.2.1 Geometriska krav från återfyllnadslinjen

Baserat på de preliminära kraven från återfyllnadslinjen sammanfattas de styrande kraven på tunneldrivningen i nedanstående lista. Dessa krav förändrades under projektets gång. Förändringarna sammanfattas i avsnitt 10.2.1.

1. Verklig kontur får aldrig vara smalare än 4,20 m, det vill säga berg får inte förekomma innanför teoretisk sektion
2. Den verkliga uttagslängden per salva måste ligga mellan 4,00 och 4,25 meter.
3. Bergvolym utanför den teoretiskt borrarade konturen inklusive stickning, skulle begränsas till 3 volymprocent i medelvärde per salva.
4. Stickningen skulle begränsas till 0,25 m i golv och väggar samt till 0,20 m i anfang och tak.

Dessa krav medförde de teoretiska volymer beroende på salvlängd som redovisas i tabell 5-1.

5.2.2 Kontur och skadezon

För att nå målsättningarna enligt 2.2 föreskrev delprojekt berguttag att det i de olika berguttagen skulle testas olika borrarplaner, laddplaner och initieringar av tändare för att kunna rekommendera hur berguttagen skulle göras i ett slutförvar och vad som kunde behöva vidareutvecklas. Delprojekt berguttag upprättade nedanstående ambitionsnivå för utförandet med hänsyn till huvudprojektets mål om kontur och skadezon:

- 1) Variationerna i det sprängtekniska utförandet skulle vara tillräckliga för att kunna dra strategiska slutsatser om konturhållning och kontroll av EDZ (Excavation Damage Zone) inför byggandet av slutförvaret.
- 2) De verkligt utförda arbetena skulle följas upp och dokumenteras så att SKB vid ett senare skede skulle kunna genomföra fördjupade studier av sprängarbetena och dess resultat.

Uppfylldandet av ovanstående kopplades till de olika detaljkrav i utförandet som redovisas nedan.

Tabell 5-1. Teoretiska volymer beroende på salvlängd.

Tvärsnitts-area (m ²)	Salvlängd		Teoretisk volym	
	Minimum (m)	Maximum (m)	Minimum (m ³)	Maximum (m ³)
18,93	4,00	4,25	75,72	80,45

5.2.3 Detaljkrav på utförande

Ambitionsnivån ovan ledde till ett antal detaljkrav på utförandet. Genom efterlevnad av detaljkraven bedömdes det att de styrande kraven och huvudprojektets mål om kontur och skadezon skulle uppnås i möjligaste mån.

Borring

De detaljkrav som omfattade utförandet av borrningen omfattade följande tre delar:

- ansättning,
- stickning,
- parallellitet (slutpunkter).

Kraven på ansättning innebar att borrhålets centrum maximalt fick avvika + 50 mm i höjled och + 100 mm i horisontalled utanför teoretisk kontur och 0 mm innanför, se figur 5-3.

För stickningen gällde att den alltid skulle vara mindre än 35 cm, men med en ambition att nå en stickning på 20 alternativt 25 cm.

Med parallellitet avsågs att slutpunkterna för kontur- och hjälparborrhålen inte skulle avvika med mer än + 50 mm från de teoretiska slutpunkterna.

Laddning, initiering och sprängning

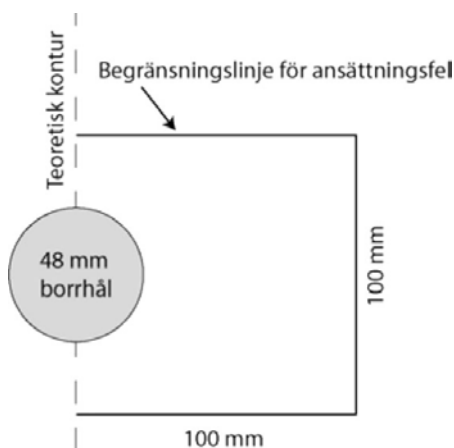
Kravstruktur och -innehåll med avseende på laddning skiljde sig något från vad som angavs för borrning. Den främsta anledningen till detta berodde de metodbundna svårigheterna att verifiera utförandet på samma sätt som är möjligt vid borrning. De utförandekrav som fanns omfattade, tillsammans med specifikationerna i laddplanerna, följande:

- Frikoppling: Avsåg att samtliga kontur- och liggarhål skulle ha centreringshylsor för att säkerställa frikoppling i borrhålen längs tunnelns hela omkrets.
- Vatten i nedåtriktade konturborrhål: Avsåg att det skulle monteras plaströr med slutna ändar och diameter nära borrhålets i sådana hål, förutom att förekomst och vidtagen åtgärd skulle anges i sprängjournalen.

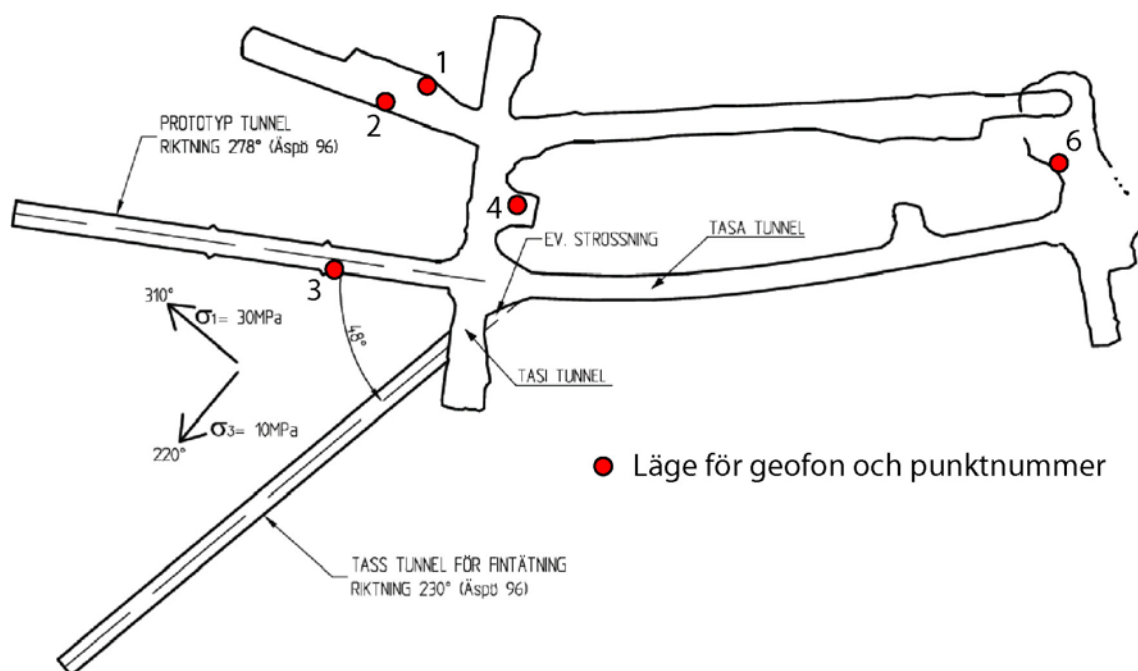
5.2.4 Vibrationskrav från Äspöanläggningen

I närheten av området som projektet utförs i finns känslig utrustning i form av datainsamlingsenheter, datorer, transformatorer etc. Äspölaboratoriet har satt gränsvärden för tillåtna vibrationer. Vibrationsmätningar gjordes på 5 punkter i totalt 17 kanaler (minst tre kanaler per instrument). De dimensionerande mätpunkternas lägen visas i figur 5-4 och de tillhörande gränsvärdena i tabell 5-2.

Utrustningen var av typ Ava 95, med en insamlingsfrekvens på 3 000 Hz per kanal. Geofonerna mätte i området 0–273 mm/s inom frekvensområdet 1–1 000 Hz.



Figur 5-3. Illustration av kravet på ansättning.



Figur 5-4. Geofonlägen för mätning av vibrationer.

Tabell 5-2. Vibrationsgränsvärden för dimensionerande mätpunkter.

Mätpunkt	Gränsvärde	Riktning
1. Server i mätcontainer	2,5 m/s ²	Vertikal acceleration
2. Instrumenttavla triaxiell mätare	30 mm/s	Vertikal
3. Betongplugg triaxiell mätare	30 mm/s	Vertikalt
4. Transformator	30 m/s ²	Vertikal acceleration
6. Hissport triaxiell mätare	30 mm/s	Vertikal

5.3 Grundplaner för borrning och laddning

I detta avsnitt redovisas de grundplaner för borrning och laddning som arbetet utgick från.

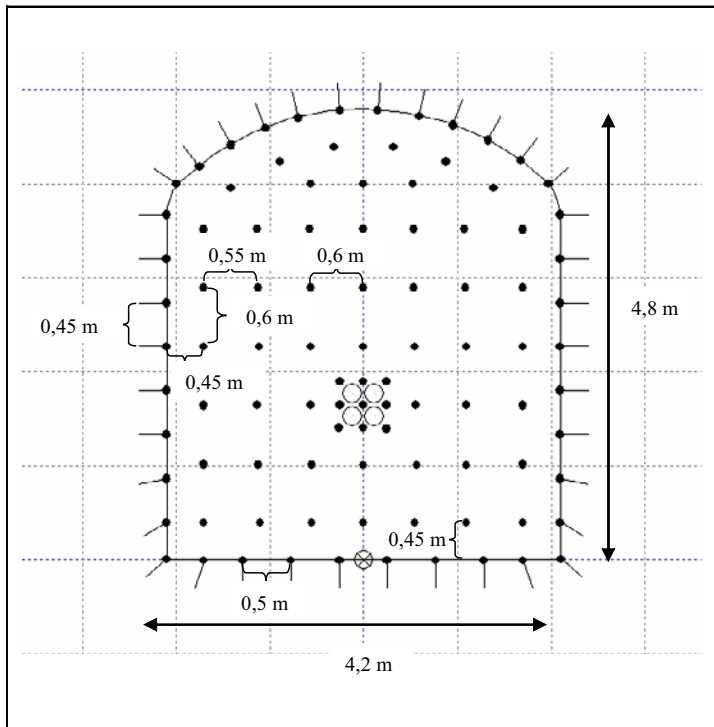
5.3.1 Borrplan

Strategin föreskrev utförande av den borrplan som redovisas i figur 5-5. Den bestod av en grovhålskil med fyra stycken 102 mm:s öppningshål samt 97 stycken 48 mm:s spränghål med ca 4 m:s hållängd. Hål- och radavstånd var anpassade för att skapa goda brytförhållanden. Data avseende borrningen av de planerade salvorna redovisas i tabell 5-3 nedan.

5.3.2 Ladd- och tändplan

För att kunna reducera laddningsmängden och få en bra kontur utformades laddplanen med frikoppade laddningar, varierande laddningskoncentrationer och med olika typer av sprängmedel, se översikt i figur 5-6. Ladddata avseende de planerade salvorna redovisas i tabell 5-4 nedan. Avseende hantering av variationer i laddningsutförandet med hänsyn till de verkligt borrade längderna, se avsnitt 10.6.

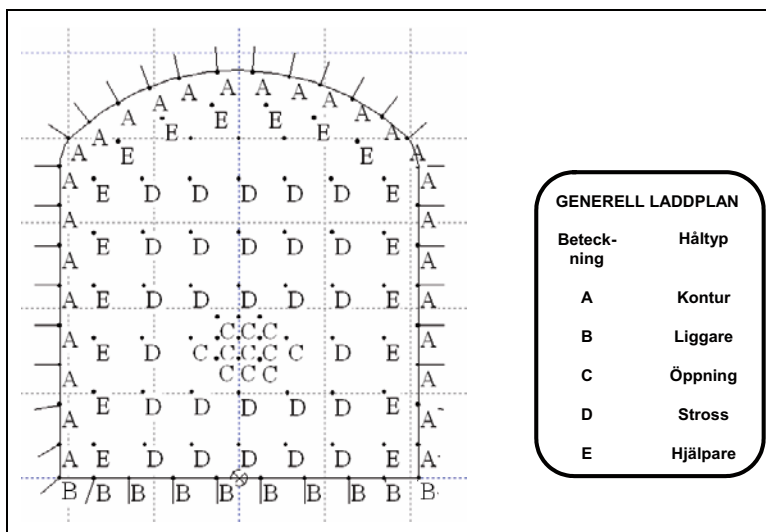
Det föreskrevs att såväl öppning, som strosshål och liggare skulle laddas med Dynorex 25 som pipladdning och Dynamit 30 som bottenladdning. Det angavs att hjälparhålen skulle laddas för skonsam sprängning men med något större laddningsmängd jämfört med konturen i form av Dynotex 22 och Dynamit 30 som bottenladdning. Det framhölls som viktigt att skadezonen från laddningarna inuti salvan inte fick bli längre än skadezonen för konturhålen. För konturhålen föreskrevs Dynotex 17 som pipladdning samt en liten primer som bottenladdning (Nobel Prime). Se tabell 5-5 och tabell 5-6.



Figur 5-5. Borrplan i grundutförande.

Tabell 5-3. Borrdata för de planerade salvorna.

Borrhål Typ	Antal (st.)	Totalt (m)	Area (m ²)	Salvdjup (m)	Specifik borrhning (m/m ³)
Öppning	9	36			
Stross	32	128			
Liggare	10	40	18,93	4,0	–
Hjälpare	18	72			
Kontur	28	112			
Totalt	97	388	18,93	4,0	5,12



Figur 5-6. Laddplan i grundutförande.

Tabell 5-4. Ladddata för de planerade salvorna (nettovikter, det vill säga exklusive emballage).

Håltyp	Antal (st.)	Laddning (kg/hål)	Total laddning (kg)	Area (m ²)	Salvdjup (m)	Specifik laddning (kg/m ³)
Öppning	9	2,6	23,6			
Stross	32	2,3	74,2			
Liggare	10	2,6	26,2	18,93	4,0	–
Hjälpåre	18	1,7	30,8			
Kontur	28	0,8	23,0			
Totalt	97	–	177,8	18,93	4,0	2,35

Tabell 5-5. Sammanställning av data för föreskrivna sprängämnen (nettovikter, det vill säga exklusive emballage).

Namn	Typ	Dim x Längd (mm)	Vikt (kg)
Dynomit 30	Bottenladdning	30 x 380	0,4
Nobel Prime 15	Primer	15 x 150	0,025
Dynorex 25	Pipladdning	25 x 1 100	0,68
Dynotex 22	Pipladdning	22 x 1 000	0,37
Dynotex 17	Pipladdning	17 x 460	0,095

Tabell 5-6. Sammanställning av sprängämnen och laddningar i de olika hålen.

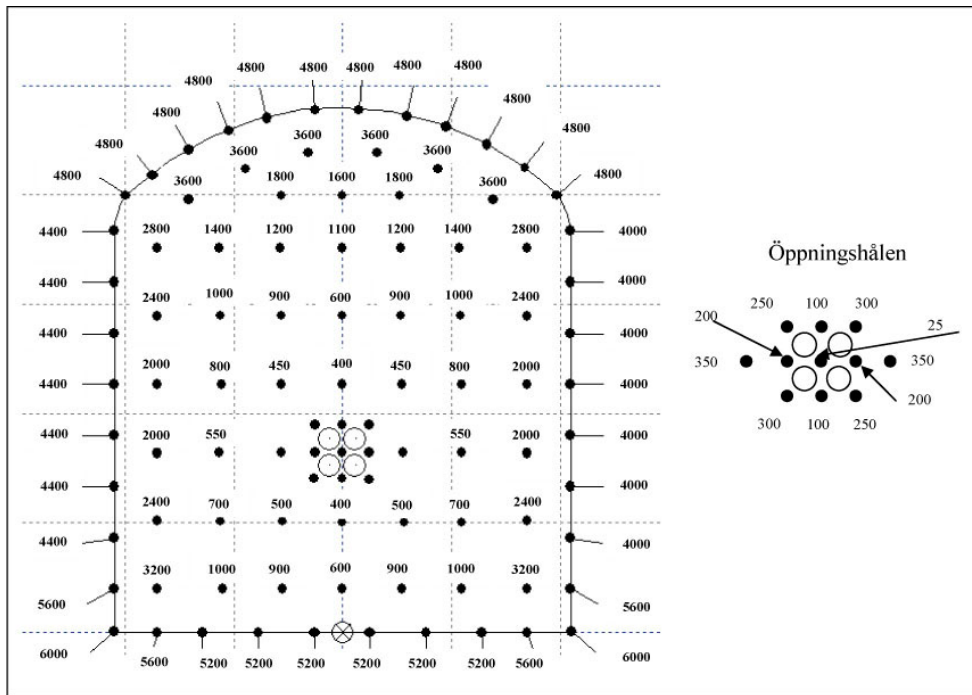
Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Totalt Längd (m)	Oladdat (m)
	Namn	Längd (m)	Namn	Längd (m)		
Öppning	Dynomit 30	0,38	Dynorex 25	3,60	3,98	–
Stross	Dynomit 30	0,38	Dynorex 25	3,10	3,48	0,52
Liggare	Dynomit 30	0,38	Dynorex 25	3,60	3,98	–
Hjälpåre	Dynomit 30	0,38	Dynotex 22	3,55	3,93	–
Kontur	Nobel Prime 15	0,15	Dynotex 17	3,85	4,00	–

Ovanstående laddplan förutsatte kapning av standardlängderna till mått som skulle göra att utförd laddning blev så som angavs i planen. Den beräknade sprängämnesåtgången per salva redovisas i tabell 5-7.

För initieringen föreskrevs Nonel LP sprängkapslar från Oricas LP-serie. Den hade utökade intervallnummer och angavs finnas från nr LP 0 upp till nr LP 60 där LP 0 hade 25 ms:s fördröjningstid men där sedan numret angav tiden i millisekunder. Föreslagna fördröjningar redovisas i figur 5-7. De sammanhörande intervallnumren och fördröjningstiderna redovisas i tabell 5-8.

Tabell 5-7. Sprängämnesåtgång per salva (nettovikter, det vill säga exklusive emballage).

Sprängämne	Dim x Längd (mm)	Användning	Funktion	Antal hål (st.)	Mängd (kg/salva)
Dynomit, 30 x 380		Öppn+stross+hjälp+ligg	Botten	69	27,6
Nobel Prime, 15 x 150		Kontur	Botten	28	0,7
Dynorex, 25 x 1 100		Öppn+stross+ligg	Pipa	51	103,6
Dynotex, 22 x 1 000		Hjälpåre	Pipa	18	23,6
Dynotex, 17 x 460		Kontur	Pipa	28	22,3
Totalt		–	–	–	177,8



Figur 5-7. Tändföljd inklusive öppning i grundutförande.

Tabell 5-8. Intervallnummer och fördröjningstider i den använda tändarserien.

Intervallnummer (nr)	Fördröjningstid (ms)	Intervallnummer (nr)	Fördröjningstid (ms)	Intervallnummer (nr)	Fördröjningstid (ms)
0	25	14	1 400	25	2 500
1	100	16	1 600	30	3 000
2	200	18	1 800	35	3 500
3	300	20	2 075	40	4 000
4	400			45	4 500
5	500			50	5 000
6	600			55	5 500
7	700			60	6 000
8	800				
9	900				
10	1 000				
11	1 110				
12	1 235				

5.4 Planerat genomförande

5.4.1 Strategi bergguttag TASS

För uttaget av salvorna i TASS-tunneln utarbetades en särskild strategi för att styra planering och utförande, vilka variationer som skulle införas och vilka resultat som skulle studeras, se avsnitt 2.2 och 5.2.

Med utgångspunkt från de erfarenheter som gjordes under utförandet av arbetena, och i takt med att nya kunskaper vanns, reviderades den ursprungliga strategin successivt i olika avseenden. Dessa förändringar redovisas i anslutning till de olika bergguttagen. Nedan redovisas den ursprungliga genomförandeplanen, uppdelat i Bergguttag 1–2 respektive Bergguttag 3–7.

5.4.2 Berguttag 1 och 2

Borr-, ladd- och tändplaner

Berguttag 1–2 omfattade uttag av salvorna fram till och med ca 21 m:s längd. För dem upprättades särskilda borr- och laddplaner med hänsyn till förutsättningarna för påbörjandet av arbetena och med hänsyn till riskerna för den övriga anläggningen. Planerna utarbetades med utgångspunkt från dem som redovisas i avsnitt 5.3.

Ledhål

Det föreskrevs att ledhål skulle provas på vänster vägg, ett prov som skulle utvärderas när längdmätningen 21 m nåddes. ”Ledhål” avser att konturborringen görs extra tät och att endast vartannat hål av laddas. Detta innebär att sprickorna från de sprängda hålen kommer att ledas mot de tomma, varvid tunnelkonturen åstadkoms med mindre kraft än om alla hål laddats och en bättre slutkontur erhålls. Det planerades för ett c/c-avstånd av 30 cm.

Stickning

För att fastställa vilken stickning som var den praktiskt minsta som kunde uppnås med den använda utrustningen föreskrevs prov med olika stickningar av konturhålen fram till och med längdmätningen 21 m. Ambitionen var att undersöka om en stickning av 20 cm var praktiskt genomförbar och utfallet av provet skulle ligga till grund för stickningen i fullareasalvorna. Provet omfattade följande:

- stickning 30 cm fram till och med längdmätningen 17 m (salva 1–4),
- stickning 20 cm mellan längdmätningen 17–21 m (salva 5).

Pluggning – mer sprängenergi in i berget

I strategin föreskrevs försök med att plugga samtliga hål i de två första salvorna, det vill säga under Berguttag 1, med laddlås och grus för att dämpa luftstötvägen samt för att få mer sprängenergi in i berget.

Matningskraft

Vid borring fram till och med längdmätningen ca 21 m planerades att testa den använda borrhagens tre förprogrammerade matningslägen med avseende på borrhålskapacitet (tid) och borrhålskvalitet (avvikelse). Syftet var att fastställa vilket matningsläge som gav mest kvalitet per tidsenhet och resultatet skulle vara styrande för valet av matningsläge vid borring av kontur- och hjälparhål i kommande berguttag.

Datinsamling och sammanställning

Efter varje utförd salva fram till och med längdmätningen 21 m föreskrevs att underlag och data, inklusive de geodetiska mätresultaten, skulle tillhandahållas och sammanställas av delprojektledare Bygg. Detta omfattade i första hand borr- och laddplaner inklusive vattenproblem i nedåtriktade konturhål, inmätningar av borrhål, stuffläge, antal synliga borripipor samt observationer och kommentarer, exempelvis olika avvikelser gentemot plan. I detta ingick även uppgifter som gav möjlighet att bedöma effekterna av variationer avseende ledhål, stickning, pluggning och matningskraft. Datinsamlingen omfattade även vibrationer samt redovisning av att sprängningarna utförts på ett säkert sätt, det vill säga i enlighet med rutin SDTD-304 ”Åtgärdslista vid sprängning vid Äspölaboratoriet”.

Utvärdering

Det föreskrevs att särskild utvärdering, omfattande bland annat vad man hittills gjort och lärt, skulle utföras i samband med överlämnade av dokumentationen efter det att Berguttag 1 och 2 utförts, se avsnitt 8.2.1.

5.4.3 Berguttag 3–7

Borr-, ladd- och tändplaner

Även de borr-, ladd- och tändplaner som skulle ligga till grund för Berguttag 3–7 skulle, i likhet med vad som gällde för Berguttag 1 och 2, utformas med utgångspunkt från dem som redovisas i avsnitt 5.2.

Genomförandet av Berguttag 3–7 planerades omfatta prov med variationer i borr-, ladd- och tändplanerna. Dessa variationer skulle sedan jämföras med erhållna variationer i resultaten i syfte att studera samband.

På samma sätt som erfarenheterna som tillvaratogs från proven i Berguttag 1–2 planerades även erfarenheterna från Berguttag 3–7 att tas till vara och användas under pågående försök. Det testprogram som skulle ligga till grund för berguttagen sammanfattas tabellen nedan och omfattade bland annat ytterligare prov med stickning och ledhål samt prov med patronerade sprängmedel respektive emulsion och prov med Nonelsprängkapslar respektive elektronik.

Datainsamling vid varje salva

Borrhål

När en salva borrats färdigt angavs att följande borrhål skulle mätas in:

- samtliga sulhål,
- 15 stycken jämnt fördelade konturhål,
- alla hjälpare ovan sulhål,
- 6 stycken jämnt fördelade hjälpare i väggarna.

Det föreskrevs även att borrhål med alltför stor avvikelse gentemot borrarplanen skulle borraras om efter det att en särskild bedömning gjorts.

Det föreskrevs att samma konturhål som mättes in före sprängning skulle mätas in efter sprängning (15 stycken jämnt fördelade). Det föreskrevs även att denna inmätning skulle utföras med totalstation och omfatta både start- och slutpunkt för berörda borrhål. Mätningen skulle därefter jämföras med den som gjordes innan sprängning och om verkliga och extrapolerade start- och slutpunkter visade god överensstämmelse skulle mätningen efter salvan slopas. Sistnämnda syftade till att fastställa omfattningen av eventuella problem med hålkrökning.

Tabell 5-9. Sammanfattning av de planerade proven under Berguttag 3–7.

Berguttag (nr)	Salva (nr)	Längdmätning (m)	Borring Grundplan	Laddning Initiering Grundplan	Skanning
3	6, 7, 8	21–33	–		Utförs före salva 6
4	9, 10, 11	33–45	Hjälparna parallella med konturen		
5	12	45–49	Ledhål	Patronerat Nonel	
	13	49–53			
	14, 15	53–61	Ledhål		
6	16	61–65	Hjälparna parallella med konturen Beslut avseende hjälparinriktning		Utförs efter salva 16
	17, 18	65–73	Enligt beslut från salva 16	SSE + Nonel	
	19	73–77		SSE + Elektronik i kontur och hjälpare + Nonel i övrigt	
7	20	77–81	Ledhål		
	21, 22	81–89			
	23	89–93	Beslut utifrån vunna erfarenheter	Beslut utifrån vunna erfarenheter	Utförs efter salva 23

Laddning, initiering och sprängning

Den datainsamling som föreskrevs med avseende på laddning, initiering och sprängning omfattade noteringar av avvikelser i utförandet gentemot plan samt mätning av vibrationer. Särskilda krav utöver detta avsåg frikoppling respektive vatten i nedåtriktade konturborrhål, se avsnitt 5.2. Även redovisning av att sprängningarna utförts på ett säkert sätt, det vill säga i enlighet med rutin SDTD-304 ”Checklista för sprängning projekt Fintätning av tunnel på stort djup”, omfattades.

Synliga borrhörpipor

Det föreskrevs att synliga borrhörpipor i väggar, anfang och tak skulle registreras på en särskild blankett (efter skrotning).

Stuffläge

Inmätning av stuffläge planerades att utföras i fem punkter definierade på samma blankett som synliga borrhörpipor.

Geologberg

Det föreskrevs även att utfall beroende på geologiska förhållanden skulle noteras särskilt för att inte förväxlas med utfall som berodde på det sprängtekniska utförandet.

Kartering

Inom Delprojekt Förundersökning/Bergkaraktärisering skulle stuffen karteras fortlöpande under berguttagen. I samband med uppehåll för mätvallsbyggen och inläckagemätning skulle även väggar, golv och tak karteras.

Spolvatten

Löpande mätningar av spolvatten skulle också utföras samt dokumenteras.

Datainsamling vid vissa tillfällen

Laserskanning

Det föreskrevs att laserskanning skulle utföras vid tre tillfällen, se sammanställningen ovan. De data som togs fram avsågs användas för att bestämma:

- start- och slutkoordinater för samtliga synliga borrhörpipor,
- volym uttaget berg i varje salva,
- erhållen tunnelkontur för jämförelse med planerad (början, mitten och slutet av varje salva).

De inmätta, kvarstående, borrhörpiporna skulle jämföras med planerat med avseende på påhugg och slutpunkt. Därutöver föreskrevs att 3D-vyer skulle tas fram för att bland annat tjäna som stöd vid jämförelser mellan planerad och verklig kontur.

Skadезон

I strategin angavs att jämförelser av sprickutbredning för samtliga testade varianter av borrhör- och laddplaner borde genomföras. Utförandet av, och resultaten från, detta arbete redovisas separat.

Pluggning – påverkan på luftstötstång

Det föreskrevs att luftstötstångsmätningar skulle utföras vid skjutning av salvorna 6, 7 och 8, det vill säga under Berguttag 3, respektive salva 9, det vill säga den första salvan under Berguttag 4, för jämförelser med avseende på effekten av pluggning.

Framkast

Vid vissa salvor angavs att mätningar av framkast skulle göras för att få underlag för att bedöma hur lätt eller tungt berget lossats. Vid vilka salvor detta skulle göras skulle beslutas under genomförandet av drivningarna.

Datainsamling och sammanställning

Efter varje salva föreskrevs att utfört arbete skulle sammanställas i enlighet med ovanstående.

Utvärdering

Det angavs att erfarenheter, problem och möjligheter skulle diskuteras och förslag avseende de fortsatta uttagen lämnas som resultat från särskilda möten, se avsnitt 4.3.

5.5 Använda metoder

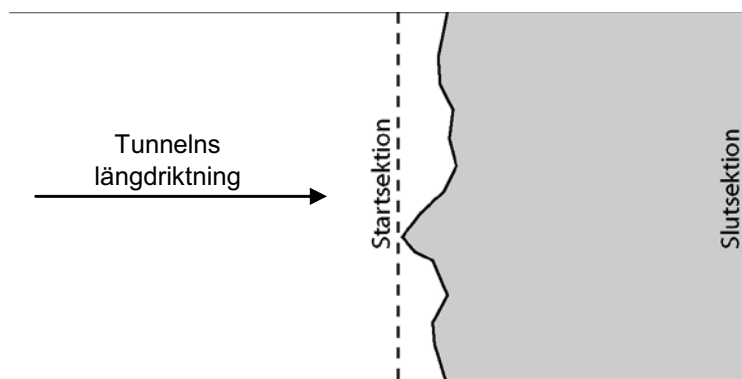
5.5.1 Styrning av salvborrhålens längder

Styrningen av borrhållens längder illustreras i figur 5-8. Borruppställningarna har styrts mot en plan startsektion (vertikal, vinkelrät mot tunnellen) som förlagts så nära stoffen som möjligt med hänsyn till utstickande berggaddar. Från detta plan har sedan borrhningen utförts till föreskriven slutsektion.

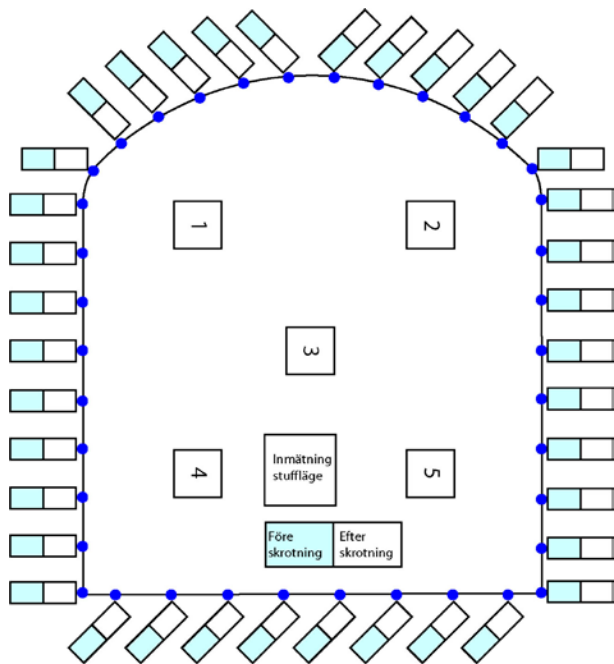
5.5.2 Okulär bedömning av kvarstående borrhör

För att få en uppfattning om skadezonen utförda salvor, utöver den särskilda studien av EDZ, gjordes en okulär bedömning av antalet kvarstående borrhör på blanketten "Log Borrhör", se figur 5-9.

På blanketten angavs de borrhör som var synliga från en observationspunkt mitt i den uttagna salvan med ett "X" om de bedömdes vara 50 cm eller längre. Blanketten ger två möjliga rutor att kryssa i. Dessa är avsedda för att registrering både innan och efter skrotning ska kunna göras på samma blankett. Alla registreringar som gjorts har dock utförts efter skrotning, varför frågan om vilken ruta som har markerats saknar betydelse.



Figur 5-8. Illustration av styrningen av borrhållerna.

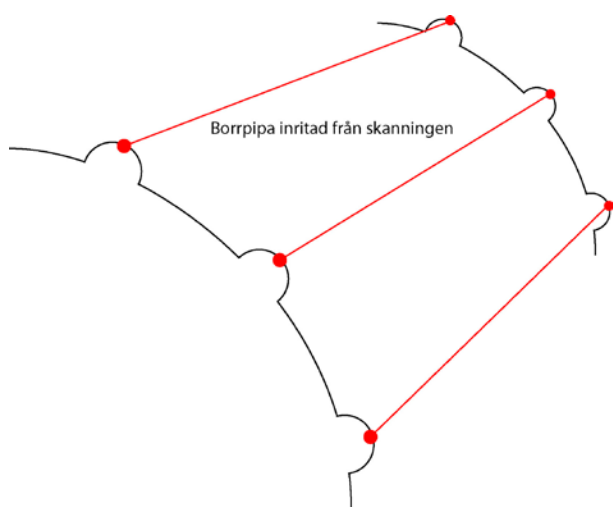


Figur 5-9. Den använda blanketten på vilken registreringarna gjordes.

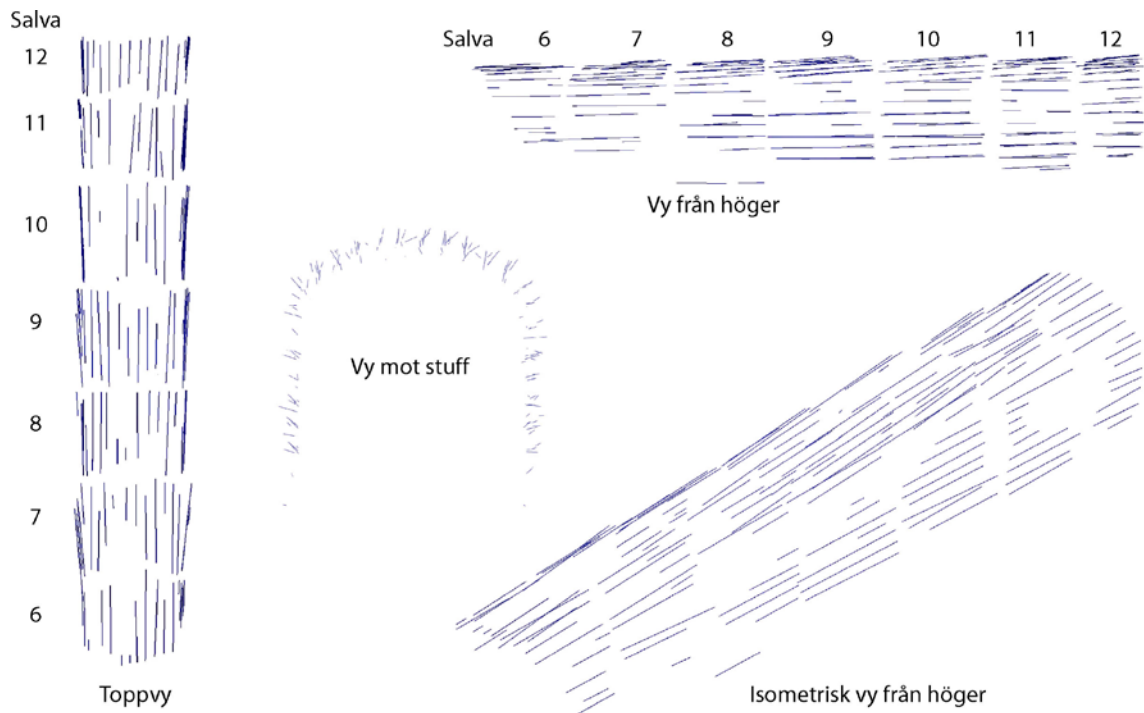
5.5.3 Skannade borrpipors lägen

Arbetet med att visualisera och koordinatsätta de borrpipor som varit synliga i de skanningar som utförts har utförts följande steg:

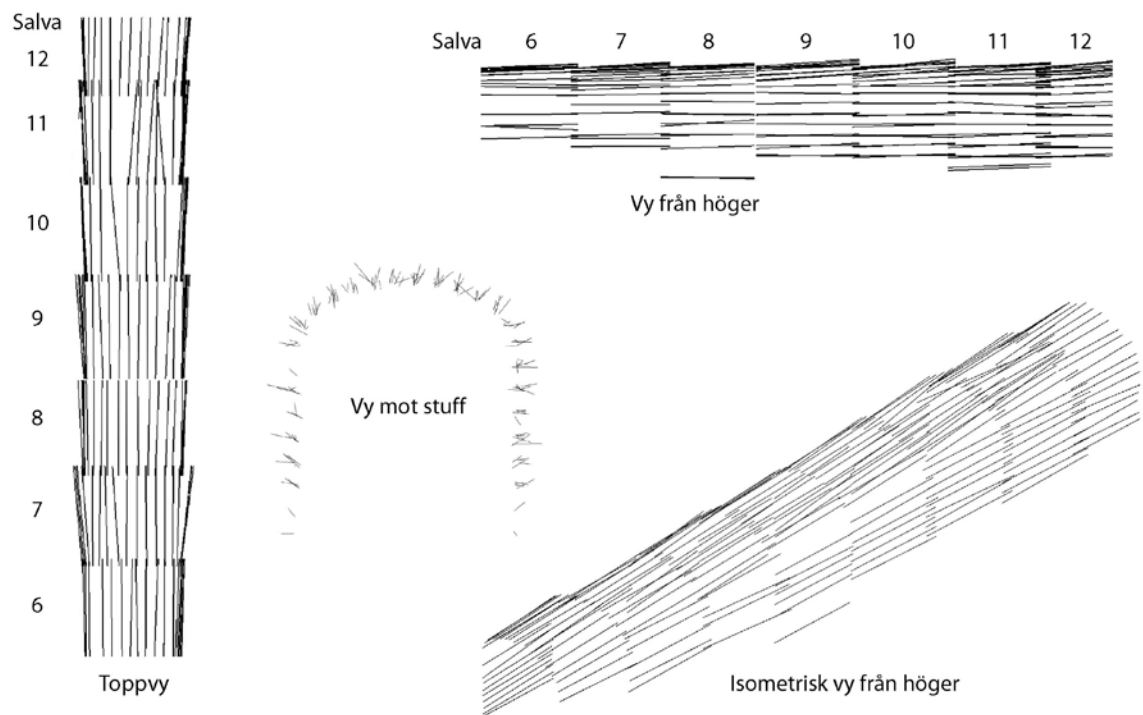
1. De skannade filerna har lästs in och fogats ihop så att en sömfri 3D-bild över (i detta fall) Berguttag 3 och 4 skapats.
2. De synliga borrpiporna i 3D-bilden har ritats in och exporterats till CAD-filer, se figur 5-10 och figur 5-11, varefter den längsta spårbara längden för varje borrpipa lagts in. Kortare avbrott har ignorerats om det kunnat säkerställas att det var samma borrpipa som syntes efter avbrottet.
3. CAD-filerna bearbetades sedan så att borrpiporna extrapolerades till de teoretiska start- och slutsektioner som programmerats in i riggen i de aktuella salvorna, se figur 5-12.
4. Koordinaterna för synliga borrpipors startpunkt (påhugg) och slutpunkter plockades därefter ut ur CAD-systemet och de faktiska borrhålskoordinaterna har sedan jämförts med de teoretiska.



Figur 5-10. Metod för inritning av borrpipor i en icke skalenlig illustration av konturen med kvarstående konturborrhål.



Figur 5-11. *Vyer från CAD-filen (borrpipor som har kunnat identifieras).*



Figur 5-12. *Vyer från bearbetad CAD-fil där identifierade borrpipor extrapolerats till sina teoretiska start- och slutsektioner, programmerade i riggen.*

5.6 Osäkerheter och felkällor

Oavsett hur väl allt styrs och kontrolleras finns alltid något mått av variation, se avsnitt 3.1. Storleken på denna variation bestämmer den grad av noggrannhet med vilken de verkliga utfallen kan förutsägas. Osäkerheter i resultat hänförs vanligen till (i) indata, (ii) analysmetodik eller beräkningsmodeller respektive (iii) bedömningen av följderna av olika osäkerheter (konsekvenserna). Delresultaten från en värdering nämnda källor till osäkerhet vägs normalt ihop till en samlad bedömning och används för att bedöma slutresultatets validitet.

Någon formell analys av osäkerheterna har inte utförts inom ramen för arbetet med denna delrapport. Som en del av ett sådant arbete har dock felkällorna i den laserskanning som använts som underlag för resultaten bedömts. Detta redovisas nedan.

Det finns tre huvudsakliga felkällor som ger en direkt påverkan på läget av de borrhåll som bestäms från laserskanningen, de är:

1. Positionering av punktmolnen mot referenspunkterna i tunneln.
2. Noggrannhet i inritningen av borrhållena.
3. Extrapolering av borrhållena.

Positioneringsfel (1) leder till systematiska fel i resulterande punktmoln. Detta bedöms därför utgöra den minsta felkällan då detta kan göras med uppskattningsvis 2–3 mm fel.

Noggrannhet i inritningen av borrhållena (2) leder enligt figur 5-10 omedelbart till ett då de ritats in som tunna linjer i den del av det verkliga borrhålet som ligger längst bort från konturen. Detta fel blir maximalt 24 mm vilket motsvarar halva borrhållsdiametern men varierar med vinkeln på det radiella felet enligt figur 10-12. Felet blir således inte helt systematiskt och ingen korrigering för detta har gjorts. Ett annat fel som kan bli vid inritningen är om det är ett litet bergutfall i någon av punkterna där borrhållena fästs. Detta ger ett riktningsfel vid extrapoleringen av borrhållena.

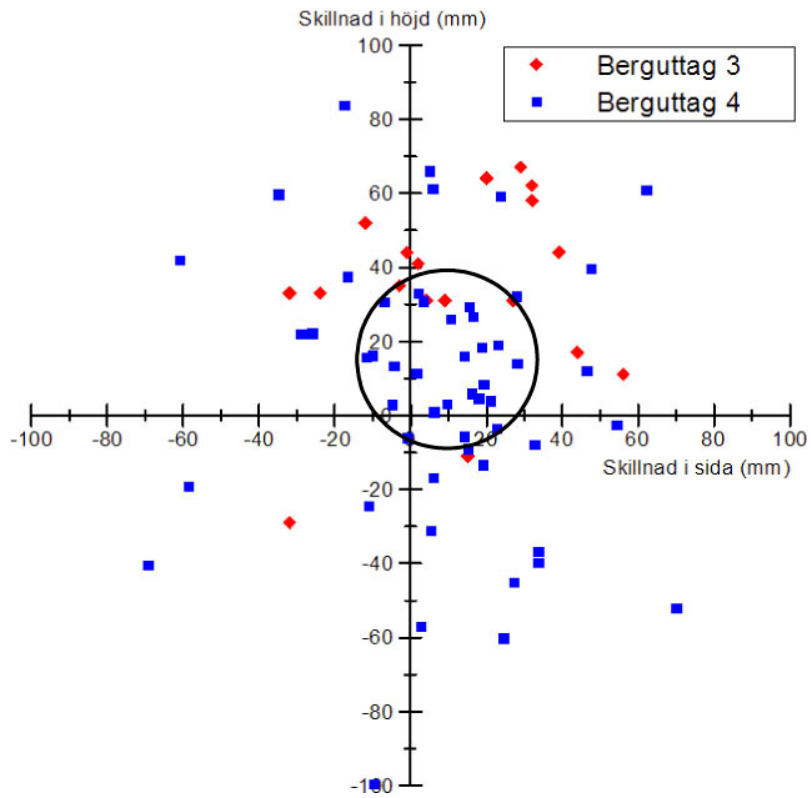
Extrapolering av korta borrhåll (3) bedöms svara för den största andelen av felet eftersom ett litet fel i inritningen av borrhållena förstärks med ökad längd på extrapoleringen.

I figur 5-13 visas en jämförelse mellan ett antal startpunkter, inmätta med totalstation, och påhuggspunkterna för samma borrhål beräknade från laserdata och som möjliggör en uppskattning av det totala felets storlek. Redovisningen baseras på jämförelser i höjd respektive sida, varvid en positiv skillnad i höjddelen innebär att skannade borrhåll ligger högre upp än inmätta borrhåll medan en positiv skillnad i sidled innebär att skannade borrhåll ligger utanför inmätta borrhåll, det vill säga utanför tunneln. Cirkeln i figuren motsvarar en borrhållsdiameter, det vill säga 48 mm.

Tyngdpunkterna för punktsvärmarna för de olika berguttagen indikerar inverkan av felet på grund av inritningen då huvuddelen av punkterna ligger ovanför x-axeln men också till höger om y-axeln. Detta innebär att startpunkterna från skanningen ligger över samt utanför de inmätta startpunkterna. Följden av att rita in borrhållena enligt figur 5-10 leder till precis detta fel men om det var det enda felet skulle det ha begränsats till maximalt 24 mm. I figuren är det tydligt att det totala felet för de flesta punkterna är mycket större än så.

Spridningen i punkterna bedöms bero på en kombination av inritningen (2) och extrapoleringen (3) då de punkter som har störst skillnad i många fall sammanfaller med korta borrhåll i punktmolnet, det vill säga de samvarierar.

Användandet av de borrhållslägen som bestämts med laserskanning kan konstateras bidra till en viss spridning av resultaten. Sett i relation till använd borrhållsdiameter kan denna dock bedömas vara hanterbar så till vida att de verkliga borrhållena kan förväntas ha något bättre noggrannhet än den som redovisas.



Figur 5-13. Jämförelse mellan totalstation och laserskanning (startpunkter).

6 Utförande och delresultat, Berguttag 1

6.1 Översikt

Berguttag 1 bestod av påhugget av den nya TASS-tunneln från den befintliga TASI-tunneln, se figur 5-1. Uttaget var indelat i två delar, Salvdel 1 respektive Salvdel 2. Tillsammans omfattade berguttaget de ungefärliga längdmätningarna 5–8 m och togs ut 2007-12-10–2007-12-20 (längdmätningen 0,00 m låg i centrum av TASI-tunneln).

Salvdel 1, det vill säga det inledande sneda påhugget, togs ut i fem olika skjutningar och bestod i huvudsak av strossning av den blivande TASS-tunnelns högra sida. Salvdelen sträckte sig fram till och med längdmätningen ca 6 m. Se illustrationen i figur 6-1.

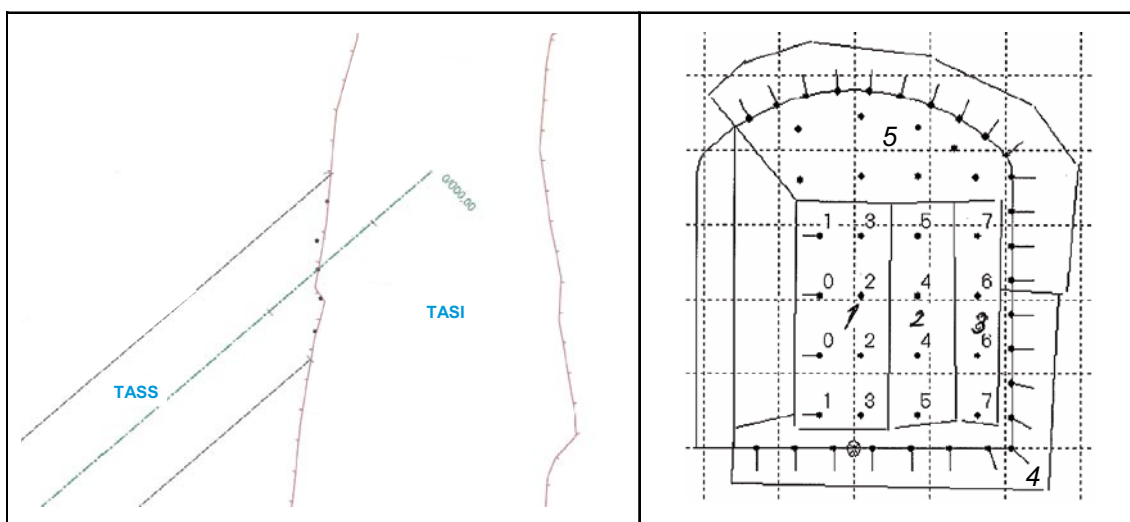
Salvdel 2 innebar att full tunnelsektion togs ut men, i likhet med Salvdel 1, togs även den ut i flera delar, i detta fall 8 stycken varav den sista till stor del rasade redan vid den sjunde skjutningen. Se figur 6-2–figur 6-3.

Indelningen av de båda salvorna i flera delar var nödvändig för att begränsa, i första hand, kast och vibrationer.

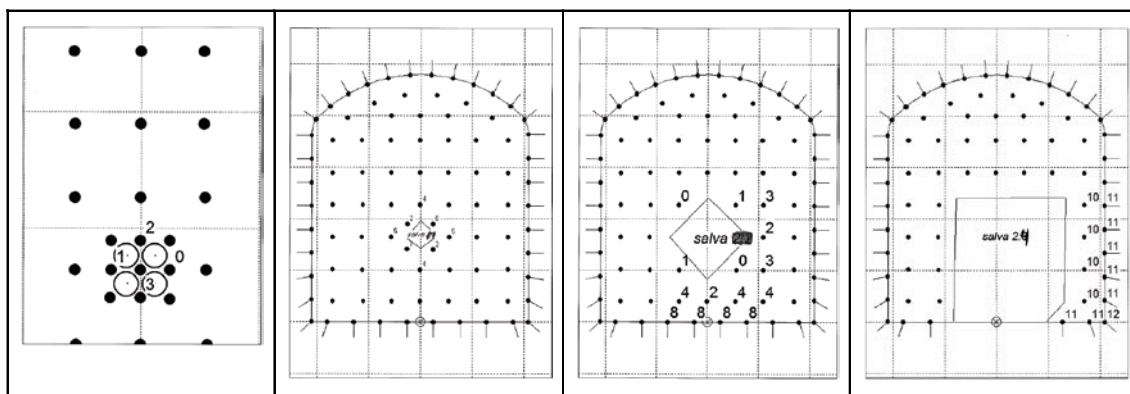
6.2 Planerat

6.2.1 Förutsättningar

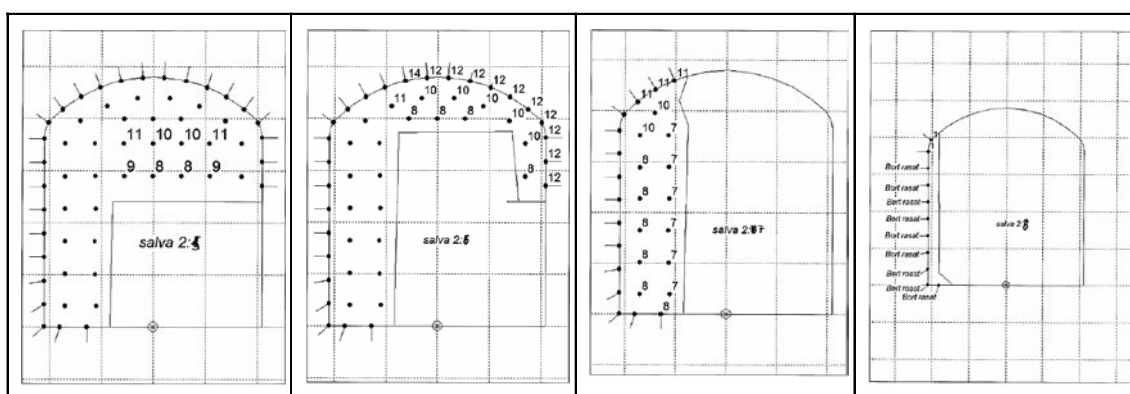
Berguttag 1 och 2 kunde inte, som tidigare nämnts, planeras och genomföras i strikt överensstämmelse med det som beskrivs i grundplanerna i avsnitt 5.3 och utförande enligt avsnitt 5.4. Detta är avsett för fullständiga tunnelsektioner och hela salvor medan Salvdel 1 endast utgjorde ett snett påhugg i en befintlig tunnel och Salvdel 2 var ofullständig med avseende på djup, även om den var fullständig med avseende på area. Båda bedömdes dessutom nödvändiga att ta ut i flera delar med hänsyn till riskerna för skador eller andra störningar från kast och vibrationer. Nedan sammanfattas de planer som användes.



Figur 6-1. Horisontalprojektion och uttagssekvens för det inledande påhugget.



Figur 6-2. De fyra första delarna av Salvdel 2.



Figur 6-3. De fyra avslutande delarna av Salvdel 2.

6.2.2 Borrning

De borrarplaner som användes för bergguttaget avvek i följande avseenden från dem som beskrivs i avsnitt 5.3:

- Salvdel 1: Endast den högra delen av den fullständiga salvan planlades och det föreskrevs att håldjupen skulle anpassas till rådande förhållanden.
- Salvdel 2: Håldjupen planerades till ca 2,5 m och även dessa skulle anpassas till rådande förhållanden.

Föreskriven borrarplan för Salvdel 1 framgår av figur 6-1. Det kan noteras att den överensstämde med den som anges i avsnitt 5.3 med undantag för den vänstra sidan. Borrarplanen för Salvdel 2 framgår av figur 6-2. Denna överensstämde helt, utom med avseende på djup, med det som anges i avsnitt 5.3. Föreskriven stickning i kontur och sula var 30 cm.

Under borrarningen av Salvdel 2 föreskrevs att matningsprov skulle utföras för att få underlag för att bedöma vilket matningsläge som skulle gälla framgent vid borrarning av kontur- och hjälparhål. Den använda utrustningen hade tre lägen för matningstryck: 180, 190 respektive 200 bar. De benämndes Läge 1, Läge 2 respektive Läge 3. Följande skulle provas:

- Läge 1: Konturhål, höger vägg.
- Läge 2: Konturhål, vänster vägg till och med centrum tak.

Läge 3 provades inte i denna salva. Vid påhugg användes regelmässigt 120 bar för samtliga hål.

6.2.3 Laddning, initiering och sprängning

De laddplaner som användes för bergguttaget överensstämde med dem som redovisas i avsnitt 5.3 med följande skillnader:

- Salvdel 1: Pipladdningslängder och bottenladningar skulle anpassas till rådande förhållanden. Detsamma angavs avseende upptändning.
- Salvdel 2: Pipladdningslängder skulle anpassas till rådande förhållanden.

Det föreskrevs även att borrhålen skulle blåsas ur och konstateras vara torra och tomma innan laddning, att centreringshylsa/spärrfjäder skulle användas i kontur- och sulhål samt att samtliga hål skulle pluggas med grus.

6.2.4 Datainsamling

Utöver redovisning av utförandet av borring, laddning m.m. angavs särskilt att följande skulle samlas in:

- Salvdel 1: Inmätning av två sulhål och sex konturhål efter borring och kvarstående borrhålen efter skjutning.
- Salvdel 2: Inmätning av kvarstående borrhålen efter skjutning.

6.3 Genomfört

6.3.1 Förutsättningar

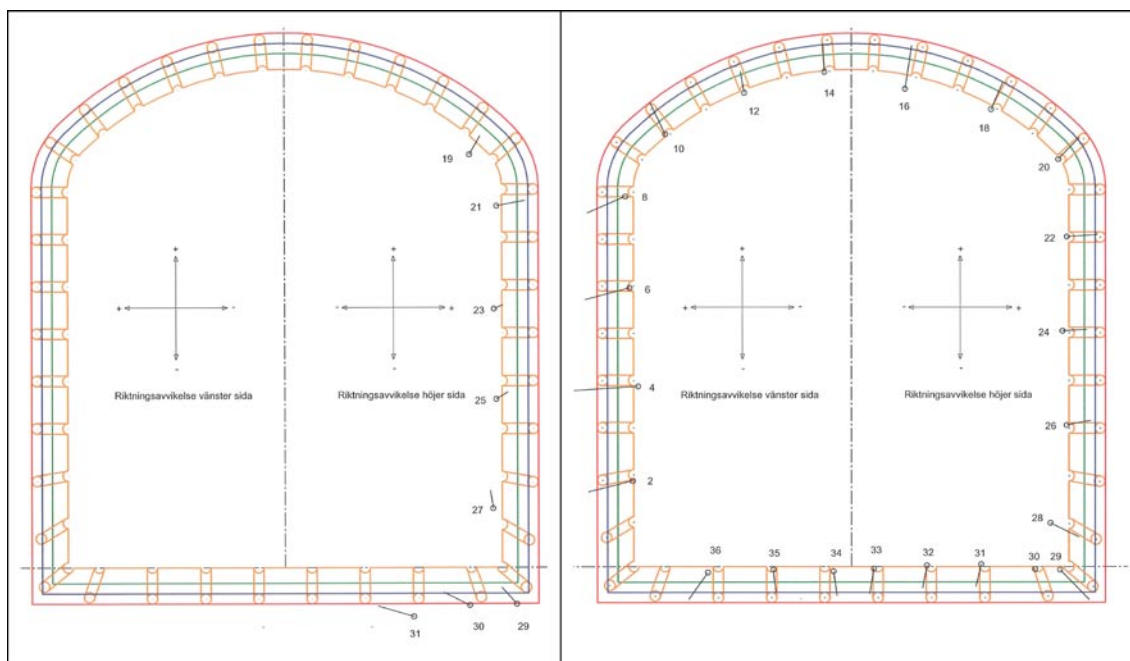
Den stuf i vilken borring och laddning skulle utföras var perforerad med injekteringshål samt två undersökningshål. Detta resulterade i att några av dem kom att ligga mycket nära salv- och konturhål. Detta kan ha påverkat konturen i sulan.

6.3.2 Borring

De avvikelser som tillkom eller noterades under eller i samband med borring utgjordes av följande:

- Riggens utrustning för skarvborring RAS (Rod Adding System) ställde till problem för åtkomst vid vägg vid borring av Salvdel 1. Problemet bedömdes dock vara begränsat till aktuell uppställning.
- Inmätning av Salvdel 1 visade att hålsättningarna generellt gjordes för lågt samt för långt till vänster. Uppställningen bedömdes därför behöva kontrolleras inför nästa salva och undersökas ytterligare inför Bergguttag 2, se figur 6-4.
- Det eftersträvades att borra sulhålen i Salvdel 1 horisontellt för att underlätta bergguttaget, undvika att skjuta sönder injekteringshål samt få en kvarstående bergkant in till tunneln. Det beskrivna syftet uppnåddes, även om den kant som skapades lossnade vid rensningsarbetena på grund av ett lokalt slag i berget.

Resultatet av utförda hålinmätningar redovisas i figur 6-4. Gul linje (den innersta) avser teoretisk kontur. Därefter avser grön, blå respektive röd linje 15, 25 respektive 35 cm stickningsgräns. De teoretiska borrhålen utefter konturen anges också. De inmätta borrhålen redovisas med startläget som en ofylld ring (påhugg). Figuren utgör en del av underlaget för resultat och diskussioner och de viktigaste observationerna behandlas vidare i kapitel 10.



Figur 6-4. Borrhålsinmätningar, Salvdela 1 (till vänster) respektive 2 (till höger).

6.3.3 Laddning, initiering och sprängning

Laddningen utfördes med föreskrivna centreringshylsor och pluggades med laddlås och grus. De avvikelserna som tillkom eller noterades under eller i samband med laddning och sprängning begränsade sig till att man använde elektrisk upptändning fram till startblocket. Resultatet av sprängningen blev att

- salvdelarna konstaterades ha gett en god indrift jämfört med borrade längder,
- Salvdela 1 togs ut i fem omgångar utan negativ påverkan på anläggning eller annan verksamhet,
- det behövde även göras en omskjutning av Salvdela 2 på grund av att det stod kvar 0,6–0,8 m i botten av fyra konturhål, se figur 6-3.

Därutöver bedömdes att de injekterings- och undersökningshål som stoffen var perforerad med kan ha påverkat konturen i berguttaget. Andra noteringar som gjordes avsåg följande:

- Det konstaterades att uppmätta vibrationsvärden vid mätcontainern översteg 80 % av vibrationsgränsen på grund av att plåtkonstruktionen vibrerade på grund av luftstötvägen. Detta åtgärdades genom att servern dämpades och kompletterades med en mätpunkt.
- En befintlig bergbult lossnade i samband med sprängningarna. Bulten saknade spår av bruk, vilket medförde en avvikelseanmälan.

6.3.4 Datainsamling

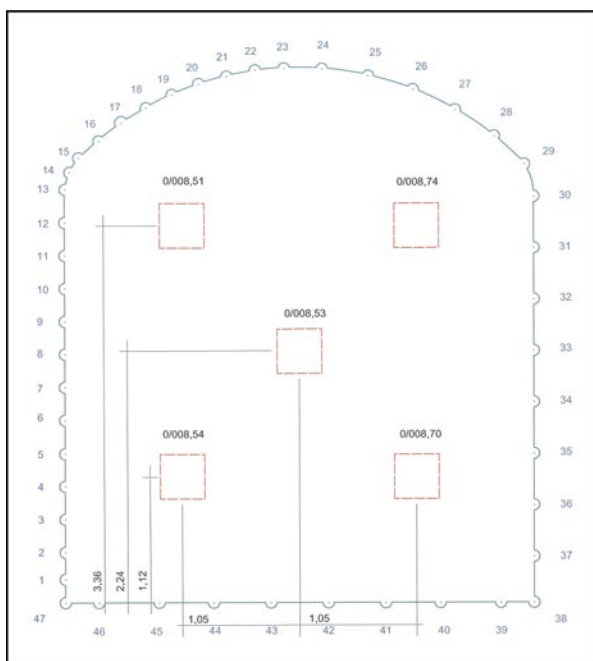
Föreskriven datainsamling, utöver dokumentationen av utförandet, i Salvdela 1 och 2 utfördes enligt plan. Se avsnitt 6.2.4.

6.4 Delresultat

6.4.1 Geometriska förhållanden

Några uttaglängder bedömdes inte vara relevanta att värdera under Berguttag 1 för vare sig Salvdela 1 eller 2 då den förstnämnda var ”sned” och den andra endast utfördes med ett djup av ca 2,5 m. Däremot var den erhållna stoffen efter Salvdela 2 viktig som utgångspunkt för kommande berguttag. Detta mättes planenligt in i fem föreskrivna punkter och redovisades som i figur 6-5.

Medelvärde för den erhållna stoffens läge efter berguttaget läge blev 8,60 m. Stoffens jämnhet, mätt som standardavvikelse σ , uppgick till 0,10 m.



Figur 6-5. Inmätning av stoff efter Salvdel 2.

6.4.2 Kontur och skadezon

Den utvärdering av kontur och skadezon som gjordes i samband med detta bergguttage utgjordes av den kartering av synliga borrhypor efter skjutning som utfördes för Salvdel 1 respektive 2, se figur 6-6.

För Salvdel 1 observerades 10 stycken ”kvarstående borrhypor > 50 cm”. Då det endast borrades 19 stycken hål i observerbara positioner, det vill säga i väggar och tak, innebär det att andelen blev ca 53 %. Motsvarande för Salvdel 2 blev 15 stycken kvarstående borrhypor, men då hela konturen borrades upp innebär det att det möjliga antalet observerbara borrhypor ökade till 30 stycken. Detta ger en andel kvarstående borrhypor av 50 %. Totalt inom bergguttaget uppgick andelen synliga borrhypor därmed till i medeltal ca 52 % med en spridning, uttryckt som standardavvikelse, av $\sigma = \text{ca } 2 \%$.

6.4.3 Detaljutförande

Borring

Under bergguttaget uppstod vissa problem att få hålansättningarna att bli enligt plan. Påhuggen skulle därför ägnas särskild uppmärksamhet i samband med Bergguttage 2.

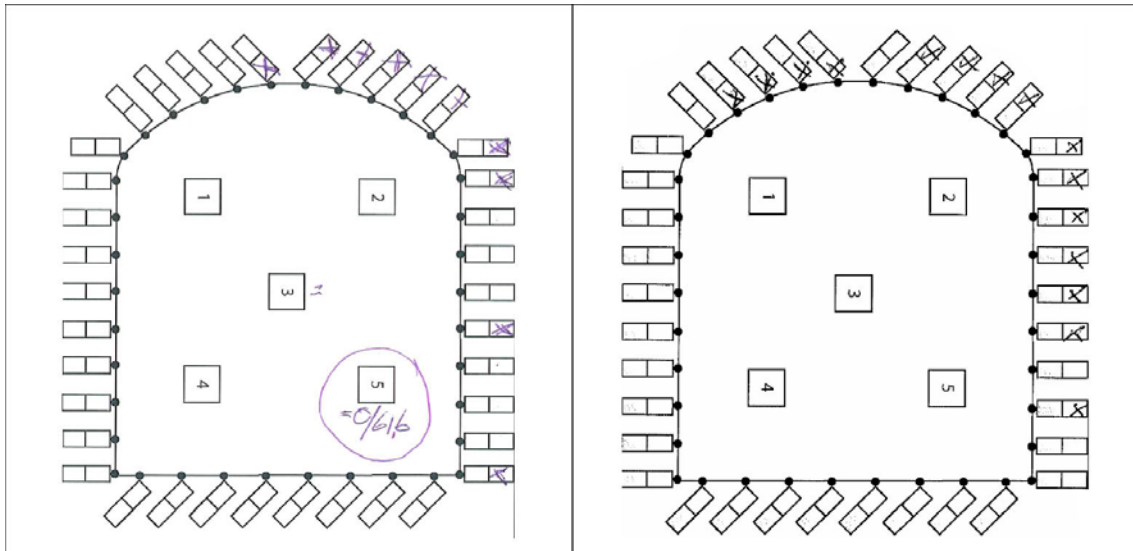
Utförda försök med matningstryck skulle fortsätta under Bergguttage 2.

Laddning, initiering och sprängning

Det föreslogs att kilen skulle sänkas och flyttas längre åt höger inför genomförande av Bergguttage 2. Orsaken till detta var de sämre bergförhållandena på vänster sida samt att åtgärden skulle möjliggöra en bättre täckning mot sprut och stenkast genom användandet av både körplåt och mothållande bergmassor. Åtgärden skulle även medföra:

- möjligheter att skjuta djupare än planerat redan från start (tidsvinster),
- opåverkad skadezon genom att kilen flyttades inom strossområdet (oförändrad laddningskoncentration per hål).

De påbörjade försöken med pluggning skulle fortsätta under Bergguttage 2.



Figur 6-6. Kartering av synliga borripipor, Salvdel 1 (till vänster) respektive 2 (till höger). Endast det ena av de båda markeringsfälten användes, det vill säga valfritt fält, då all kartering utfördes efter skrotning.

6.5 Erfarenheter och beslut

Det beslut som fattades inför Bergguttag 2, och som innebar en avvikelse gentemot ursprunglig plan, utgjordes av att flytta av kilen enligt vad som anges i avsnitt 6.4.3 ovan.

7 Utförande och delresultat, Berguttag 2

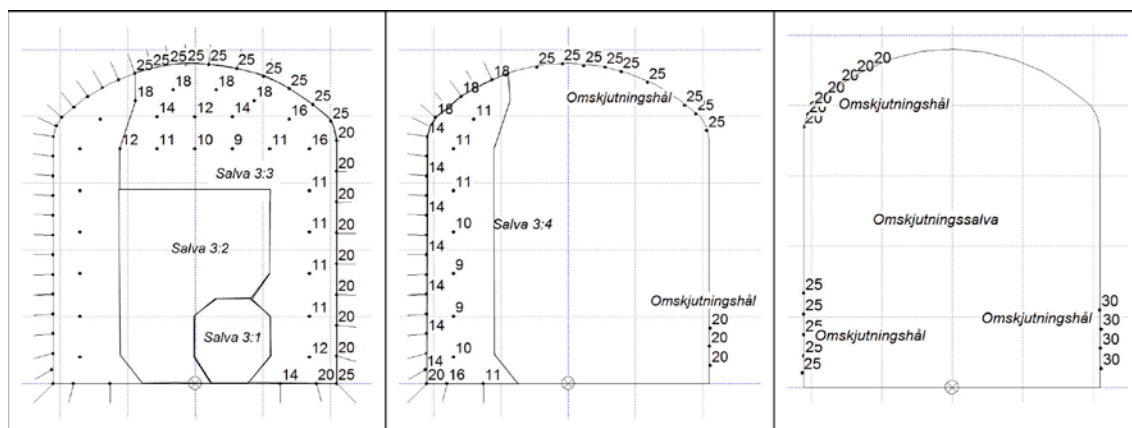
7.1 Översikt

Berguttag 2 bestod av de tre fullareasalvorna 3, 4 och 5. Samtliga planerades att utföras med ett håldjup av ca 4,4 m. Salva 3 och 4 togs ut i fyra delar och salva 5 i tre, båda med hänsyn till riskerna för skador och störningar. Samtliga salvor utfördes med det nya läget på kilen som beslutades efter Berguttag 1 och salvorna omfattade de ungefärliga längdmätningarna 8–21 m. Uttaget utfördes mellan 2008-02-08–2008-02-20.

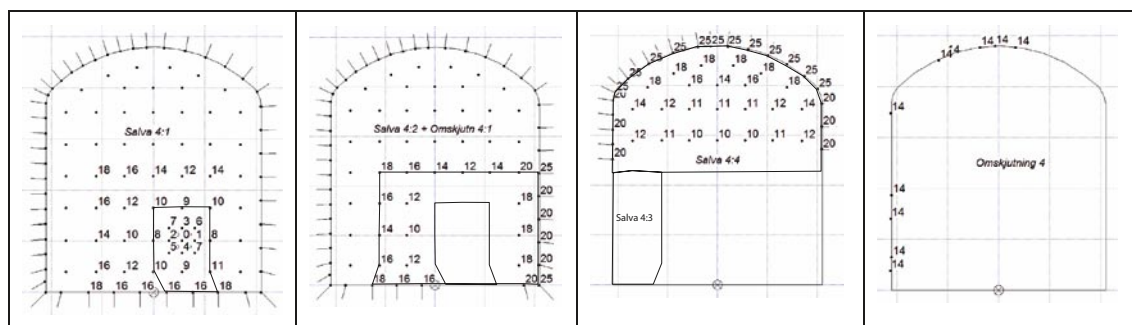
I figur 7-1 visas uttagssekvensen för salva 3 och som stördes av flera omskjutningar av både tak och väggar.

I figur 7-2 redovisas uttagssekvensen för salva 4, som också stördes av omskjutningar. Även denna salva var, som framgår av figuren, delad med hänsyn till riskerna för kast och vibrationer.

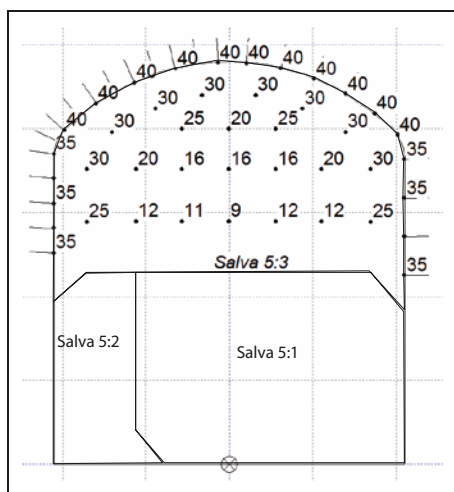
I figur 7-3 redovisas uttagssekvensen för salva 5. Det kvarstående berg med genomgående borrhål i konturen som behövde skjutas om ("glasögon") beskrivs längre fram.



Figur 7-1. Uttag av salva 3, Berguttag 2. Siffrorna vid hålen avser tändarnummer.



Figur 7-2. Uttag av salva 4, Berguttag 2. Siffrorna vid hålen avser tändarnummer.



Figur 7-3. Uttag av salva 5, Berguttag 2. Omskjutningshålerna har inte markerats.

7.2 Planerat

7.2.1 Förutsättningar

De viktigaste delarna av planerna för utförandet beskrivs nedan, i första hand med inriktning mot planerliga särdrag samt avvikelser gentemot vad som anges i avsnitt 5.3 och 5.4. Enligt beslut från Berguttag 1 flyttades kilen längre ned samt något till höger, se exempelvis figur 7-1.

7.2.2 Borring

De borrarplaner som användes för uttaget överensstämde med dem som anges i 5.3 och utförandet var enligt vad som redovisas i 5.4 med följande särdrag, det vill säga:

- Stickning i salva 3 och 4 föreskrevs till 30 cm för kontur och sula.
- Stickning i salva 5 föreskrevs till 20 cm för kontur och sula.
- Ledhål: För salva 3, 4 och 5 föreskrevs att ledhål skulle utföras längs vänster vägg till och med centrum tak, c/c 30 cm. Höger vägg skulle utföras enligt borrarplan med ett hålavstånd av 45 cm.

Proven med ledhålen innebar att antalet konturhål som skulle borraras ökade med 9 stycken, från 28 till 37 stycken, det vill säga totalt 106 i stället för 97 borrhål per salva, se tabell 5-3. För en teoretisk salva med längden 4 m skulle detta innebära en ökning med 36 bormeter per salva, från 388 till 424 m, och en ökning av den specifika borrarningen från 5,12 till 5,60 m/m³.

Därutöver föreskrevs att prov med matningen skulle utföras enligt följande:

- Läge 2, det vill säga 190 bars slagverkstryck i ledhålsdel i salva 3, 4 och 5.
- Läge 1, 180 bars slagverkstryck, i övrig kontur i salva 3 och 4.
- Läge 3, 200 bars slagverkstryck, i övrig kontur i salva 5.

7.2.3 Laddning, initiering och sprängning

De ladd- och tändplaner som föreskrevs var i enlighet med vad som redovisas i 5.3 med undantag för att längderna skulle detaljanpassas beroende på resultatet av varje salva. Med avseende på utförande föreskrevs följande särskilt:

- Centreringshylsa/spärrfjäder skulle användas i kontur och sulhål.
- Samtliga laddade hål skulle pluggas med grus.
- Endast vartannat hål skulle laddas i den förtätade ledhålsdelen i vänster vägg.

Proven med ledhålen innebar att antalet konturhål som skulle laddas minskade med 3 stycken, det vill säga 25 i stället för 28 stycken hål skulle laddas, se tabell 5-4. För en teoretisk salva med längden 4 m skulle detta innebära en minskning av den totala laddningsmängden från 177,8 till 175,9 kg, och en minskning av den specifika laddningen från 2,35 till 2,32 kg/m³.

7.2.4 Datainsamling

Föreskriven datainsamling avsåg, utöver redovisning av utförandet av borrhning, laddning, sprängning, vibrationer m.m, de borrhål som skulle mätas in. Dessa var: samtliga sulhål (10 stycken) samt 18 stycken konturhål, jämnt fördelade runt tunnelperiferin.

7.3 Genomfört

7.3.1 Förutsättningar

Det förekom oönskade bergutfall på grund av geologin under berguttaget och kompletterande skrotning av stoffen fick utföras i samband med varje salva.

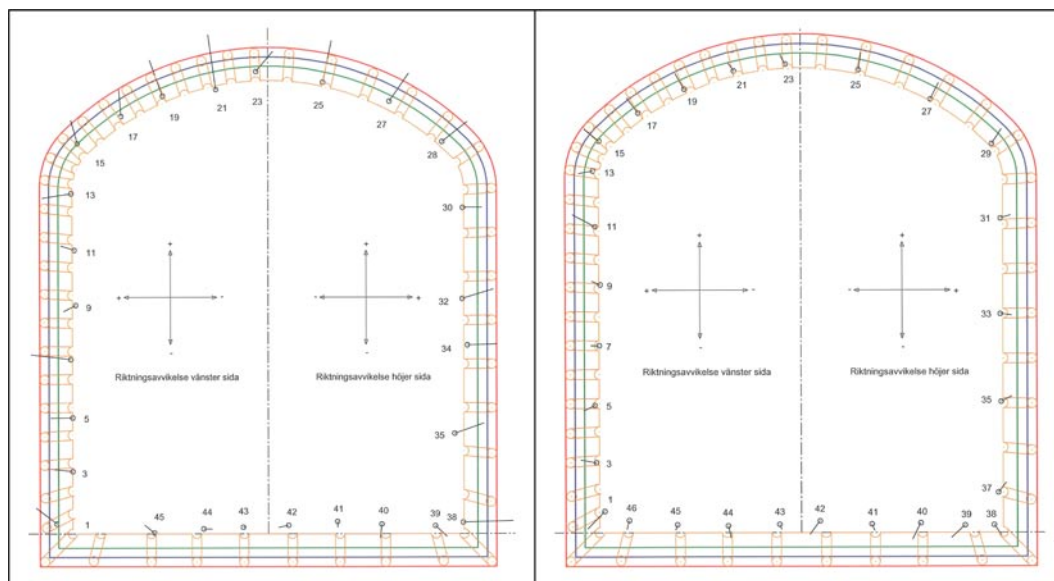
I likhet med vad som gällde vid Berguttag 1 var stoffen perforerad med injekteringshål. Detta kan ha påverkat konturen.

7.3.2 Borrhning

Referenspunkten för riggen blev felutsatt inför borrhningen av salva 3, vilket innebar att sulhålen hamnade ca 22 cm för högt. Orsaken till detta var att utsättningarna förväxlade kartörensas 1 m:s höjdlinje och tunnelaserns höjd på 0,78 cm. Se figur 7-4, till vänster.

Även inför borrhningen av salva 4 hamnade sulhålen för högt, ca 7–10 cm denna gång. Detta berodde på att man hade svårt att få fast borrhkronan vid påhuggen, och därmed få rätt påhuggslägen, eftersom föregående salva blev för hög. Se figur 7-4, till höger

För att återta kontrollen över utsättningsproblematiken valdes inför borrhningen av salva 5 att även måla ut konturen på stoffen. Kontrollinmätning av bom mot borrhstål visade då en skillnad på 7 mm, varför borrhningen därefter utfördes med visuell kontroll av stickningen med laddkäpp efter ansättning.



Figur 7-4. Borrhålsinmätningar, salva 3 (till vänster) och 4 (till höger).

Någon förklaring till den mycket begränsade stickningen i sulan på salva 3 och 4 har inte kunnat fastställas. Salva 5 borrades planerligt med 20 cm stickning. Som väntat blev det trångt vid befintliga bergväggar, se figur 7-5.

Den högra delen av figur 7-5 visar den särskilda kontrollmätning som utfördes för att få information om vilka mätningar som var mest tillförlitliga. Svarta borrhål avser borrade pipa före skjutning, röda borrhål avser borrade pipa efter skjutning och gröna borrhål avser vad borrhlogen visade. Den slutsats som drogs var att inmätningarna såväl före som efter borrning kunde anses vara tillförlitliga men att detta inte var fallet för borrhlogen. Detta innebär att borrhålsinmätningarna kunde begränsas till mätning av den första metern av borrade hål och extrapolera detta värde, för att få ett tillförlitligt mått på hela borrhålets riktning.

Borrningen under Berguttag 2 stördes inte av problem med RAS som vid Berguttag 1 eftersom uppställningen var rakare mot tunnelinjen. Däremot uppkom problem med riktsystemet, TML (Tunnel Manager Lite), vilka yttrade sig genom att borrhål flyttades på dataskärmen och några till och med försvann helt.

Operatörerna upplevde det som svårt att utföra tillräckligt försiktiga och precisa påhugg, det vill säga det var svårt att upptäcka och korrigera felaktiga eller sneda påhugg i tid på grund av att de starka bormaskinerna inte kände av påhugget lika tydligt som svagare bormaskiner. Problemet planerades att undersökas längre fram.

Figur 7-4 och figur 7-5 utgör en del av underlaget för resultat och diskussioner och de viktigaste observationerna behandlas vidare i kapitel 10. De använda färgerna och symbolerna förklaras i avsnitt 6.3.2.

7.3.3 Laddning, initiering och sprängning

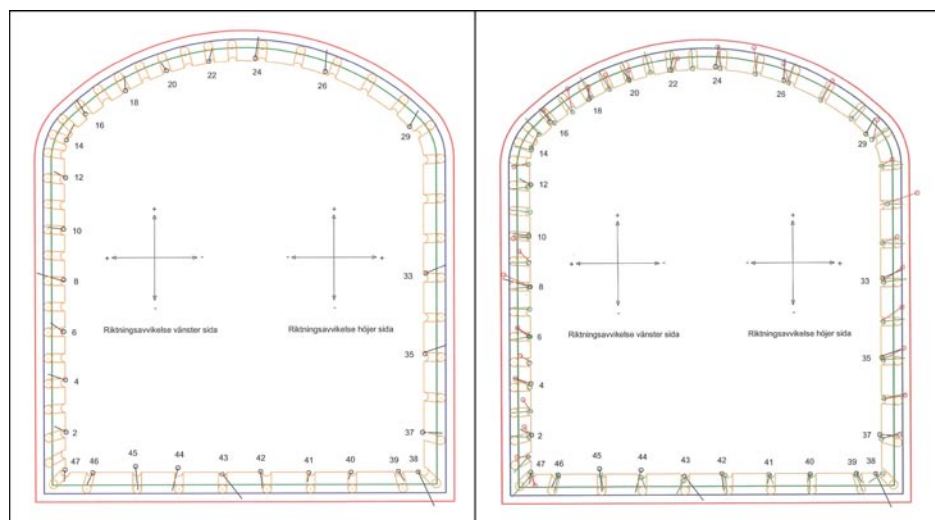
Salva 3 laddades och sprängdes ut i 4 salvdelar. Precis som vid uttaget av salvdel 2 under Berguttag 1 (se avsnitt 6.3.3) stod ett antal konturhålsbottnar kvar (28 stycken). Kvarstående längder var ca 0,6–1 m. Detta motiverade ett förslag om att byta ut bottenladdningen från Nobel Prime 15×150 till Dynamit 30 mm (190 gram). Förslaget dokumenterades som förändringsförslag tillhörande salva 3.

Även salva 4 var indelad i 4 salvdelar och även i denna fick omskjutningar göras. Detta berodde dels på eldavsrott i salva 4:1 och där två kopplingsblock inte detonerade och dels på s.k. ”ryckare” i salva 4:4, det vill säga hål som detonerar tidigare och förstör initieringen för hål som ska detonera senare. I detta fall utgjorde de 10 stycken konturhål med ca 0,6–1,0 m kvarstående berg. Se figur 7-2.

Även salva 5 behövde skjutas om. I detta fall berodde det på ”glasögon” (10 stycken, mellan 0,4 och 1,0 m långa).

7.3.4 Datainsamling

Föreskriven datainsamling av salva 3–5 utfördes.



Figur 7-5. Borrhålsinmätning, salva 5 (till vänster). Höger: se text.

7.4 Delresultat

7.4.1 Geometriska förhållanden

Utförda stufinmätningar visade följande erhållna stufflägen för de ingående salvorna:

- Längdmätning, medel, salva 3: 12,76 m.
- Längdmätning, medel, salva 4: 16,88 m.
- Längdmätning, medel, salva 5: 20,74 m.

Även i detta fall, precis som i Berguttag 1, blev stuffens jämnhet, mätt genom att beräkna standardavvikelsen σ för de fem mätpunkterna ca 0,10 m.

De verkliga salvlängderna blev följande:

- Salva 3: $12,76 - 8,60 = 4,16$ m.
- Salva 4: $16,88 - 12,76 = 4,12$ m.
- Salva 5: $20,74 - 16,88 = 3,86$ m.

7.4.2 Kontur och skadezon

Den utvärdering av kontur och skadezon som gjordes i samband med detta berguttag utgjordes av den kartering av synliga borrhypor efter skjutning som utfördes, se figur 7-6.

Utförd kartering gav följande resultat (andel kvarstående borrhypor > 50 cm):

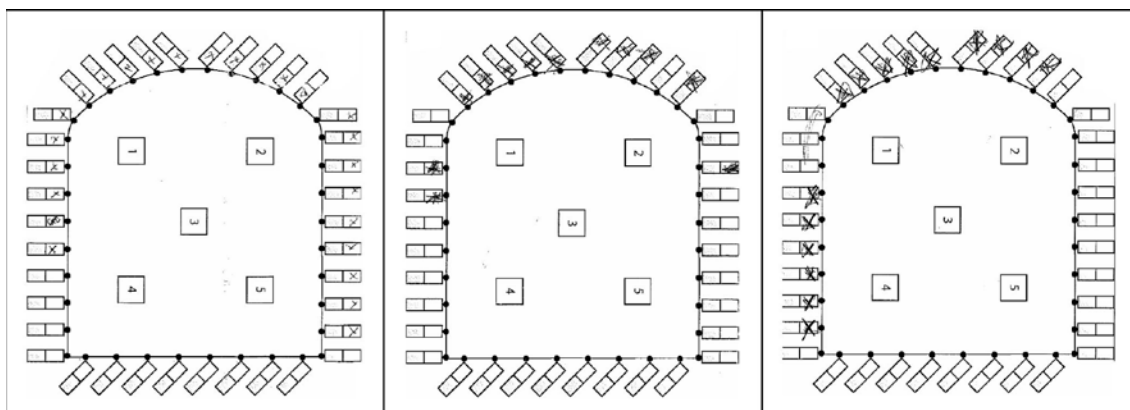
- Salva 3: 25 stycken av 30, det vill säga ca 83 %.
- Salva 4: 12 stycken av 30, det vill säga ca 40 %.
- Salva 5: 15 stycken av 30, det vill säga ca 50 %.

Totalt inom berguttaget uppgick andelen synliga borrhypor till i medeltal 58 %, det vill säga något högre är de 52 % som erhöles i Berguttag 1. Variationen, uttryckt som standardavvikelse, blev $\sigma = 18$ %, det vill säga större spridning är de ca 2 % som erhöles i Berguttag 1.

7.4.3 Detaljutförande

Borring

Borresultatet kunde under pågående uttag visas bli bättre med hjälp av uppmålad kontur och okulär hjälp för rikt. Det medförde att möjligheterna att använda detta förfarande även vid kommande salvor undersöktes.



Figur 7-6. Kartering av synliga borrhypor, salva 3 (till vänster), 4 (mitten) och 5 (till höger).

Laddning, initiering och sprängning

Då oönskade utfall i tak och högervägg uppstod föranledde detta en diskussion om konturhålen pipladdning gav en för hög laddningskoncentration i rådande förhållanden samt om inte hjälpare skulle borras parallellt med stickningen.

Det konstaterades att de högre numren av Nonel LP-systemet inte var optimala för upptändning av kontursprängningen då spridningen inom respektive nummer var för varierande. De långa tider som Nonel LP-systemet medförde innebar även att ryckare och glasögon kunde uppstå.

Effekten av att kilen flyttats, och den bättre täckning detta möjliggjorde, bedömdes som lyckad och med minskat stensprut som följd.

7.5 Erfarenheter och beslut

Borring

Som följd av erfarenheterna under berguttaget och intresset av att förbättra precisionsborrningen beslutades om att införskaffa ett mellanstöd som skulle kunna öka den totala styvheten i borrutrustningen till nästa berguttag. Baserat på hittillsvarande erfarenheter fattades beslut om att tills vidare fortsätta med uppmålad kontur och okulära stickprovskontroller med laddkäppar för att få bästa möjliga kvalitet i borringen.

Försöken med att variera matningskraften resulterade i beslutet att man fortsättningsvis skulle använda Läge 2 vid borring av samtliga hål. Detta baserades på att det inte gick att visuellt fastställa någon skillnad i resultatet mellan olika inställningar och alla tog dessutom ungefär lika lång tid att utföra. De hål som borrades blev som regel raka och Läge 2 var dessutom mer skonsamt mot riggen än läge 3. Det bedömdes även vara mer konstruktivt att säkerställa bommens anliggning vid påhugg innan det var meningsfullt att optimera matningskraften.

Det beslutades att behålla kilen i sin nya position i salvan. Dessutom beslutades att hjälparna skulle borras parallellt med konturhålen.

På grund av att det saknades kravspecifikation avseende hur stora avvikelser som tolererades för salvhål innan de skulle borras om fastställdes måttet 20 cm.

Det försök med 20 cm stickning som gjordes i salva 5 medförde att det, som väntat, blev trångt vid väggarna och att det blev svårt att få precisa påhugg.

Laddning, initiering och sprängning

På grund av mängden kvarstående hålbottnar beslutades att byta ut bottenladdningen från Nobel Prime i konturen till Dynamit.

Det beslutades även att låta utföra salvorna 6 och 7 med laddlås och grusproppning och salva 8 med enbart laddlås för att jämföra resulterande luftstötsvågor enligt avsnitt 5.4.3.

Det konstaterades också att det inte gick att göra någon utvärdering om användning av ledhål förbättrat konturen eller inte på grund av de oönskade bergutfallen där både grundborrplanen använts och där ledhål använts. Användningen av ledhål verkar inte ligga bakom de kvarstående hålbottnarna då behovet av omskjutningar har skett i ungefär samma omfattning i både vänster och höger vägg.

Eventuellt fortsatta försök med ledhål planerades att utföras vid ett senare tillfälle.

8 Utförande och delresultat, Berguttag 3

8.1 Översikt

Berguttag 3 bestod av de tre fullareasalvorna 6, 7 och 8. Samtliga planerades att utföras med ett teoretiskt håldjup av ca 4,60 m och tas ut som hela salvor, det vill säga en skjutomgång per salva. Uttaget kom dock att störas av omskjutningar. Tillsammans omfattade berguttaget de ungefärliga längdmätningarna från 21–33 m och det gjordes mellan 2008-04-15 och 2008-04-24.

8.2 Planerat

8.2.1 Förutsättningar

Reviderade krav

Innan Berguttag 3 påbörjades reviderades det geometriska kravet på berg utanför konturen genom att stickningen inkluderades. Detta innebar att allt berg utanför den teoretiska sektionen framgent skulle ingå i det som definierades som överberg, det vill säga även det som genererades av stickningen, mot tidigare det som låg utanför den borrade sektionen. Kravet sattes till < 30 % av teoretisk volym. Denna förändring innebar också att kravet på salvlängd föll bort eftersom tunnelns areavariation på grund av stickningen inte längre behövde beaktas.

Ny strategi

Inför Berguttag 3 utarbetades en ny strategi. Denna avvek i några avseenden från den som redovisas i 5.3 och 5.4 och som i huvudsak gällt under Berguttag 1 och 2. Dessa skillnader inarbetades i den Arbetsberedning som togs fram och de redovisas nedan.

Utvärdering av Berguttag 1 och 2

Enligt vad som anges i avsnitt 5.4.2 skulle en särskild utvärdering göras efter det att Berguttag 2 utförts. Detta hölls planenligt inför påbörjandet av Berguttag 3. Syftet var att visa vad som gjorts under de tidigare utförda berguttagen, vilka resultaten blev och vilka slutsatser som hade dragits av detta. Syftet var också att gå igenom arbetsberedningen för att tydliggöra vad som skulle testas, hur det skulle testas och vem som skulle dokumentera vad.

Erfarenheten av startmötet var att det bidrog till teamkänslan, förståelse för testerna, att allas roller blev tydligare samt förståelse för hur viktigt det var att informationsflödet inte fick stanna hos någon enskild. Dokumentationsflödet konstaterades fungera bra och överlämningarna ansågs enkla och gav utrymme för diskussioner om observationer. Borraren tyckte även att den visuella bilden som gjordes efter borrhålsinmätningarna gav bra feedback på borrhålsgrannheten.

8.2.2 Borring

Med avseende på borring gällde som tidigare utförandekrav på ansättning, stickning och parallellitet. För Berguttag 3 föreskrevs en stickning av 20 cm för både konturhål och hjälpare och inte enbart i konturen som vid prov i Berguttag 2 vilket innebar en tidigareläggning av vad som ursprungligen planerats, se tabell 5-9. Dessutom föreskrevs en stickning på 10 cm på hålraden innanför hjälparna. För hålen i anfangen och i anslutning till hörnen föreskrevs följande:

- I anfangen skulle slutpunkterna på borrhålen anpassas så att avstånden mellan de kringliggande hålen blev så lika som möjligt.
- I hålen med omedelbar anslutning till hörnen skulle slutpunkterna anpassas så att spetsarna fördelades i 10 cm intervaller.

Ansättningskravet och kravet på parallellitet var som tidigare men därutöver hade ett krav på borrhåll tillförts enligt följande:

- Borrhåll skulle räknas från en plan startsektion till en plan slutsektion och startsektionen skulle ligga så nära stoffen som det var praktiskt möjligt.

Avståndet mellan start- och slutsektion föreskrevs till 4,60 m. Detta medförde att det var de teoretiska salvor som anges i tabell 8-1 som skulle tas ut (jämför med tabell 5-1).

Då inga ytterligare förändringar av borrhåll skulle göras påverkades därmed inte heller den specifika borrhållningen. De nya borrhållningarna framgår av tabell 8-2 (jämför med tabell 5-3).

Behovet av kriterium för omborrning från Berguttag 2 tillgodosågs av den nya strategin i form av ett krav på att borrhåll med en spetsavvikelse större än 0,20 m från teoretiskt spetsmått skulle borraras om. Se även om datainsamling i avsnitt 8.2.4.

Det föreskrevs att borrhållningen skulle utföras i matningsläge 2 för samtliga borrhåll och att detta läge skulle ha samma inställningar som vid föregående salvor.

8.2.3 Laddning, initiering och sprängning

Den nya strategin föreskrev vissa justeringar och preciseringar av laddplanen, varför den redovisas i sin helhet i tabell 8-3. Notera även att Nobel Prime, utifrån erfarenheterna i Berguttag 2, inte längre användes som bottenladdning i konturhålen utan ersatts av en halv Dynomit 30 mm. Jämför med tabell 5-6.

Den nya laddplanen innebar att den specifika laddningen för de planerade salvorna kom att ändras endast något jämfört med tidigare även om de teoretiska mängderna per salva ökade. Detta redovisas i tabell 8-4. Jämför med tabell 5-4.

Enligt förslag från Berguttag 2 skulle salva 6 och 7 pluggas med laddlås och grus och salva 8 enbart med laddlås.

Tabell 8-1. Teoretisk volym vid salvlängden 4,60 m.

Tvårsnittsarea (m ²)	Salvlängd (m)	Teoretisk volym (m ³)
18,93	4,60	87,08

Tabell 8-2. Borrrdata för de planerade salvorna.

Borrhåll Typ	Antal (st.)	Totalt (m)	Area (m ²)	Salvdjup (m)	Specifik borrhållning (m/m ³)
Öppning	9	41,4			
Stross	32	147,2			
Liggare	10	46,0	18,93	4,60	–
Hjälpåre	18	82,8			
Kontur	28	128,8			
Totalt	97	446,2	18,93	4,60	5,12

Tabell 8-3. Styrande laddplan för Berguttag 3.

Håltyp	Bottenladdning Namn/Dim.	Längd (m)	Pipladdning Namn/Dim.	Längd (m)	Totalt laddat (m)	Oladdat (m)
Öppning	Dynomit 30 mm	0,38	Dynorex 25 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit 30 mm	0,38	Dynorex 25 mm	3,92	4,10	0,50
Liggare	Dynomit 30 mm	0,38	Dynorex 25 mm	4,02	4,40	0,20
Hjälpåre	Dynomit 30 mm	0,38	Dynotex 22 mm	3,92	4,30	0,30
Kontur	Dynomit 30 mm	0,19	Dynotex 17 mm	4,21	4,40	0,20

Tabell 8-4. Ladddata för de planerade salvorna (nettovikter, det vill säga exklusive emballage).

Håltyp	Antal (st.)	Laddning (kg/hål)	Total laddning (kg)	Area (m ²)	Salvdjup (m)	Spec. laddning (kg/m ³)
Öppning	9	2,8	25,2			
Stross	32	2,8	89,6			
Liggare	10	2,9	29,0	18,93	4,6	–
Hjälpare	18	1,8	32,4			
Kontur	28	1,1	30,8			
Totalt	97	–	207,0	18,93	4,6	2,38

8.2.4 Datainsamling

Innan laddning

Det föreskrevs att följande borrhål skulle mätas in:

- alla konturhål i sulan,
- 15 jämnt fördelade konturhål,
- alla hjälpare i botten,
- 6 jämnt fördelade hjälpare i väggarna.

Enligt ovan föreskrevs att borrhål med en spetsavvikelse större än 0,20 m från teoretiskt spetsmått skulle borraras om. Det föreskrevs även att om vardera hålet på sidan om ett hål med en spetsavvikelse större än 0,20 m skulle mätas in och att samma regel skulle gälla för dessa hål.

Det föreskrevs även att samma borrhålsnummer skulle mätas in för de olika salvorna. Dessutom angavs att borrhålsnumren skulle ha samma geometriska innebörd mellan salvorna.

I samband med sprängning

I samband med sprängning föreskrevs att mätningar av luftstötstångor skulle utföras vid samtliga tre salvor, det vill säga ingen skillnad mot den ursprungliga strategin. I Arbetsberedningen preciserades det även att körport 450 skulle vara öppen vid mätningarna enligt checklista för sprängning.

Efter sprängning

Det föreskrevs att kvarstående längd för samtliga kontur- och hjälparhål skulle mätas in med tumstock. Det föreskrevs vidare att borrhålsnummer skulle mätas in efter utlastning och att synliga pipor i kontur registreras och dokumenteras. Därutöver angavs att eventuellt kvarstående hålbottnar skulle registreras och längden på dem dokumenteras separat, förutom inmätning av stuffläge på samma sätt som tidigare.

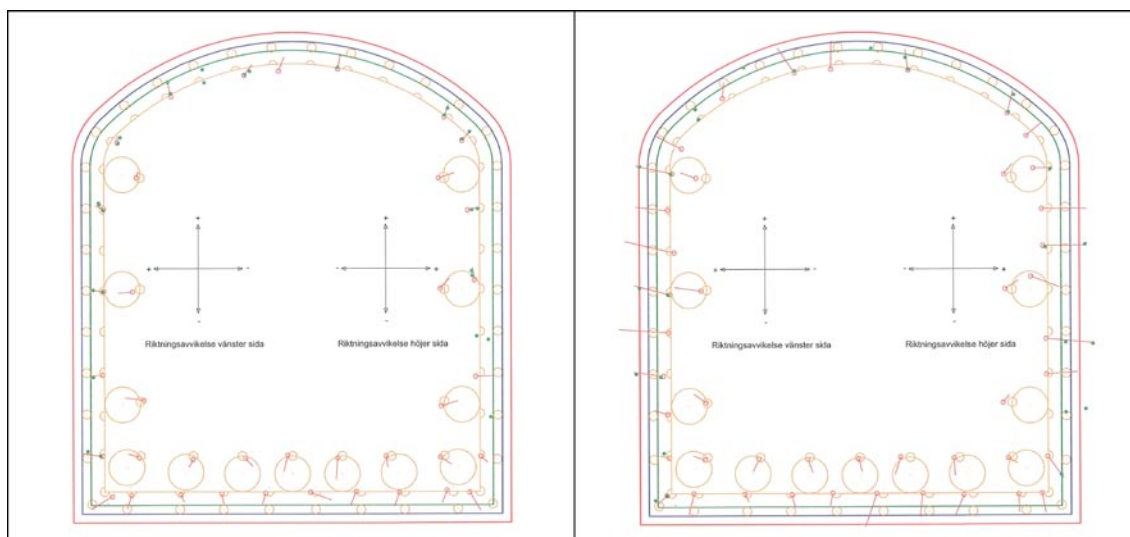
8.3 Genomfört

8.3.1 Förutsättningar

Överlämnandet från injekteringen inför berguttaget orsakade tidsförskjutningar eftersom manschetter satt kvar i stuffen. Detta orsakade overtid för de inblandande och innebär att borrhållningen inte kom igång förrän på kvällen den 15:e april, det vill säga berguttaget påbörjades med viss tidsnöd.

8.3.2 Borring

Eftersom den närmast föregående salvan, salva 5 i Berguttag 2, borrades med 20 cm stickning var det svårt att få fast bommen vid påhuggen för salva 6. Många hål i konturen fick därför borraras utan hjälp av en stum bom. Detta bidrog till att hålen tenderade att dra lite inåt och att det senare blev underberg i höger vägg, något som i sin tur försvårade borrhållningen av salva 7 (se figur 8-1).



Figur 8-1. Borrhålsinmätningar, salva 6 (till vänster) och 7 (till höger). De gula cirklarna anger hjälparhålens start- och slutpunkter.

På grund av underberget från salva 6 befarade man vid borrningen av salva 7 att, på samma sätt som vid borrningen av salva 6, hålen skulle dra inåt och att underbergsproblemet fortsätta. För att undvika detta efterjusterades bommen vid borrningarna, något som dock ledde till överkompensation och att hål kom att överstiga gränsvärdet 20 cm med avseende på spetsavstånd. Problemet berörde den vänstra, samt även delar av den högra, konturen (se figur 8-1). Omborrning på grund av detta genomfördes ej då bedömningen gjordes att förlusten i tid inte motsvarade vinsten i ett något mindre överberg i detta läge.

Den strategi som användes vid borrning av salva 8 var följande:

- att göra manuell kontroll av ansättningen och med stöd av en målad kontur på stuffen (av erfarenheterna av de överkompenserade efterjusteringarna vid borrning av salva 7),
- att låta riggen sköta efterjusteringarna.

Den målade konturen bidrog till att ett fel i riggupställningen, och som ledde till att ansättningarna kom att hamna systematiskt ca 5 cm fel mot den uppmålade konturen, upptäcktes. Det korrigerades för detta, men raden ovanför sulan samt höger kontur hann dock borras. Extra tid lades sedan på inmätningarna, varvid samtliga kontur- och hjälparhål mättes in. Resultatet visade att bornoggrannheten blivit hög och att endast 2 hål översteg gränsvärdet 20 cm. Det beslutades att borra om dessa med tanke på deras placering nära hörnet mot sulan i vänster vägg (se figur 8-2).

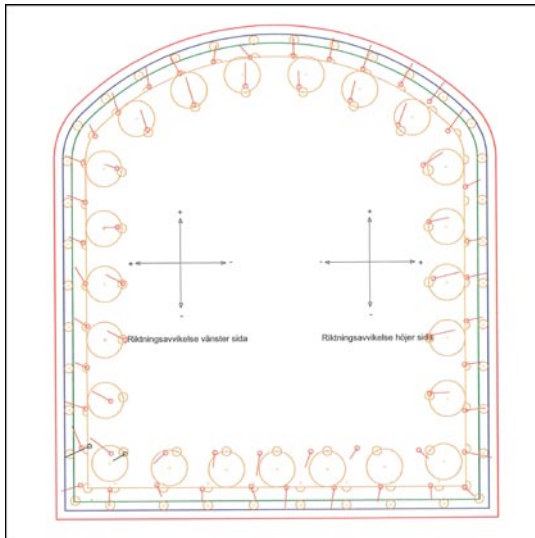
8.3.3 Laddning, initiering och sprängning

Salva 6 var den första som sprängdes som fullareasalva. Laddningen fungerade bra och proppningen av hålen utfördes enligt strategin.

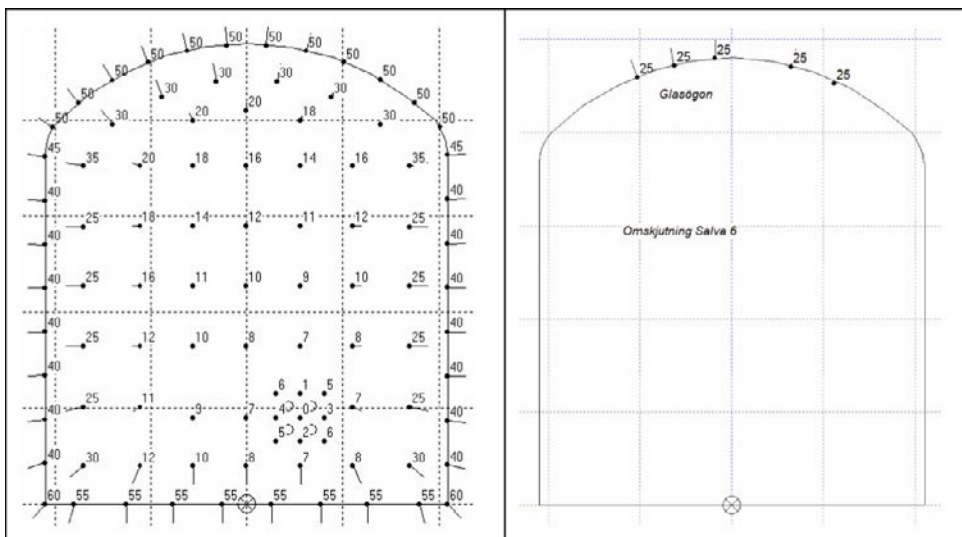
Sprängningen resulterade inte i några överskridanden av vibrationsgränsvärdena eller i några kast som skadade anläggningen. Den luftstötstång som mättes upp utanför porten vid stannplan på 450 m:s nivå visade 840 Pa.

Efter skjutningen konstaterades att det låg mycket odetonerat kontursprängämne i berghögen (Detonex 17). Dessutom fick 5 stycken glasögon skjutas om även om indriften av salvan i stort bedömdes som bra. Tunneln blev dock något trång och med något underberg på högersida. Se figur 8-3.

Även skjutningen av salva 7 gav en bra indrift och såväl de vibrationer som mättes upp som de resulterade kasten blev lika problemfria som vid föregående salva. Den uppmätta luftstötstången visade 744 Pa.



Figur 8-2. Borrhålsinmätningar, salva 8. De gula cirklarna anger hjälparhålens start- och slutpunkter.



Figur 8-3. Uttag av salva 6, Berguttag 3. Siffrorna vid hålen anger tändarnummer.

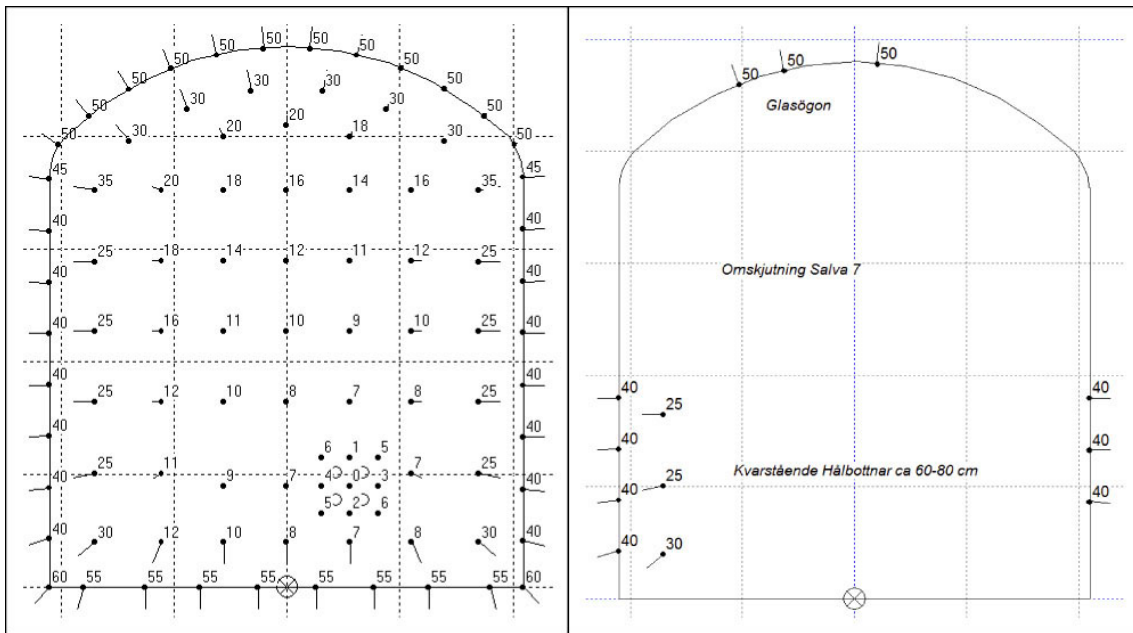
Precis som efter salva 6 fanns det dock mycket odetonerat kontursprängämne i bergmassorna samt 3 stycken glasögon i tak och några kvarstående hålbottnar i 7 stycken konturhål i både höger och vänster vägg (ca 0,8 m). Ogynnsamma strukturer kan i dessa fall ha bidragit till att skapa ryckare i närliggande borrhål. Se figur 8-4.

Precis som vid salva 6 och 7 genomfördes skjutningen av salva 8 inom gränsvärdena för vibrationerna och utan skador på anläggningen till följd av kast. Uppmätningen av luftstötsvågen visade 940 Pa.

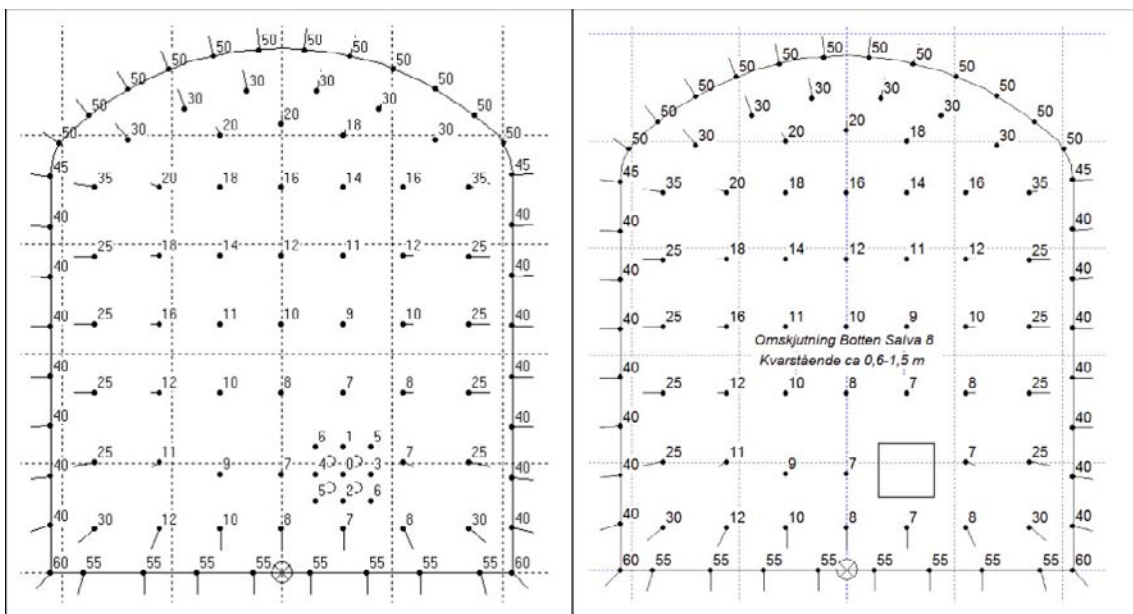
I salva 8 stod ca 1 m av samliga bottenar kvar, utom i de första 9 hålen i kilen som hade full indrift. Den följande omskjutningen innebar att hela sektionen kunde tas ut, men med en högre specifik laddning än som ursprungligt planerats. Omskjutningen resulterade även i kratrar i hålbottnarna. Se figur 8-5.

Precis som vid salva 6 och 7 fanns det mycket odetonerade sprängämnena i bergmassorna efter skjutningen av salva 8, men i detta fall förekom både Dynotex 17 och 22 samt Dynorex 25.

Enligt beslut från Berguttag 2 laddades salva 8 utan grusproppning men med laddlås. Detta innebar en tidsbesparing av ca 45 min. Om även tidsåtgången för omskjutningen inkluderas i detta blev det i stället en tidsförlust av ca 4 timmar (missad skjuttid), plus kostnader för 4 stycken personal och tillhörande, maskiner och material för omladdning.



Figur 8-4. Uttag av salva 7, Bergutttag 3. Siffrorna vid hålen anger tändarnummer.



Figur 8-5. Uttag av salva 8, Bergutttag 3. Siffrorna vid hålen anger tändarnummer.

8.3.4 Datainsamling

Datainsamling utfördes i enlighet med plan. Detta omfattade bland annat utförande av den första, av tre planerade, skanningar.

8.4 Delresultat

8.4.1 Geometriska förhållanden

Utförda stufmätningar visade följande längdmått för de olika stufflägena:

- Längdmätning, medel, salva 6: 24,84 m.
- Längdmätning, medel, salva 7: 28,94 m.
- Längdmätning, medel, salva 8: 32,94 m.

Berguttagets tre stuffer blev i medeltal något slätare än tidigare eller, uttryckt som standardavvikelse σ , ca 0,05 m. De verkliga uttagslängderna blev följande:

- Salva 6: 24,84–20,74 = 4,10 m.
- Salva 7: 28,94–24,84 = 4,10 m.
- Salva 8: 32,94–28,94 = 4,00 m.

De utförda medelborrdjupen från salvrapporterna var 4,15 m, 4,17 m samt 4,06 m. Detta innebar att salvorna gav de verkliga indrifterna 99 %, 98 % respektive 99 %.

8.4.2 Kontur och skadezon

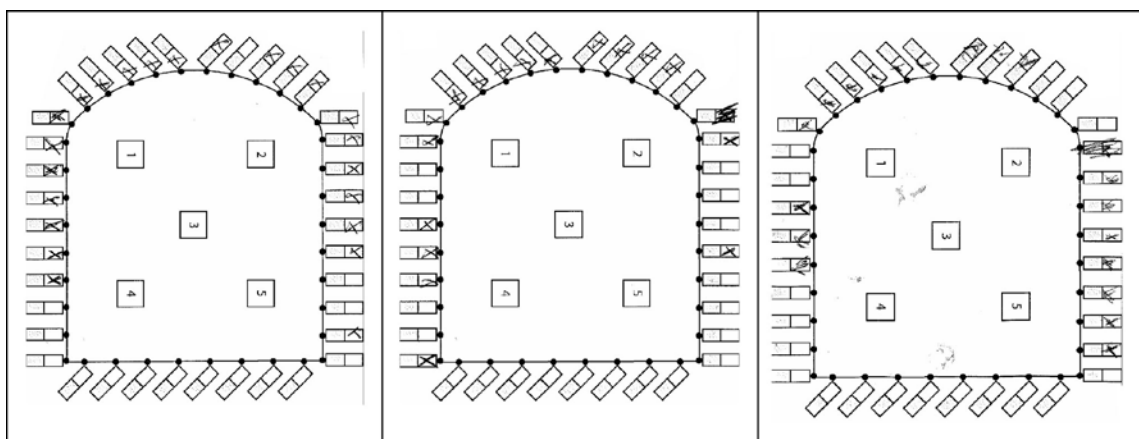
I samband med uttaget utfördes en skanning av tunneln, motsvarande lägena för salvorna 4 och 5. Då resultaten från denna utvärderades i ett senare skede redovisas de separat.

Den utvärdering av kontur och skadezon som gjordes i samband med detta berguttag utgjordes, vid sidan av skanningen, av den kartering av synliga borrhypor efter skjutning som utfördes, se figur 8-6.

Karteringen gav följande resultat avseende andelen kvarstående borrhypor med en längd > 50 cm:

- Salva 6: 23 stycken av 30, det vill säga ca 77 %.
- Salva 7: 18 stycken av 30, det vill säga ca 60 %.
- Salva 8: 20 stycken av 30, det vill säga ca 67 %.

Totalt inom berguttaget uppgick andelen synliga borrhypor till i medeltal ca 68 %, det vill säga något högre än de 52 respektive 58 % som de tidigare berguttagen resulterat i. Variationen, uttryckt som standardavvikelse σ , blev ca 7 %, jämfört med tidigare erhållna 2 respektive 18 %.



Figur 8-6. Kartering av synliga borrhypor, salva 6 (till vänster), 7 (mitten) och 8 (till höger).

8.4.3 Detaljutförande

Borrning

De nya borrstöden konstaterades fungerade bra och det blev lättare att få fast kronan i berget. De medförde dock att ca 10 cm i borrhål tappades men detta skulle gå att åtgärda genom att byta nacke på hydraulhammaren. Detta konstaterades dock inte bli aktuellt förrän borrhållängder av 4,6–4,7 m skulle utföras.

Erfarenheterna visade även att det behövdes manuell kontroll vid ansättningarna men att riggen klarade efterjusteringarna bra. Den målade konturen bidrog inte bara till att man hamnade rätt vid ansättningen utan gav även en bra indikation på om borrhållängden var korrekt uppställd och inriktad.

Det bedömdes ha varit gynnsamt med hänsyn till kvarstående bottnar att hjälparhål borraras parallellt med konturen. Det diskuterades även om det stora antalet hål i salvan gjorde mer skada än nytta, exempelvis med tanke på förekomsten av glasögon i konturen.

Laddning

Det försök som utfördes under uttaget med att endast proppa salva 8 med frigolit, medan salvorna 6 och 7 även utfördes med grus, gav en tydlig indikation om att gruset hade en påtaglig, och god, effekt på salvornas funktion. Denna bedömning kvarstod även med hänsyn till den extratid det tog att utföra den ”dubbla” proppningen eftersom den icke grusproppade salvan endast gick ut till ca 75 % och därmed fick laddas om.

8.5 Erfarenheter och beslut

Allmänt

Geologin i det område som omfattades av de hittillsvarande berguttagen bedömdes som sprickigt, vilket bidrog till att det hade uppstått utfall i vägarna. Detta innebar att det blev svårt att genomföra någon rättvisande uppföljning av konturen.

Borrning

Det beslutades att man skulle fortsätta med målade kontur för kontroll av riggens inriktning och ansättningarna. Konturhål ansätts på linjen innan borrhål utförs (en på vardera vägg). Man skulle också testa fler salvor där riggen fick sköta efterriktningen.

Det beslutades att kilens nya läge skulle behållas för åtminstone salvorna 9–12, det vill säga under hela Berguttag 4. Åtgärden bedömdes inte påverka EDZ.

Under uttaget hade noterats att lossbrytningen mellan konturhål tenderade att dra mot hjälparna. Detta tolkades som att hjälparna kunde ligga för nära. Det beslutades därför att parallellförflytta hjälparraden så att försättningen mot konturen ökades från 0,45 m till 0,60 m. Då denna åtgärd även gav en möjlighet att justera borrhållängden beslutades också göra detta och reducera antalet strosshål med fem stycken. Dock skulle ingen förändring av hålladdningarna göras.

Antalet glasögon hade minskat under uttaget. Detta sattes i samband med att samtliga salvor borraras med parallella hjälpar- och konturhål. Detta bedömdes även ha bidragit till att stoffen blivit mera plan, inklusive att mängden kvarstående borrhållängder i konturen minskat. Effekten av att borra den första strossraden med hälften av den stickning som användes i konturen (i enlighet med strategin) bedömdes dock obetydlig. Det beslutades att framgent borra hjälpare och konturhål parallella med varandra. De tidigare lagda proven med detta i Berguttag 3 innebar därmed att de planerade försöken med detta i Berguttag 4 ansågs klara.

Av de försök med olika stickningar som genomförts kunde konstateras att de på 20 cm gett problem vid nästföljande salva eftersom det blev svårt att få plats med bommen. På grund av detta, och den åtföljande ökningen av felborrningsriskerna, ledde detta till att man beslutade att fortsättningsvis borra med en stickning av 25 cm runt hela konturen.

Laddning

Det beslutades att göra proppning med grus och frigolitpropp till standard för att säkerställa salvornas funktion och hålla en hög indrift. Det beslutades även att permanenta bytet av bottenladdningen från Nobel Prime 15 till Dynamit 30. Bytet initierades dels av att många konturhål fick skjutas om, ett problem som bedömdes bero på att diametern på Nobel Prime var för liten i förhållande till borrhålsdiametern och att den därmed fått avsevärt försämrade effekt. Bytet initierades även av den troliga risken för en utökad skadezon där omskjutningar sker

Utifrån en förstudie om elektronisprängkapslar som Delprojektledare Bygg låtit ta fram föreslogs att låta utföra Berguttag 4 med sådana i kontur, sula och hjälpare. Orica hade lovat att ställa teknisk personal till förfogande för detta ändamål. Att även använda dem i hjälparna bedömdes minska risken för ryckare. Elektronisprängkapslarna var ursprungligen planerade att provas i Berguttag 6.

Utfallet av den mindre lyckade salva 8 ledde till en hel del diskussioner och överväganden. Ingen säker slutsats kunde dock dras, men man skulle vara uppmärksam på liknande problem vid de fortsatta drivningarna.

9 Utförande och delresultat, Berguttag 4

9.1 Översikt

Berguttag 4 bestod av de fyra fullareasalvorna 9, 10, 11 och 12. Samtliga planerades att utföras med ett håldjup av 4,60 m och att tas ut på samma sätt som salvorna i Berguttag 3, det vill säga full area i en skjutomgång. Endast en omskjutning behövde göras men tidsmässigt stördes genomförandet av elavbrott, serverkrasch och problem att få till övertid för beräkningar. Sammantaget omfattade uttaget de ungefärliga längdmätningarna 33–49 m och det utfördes mellan 2008-06-03 och 2008-06-17.

9.2 Planerat

9.2.1 Förutsättningar

Allmänt

Planeringen av Berguttag 4 påverkades till vissa delar av de pågående injekteringsförsöken. Problemet bestod i att de nya 20 m långa injekteringshål som skulle borraras skulle huggas på i befintlig stuff, det vill säga gaveln från salva 8 i Berguttag 3. Detta innebar att injekteringshål och salvhål skulle behöva samsas om samma utrymme, varvid det uppstod en risk för att de skulle kunna störa varandra.

Då det fanns vissa toleranser för påhuggslägena för injekteringsborrhålens, och genom att de skulle utföras horisontellt, fanns det ett diskussionsutrymme avseende var de mera exakt skulle utföras. Frånsett de allmänna riskerna för oönskad påverkan från injekteringshålen och hur den skulle kunna minimeras fanns även risken för att de igengjutna hålen skulle kunna störa om de fungerade som (oönskade) ledhål.

Det beslutades att den inledande injekteringsborrningen borde huggas på 60 cm in från konturen, det vill säga i samma läge som nyligen beslutats för hjälparna och i de fall där hjälparhål riskerade att komma i kontakt med igengjutna injekteringshål skulle dessa flyttas och i stället huggas på ca 10 cm närmare konturen men borraras till teoretisk slutpunkt.

Ny strategi

Inför Berguttag 4 utarbetades en ny strategi. Denna avvek i några avseenden från tidigare beslut. Aktuella skillnader inarbetades i den Arbetsberedning som togs fram och detta redovisas nedan.

9.2.2 Borrning

Med avseende på borrning gällde som tidigare krav avseende ansättning, borrlängd, stickning och parallellitet. Däremot justerades borrplanen då antalet strosshål reducerats med fem stycken enligt beslut efter Berguttag 3 angående ökad försättning mellan hjälpare och kontur. Antalet borrhål uppgick till 92 stycken.

De nya avstånden redovisas i tabell 9-1 och borrhålens placering i salvan framgår av tändplanen, se figur 9-1.

Tabell 9-1. Gällande hålavstånd för Berguttag 4.

Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,45	0,60
Hjälpare	0,60	0,55
Strosshål	0,60	0,60
Sulhål	0,50	0,45

Ovanstående förändringar av utförandet resulterade i de ändringar av borrrdata som framgår av tabell 9-2. Den införda ändringen resulterade i en reduktion av den specifika borrarningen med ca 5 %. Jämför med tabell 8-2.

Kraven på ansättning och borrarlängd var som vid Berguttag 3 medan den stickning som skulle utföras var 25 cm i både kontur och hjälpare utom för hjälparna vid sulan som endast skulle stickas 5 cm för att undvika att behöva göra påhuggen i kilens omedelbara närhet med hänsyn till avståndet till sulhålen.

I Arbetsberedningen angavs att en test av borrhagens ansättningsnoggrannhet skulle utföras. Testet skulle utföras vid samtliga fyra salvor och dokumenteras i ett särskilt framtaget formulär. Provet omfattade jämförelse mellan ansättning i Autoläge (riggen styr) respektive Manuellt läge (borraren styr med hjälp av LCD-skärmen). För provet hade fem borrhål på vardera sidan av tunneln valts ut och det skulle utföras så att båda bommarna testades med båda alternativen. Den uppnådda noggrannheten skulle sedan mätas med tumstock, horisontellt respektive vertikalt.

I Arbetsberedningen angavs dessutom särskilt att det eftersträvades att den sista salvan i uttaget skulle resultera i ett stuffläge av mellan 48,2 och 48,8 m.

9.2.3 Laddning, initiering och sprängning

Laddplanen för de olika hålen påverkades inte av det ändrade hålantalet varför laddplanen blev identisk med den som gällde för Berguttag 3. Däremot ändrades de totala laddmängderna så som redovisas i tabell 9-3 nedan. Den införda ändringen resulterade i en reduktion av den specifika laddningen av ca 7 %. Jämför med tabell 8-4.

Det tidigare fattade beslutet att genomföra berguttaget med elektroniksprängkapslar i kontur och hjälpare innebar att en ny tändplan utarbetades. Strossen skulle dock, som tidigare, initieras med hjälp av LP-serien. Den nya tändplanen redovisas i figur 9-1.

På grund av riskerna för att överskrida vibrationsgränsvärdena föreskrevs att sulhålen inte skulle skjutas samtidigt. Beroende på utfall angavs att om gränsvärdena hölls med marginal så skulle tändarna 2815 bytas till 2800 i nästa salva och, om även detta fungerade, även tändarna 2830 till 2800.

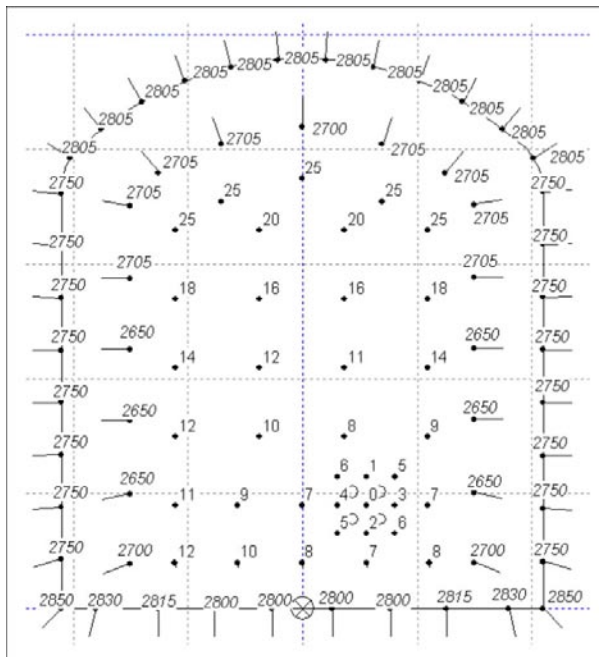
Enligt beslut efter Berguttag 3 föreskrevs att samtliga salvor i Berguttag 4 skulle utföras med laddlås av frigolit samt pluggas med grus.

Tabell 9-2. Borrrdata för de planerade salvorna.

Borrhål			Area (m ²)	Salvdjup (m)	Specifik borrarning (m/m ³)
Typ	Antal (st.)	Totalt (m)			
Öppning	9	41,4			
Stross	27	124,2			
Liggare	10	46,0	18,93	4,6	–
Hjälpare	18	82,8			
Kontur	28	128,8			
Totalt	92	423,2	18,93	4,6	4,86

Tabell 9-3. Ladddata för de planerade salvorna (nettovikter, det vill säga exklusive emballage).

Håltyp	Antal (st.)	Laddning (kg/hål)	Total laddning (kg)	Area (m ²)	Salvdjup (m)	Specifik laddning (kg/m ³)
Öppning	9	2,8	25,2			
Stross	27	2,8	75,6			
Liggare	10	2,9	29,0	18,93	4,6	–
Hjälpare	18	1,8	32,4			
Kontur	28	1,1	30,8			
Totalt	92	–	193,0	18,93	4,6	2,22



Figur 9-1. Tändplan för salvorna i Bergguttag 4. Nonel LP-seriens fördröjningstider redovisas i tabell 5-8.

9.2.4 Datainsamling

Innan laddning

För mätning av borrarde hål innan laddning föreskrevs samma förfarande och omfattning som vid Bergguttag 3. Det föreskrevs även att de nio borrhålen i kilen skulle mätas in efter färdigborrad salva. Om något av dessa hål avvek på ett sådant sätt att kilens funktion kunde påverkas skulle ett särskilt beslut fattas om lämplig hantering av detta.

I samband med sprängning

I samband med sprängning föreskrevs, som tidigare, att mätning av vibrationer skulle utföras. Dessutom föreskrevs att luftstövågsräkningar skulle utföras vid samtliga fyra salvor och att samma avstånd och geometri mellan stuff och mätare skulle användas.

Efter sprängning

Datainsamling och mätningar efter utförd sprängning skulle utföras med samma inriktning och omfattning som tidigare, det vill säga kvarstående hållängder, synliga borrhålen, inmätning av stuffläge samt geologberg.

Vid fel i salva

Om en salva gick fel föreskrevs att följande information samlas in, alternativt kontroller som skulle göras:

- Fotodokumentation av kvarstående berg.
- Geometrimått på kvarstående borrhål och form på kvarstående berg.
- Dokumentation om kvarvarande hål innehöll odetonerat sprängämne och i så fall en bedömning om hur mycket. Om möjligt rensas hålen från detta sprängämne.
- Odetonerat sprängämne i berghögen dokumenteras med typ och mängd. Möjliga borrhålen som sprängämnet kommer ifrån listas.
- Analys av resultat från vibrationsmätningarna för att kontrollera hur upptändningen fungerat.

9.2.5 Åtgärder vid fel i salva

Det föreskrevs att den insamlade dokumentationen och de utförda kontrollerna från ”fel i salva” skulle sammanställas och kompletteras med en trolig förklaring över vad som gått fel.

Det föreskrevs att om ett speciellt problemområde identifierats i en salva skulle samtliga laddningar i detta område märkas vid påföljande salva med hålnummer och en identifikation som preciserade var i hålet laddningen placerats. Om inte något sådant område kunde identifieras skulle samtliga sprängladdningar märkas vid laddning av påföljande salva.

Det föreskrevs även att det vid fel i salva skulle övervägas och beslutas särskilt att komplettera vibrationsmätningarna vid följande salva om detta bedömdes öka möjligheterna att identifiera problemorsakerna.

9.3 Genomfört

9.3.1 Förutsättningar

Precis som inför Bergguttag 3 hölls ett startmöte med dem som skulle vara inblandade i det kommande bergguttaget. Omfattningen av mötet var som inför Bergguttag 3 men kompletterades denna gång av en kort introduktion av det system för elektronisk initiering som skulle provas under uttaget, det vill säga Oricas I-kon-system.

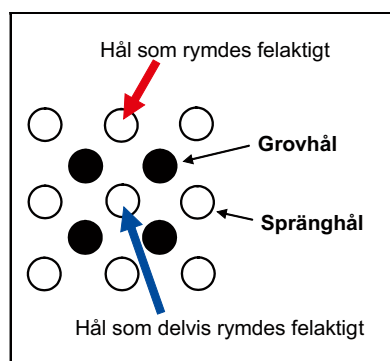
Kommunikationen med delprojekt Injektning fungerade inte avseende vid vilken tidpunkt som berguttaget skulle påbörjas. Detta ledde till att borrhningen inte kom igång enligt plan och att beräkningar av inmätta hål drog ut på tiden. Dessutom stördes arbetena sedan de kommit igång av problem med att få till övertid för personal som utförde beräkningar samt även sådant som låg helt utanför projektets kontroll som elavbrott och en serverkrasch.

9.3.2 Borrhning

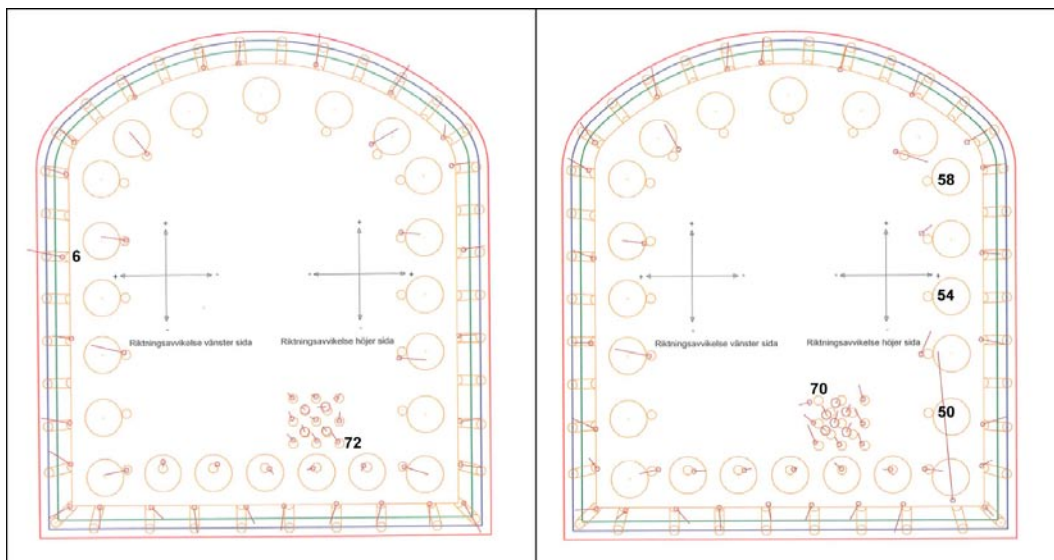
Borrhningen av salva 9 utfördes med planenlig stickning 25 cm och fick godkänt för skjutning, dock först efter diskussion av borrhål nr 72 (nedersta högra hålet i kilen) respektive 6 (högt upp på vänster vägg). Inget av hålen bedömdes behöva borraras om men beslutet dokumenterades som ett förändringsförslag. Se figur 9-3, till vänster.

Vid borrhningen av salva 10 gled upprymningskronan in ett spränghål varvid fel hål kom att rymmas, se röd pil i figur 9-2. Även det hål som markerats med blå pil hann rymmas ca 1,5 m innan felet upptäcktes. Trots det felaktiga utförandet togs beslut om att ladda salvan med dessa förutsättningar.

Det fanns även misstanke om avvikande stickning på några av hjälparhålen i salva 10 vid höger vägg, nr 50, 54, 58 och 70, se figur 9-3 till höger. Då dessa hål inte omfattades av de planerade mätningarna gjordes i stället en extra okulär kontroll m.h.a. laddkäppar. Resultatet blev att de aktuella hålen godkändes för laddning trots att deras uppskattade stickning var något mindre än hälften av föreskrivna 25 cm. Med avseende på hål nr 50 visade sig dock misstankarna om avvikande stickning ogrundade. En del av bakgrunden till beslutet att gå vidare med laddning låg i att man hade hamnat i tidsnöd på grund av tidigare nämnda problem bortom delprojektets kontroll. Beslutet dokumenterades som ett förändringsförslag.



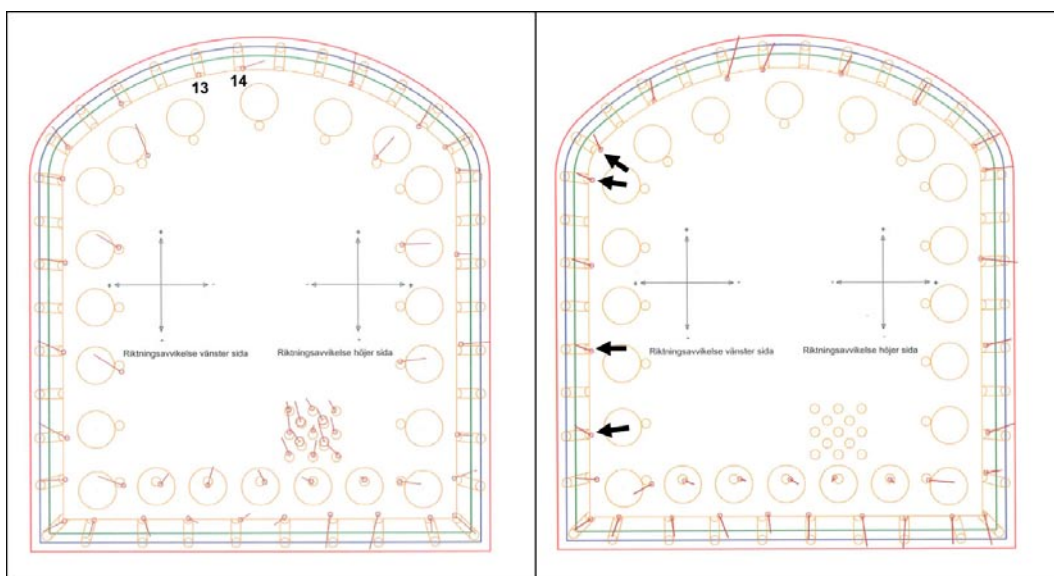
Figur 9-2. Delförstoring av kilen och de oavsiktliga felen i salva 10.



Figur 9-3. Borrhålsinmätningar, salva 9 (till vänster) och 10 (till höger). Borrhål 50 är en felinmätning.

På grund av kvarstående berg vid konturen från skjutningen av salva 10 fick navigationspunkten för borrningen av salva 11 flyttas bakåt, det vill säga salvans effektiva djup kortades något jämför med vad som var planerat. Efter utförd borrning konstaterades att två takhål (nr 13 och 14) hade för liten stickning, mellan 0–10 cm. Efter diskussion godkändes borrningen för laddning då en omborrning i det aktuella läget bedömdes ställa till mer skada än göra nytta, bland annat på grund av tidsfaktorn. Beslutet dokumenterades som ett förändringsförslag. Se figur 9-4 nedan till vänster.

Borrningen av salva 12 försenades på grund av ett strömavbrott i tunneln. För att minska övertiden och förskjuta sprängningen till dagen efter, beslutades att endast kontur, sulhål och raden ovanför sulhål skulle mätas in, det vill säga ingen inmätning av kilen skulle utföras. Borrningen kortades även något för att man inte skulle överskrida injekteringsöverlappet för nästa skärm och riskera att missa längdmätningen 48,2–48,8 m. Inmätningarna visade att 4 hål hamnat innanför kontur på grund av utrymnesbrist för bommen, det vill säga det fanns risk för underberg. Borrningen godkändes dock mot bakgrund av att kilen uppvisat robusthet mot borravvikelse samt att de hittillsvarande erfarenheterna av att mindre felborrningar vid väggarna inte gett någon skillnad i resultat (exempelvis salva 10). Se figur 9-4 nedan till höger.



Figur 9-4. Borrhålsinmätningar, salva 11 (till vänster) och 12 (till höger).

Det jämförande provet mellan noggrannheterna hos automatisk och manuell ansättning som planerades att utföras under uttaget fick ändras till att endast omfatta manuell ansättning. Detta berodde på att det inte gick att tvinga bommen till ett bestämt hål i autoläge eftersom riggen krävde att borrarningen skulle utföras i den sekvens hålen skulle borraras. Därmed gick inte provet att utföra i autoläge för de hål som bestämts i förväg.

9.3.3 Laddning, initiering och sprängning

Salva 9 var den första som utfördes med elektroniska sprängkapslar i kontur och hjälpare (I-kon).

Efter skjutningen konstaterades att mindre sprängämne än tidigare kunde påträffas i de lossprängda bergmassorna (1 rör Dynotex 17 och 2 mindre rester av Dynotex 22). En av I-kon-tändarna hade dock inte detonerat alls, se det rödmarkerade hålet i figur 9-5. Orica undersökte detta men kunde inte komma fram till annat än att den var feltillverkad.

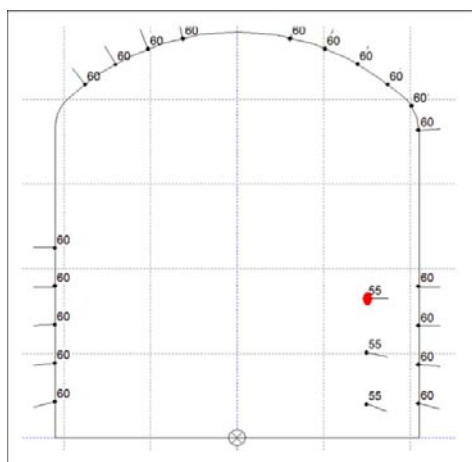
Däremot blev en del botten stående, ca 30–50 cm. Det kvarstående berget var löst och hade troligtvis kunnat skrotas ner, men då mekanisk skrotning utrustning inte används i projektet valdes i stället omskjutning, bland annat av säkerhetsskäl. Se figur 9-5. Det beslutades dock att ytterligare omskjutningar skulle undvikas med hänsyn till att området skulle användas för karakterisering av EDZ.

Efter salva 9 noterades en stark ammoniaklukt efter salvan som ingen kunde förklara, även om det spekulerades i om att det hade att göra med injekteringsförsöken. Vibrationerna nådde inte gränsvärdena och kastet orsakade inga skador på anläggningen. Mätningen av luftstötstången visade dock motsvarande maxvärdet för mätaren, 1 023 Pa. Detta innebar att det inte gick att avgöra hur mycket den erhållna luftstötstången översteg detta värde i praktiken.

Beslutet i samband med borrarningen av salva 10 att fullfölja utförandet trots de felupprymda borrhålen innebar att laddningen fick anpassas till dessa ändrade förutsättningar. Detta innebar att det hål som indikerats med röd pil i figur 9-2 inte laddades alls och att den del av det hål som indikerats med blå pil laddades i den del som hade rätt dimension, det vill säga $\varnothing 48$ mm.

Mot bakgrund av att det fanns marginal till vibrationsgränsvärdena vid skjutningen av salva 9 utfördes salva 10 med 6 stycken sulhål med intervallnumret 2 800 ms, i stället för 4 stycken som vid föregående salva. Detta medförde att vibrationsnivåerna höjdes något men gränsvärdena nåddes ändå inte. Kastet orsakade heller inga skador på anläggningen och även denna gång visade på maxvärdet avseende den uppmätta luftstötstången.

Salva 10 medförde ännu mindre sprängmedelsrester än tidigare i berghögen (4 små rester av Dynotex 17). Ett fåtal botten stod kvar med det bedömdes att de inte behövde skjutas om.



Figur 9-5. Omskjutning av salva 9. Den röda markeringen avser en icke detonerad elektronisk sprängkapsel.

I salva 11 användes samma tändplan som i salva 10. Erhållna vibrationsvärden var lägre än vid skjutning av de närmast föregående salvorna. Detta bedömdes bero på den något kortare salvlängden. Inga sprängämnen alls hittades i bergmassorna och den resulterande luftstötstången visade även denna gång på maxvärdet.

Eftersom vibrationsvärdena för salva 11 blev förhållandevis låga, och genom att även salva 12 var förhållandevis kort, beslutade att ytterligare utöka antalet hål i sulan med intervallnumret 2 800 ms jämfört med salva 11, till 8 stycken samt att ändra hörnhålen till 2 830 ms.

Utfallet av salva 12 blev att vibrationerna inte nådde gränsvärdena och att kastet inte orsakade några skador på anläggningen. Salva 12 var den första där täckning med plåt och bergmassor inte användes i skyddssyfte och kastet nådde nästan ända fram till tunnelmynningen, till längdmätning ca 10 m. Inga sprängmedelsrester hittades i bergmassorna och mätningarna av luftstötstången visade ännu en gång att maxvärdet uppnåts.

9.3.4 Datainsamling

Datainsamlingen fullföljdes planenligt med undantag för att kvarstående hålbottnar, utöver de som sköts om, inte dokumenterades i enlighet med föreskrivet enligt avsnitt 9.2.4 ”vid fel i salva”. Orsaken till detta var att stoffpersonalen inte hade uppfattat att detta skulle göras även när det inte blev några omskjutningar eller andra störningar. Man menade även att kvarstående hålbottnar i exempelvis kontur av storleksordningen 30–40 cm eller mindre inte borde ses som anmärkningsvärt med tanke på bottenladdningsdiametern. De åtgärder som dokumenterades som förändringsförslag omfattade ökad tydlighet i direktiven, med betoning på att förklara motiven bakom varför något ska göras.

I datainsamlingen ingick även utförande av den planerade skanningen.

9.4 Delresultat

9.4.1 Geometriska förhållanden

Utförda mätningar med avseende på de olika stoffernas lägen visade följande:

- Längdmätning, medel, salva 9: 37,50 m.
- Längdmätning, medel, salva 10: 42,14 m.
- Längdmätning, medel, salva 11: 45,72 m.
- Längdmätning, medel, salva 12: 48,67 m.

Det erhållna stuffläget 48,67 m för salva 12 hamnade därmed inom de föreskrivna toleranserna mellan 48,2–48,8 m och precis som tidigare blev de fyra stofferna i detta berguttag relativt plana och släta. Om detta, som tidigare, uttrycks som standardavvikelse σ varierar medelstufflägena inom 0,09 m. De verkliga uttagslängderna kan beräknas till följande:

- Salva 9: $37,50 - 32,94 = 4,56$ m.
- Salva 10: $42,14 - 37,50 = 4,64$ m.
- Salva 11: $45,72 - 42,14 = 3,58$ m.
- Salva 12: $48,67 - 45,72 = 2,95$ m.

Enligt salvrapporterna var de verkligt utförda medelborrdjupen 4,53 m, 4,59 m, 3,81 m respektive 3,07 m för de olika salvorna. Detta innebär att salvorna gav de verkliga indrifterna 101 %, 101 %, 94 % respektive 96 %. De kortare längderna på salva 11 respektive 12 berodde på, i tur och ordning, kortare effektiv borrlängd på grund av kvarstående berg efter salva 10 samt ett medvetet kortare utförande av salva 12 för att nå den föreskrivna längdmätningen.

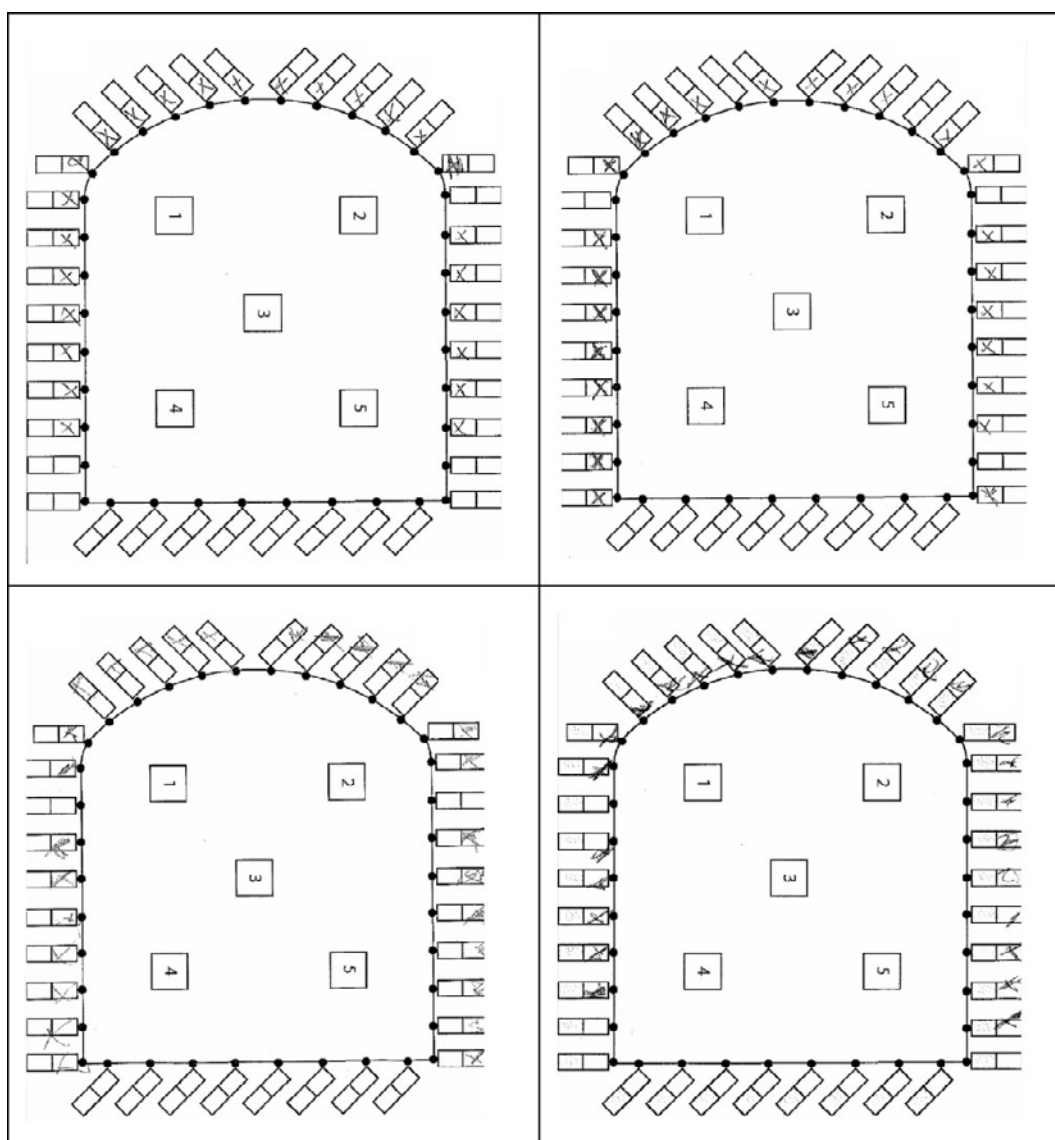
9.4.2 Kontur och skadezon

I samband med uttaget utfördes en skanning av tunneln. Då resultatet från denna utvärderades i ett senare skede redovisas de separat. Efter uttaget gjordes dessutom en kartering av skadezonen EDZ genom blockuttag och kartering. Detta redovisas dock som ett fristående arbete. Som tidigare utfördes dock en kartering av synliga borrhypor efter skjutning och som var > 50 cm, se figur 9-6.

Karteringen visade följande:

- Salva 9: 25 av 30 stycken, det vill säga ca 83 %.
- Salva 10: 25 av 30 stycken, det vill säga ca 83 %.
- Salva 11: 28 av 30 stycken, det vill säga ca 93 %.
- Salva 12: 26 av 30 stycken, det vill säga ca 87 %.

Totalt inom berguttaget uppgick andelen synliga borrhypor till i medeltal ca 86 %, det vill säga högre än de tidigare erhållna 52, 58 respektive 68 %. Variationen blev, jämfört med tidigare, låg och uppgick om den uttrycks som standardavvikelse σ till ca 4 %. Motsvarande variationsmått för de tidigare uttagen var 2, 18 respektive 7 %.



Figur 9-6. Kartering av synliga borrhypor; salva 9. (övre till vänster), 10 (övre till höger), salva 11 (nedre till vänster) samt salva 12 (nedre till höger).

9.4.3 Detaljutförande

Borrning

Underökningen av ansättningsnoggrannheten visade att den manuella positioneringen av bommarna blev bra. Följande resultat erhöles:

- I vertikalled: Endast en av 39 (ett hål av de 40 var felutsatt) positioneringar hamnade utanför toleransen + 5,0 cm (9 cm för lågt). Medelavvikelsen blev 1,3 cm.
- I horisontalled: 3 av 40 positioneringar klarade inte kravet på 0 till + 5 cm. Av dessa låg en 6 cm utanför kontur och två 2–3 cm innanför kontur. Medelavvikelsen blev 1,4 cm.

Av detta gjordes bedömningen att riggen klarade positioneringen bra med manuell ansättning. De största problemen bedömdes uppstå vid ansättning och start av rotation och slag i berg då kronan kunde glida iväg. Att få fast kronan kunde därför ses som en central faktor för att få bra ansättningsnoggrannhet. Som nämnades i avsnitt 9.3.2 kunde inte motsvarande prov för autoläge genomföras som planerat.

De fortsatta erfarenheterna av den kil som användes var mycket goda då den är både enkel och robust. Det beslutades därför att den skulle bli standard i fortsättningen. Det föreslogs även att den skulle kunna skrivas in i framtida kontraktshandlingar.

Erfarenheterna av tidsproblemen under berguttaget resulterade i ett förslag att man skulle eliminera inmätningen av kilhål och hjälpare eller anpassa tidplanen så att det fanns tid för beräkningar och eventuella omborrningar.

Laddning

Den kil som användes i salvorna fungerade även bra i detta berguttag och gav bra indrifter. Att borra 4 grovhål bedömdes som en snabb, bra och enkel åtgärd för att minska risken för problem med kilen. Tid (kostnad) för upprymningen bedömdes som försumbar jämfört med att skjuta fast sig. Som salva 10 visade hade den även en god tolerans för fel.

Stuffpersonalen fick själva vara med, tillsammans med Oricas personal, och pröva att utföra enstaka moment av koppling och programmering för att få egna erfarenheter. Deras bedömning var att I-kontändarna inte var särskilt svåra att använda och de trodde att de skulle kunna svara för en större del av arbetet, om än med stöd på plats från Orica. Det föreslogs att pröva detta redan vid nästa berguttag.

Personalens uppfattning var även att systemet skulle vara möjligt att använda vid vanlig ortdrivning då tändplanen är mera lika mellan salvorna än i TASS-tunneln och dessutom ligger inprogrammerad i loggern. De förbättringar som diskuterades avsåg robustare kopplingar och tråd som var mer anpassad för underjordsmiljön i exempelvis gruvor.

Tiden för uppkoppling och programmering av I-kontändare ökade med ca 20 minuter, jämfört med motsvarande tid med Nonel, för de två man som normalt utför arbetet. Även om den totala mantiden ökade därmed med ca 40 minuter, förutom tidsförskjutningen, bedömdes skillnaden kunna reduceras med träning och ökad färdighet.

Några inmätningar av kasten utfördes inte under salvorna 9–11 då dessa var täckta med körplåt och bergmassor. Sista salvan, salva 12, utfördes dock utan täckning och kastet blev ca 35 m och höll sig därmed inom tunneln. Detta resulterade i att det inte bedömdes behövas någon täckning framgent.

De vibrationsvärden som erhöles höll sig inom gränsvärdena. Uppmätta luftstötsvågor kunde konstateras ha ökat jämfört med föregående berguttag, även om det inte gick att säga vilka faktiska mätvärden som erhöles då mätaren visade maximalt utslag. Detta bedömdes bero på att den totala salvtiden komprimerats från ca 6 till knappt 3 sekunder.

9.4.4 Erfarenheter och beslut

Allmänt

Under uttaget noterades inga särskilda störningar som kunde sättas i samband med de injekteringshål som var borrade innanför konturen. Även till nästa berguttag, Berguttag 5, planerades injekteringsborrningen att utföras inför innanför teoretisk kontur, men med skillnaden att hålen planerades att förläggas 0,30 m från teoretisk kontur jämfört med de 0,60 m som användes förra gången.

Det noterades att skrotningstiderna hade minskat och det inte var så mycket löst berg efter salvorna i detta berguttag jämfört med tidigare och de som skötte utlastningen upplevde även att det var mer lättlastat än tidigare. Detta antogs bero på att salvorna blev allt mer utspridda i tunneln.

Datansamlingen avseende kvarstående hålbottnar, utöver de som sköts om, dokumenterades inte i enlighet med vad som var föreskrivet (längderna mättes inte i samtliga fall). Detta berodde på otillräcklig tydlighet i kommunikationen avseende syftet med inmätningarna. Dokumentationen gjordes inte eftersom utfallet ansågs normalt och därmed inte nödvändigt att dokumentera. Ett förändringsförslag upprättades som beskrev vikten av förklaring av de bakomliggande motiven.

Borning

De tidsproblem man hamnade i på grund av olika störningar utanför delprojektets kontroll, och som bland annat innebar att borrningsresultat släpptes vidare till laddning trots att vissa hål inte uppfyllde kvalitetskraven, diskuterades. Även om intrycket av tunneln i de aktuella positionerna inte visuellt kunde konstateras påverkas, beslutades att man i liknande lägen i framtiden skulle vara konsekvent och invänta mätning innan beslut att gå vidare till laddning. Mot bakgrund av att omborning i vissa fall kan medföra ett försämrat utgångsläge med hänsyn till salvans funktion, exempelvis beroende på geologi eller utrymme, insågs att det måste finnas en tolerans för avsteg. Sådana skulle dock redovisas.

De fortsatta erfarenheterna av den kil som användes var mycket goda då den är både enkel och robust. Det beslutades därför att den skulle bli standard i fortsättningen.

För Berguttag 5 skulle inga geometriska förändringar göras i de två första salvorna för att få ett bedömningsunderlag om det förelåg någon påverkan från injekteringsborrhål. Om någon sådan påverkan inte kunde konstateras skulle antalet strosshål reduceras med ytterligare 2 stycken i de två sista salvorna. Det beslutades därför att utarbeta borrrplaner för detta, och som skulle finnas till hands om ändringen skulle införas. Ambitionen skulle dock vara densamma som tidigare, det vill säga kontur och skadezon var centrala kvalitetsparametrar.

Resultaten från utförda borrhålsinmätningar indikerade eventuella systematiska variationer. Exempelvis konstaterades följande:

- en tendens att lågt sittande konturhål blev uppåtriktade i stället för det motsatta,
- borrhålen i kilarna tenderade att få en viss lutning trots att de inte skulle ha detta.

Se redovisade borrhålsinmätningar i figur 9-3 och figur 9-4. Det beslutades att låta undersöka om dessa indikationer kunde sättas i samband med några särskilda urskiljbara orsaker och om det i sådana fall kunde förbättras.

Även fortsättningsvis avsåg man att använda sig av målad kontur för kontroll av inriktning av rigg och ansättningar.

Då två av salvorna, 11 och 12, utfördes något kortare än ca 4,5 m beslutades att de skulle finnas reservborrrplaner för kortare utföranden. Motiven bakom detta låg i att riggen arbetade i grader och att kortare borrhål av naturliga skäl resulterade i mindre stickning, trots ”rätt” antal grader. Sammantaget kunde detta medföra att stickningen blev för liten och att det skulle bli problem att borra nästföljande salva.

Laddning

Uttaget hade utförts med elektronisprängkapslar i kontur och hjälpare och man upplevde att man var en bra bit på väg mot den slätare kontur och de minskade sprängskador man ville uppnå. De tidigare problemen med Nonelkapslarna som glasögon, ryckare, sprängmedel i salvhögen och återkommande omskjutningar uppgavs ha minskat betydligt, problem som till stor del ansågs bero på de långa tiderna mellan kontur och hjälpare.

Även fortsättningsvis bedömdes proppning av hålen vara nödvändig att utföra för att salvorna skulle fungera på avsett sätt. Det ansågs att 0,5 m eller mer var ett minimum för att önskad effekt skulle kunna uppnås.

Vibrationsnivåerna hade hållits under kontroll och mätningarna visade att elektronisprängkapslarna detonerade så exakt som tillverkaren påstod. De uppmätta luftstötstångarna hade ökat betydligt jämfört med tidigare. Detta bedömdes bero på den momentana upptändningen och den komprimerade tiden för skjutningen av salvorna.

Berguttaget hade inneburit att sprängämnesrester i bergmassorna varit närmast obefintliga och den slutsats som drogs av detta var att sprängämnet fått arbeta i berget. I flertalet av de ingående salvorna konstaterades kvarstående botten i kontur på 20–30 cm, något som bedömdes bero på liten bottenladdning. Endast mycket lite berg stod kvar vid hjälparna och inget i strossen. Som helhet bedömdes detta som ett lyckat resultat som kunde anses vara svårt att förbättra.

Det ansågs att den använda kilen var den som skulle användas även fortsättningsvis, inte minst mot bakgrund av den robusthet och tolerans för fel den uppvisa i samband med salva 10.

Den ursprungliga planen avsåg att även prova laddning med SSE. Efter påbörjad planering av detta gjordes bedömningen att användande av SSE i kontur och hjälpare inte var lämpligt. Bedömningen grundade sig på att laddningskoncentrationen i konturborrhålen får en för stor spridning vilket kan få negativa konsekvenser för konturens utseende. Om SSE skulle ha använts skulle det i så fall bara ha blivit i öppningen och strossen. Det vi skulle ha lärt oss av detta står inte i proportion till kostnaderna i tid och pengar. Det beslutades därför att inte använda SSE alls.

Ovanstående innebar att återstoden av TASS-tunneln kommer att utföras med patronerat sprängämne. Beslutet påverkar inte de försöken avseende elektronisprängkapslarna i kontur och hjälpare.

Det fastslogs att täckningen av salvorna skulle kunna tas bort med hänsyn till att den senast salvans kast inte nådde längre än tunneln.

Elektroniska sprängkapslar skulle även användas fortsättningsvis i kontur och hjälpare.

Det beslutades att omskjutningar i Berguttag 5 endast skulle tillämpas för att ”snygga till” geometrin om sådana problem uppstod.

I enlighet med vad som beslutats för borrar skulle en ladd- och tändplan förebredas där antalet strosshål reducerats. Denna skulle endast användas i de fall där någon påverkan från injekteringsborrhålen inte kunnat fastställas under de två första salvorna i Berguttag 5. Hållladdningarna skulle anpassas så att skadezonen hålls på samma nivå som tidigare, eller minskas.

10 Resultat och diskussion

I detta kapitel redovisas och diskuteras resultat och erfarenheter från de inledande fyra bergguttagen av drivningen av TASS-tunneln, det vill säga Bergguttag 1–4 av de totalt 7 som planerats. Diskussionen förs i anslutning till resultaten för att de lättare ska kunna förstås, enligt vad som anges i avsnitt 3.1. Redovisningen följer den disposition som beskrivs i avsnitt 3.2 och som bygger på den teoretiska modellen i avsnitt 3.1.

10.1 Översikt

I figur 10-1 visas ett 3D-foto från den skanning som utfördes efter Bergguttag 5, det vill säga salvorna 13–16. Då det saknas ett liknande foto från Bergguttag 3 och 4 används i stället nedanstående för att illustrera konturen i Bergguttag 3 och 4 då de är snarlika med Bergguttag 5.

10.2 Övergripande variationer

För att en rättvisande värdering av de olika resultaten ska kunna göras, och spårbarheten säkerställas, behöver de övergripande variationerna för drivningsarbetena redovisas som underlag till variationerna i utförandet då dessa är knutna till varandra enligt vad som anges i avsnitt 3.1. I tabell 10-1 lämnas en sammanfattning av detta avseende krav (förväntat utfall), förutsättningar respektive resurser.



Figur 10-1. Foto efter Bergguttag 5.

Tabell 10-1. Sammanfattning av variationer i förutsättningarna under projekttiden.

Avseende	Berguttag 1	Berguttag 2	Berguttag 3	Berguttag 4
Geometriska krav			Revidering av styrande krav	
Krav på kontur och skadezon				Inga förändringar
Krav på detaljutförande			Mindre revideringar	
Ersättningar				Inga förändringar. Enligt kontrakt
Geologi	Sprickigt, utfall i väggar	Sprickigt, utfall i väggar	Mindre sprickigt, några utfall i väggarna	Endast ett fåtal utfall i väggarna
Samordning med Injekttering		Försening p g a ej fullföljt utförande före avlämning	Samplanering av borrhålspositioner Försening p g a sen avlämning	Samplanering fungerade bra Ny samplanering

10.2.1 Förändrad kravbild

Den totala kravbild (det vill säga ”förväntat utfall” enligt figur 3-2) omfattar geometriska krav, krav på kontur och skadezon samt detaljkrav på utförandet. Under Berguttag 1–4 har delar av dem justerats vid några tillfällen. Samtliga värderingar och diskussioner som redovisas längre fram i kapitlet görs mot de justerade kraven.

Geometriska krav

De geometriska kraven omfattade ursprungligen verklig tunnelbredd och uttaglängd, berg utanför teoretisk kontur/överberg samt stickning (se avsnitt 5.2.1). Dessa justerades inför Berguttag 3 (se avsnitt 8.2.1) och de olika kraven redovisas i tabell 10-2.

Kontur och skadezon

Kraven på kontur och skadezon omfattade ursprungligen kontur, skadezon samt att dokumentationen skulle vara sådan att den skulle möjliggöra fördjupade studier i framtiden. Kraven framgår av tabell 10-3.

I denna rapport följs kraven med avseende på kontur och dokumentation upp med stöd av de karteringar av kvarstående borrhålspositioner samt de skanningar som utförts. Dessutom redovisas även en del av de uppföljningar som gjorts avseende skadezon, i första hand genom utvärdering av kvarstående borrhålspositioner. Resultatet av skadezon utvärderas mer fullständigt i en separat, kompletterande, studie.

Tabell 10-2. Styrande geometriska krav från återfyllnadslinjen.

Del av krav	Inledande krav	Justerat krav
Verklig tunnelbredd	$\geq 4,20$ m	Oförändrat
Verklig uttaglängd	$\geq 4,00$ och $\leq 4,25$ meter/salva	Borttaget
Berg utanför borrarad kontur/ Överberg	≤ 3 volym-%/salva utanför borrarad kontur	≤ 30 % av teoretisk volym (utanför teoretisk kontur)
Stickning	≤ 25 cm i väggar och sula samt ≤ 20 cm i tak och anfang	Oförändrat

Tabell 10-3. Krav avseende kontur och skadezon.

Del av krav	Inledande krav	Justerat krav
Kontur	Att kunna dra strategiska slutsatser om konturhållning	Oförändrat
Skadezon	Att kunna kontrollera erhållen skadezon	Oförändrat
Dokumentation	Möjliggöra fördjupade studier i framtiden	Oförändrat

Detaljkrav på utförandet

Detaljkraven på utförandet omfattar både borrhning, laddning och initiering. I sin helhet utgörs dessa detaljkrav av de fullständiga utförandespecifikationerna, men av dessa var vissa parametrar styrande. De som var styrande för borrhningsutförandet redovisas i tabell 10-4 och de som var styrande för laddningsutförandet redovisas i tabell 10-5.

10.2.2 Drivningsförutsättningarna

Bergförhållandena

Det område i vilket drivningsarbetena utfördes var innan arbetena välkarakteriserat. Berget klassificerades som frisk Äspödiorit och byggbarheten bedömdes vara mycket god och med försumbara risker för stabilitetsproblem. Karakteriseringen med avseende på vatten och hydrogeologi visade på förekomsten av kluster med vattenförande, brantstående, sprickor.

Generellt sett bedömdes bergförhållandena under Bergguttag 1–3, som sprickiga. Erfarenheterna av Bergguttag 4 anger att skrotningstiderna minskat och det inte var så mycket löst berg efter salvorna.

Bergförhållandena orsakade redan i samband med Bergguttag 1 en förändring av de planerade salvorna. Förändringen bestod i det beslutades att flytta kilen på grund av sämre bergförhållanden på tunnelns ena sida. Denna flytt permanentades sedan och har därefter använts vid alla uttag från och med Bergguttag 2.

Den inledande sprickigheten under i första hand Bergguttag 1–3 bedöms ha bidragit till utfall i väg-garna och gjort det svårt att göra en rättvisande uppföljning av konturen. Från exempelvis Bergguttag 2 rapporterades om oönskade bergutfall på grund av geologin, och att kompletterande skrotning av stuffen fick utföras vid varje salva. Därutöver misstänktes ogynnsamma strukturer ha bidragit till ryckare i salva 7, Bergguttag 3.

Under de hittillsvarande bergguttagen har inga särskilda problem med vattenförekomster noterats. Exempelvis har inte någon av den föreskrivna fodringen med plaströr av nedåtriktade konturborrhål behövt utföras i något fall.

Tabell 10-4. Detaljkrav för utförande av borrhning.

Del av krav	Inledande krav	Justerat krav
Ansättning, centrum borrhål	Vertikalt: $\leq \pm 50$ mm Horisontellt: ≤ 100 mm utanför och 0 mm innanför teoretisk kontur	Oförändrat
Stickning	Absolut krav: ≤ 35 cm Ambition: $< 20-25$ cm.	Oförändrat
Parallellitet (slutpunkter för kontur och hjälparhål)	≤ 50 mm från teoretiska slutpunkter	Oförändrat
Borrlängd	Se geometriskt krav på "Verklig uttagslängd" ovan	Variabla längder enligt arbetsberedning

Tabell 10-5. Detaljkrav för utförande av laddning.

Del av krav	Inledande krav	Justerat krav
Frikoppling	Centreringshylsor i samtliga kontur- och liggarhål	Oförändrat
Vatten i nedåtriktade konturhål	Fodring med plaströr med sluten ände. Diameter nära borrhålets	Oförändrat

Projektsamordningen

Planering, utförande och uppföljning av de drivningsarbeten som beskrivs i denna rapport har varit beroende av samverkan mellan, i första hand, delprojekten Berggutttag och Bygg respektive Injektering. Detta ömsesidiga beroende kan sammanfattas på följande sätt:

- Delprojekten Berggutttag och Bygg har tillsammans svarat för tillhandahållandet av den tunnel från vilka injekteringsförsöken har utförts.
- Delprojekt Injektering har svarat för utförandet av olika injekteringsförsök i den drivna tunneln och därigenom påverkat förutsättningarna för drivningsarbetena.

Då denna rapport är inriktad mot det arbete som utförts inom de två förstnämnda delprojekten finns det anledning att belysa hur samverkan gentemot Delprojekt Injektering fungerat och hur detta påverkat drivningsarbetena. I flera fall rapporteras om olika problem och störningar, exempelvis enligt följande:

- Från Berggutttag 1 och 2 rapporterades att stuffen var perforerad med injekteringshål, varav några kom att ligga mycket nära salv- och konturhål och detta kan ha påverkat konturen.
- Från Berggutttag 3 rapporterades att överlämnandet från injekteringen orsakade tidsförskjutningar och övertid eftersom det satt kvar manschetter i stuffen.
- Från Berggutttag 4 rapporterades att kommunikationen gentemot delprojekt Injektering inte fungerat inte avseende när bergguttaget skulle påbörjas vilket ledde till att borrningen inte kom igång enligt plan och att beräkningar av inmätta hål drog ut på tiden.
- Inför Berggutttag 5 upptäcktes att injekteringshålerna inte borrats efter överenskommen plan.

Inför Berggutttag 4 samplanerades utförandet av injekteringshål och salvhål för att minimera störningar för båda projekten. Under drivningsarbetena noterades sedan inga särskilda störningar som kunde sättas i samband med de injekteringshål som var borrade innanför konturen. Det kan därför antas samarbetet gav önskad effekt. Därutöver kortades utförandet av salva 12 för att man inte skulle överskrida injekteringsöverlappet för nästa injekteringskärm och riskera att missa längdmätningen 48,2–48,8 m. Detta uppnåddes också.

Erfarenheterna av samverkan mellan delprojekten visar att det ställs höga krav på samordningen för att den ska fungera på avsett sätt.

10.2.3 Resursstyrningen

De resultat och lärdomar som gjorts under de hittillsvarande bergguttagen har till stor del varit möjliga genom det synsätt som präglat utformningen av resursstyrningen, från förfrågningsunderlaget, via upphandlingen och kontraktet och vidare in i det operativa arbetet. Detta synsätt utgår bland annat från erfarenheterna av drivningen av TASQ-tunneln och som framhöll behovet av att SKB borde ta ett tydligt ansvar genom att stödja utförandet med:

- Ledning och kontroll av borrning och laddning med syftet att dokumentera det som faktiskt utfördes så att valt utförande skulle kunna utvärderas riktigt.
- Förmedling av information, observationer, utvärderingar och resultat till utförarna för att skapa delaktighet och förståelse för bergguttagens mål samt betydelsen av deras observationer och kunskaper.
- Möjlighet att få särskild ersättning för de delar av utförandet som bedömdes kräva mer än som normalt förekommer i branschen.

Grundtanken i synsättet var att uppmuntra till goda prestationer och bidra till motivationen hos berörda och deras intresse av att medverka till projektets syfte, det vill säga att undersöka vilka konturtoleranser och begränsningar av skadezonen som var rimliga att uppnå, inklusive dokumentation av detta.

Precis som att drivningen av tunneln består av en serie efterföljande aktiviteter, så som beskrivs i avsnitt 3.1 utgör även upphandlingen av dessa arbeten en process av på varandra följande aktiviteter. Var och en av dessa aktiviteter måste därför inriktas för att stödja syftet, inte minst mot bakgrund av att upphandlingsresultatet senare skulle bli en förutsättning för drivningsarbetena. Nedan sammanfattas hur de olika stegen i upphandlingen genomfördes för att bidra till detta.

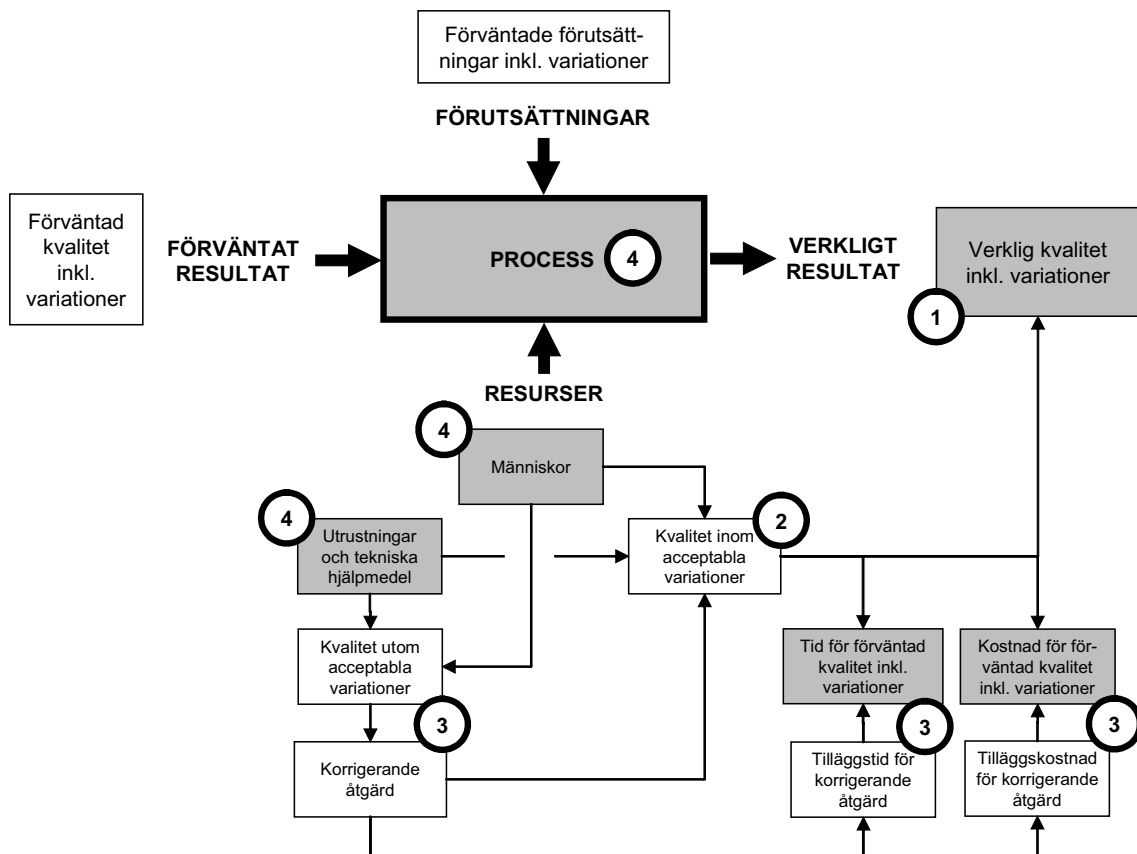
- *Förfrågningsunderlaget* efterfrågade, förutom pris, finansiell styrka, tillgänglighet, referensobjekt m.m, även platsledningens och yrkesarbetarna kompetens samt beskrivning av den borrrutrustning som skulle användas. Innan anbudsinslämningen hölls även en detaljerad genomgång av arbetena med tänkbara intressenter för att bidra till att de skulle få en tydlig och enhetlig bild om det syfte som eftersträvades.
- *Anbudsutvärderingen* resulterade i en rangordning av anbuderna utifrån bedömda möjligheter att uppnå projektets syfte samt priset och tillgängligheten för att uppnå detta. En viktig faktor vid värdering av priset, då kontraktet till stor del skulle baseras på å-priser per timme, var att det bedömdes mer sannolikt att få mer kvalificerat arbete utträttat per timme med bra kompetens och utrustning än med ett lågt å-pris. Denna värdering baserades på insikten om att möjligheterna att uppnå syftet skulle ställa höga krav på utförandet.
- *Kontraktet* tecknades med den entreprenör som bedömdes vara bäst lämpad för åtagandet. De möjligheter till särskild ersättning för de delar som bedömdes kräva mer än vanligt omfattades av ett särskilt utformat bonussystem som var indelad i borring, tid respektive dokumentation. Indelningen syftade till att bidra till arbetsmotivationen genom att det skulle vara möjligt att erhålla bonus även om någon av delarna inte medförde bonus. Att borringen var av delarna i bonussystemet baserades på insikten om att kvaliteten i denna skulle vara särskilt viktig för möjligheterna att uppnå syftet.

Slutresultat av upphandlingen blev därmed att både den beställande och den utförande organisationen hade en grundläggande förståelse av det som eftersträvades, samt insikt om utmaningen i detta. Denna förståelse kan ses som en förutsättning för den motivation som behövdes och som även behövde upprätthållas under genomförandet. Detta realiserades främst via beställarens feedback till berörda via bonussystemet och via den praktiska återkopplingen genom dialog och möten. Detta sammanfattas nedan.

- *Teambuildingen* utgjorde den inledande delen av arbetet med att få till stånd ett fungerande genomförandeskede. Den omfattade alla de kategorier av människor vars insatser skulle komma att bli viktiga för genomförandet, i första hand med inriktning mot dem som skulle vara i fält. Målet var att denna aktivitet skulle bidra till samsyn, öppenhet och fördjupa den gemensamma förståelsen av vad som skulle krävas och, inte minst vad deltagarna tyckte var viktigt för att samarbetet skulle fungera. För att bidra till ”teamkänslan” avsåg även Teambuildingen att berörda skulle lära känna varandra.
- *Återkommande möten* är en viktig del av arbetet i genomförandeskedet och utgör en sorts ”fortsättning” på det som grundlades i Teambuildingen. De olika mötena utgörs av sammankomster där närmast förestående arbete, exempelvis nästa berguttag eller nästa salva, erfarenheter från redan utfört arbete och olika aktuella frågor tas upp och diskuteras. Den hittillsvarande erfarenheten av dem är att de bidrar till teamkänslan, ger ökad förståelse för tester och försök, bidrar till tydligare roller och ökad förståelse av hur viktigt det är att information inte stannar hos någon. De bidrar även till motivation och kunskapsökning via återkopplingen från utfört arbete, exempelvis uppföljning av borrhöggrannhet, och är därmed en viktig för möjligheterna att uppnå syftet.

Enligt vad som anges i avsnitt 4.3 är det sätt på vilket resurser styrs viktigt med avseende på möjligheterna att uppnå önskad kvalitet, i detta fall med inriktning mot kontur och skadestreck. Detta beskrivs bero på att såväl förväntade utfall som variationer överförs mellan storheterna kvalitet, tid och kostnad och att det därmed inte är möjligt att avskärma någon från övriga utan konsekvenser. Kunskap om dessa konsekvenser är därför viktiga för att kunna koppla ersättningsincitament till det man avser att åstadkomma och det som kan påverkas av detta. I figur 10-2 preciseras detta med utgångspunkt från den mer principiella, och enklare, figur 4-6. Figuren illustrerar inte samordning av resurser i tid och rum för ökad tydlighet.

Med ledning av figuren kan konstateras att en verksamhet som avser att förbättra befintlig kvalitet (se 1 i figuren) kan göra detta genom att minska variationerna, höja kvalitetsnivån med bibehållna variationer eller båda delarna (se 2 i figuren). Detta är dock inte realiserbart utan kunskap om vilken produktkvalitet som är möjlig att åstadkomma samt kunskap om vad som krävs för att utföra denna. I annat fall kommer en större andel av produkterna än tidigare att underkännas, tillsammans med att effektiviteten sjunker och/eller kostnaderna ökar (se 3 i figuren).



Figur 10-2. Precisering av sambandet mellan kvalitet, tid och kostnader.

Då de önskade förbättringarna är ett resultat av olika förändringar i framställningen av produkten, det vill säga de mänskliga och maskinella ansträngningarna, inses att det behöver skapas möjligheter till inläring även i ett implementeringsskede om ”återfall” i tidigare praxis ska kunna undvikas i den nya och förbättrade processen (se 4 i figuren). Detta innebär att det är viktigt att skapa en tydlig motivation för inläring, utöver den som kan delges på kurser och utbildningar, det vill säga förstärkning av den beteenderelaterade feedbacken. Det behöver därmed finnas incitament som stödjer lärande, det vill säga att det finns en inlärningsstrategisk inriktning i genomförandet. Med detta avses att det behöver finnas organisatoriska, kompetensmässiga samt motivations- och ersättningsbaserade förutsättningar för att hantera avvikelser och förändringar. Detta innebär exempelvis att ersättningarna behöver vara utformade så att de kan hantera de variationer som behövs för att syftet med ett åtagande ska kunna uppnås, det vill säga samvariera med de verkliga behoven av tid och ersättningar. I annat fall måste förväntningarna skruvas ned.

I detta projekt stöds inläring av att en betydande del av arbetena utförs på timbasis och därmed ger utrymme för god arbets kvalitet, observation och reflektion. Inläring stöds också genom att det finns möjlighet till bonus genom att utföra saker på ett föreskrivet sätt, inklusive uppmuntran att använda den egna kompetensen. Inläring stöds även genom att det finns en utförandebaserad återkoppling där avvikelser och fel ses som förbättringsmöjligheter i stället för problem. Allt detta möjliggörs genom engagemang, aktiv ledning och styrning samt den dokumentation som berörda bidrar till.

10.3 Variationer i utförandet

Utförandet av Berguttag 1–4 har varierats i olika avseenden, det vill säga förändringar i utförandet av processen enligt figur 3-2. Dessa variationer har dels införts i enlighet med enligt de ursprungliga planerna och dels enligt reviderade planer. I enstaka fall har inte de reviderade planerna kunnat följas och andra utföranden valts av olika orsaker.

10.3.1 Planerade variationer

De ursprungligt planerade proven redovisades tidigare i sammanställd form i tabell 5-9, inklusive tillhörande text. Nedan jämförs detta med de prov som utförts, uppdelat på borrning respektive laddning, se tabell 10-6 respektive tabell 10-7.

Utöver de planerade och utförda prov med variationer som redovisas ovan, planerades och genomfördes även en mängd mätningar av olika effekter av införda variationer, exempelvis mättes borrhingsnoggrannhet, synliga borrhåll och vibrationer fortlöpande samt luftstötstång och framkast vid särskilda tillfällen. Detta redovisas längre fram.

Tabell 10-6. Jämförelse mellan planerade och utförda prov, borrning.

Berguttag (nr)	Salva (nr)	Planerade prov, borrning			Utförda prov, borrning		
		Matning	Kontur	Hjälpare	Matning	Kontur	Hjälpare
1	1						
	2					Prov stickning 30 cm	
2	3	Prov olika matningslägen	Prov stickning 30 cm	Ingen stickning	Prov olika matningslägen	Prov ledhål salva 3, 4	Ingen stickning
	4						
	5						
3	6					Prov stickning 20 cm	Prov parallella med konturen
	7						
4	8	Fastställt läge på matning	Fastställd stickning	Prov parallella med konturen	Fastställt läge på matning	Fastställd stickning 25 cm	Fastställt parallella med konturen
	9						
	10						
	11						
	12						

Tabell 10-7. Jämförelse mellan planerade och utförda prov, laddning.

Berguttag (nr)	Salva (nr)	Planerade prov, laddning			Utförda prov, laddning		
		Sprängmedel	Initiering	Proppning	Sprängmedel	Initiering	Proppning
1	1	Patroner	Nonel	Prov	Patroner	Nonel	Prov
	2						
2	3	Patroner	Nonel		Patroner	Nonel	
	4						
	5						
3	6	Patroner	Nonel	Fastställt förfarande	Patroner	Nonel	Prov av variant
	7						
	8						
4	9	Patroner	Nonel		Patroner	Elektronik	Fastställt förfarande
	10						
	11						
	12						

10.3.2 Ej planerade variationer

Borrning

Utförandet av borrhingsarbetena har justerats något jämfört med vad som ursprungligen planerades. Ändringarna har införts i kontrollerade steg och ändringsförloppet kan sammanfattas på följande sätt:

- Berguttag 1: Utförande enligt ursprunglig plan. Beslut att flytta kilen på grund av lokal geologi. Skadezonen bedömdes inte påverkas av detta.
- Berguttag 2: Kilen i ny position.
- Berguttag 3: Kilen i sin nya position. Det beslutades att öka försättningen mellan kontur och hjälpare på grund av att konturen tenderade att inte följa konturhålen utan drog mot hjälparna. Den nya hålkonfigurationen gjorde det uppenbart att antalet strosshål var för stort, varvid det beslutades att fem stycken skulle tas bort.
- Berguttag 4: Kilen i sin nya position samt fem strosshål bortplockade.

Ovanstående har medfört att den ursprungliga borrhingsplanen justerats enligt vad som redovisas i tabell 10-8.

Laddning

Även utförandet av laddning och initiering har justerats något jämfört med ursprunglig plan. Ändringarna har införts i kontrollerade steg och kan sammanfattas på följande sätt:

- Berguttag 1: Utförande enligt ursprunglig plan. Se även beslut ovan om att flytta kilen.
- Berguttag 2: Kilen i ny position men laddningsutförande enligt ursprunglig plan. Det beslutades att byta ut bottenladdningen i konturen från Nobel Prime till 190 mm Dynamit 30. Ändringen berodde på mängden kvarstående hålbottnar.
- Berguttag 3: Kilen i ny position samt Dynamit 30 som bottenladdning i konturen. Se även beslut ovan om att reducera antalet strosshål.
- Berguttag 4: Lika som Berguttag 3, exklusive antal hål då flera strosshål kunde uteslutas sedan försättningen mot hjälparna ökats.

Ovanstående medförde att den ursprungliga laddplanen justerades enligt vad som redovisas i tabell 10-8. Dessa ändringar redovisas i tabell 10-9 och tabell 10-10.

De beslutade ändringarna att laddningsmängderna har ändrats till det som redovisas i tabell 10-11. Berguttag 1–2 har räknats om till salvdjupet 4,60 m för jämförelse.

Tabell 10-8. Ändringar i borrhingsutförandet beräknat på 4,60 m borrhjup.

Berguttag 1–3	Berguttag 4			Skillnad						
	Typ av borrhål	Antal (st.)	Totalt (m)	Spec. borrh. (m/m ³)	Antal (st.)	Totalt (m)	Spec. borrh. (m/m ³)	Antal (st.)	Totalt (m)	Spec. borrh. (m/m ³)
Öppning	9	41,4		9	41,4		0	0		
Stross	32	147,2		27	124,2		-5	-23,0		
Liggare	10	46,0	-	10	46,0	-	0	0	-	
Hjälpare	18	82,8		18	82,8		0	0		
Kontur	28	128,8		28	128,8		0	0		
Totalt	97	446,2	5,12	92	423,2	4,86	-5	-23,0	-0,26	

Tabell 10-9. Använda bottenladdningar.

Håltyp	Berguttag 1–2		Berguttag 3		Berguttag 4	
	Antal hål (st.)	Typ/Dim/Längd (namn/mm/mm)	Antal hål (st.)	Typ/Dim/Längd (namn/mm/mm)	Antal hål (st.)	Typ/Dim/Längd (namn/mm/mm)
Öppn.	9	Dynomit/30/380	9	Dynomit/30/380	9	Dynomit/30/380
Stross	32	Dynomit/30/380	32	Dynomit/30/380	27	Dynomit/30/380
Liggare	10	Dynomit/30/380	10	Dynomit/30/380	10	Dynomit/30/380
Hjälp.	18	Dynomit/30/380	18	Dynomit/30/380	18	Dynomit/30/380
Kontur	28	Nobel Prime/15/150	28	Dynomit/30/190	28	Dynomit/30/190
Totalt	97		97		92	

Tabell 10-10. Pipladdningarna har endast ändrats med avseende på antal hål.

Håltyp	Berguttag 1–3		Berguttag 4	
	Antal hål (st.)	Typ/Dim	Antal hål (st.)	Typ/Dim
Öppn.	9	Dynorex 25 mm	9	Dynorex 25 mm
Stross	32	Dynorex 25 mm	27	Dynorex 25 mm
Liggare	10	Dynorex 25 mm	10	Dynorex 25 mm
Hjälp.	18	Dynotex 22 mm	18	Dynotex 22 mm
Kontur	28	Dynotex 17 mm	28	Dynotex 17 mm
Totalt	97		92	

Tabell 10-11. Ändringar av ladddata beräknade för 4,60 m borrhål (nettovikter).

Håltyp	Berguttag 1–2			Berguttag 3			Berguttag 4		
	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)
Öppning	9	25,2		9	25,2		9	25,2	
Stross	32	89,6		32	89,6		27	75,6	
Liggare	10	29,0	–	10	29,0	–	10	29,0	–
Hjälpare	18	32,4		18	32,4		18	32,4	
Kontur	28	26,5		28	30,8		28	30,8	
Totalt	97	202,7	2,35	97	207,0	2,38	92	193,0	2,22

10.4 Drivningsresultat

10.4.1 Geometriska förhållanden

Tunnelarea

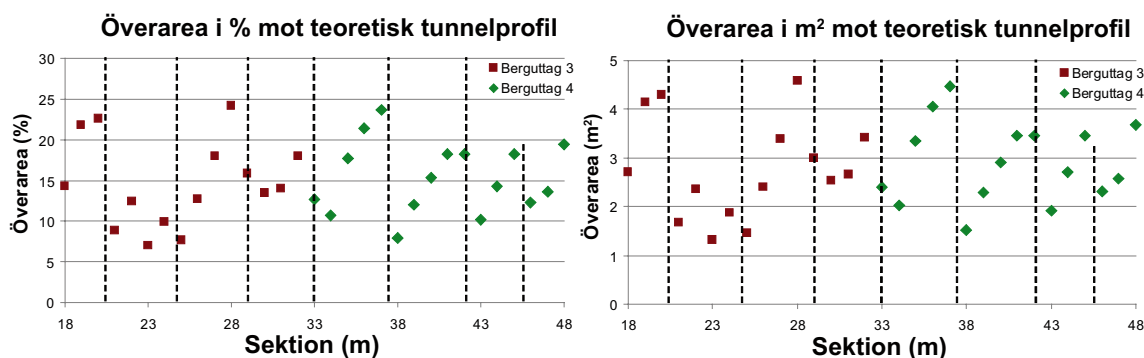
Verklig och teoretisk tunnelarea har jämförts genom att lägga in teoretisk sektion varje hel längdmetri i den skannade modellvolymen och jämföra skillnaderna, se figur 10-3.

I figur 10-4 nedan redovisas en sammanställning av teoretisk tunnelprofil jämfört med teoretisk mellan längdmätningarna 18–48 m uttryckt i % respektive m² (Berguttag 3 och 4). De redovisade punktmolnen, som satts ihop av de skannade filerna. Skillnaden i area mellan den verkliga och den teoretiska konturen ger ett mått på överberget vid aktuell längdmätning.

Medelvärde på överarean i figur 10-4 är cirka 15 % för respektive berguttag, trots att stickmått skiljer något (20 cm i Berguttag 3, 25 cm i Berguttag 4). Jämförelser av verkliga tunnelareor har även gjorts i salvövergångar. Det största respektive minsta värdet för salvövergångarna har plockats ut från den skannade modellen. Resultaten redovisas i tabell 10-12.



Figur 10-3. Exempel på jämförelse mellan teoretisk och skannad area.



Figur 10-4. Jämförelser mellan teoretisk och skannad tunnelprofil uttryckt som % respektive m^2 . Streckade linjer anger salivövergångar.

Tabell 10-12. Jämförelse av verkliga tunnelareor i salivövergångar.

Salivövergång	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
~ Längdmätning (m)	24,88	28,94	32,94	37,50	42,14	45,72
Maxvärde (m^2)	21,03	24,00	22,55	23,43	22,80	22,38
Minvärde (m^2)	20,49	21,26	21,02	20,47	21,16	21,54
Skillnad (m^2)	0,54	2,74	1,53	2,96	1,64	0,84
Skillnad jämfört med minvärde (%)	2,63	12,89	7,28	14,46	7,75	3,90

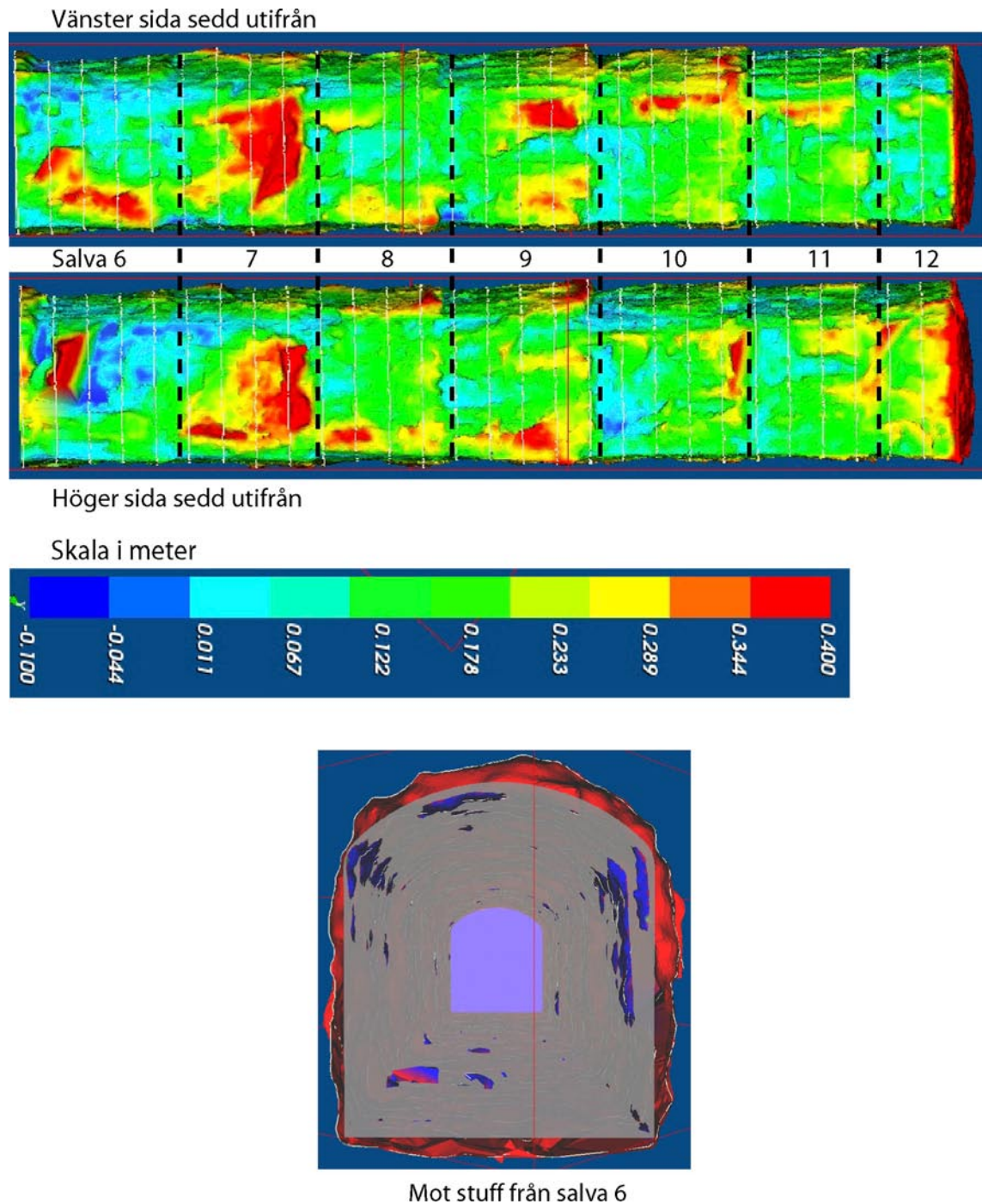
Genom att sammanställa överareorna i hela konturen för varje meter kan överbergsvolymen beräknas per bergtagg respektive totalt, se tabell 10-13.

Vad skillnaden i stickning betyder för överberget indikeras i tabellen (20 cm i Bergtagg 3 respektive 25 cm i Bergtagg 4). En exakt beräkning i modellen ger ett medelvärde för det totala överberget av 13,7 %.

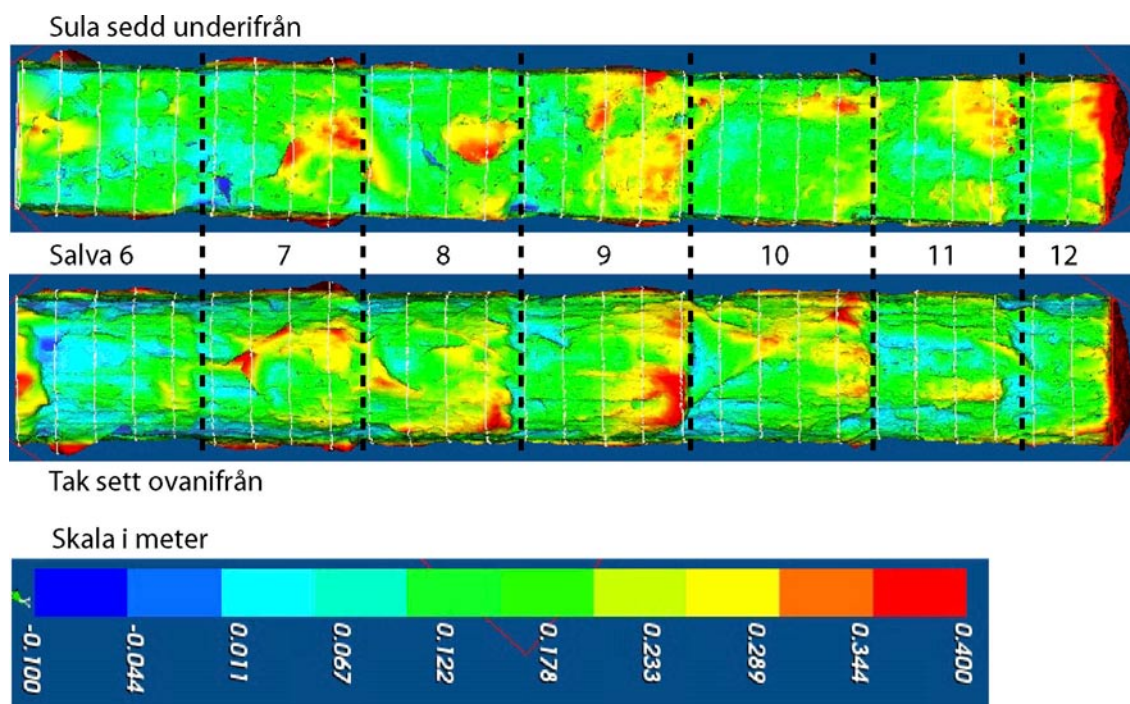
Huvuddelen av det underberg som finns är lokaliserat i områdena för salva 6 och 7. Förutom salva 6 och 7 finns det 1 till 4 mer eller mindre punktvisa intrång i konturen för salvorna 8-12. Dessa är relativt jämnt fördelade på väggar, tak och sula. Den nedre delen av figur 10-5 ger en uppfattning om intrångens storlek. Det bedöms att de aktuella intrången troligtvis skulle ha kunnat skrotas ned om mekaniserad skrotningsutrustning använts i projektet. Sula respektive tak redovisas i figur 10-6.

Tabell 10-13. Sammanställning av överberg för Bergguttag 3 och 4.

Bergguttag	3 (salva 6–8)	4 (salva 9–12)	Totalt
Överberg (m ³)	41,8	46,6	88,4
Överberg (%)	14,7	15,4	15,1



Figur 10-5. Över- och underberg längs väggar. Mörkblå färg anger underberg.



Figur 10-6. Över- och underberg i tak och sula. Mörkblå färg innebär underberg.

Salvlängder, indrifter m.m.

Inledningsvis ställdes ett geometriskt krav på verkliga indrifter från återfyllnadslinjen. Detta krav togs bort inför Bergguttag 3. Olika aspekter av indriftsbegreppet är dock centrala som mått på styrning, utförande och effektivitet vid tunneldrivning. Av denna anledning görs några jämförelser mellan olika variationer i detta avsnitt.

I tabell 10-14 redovisas en jämförelse mellan teoretiska och verkliga salvor, både med avseende på planerade och uppnådda lägen samt planerade och verkliga längder. Även skillnaderna mellan teori och praktik redovisas

Jämförelserna ger en uppfattning om den utförande organisationens förmåga att utföra arbetena i enlighet med kraven, men också förmågan att reagera på mera kortsiktiga ändringar i kraven under utförandeskedet. Sistnämnda kan illustreras av den medvetet nedkortade längden för salva 12 för att undvika problem vid injekteringsarbetena. Resultaten ger även en uppfattning om vilken kravnivå som är realistisk med hänsyn till de totala drivningsförutsättningarna.

En annan aspekt av indriftsbegreppet avser hur stor andel av de utförda, laddade och sprängda borrhängderna som resulterat i verklig tunnel. Detta kan beräknas genom att jämföra medelborrdjupen från salvrapporterna med de verkliga uttagslängderna och ger ett mått på indrifterna i förhållande till borrhängderna. Se sammanställningen i tabell 10-15 för salvorna i Bergguttag 3 och 4.

En tredje aspekt av indriftsbegreppen avser hur jämna de erhållna stofferna är. Detta mått ger en indikation på möjligheterna att ta ut önskade salvlängder eftersom borrhängställningarna styrs av den berggadd som sticker ut mest från stoffen, varvid det möjliga borrhängdjupet begränsas, se figur 5-8. Detta ger också en uppfattning om möjligheterna att prediktera sprängmedelsåtgången per salva.

Varje ny stuffs läge bestäms genom inmätning av fem lägesmässigt förutbestämda punkter, se figur 6-5. Genom att beräkna standardavvikelse, σ , för dessa fem punkter per stuff kan stoffernas jämnhet beskrivas. Måttet tar ingen hänsyn till eventuella problem med en kontur med kvarstående hålbottnar men ger ändå en uppfattning om framdriften. De erhållna värdena redovisas per bergguttag i tabell 10-16.

Tabell 10-14. Jämförelser mellan teoretiska och verkliga salvor.

Berguttag (nr)	Salva (nr)	Teoretisk Läge (m)	Längd (m)	Verklig Läge (m)	Längd (m)	Skillnad Läge (m)	Längd (m)
1	1	(ej mätt)	–	–	–	–	–
	2	8,47	Referens	8,60	Ej rel.	+ 0,13	Ej rel.
2	3	12,47	4,00	12,76	4,16	+ 0,29	+ 0,16
	4	16,47	4,00	16,88	4,12	+ 0,41	+ 0,12
	5	20,47	4,00	20,74	3,86	+ 0,27	– 0,14
3	6	24,47	4,00	24,84	4,10	+ 0,37	+ 0,10
	7	28,47	4,00	28,94	4,06	+ 0,47	+ 0,10
	8	32,47	4,00	32,94	4,00	+ 0,47	± 0,00
4	9	36,47	4,00	37,50	4,56	+ 1,03	+ 0,56
	10	40,47	4,00	42,14	4,64	+ 1,67	+ 0,64
	11	44,47	4,00	45,72	3,58	+ 1,25	– 0,42
	12	48,47	4,00	48,67	2,95	+ 0,20	– 1,05

Tabell 10-15. Beräkning av indrifter.

Berguttag (nr)	Salva (nr)	Verkligt salvdjup (m)	Borrat medeldjup (m)	Indrift (%)
3	6	4,10	4,15	99
	7	4,10	4,17	98
	8	4,00	4,06	99
4	9	4,56	4,53	101
	10	4,64	4,59	101
	11	3,58	3,81	94
	12	2,95	3,07	96

Tabell 10-16. Sammanställning av de erhållna stuffernas jämnhet.

Berguttag (nr)	Standardavvikelse σ (m)
1	0,10*
2	0,10
3	0,05
4	0,09

* Avser endast salva 2.

De styrande geometriska kraven för berguttagen redovisas i tabell 10-2 och en sammanfattning över hur dessa uppnåtts ges nedan:

1. Verklig kontur ska aldrig inkräkta på teoretisk kontur: detta har inte uppnåtts men överträdelserna är få och bedöms kunna åtgärdas relativt enkelt.
2. Överberget ska vara mindre än 30 volymprocent av teoretisk volym: Detta har uppnåtts med marginal och bedöms inte heller vålla några framtida problem.
3. Stickningen ska vara < 25 cm i väggar och sula samt < 20 cm i tak och anfang: Stickningen i taket har inte uppnåtts, även om det bedöms möjligt med befintlig utrustning. Detta kräver dock ett särskilt arbete, varför utrustningsutveckling rekommenderas. Stickningen i väggarna kan uppnås med befintlig utrustning. Se även separat redovisning i avsnitt 10.5.

10.4.2 Kontur och skadezon

Ett av projektets huvudsyften var att få ett underlag för att bedöma vilka toleranser på konturen samt vilken skadezon (EDZ) som var rimlig att uppnå med de mänskliga och maskinella resurser som användes. Detaljvärderingen av skadezonen redovisas separat utifrån en analys av en utsågad del av tunnelväggen från motsvarande Berguttag 4.

Den uppfattning som kan erhållas om kontur och skadezon från det material som tagits fram baseras på en samlad bedömning av andelen kvarstående borrhåll och den borrhållsnoggrannhet som uppnåtts ger en indikation på kvaliteten på erhållen kontur och skadezon, det vill säga hög andel kvarstående borrhåll och hög borrhållsnoggrannhet kan antas indikera en hög kvalitet på konturen och en begränsad skadezon.

Efter varje salva, och efter utförd skrotning, utfördes en kartering av kvarstående borrhåll. Observationerna gjordes från en position mitt i den uttagna salvan och kvarstående borrhåll markerades i de fall de bedömdes vara 50 cm eller längre. I tabell 10-17 redovisas en sammanställning av utfört arbete.

Andelen synliga borrhåll i tak och väggar har även hämtats från skanningen, se tabell 10-18. Borrhåll i sulan har räknats bort från det teoretiska antalet hål som används för att beräkna de synliga borrhållsandel eftersom inga hål i sulan har observerats i skanningdata.

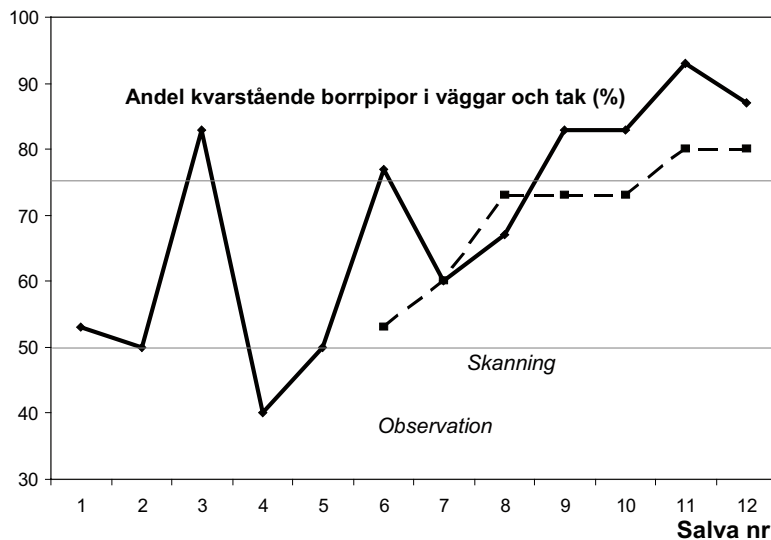
En jämförelse mellan de båda metoderna indikerar jämförbara resultat vid de senare berguttagen, med avseende på såväl resultatnivå som trend, se figur 10-7.

Tabell 10-17. Sammanställning av andelen kvarstående borrhåll.

Berguttag (nr)	Salva (nr)	Borrade (st. exkl. sula)	Kvarstående (st.)	Andel (%)	Medel (%)	Spridning (σ)
1	1	19	10	53	52	2
	2	30	15	50		
2	3	30	25	83	58	18
	4	30	12	40		
	5	30	15	50		
3	6	30	23	77	68	7
	7	30	18	60		
	8	30	20	67		
4	9	30	25	83	86	4
	10	30	25	83		
	11	30	28	93		
	12	30	26	87		

Tabell 10-18. Sammanfattning av antalet borrhåll som kunnat plockas från skanningen samt dess andel av antalet hål i väggar och tak.

Salva	6	7	8	9	10	11	12
Antal synl.	16	18	22	22	22	24	24
Andel %	53	60	73	73	73	80	80



Figur 10-7. Jämförelse mellan observationsmetod och skanningdata.

10.4.3 Vibrationer, luftstövå m m

Vibrationer

I de ursprungliga planerna föreskrevs att vibrationsmätningar skulle utföras i samband med de olika salvorna. Detta har också utförts under samtliga berguttag.

Några överskridanden av vibrationsgränsvärdena konstaterades inte under Berguttag 1 eller 2, även om 80 % av något gränsvärde överstegs i samband med Berguttag 1. Det höga värdet, och som uppnåddes trots en begränsad laddningsmängd, berodde dock på ett monteringsproblem och åtgärdades. Den senare följande sprängningen av den första fullareasalvan i Berguttag 3, salva 6, resulterade inte i några överskridanden av vibrationsgränsvärdena. Detta blev även resultatet vid salva 7 och 8.

Även under Berguttag 4, det vill säga salva 9, 10, 11 och 12, höll sig vibrationsnivåerna under gränsvärdet. Genom att Berguttag 4 utfördes med elektroniska sprängkapslar blev även det möjligt att använda vibrationsnivåerna som styrparameter för att utforma initieringen av salvorna, det vill säga antalet samtidigt initierade hål i sulan. Förfarandet var framgångsrikt men realiserades, försiktigtvis, i mindre steg. Det resulterade i att vibrationerna vid uttag av salva 10 blev något högre än vid salva 9, men höll sig under gränsvärdet men med sjunkande nivåer vid salva 11 och 12. Detta sattes i samband med att dessa salvor utfördes kortare än de övriga för att stoffen efter salva 12 skulle styras till ett visst längdmått. Därutöver visade vibrationsmätningarna att de elektroniska sprängkapslarna detonerade så exakt som tillverkaren påstod.

Luftstövå

För att få en uppfattning om effekten av pluggningen av laddade hål på luftstövågens storlek föreskrevs mätning av detta i de ursprungliga planerna, i första hand i samband med Berguttag 3. Av denna anledning utfördes jämförande mätningar i samband med uttag av salvorna 6, 7 och 8. Därutöver gjordes även mätningar under Berguttag 4.

Salvorna 6 och 7 utfördes med föreskriven ”dubbel” proppning, det vill säga användning av både frigolitpropp och grus i den oladdade delen. Detta resulterade luftstövågor uppmättes till mellan 744 och 940 Pa. Salva 8 utfördes endast med ”enkel” proppning, det vill säga endast frigolitpropp, och med en luftstövåg som uppmättes till 840 Pa.

Några tydliga slutsatser har inte kunnat dras av dessa resultat. Däremot har utförandet med ”dubbel” proppning av borrhålen visat sig betydelsefullt för att få in sprängenergin i berget och för hur salvorna gått, med hänsyn till användningen av klena laddningsdiametrar.

Motsvarande mätningar av luftstötstången gjordes även under Bergguttag 4, det vill säga i samband med salvorna 9, 10, 11 och 12. Samtliga utfördes med ”dubbel” proppning. De initierades dock med elektroniska sprängkapslar, till skillnad mot salvorna i Bergguttag 3 som initierades med Nonel.

I samtliga fall registrerade mätaren ”maxvärde”, i detta fall 1 023 Pa, varför det enda som kan sägas är att den verkliga luftstötstången överstiger detta värde. Detta bedömdes bero på att den totala salvtiden komprimerats från ca 6 till knappt 3 sekunder genom användningen av elektroniska sprängkapslar.

Framkast

Under hittillsvarande bergguttag var det endast meningsfullt att studera framkastan under den sista salvan av Bergguttag 4, det vill säga salva 12, då detta var den första som saknade täckning. Det aktuella stufvläget vid salva 12 låg på ca 46 m, och med hänsyn till att den hela tunnelsektionen börjar på ca 5 m och att det resulterande kastet blev ca 35 m långt, innebär detta att kastet höll sig inom den drivna tunneln med en marginal av ca 6 m. Baserat på detta beslutades att det inte skulle komma att behövas någon täckning under resterande bergguttag.

Ledhål

De försök med ledhål som utfördes under Bergguttag 1 och 2 kunde inte utvärderas på grund av oönskade bergutfall. Eventuellt fortsatta försök med ledhål planerades att utföras vid ett senare tillfälle.

Datainsamling

Sammantaget har datainsamlingarna fungerat väl. I Bergguttag 4 dokumenterade dock inte kvarstående hålbottnar, utöver de som sköts om, i enlighet med vad som var föreskrivet. Detta berodde på otillräcklig tydlighet i kommunikationen avseende syftet med inmätningarna, förutom att de påträffade längderna ansågs normala och därmed inte nödvändigt att dokumentera.

10.5 Borrning – erfarenheter och resultat

10.5.1 Sammanställning

I tabell 10-19 redovisas en sammanställning av variationerna i borrhingsutförandet under de hittillsvarande bergguttagen.

10.5.2 Allmänna drifterfarenheter

Det inledande Bergguttag 1 stördes något av att riggens utrustning för skarvborrning RAS (Rod Adding System) ställde till problem för åtkomst vid vägg vid borrning av Salvdel 1. Problemet berodde på det begränsade utrymmet vid påbörjandet av drivningen och var därmed en engångsföreteelse. Andra tekniska problem vilka har påverkat arbetena avser borrhagens riktsystem, TML, och där borrhål vid något tillfälle flyttat sig på dataskärmen eller till och med försvunnit helt.

Man har även införskaffat ett annat mellanstöd på bom för att uppnå bättre borrhastighet och förbättra precisionen, något som visat sig fungera bra. Åtgärden medförde att ca 10 cm i borrhjup tappades, vilket dock skulle kunna åtgärdas genom byte av nacke på hydraulhammaren. Detta aktualiseras dock inte förrän vid borrhjugar av 4,6–4,7 m.

Uppställnings- och påhuggsproblematiken har gett en del problem under de utförda bergguttagen. Bland annat har referenspunkten för borrhagen satts ut fel och det har, av olika anledningar, varit svårt att få fast borrhagen vid påhugg. Operatörerna har bland annat upplevt det som svårt att kunna utföra tillräckligt försiktiga och precisa påhugg, det vill säga att det varit svårt att upptäcka och korrigera felaktiga eller sneda påhugg i tid på grund av att de starka borrhagen inte känner av påhuggen lika tydligt som svagare borrhagen. Påhuggsproblemen har ibland också berott på att det varit trångt vid konturen som en följd av föregående salvuttag. Problemen har hanterats genom att måla konturen på stoffen, tillsammans med en visuell kontroll av ansättningen, vanligen med hjälp av laddkåpor för att även kontrollera stickningen. Den målade konturen har inte enbart bidragit till att man hamnat rätt vid ansättningen utan även gett en bra indikation på om inriktningen av riggen var korrekt.

Tabell 10-19. Sammanfattning av variationer i borrhingsutförandet.

Avseende	Berguttag 1	Berguttag 2	Berguttag 3	Berguttag 4
Utrustning		Förslag om nytt mellanstöd	Nya mellanstöd för bättre påhugg och ökad borrhäst-vhet	Mellanstöd
Matningskraft	Prov olika lägen	Fortsatta prov Beslut Läge 2	Läge 2	Läge 2
Uppställning/ /Utsättning		Prov målad kontur med okulär kontroll	Fortsatt målad kontur med okulär kontroll	Fortsatt målad kontur med okulär kontroll
Kontur	Prov 30 cm stickning	Prov 20 och 30 cm stickning Svårt få precisa påhugg vid 20 cm	Fortsatta prov med 20 cm stickning Beslut: 25 cm runt hela konturen	25 cm stickning runt hela konturen Reservplaner för kortare salvor för att säkerställa stickmättet
Hjälpare	Parallella med salvan	Parallella med salvan	Prov parallella med konturen Beslut om parallella hjälpare	Parallella med konturen utom i sulan där mindre stickning används
Stross			Förslag att öka försättningen på hjälparna i Berguttag 4	Fem hål borttagna p.g.a. ökad försättning hjälpare
Kil	Förslag flytt av kil	Kil i den nya positionen	Kil i den nya positionen	Kil i den nya positionen Robust och bra kil
Ledhål		Prov med ledhål på vänster sida	Avvaktar fortsatta försök	Avvaktar fortsatta försök
Noggrannhet		Beslut omborring vid avvikelser slutpunkt > 20 cm	Omborring vid avvikelser slutpunkt > 20 cm	Omborring vid avvikelser slutpunkt > 20 cm Vänta på mätning innan laddning och notera avsteg

I samband med utförande av Berguttag 4 gjordes en undersökning av noggrannheten vid ansättningarna. Provet var ursprungligen tänkt att utföras som en jämförelse mellan automatisk och manuell ansättning men fick ändras till att endast omfatta manuell ansättning då bommen inte gick att tvinga till ett bestämt hål i autoläge. Resultatet blev att endast ett fåtal påhugg inte uppfyllde kraven och den radiella medelavvikelsen kunde uppskattas till ca 2 cm. Man bedömde därför att riggen klarade positioneringen bra även med manuell ansättning. De största problemen bedömdes uppstå vid start av rotation och slag i berg då kronan kunde glida iväg. Att få fast kronan sågs därför som en central faktor för att få bra ansättningsnoggrannhet.

Borrhörutrustningens förmåga till efterjustering av borrhålsriktningarna efter påhugg har undersökts. Resultatet blev att den bedömdes klara detta bra och förfarandet användes.

Under utförande av salva 5 i Berguttag 2 genomförde en undersökning av vilken typ av hålinmätningar som var mest tillförlitliga. Där jämfördes borrhörutrustningens utrustning med geodetisk inmätning efter borring respektive efter skjutning. Då inmätningarna efter borring, och som beräkningsmässigt extrapolerades till slutsektionen, visade sig ge nästan lika precisa mått som mätningarna efter skjutning beslutades att detta förfarande skulle användas i fortsättningen. Borrhörutrustningens logg var inte lika exakt.

10.5.3 Stickning

De försök med stickning av konturhålen som utförts visar att 30 cm som regel inte vållar några problem och att 20 cm är genomförbart, men är känsligt för små avvikelser då det gäller hur ”rent” salvorna går ut längs konturen. 20 cm stickning bidrar dessutom till de tidigare beskrivna påhuggs-problemen, det vill säga det blir trångt vid väggarna och svårt att få fast såväl bom som krona. Det går att utföra borring med bra resultat då man utgår från en stickning på 20 cm. Detta indikeras av borringen av salva 9. Salva 8 borrades med 20 cm stickning och hade små avvikelser mot teoretiska borrhållslägen. Salva 9 utgick därmed från en korrekt borrade salva med 20 cm stickning och den borringen fungerade bra. Toleransen för små ansättnings- och avslutningsfel är liten då man arbetar med 20 cm stickning vilket saktar ned arbetet och skapar onödiga risker för underberg. Av denna anledning beslutades att 25 cm skulle vara den stickning som skulle användas fortsättningsvis. Beslutet stöds av det faktum att överberget ligger långt under uppsatt krav.

Därutöver har prov med hjälparnas inriktning gjorts, det vill säga de har inte stuckits alls, som i Berguttag 1 och 2, eller stuckits parallellt med konturhålen, som i Berguttag 3. Erfarenheten från Berguttag 3 var att det var gynnsamt med hänsyn till kvarstående bottenar att hjälparna stacks parallellt med konturen, exempelvis minskade antalet glasögon tillsammans med att stufven blev mera plan. Detta utförande lades sedan fast inför Berguttag 4.

Under Berguttag 3 utfördes även försök med att även sticka hålråden innanför hjälparna med halva den gällande stuckmåtten. Någon effekt av detta noterades dock inte.

10.5.4 Matning

I ursprungsplanerna för utförandet av borrhningen ingick även försök med olika matningar vid själva borrhningen mellan de tre lägen som gick att variera; Läge 1, Läge 2 respektive Läge 3. Motsvarande förändringar av matningstrycket var 180, 190 eller 200 bar. Matningen under påhugget var dock konstant, 120 bar. Försöken avsåg framför allt att ge ett underlag för optimering av matningen vid borrhning av kontur- och hjälparhål.

Resultatet blev att man beslutade att använda Läge 2 vid borrhning av samtliga hål. Detta baserades på att det visuellt inte gick att fastställa någon skillnad mellan erhållen borrhålskvalitet och varierande matningar samt att borrhningstiden inte heller påverkades nämnvärt.

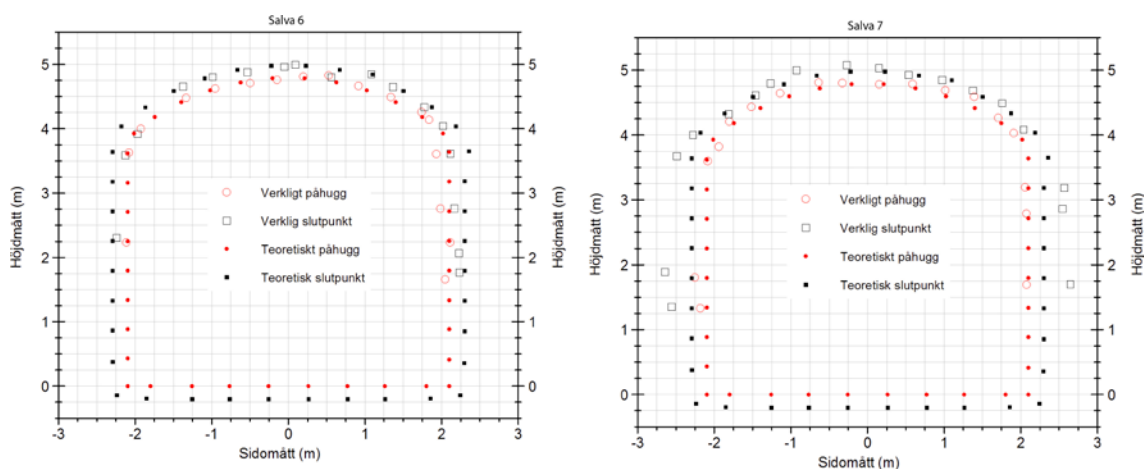
10.5.5 Konturborrhning

Orientering

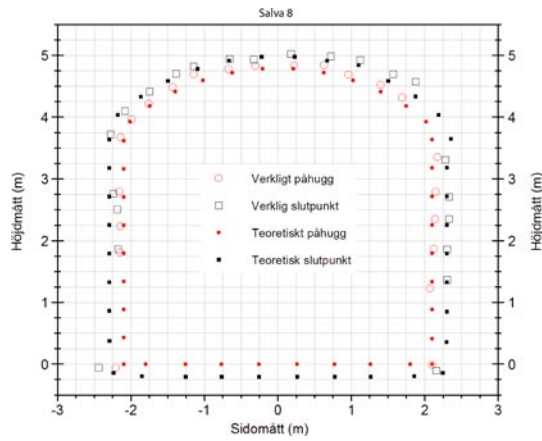
Resonemanget kring hur väl borrhningen lyckats grundar sig på en jämförelse mellan de teoretiska påhuggs- och slutpunkterna för borrhålen jämfört med de faktiska lägen som bestämts med hjälp av laserskanningen. I figur 10-8–figur 10-11 redovisas teoretiska borrhålslägen salvis för att underlätta förståelsen av resonemanget kring avvikelserna. Borrhålen i sulan redovisas separat i slutet av detta avsnitt.

I de följande avsnitten jämförs skillnaderna mellan de teoretiska och de verkliga påhuggs- och slutpunkterna för konturborrhålen. Redovisningen baseras på radiella mått vilka även definieras med avseende på riktning, se figur 10-12.

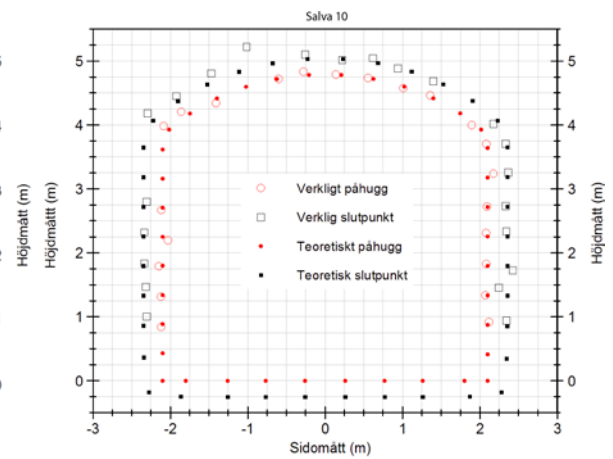
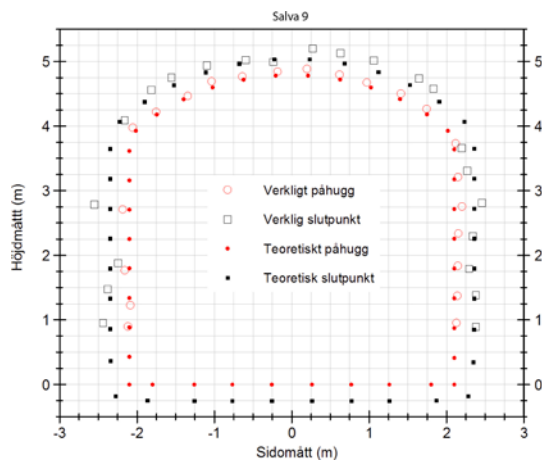
Redovisningen görs i form av histogram, dels för varje salva och dels för varje berguttag. Dessutom redovisas de i tabellform i form av medelvärden för den radiella avvikelserna respektive typvärde, det vill säga den mest frekvent förekommande radiella avvikelserna uttryckt i klassbredd inklusive standardavvikelse.



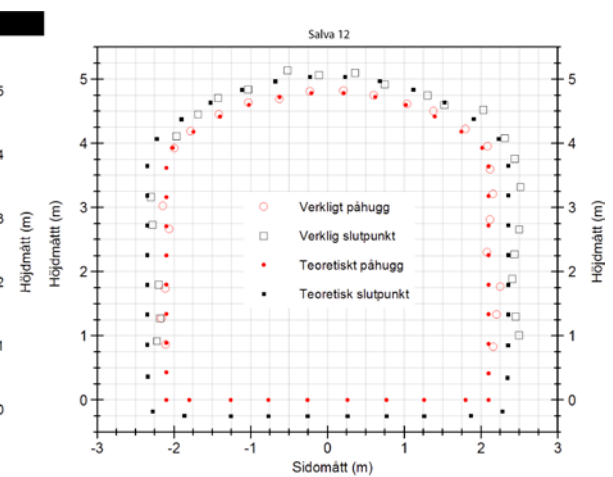
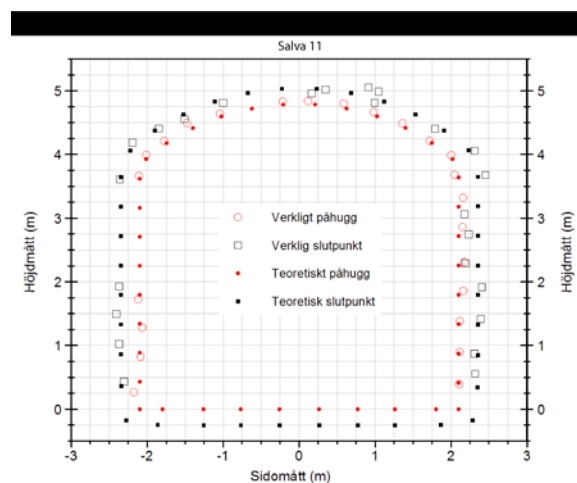
Figur 10-8. Verkliga och teoretiska påhugg och slutpunkter för synliga borrhål i konturen i Berguttag 3, salva 6 (till vänster) respektive 7 (till höger).



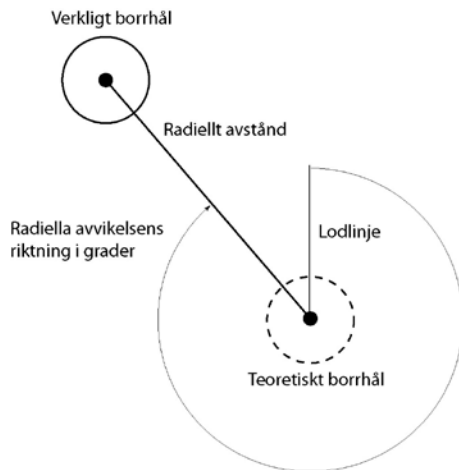
Figur 10-9. Verkliga och teoretiska påhugg och slutpunkter för synliga borrhål i konturen i Berguttag 3, salva 8.



Figur 10-10. Verkliga och teoretiska påhugg och slutpunkter för synliga borrhål i konturen i Berguttag 4, salva 9 (till vänster) respektive 10 (till höger).



Figur 10-11. Verkliga och teoretiska påhugg och slutpunkter för synliga borrhål i konturen i Berguttag 4, salva 11 (till vänster) respektive 12 (till höger).



Figur 10-12. Definition av radiell avvikelse och dess riktning.

Påhugg

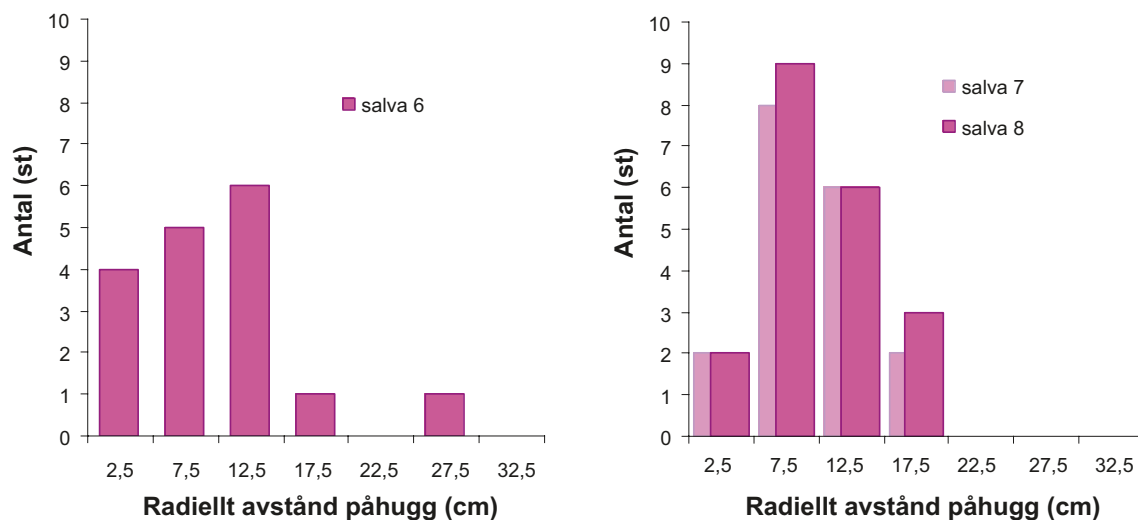
Nedan redovisas histogram över skillnaderna mellan verkliga och teoretiska borrhåls påhuggslägen uttryckta som radiella avstånd för Bergutttag 3 och 4, se figur 10-13 och figur 10-14. I samtliga histogram har klassbredden 5 cm använts.

I figur 10-15 redovisas de båda berguttagen 3 respektive 4 i två sammanfattande histogram med avseende på påhuggens radiella avstånd från teoretisk påhuggspunkt.

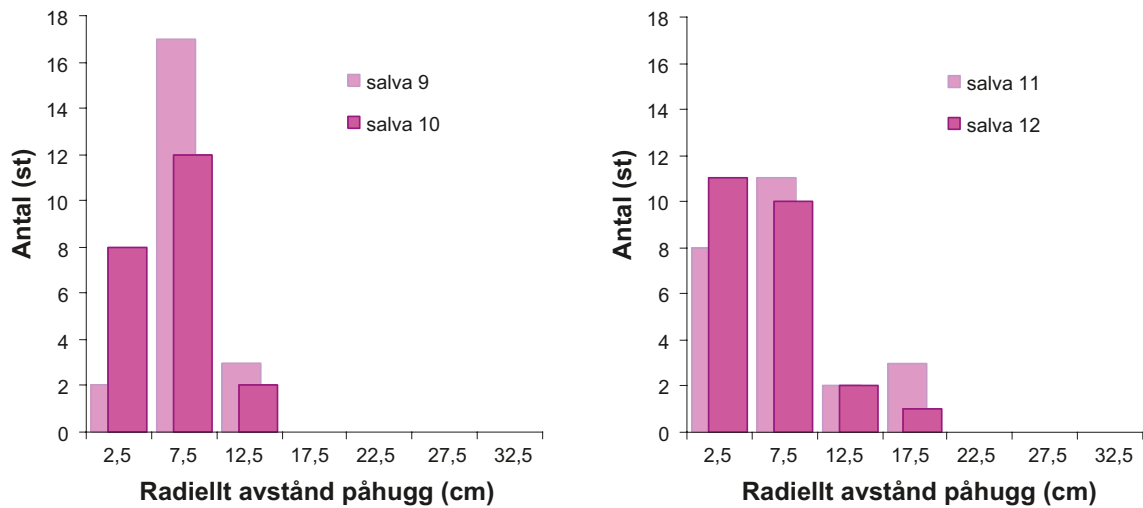
För Bergutttag 3 ligger 54,5 % av påhuggen inom ett radiellt avstånd av 10 cm. I Bergutttag 4 förbättrades detta värde till 85,8 %.

I tabell 10-20 redovisas medel- och typvärden för de verkliga påhuggspunkternas radiella avstånd från den teoretiska påhuggspunkten för Bergutttag 3 (salva 6–8) och Bergutttag 4 (salva 9–12). I tabellen finns även standardavvikelsen (σ) angiven.

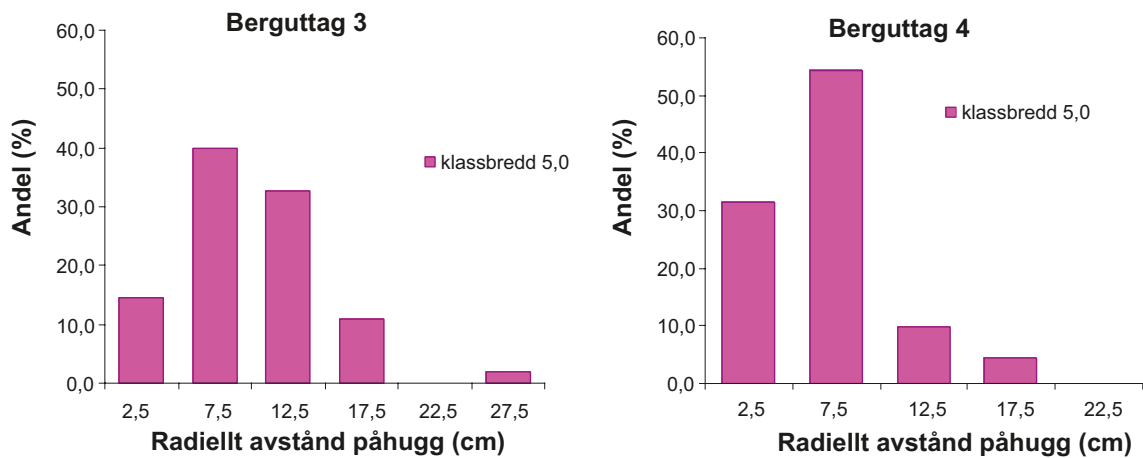
För påhuggen har även figurer som redovisar avvikelsernas avstånd och riktning relativt respektive teoretisk startpunkt tagit fram, se figur 10-16 och figur 10-17. Ett av kraven på konturborringen var att aldrig borra innanför konturen, vilket i figurerna innebär att borrhålen bör ligga mellan 180–0 grader för vänster vägg (vänster sida av figuren) respektive mellan 0–180 grader för höger vägg (höger sida av figuren).



Figur 10-13. Verkliga påhuggs radiella avstånd från teoretisk påhuggspunkt för salva 6 (till vänster) respektive salva 7 och 8 (till höger).



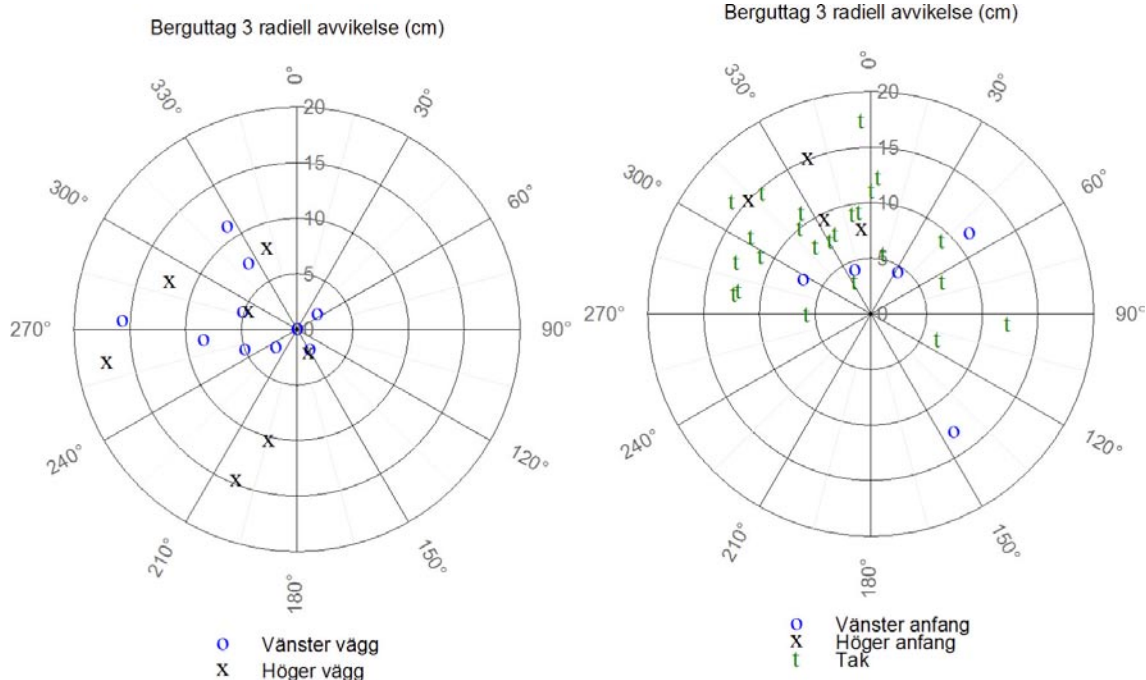
Figur 10-14. Verkliga påhuggs radiella avstånd från teoretisk påhuggspunkt för salva 9 och 10 (till vänster) samt 11 och 12 (till höger).



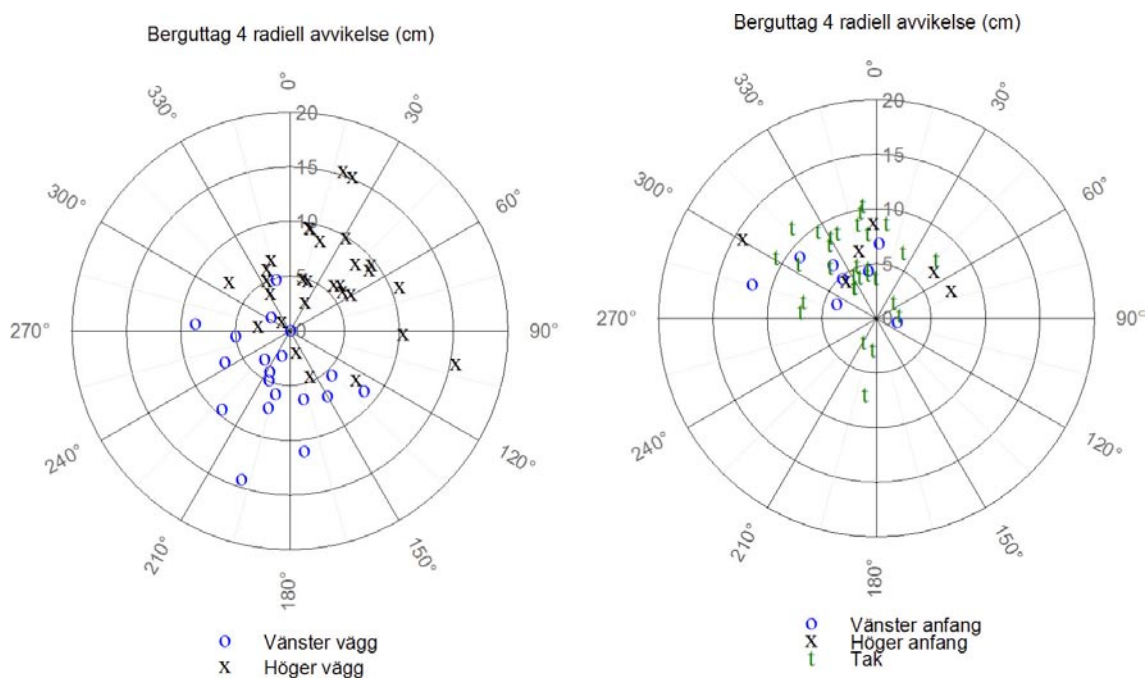
Figur 10-15. Sammanfattande histogram för påhuggens radiella avstånd från teoretisk påhuggspunkt för Berguttag 3 och 4.

Tabell 10-20. Medel- och typvärden för Berguttag 3 och 4.

Radiellt avstånd påhugg	Berguttag 3 (salva 6–8)	Berguttag 4 (salva 9–12)
Medelvärde (cm)	9,9	7,0
Typvärde (cm)	5–10	5–10
σ (cm)	4,8	3,4



Figur 10-16. Sammanställning av avvikelsernas avstånd och riktning i påhuggen i Bergguttag 3.

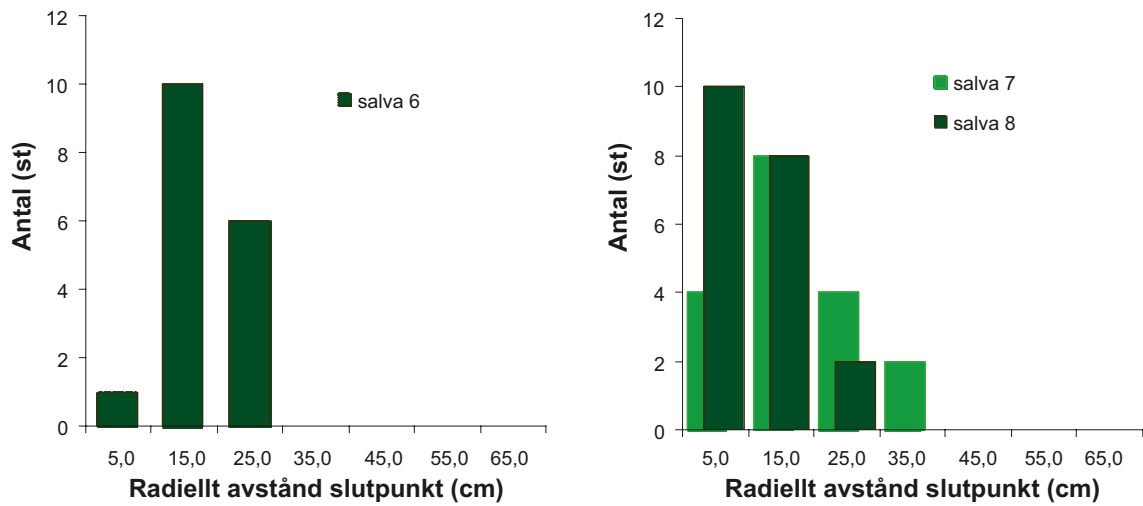


Figur 10-17. Sammanställning av avvikelsernas avstånd och riktning i påhuggen i Bergguttag 4.

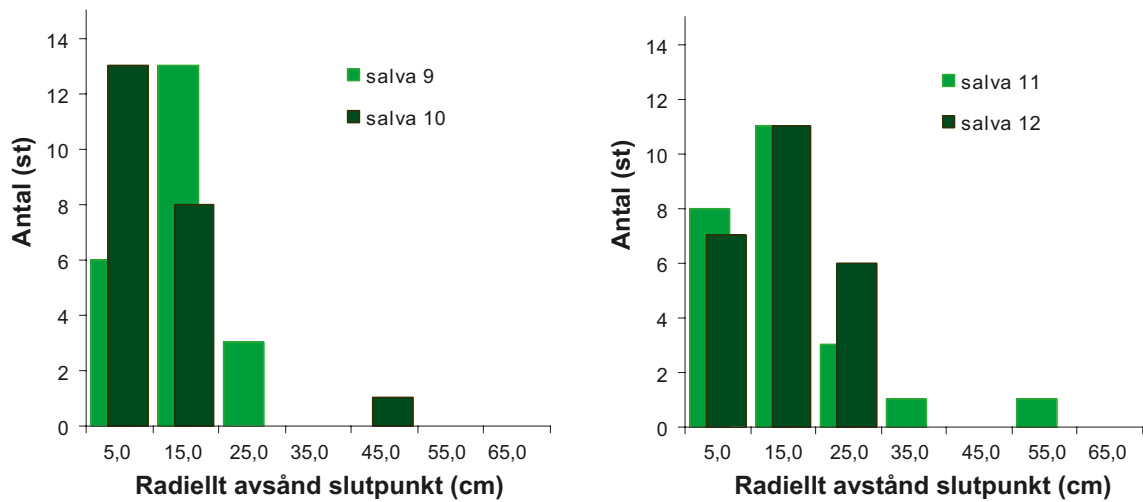
Slutpunkter

Nedan redovisas histogram över skillnaderna mellan verkliga och teoretiska borrhåls slutpunkter uttryckta som radiella avstånd för Bergguttag 3 och 4, se figur 10-18 och figur 10-19. För konturhålens slutpunkter har en större klassbredd valts än för påhuggen (10 cm) beroende på att avvikelserna i slutpunkterna är större än i påhuggen.

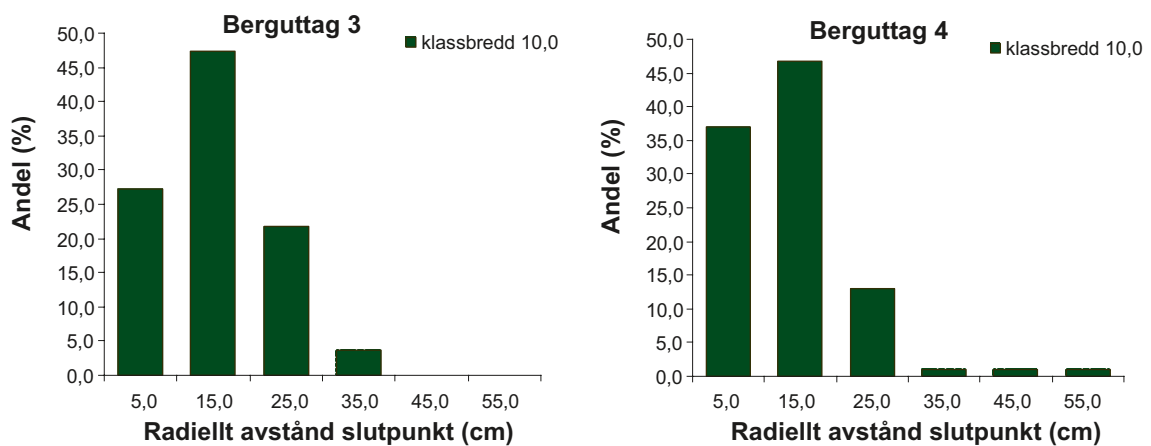
I figur 10-20 redovisas de båda bergguttagen 3 respektive 4 i två sammanfattande histogram med avseende på slutpunkternas radiella avstånd från teoretisk slutpunkt.



Figur 10-18. Verkliga slutpunkters radiella avstånd från teoretisk slutpunkt för salva 6 (till vänster) respektive 7 och 8 (till höger).



Figur 10-19. Verkliga slutpunkters radiella avstånd från teoretisk slutpunkt för salva 9 och 10 (till vänster) samt 11 och 12 (till höger).



Figur 10-20. Sammanfattande histogram för slutpunkternas radiella avstånd från teoretisk slutpunkt i Berguttag 3 och 4.

För Bergguttag 3 ligger 74,6 % av borrhörpiporna inom ett radiellt avstånd av 20 cm. I Bergguttag 4 förbättrades detta värde till 83,7 %.

I tabell 10-21 redovisas medel- och typvärden för de verkliga slutpunkternas radiella avstånd från den teoretiska slutpunkten för Bergguttag 3 (salva 6–8) och Bergguttag 4 (salva 9–12). I tabellen finns även standardavvikelsen (σ) angiven.

Påhugg och slutpunkter i sulhål

Filerna från skanningen har inte detekterat några borrhörpipor i sulan men i samband med kontrollen av salvboringen gjordes en inmätning med totalstation så sätt att borrhålens slutpunkter kunde extrapoleras. Dessa resultat redovisas figur 10-21 för påhuggen i de båda bergguttagen 3 och 4. Samma klassbredd som tidigare har använts, det vill säga 5 cm.

För Bergguttag 3 ligger 80,0 % av borrhörpiporna inom ett radiellt avstånd av 10 cm. I Bergguttag 4 förbättrades detta värde till 100 %.

I tabell 10-22 redovisas medel- och typvärden för de verkliga sulhålens radiella avstånd (påhugg) från teoretisk påhuggspunkt för Bergguttag 3 och Bergguttag 4. I tabellen finns även standardavvikelsen (σ) angiven.

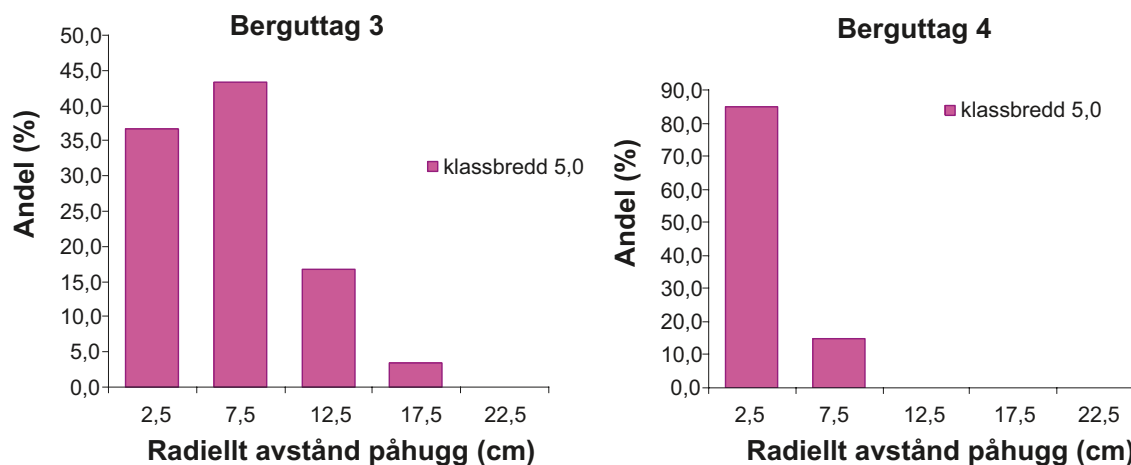
Motsvarande redovisning som ovan görs nedan med avseende på sulhålens slutpunkter i bergguttagen 3 och 4, se figur 10-22. Även här används klassbredden 10 cm.

För Bergguttag 3 ligger 93,3 % av borrhörpiporna inom ett radiellt avstånd av 20 cm. I Bergguttag 4 försämrades detta värde till 44,2 %.

I tabell 10-23 redovisas medel- och typvärden för de verkliga sulhålens radiella avstånd (slutpunkter) från teoretisk slutpunkt för Bergguttag 3 och Bergguttag 4. I tabellen finns även standardavvikelsen (σ) angiven.

Tabell 10-21. Medel- och typvärden för Bergguttag 3 och 4.

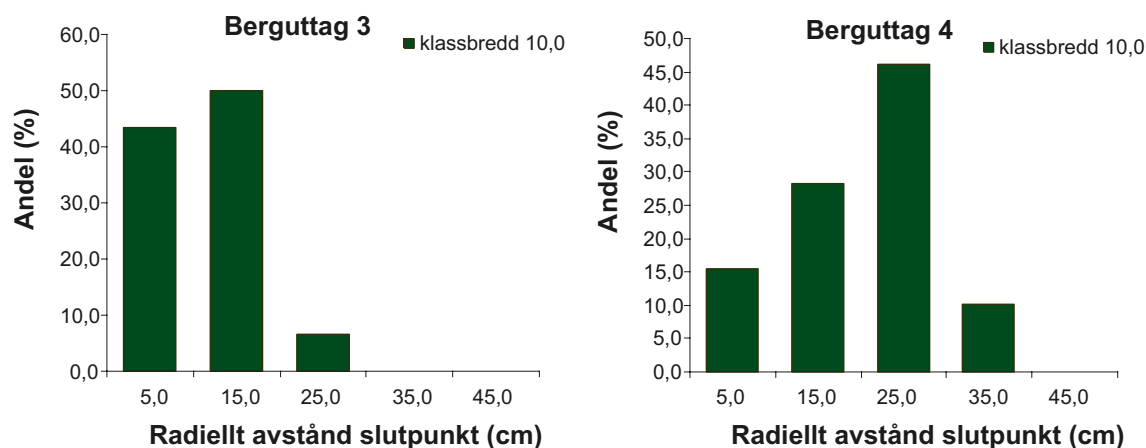
Radiellt avstånd slutpunkt	Bergguttag 3 (salva 6–8)	Bergguttag 4 (salva 9–12)
Medelvärde (cm)	15,1	13,7
Typvärde (cm)	10–20	10–20
σ (cm)	7,3	8,4



Figur 10-21. Sulhålens radiella avstånd (påhugg) från teoretisk påhuggspunkt.

Tabell 10-22. Medel- och typvärden i sula för Berguttag 3 och 4 (påhugg).

Radiellt avstånd påhugg	Berguttag 3 (salva 6–8)	Berguttag 4 (salva 9–12)
Medelvärde (cm)	6,7	3,0
Typvärde (cm)	5–10	0–5
σ (cm)	3,4	1,7



Figur 10-22. Sulhålens radiella avstånd (slutpunkter) från teoretisk slutpunkt.

Tabell 10-23. Medel- och typvärden i sula för Berguttag 3 och 4 (slutpunkter).

Radiellt avstånd slutpunkt	Berguttag 3 (salva 6–8)	Berguttag 4 (salva 9–12)
Medelvärde (cm)	11,6	20,7
Typvärde (cm)	10–20	20–30
σ (cm)	6,1	9,8

Konturborrhålens inbördes avstånd

Som ett komplement till statistiken över påhuggspunkternas och slutpunkternas verkliga läge i förhållande till de planerade har även statistik tagits fram för avstånd mellan närliggande borrhål i konturen. Syftet med detta är att få ett underlag för att bedöma avstånden mellan borrhålen och de tillhörande riskerna för att botten- och pippladdningar ska hamna för nära, alternativt för långt ifrån, varandra. Förstnämnda kan leda till oönskad påverkan på skadezonen (hög lokal laddningskoncentration) och sistnämnda till en ojämn kontur (låg lokal laddningskoncentration). Denna typ av statistik gör det även möjligt att jämföra borresultat med andra tunnlar där skanningsdata finns, men där de teoretiska koordinater för påhugg och slutpunkter saknas.

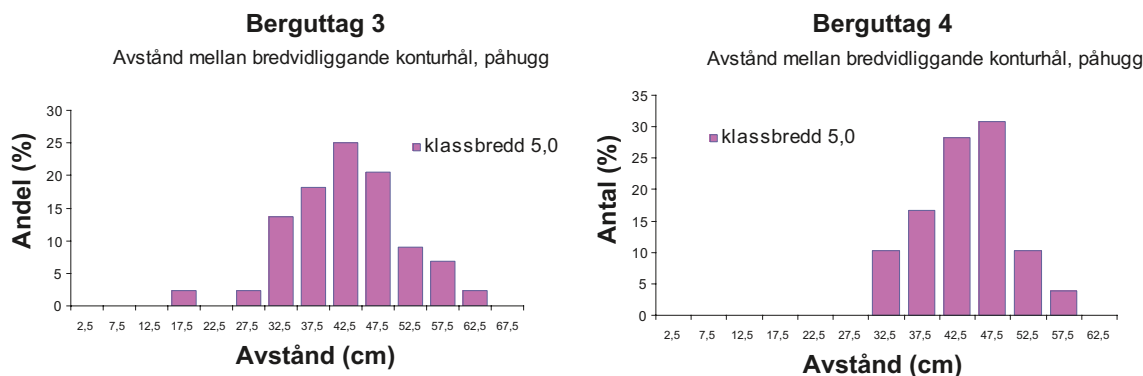
Påhuggen redovisas i figur 10-23 respektive tabell 10-24 med klassbredden 5 cm och slutpunkterna redovisas i figur 10-24 respektive tabell 10-25 med klassbredden 10 cm. Borripior som inte varit synliga i tunnelkonturen har inte tagits med varför minst två mätvärden fallit bort för varje borripipa som inte syns.

Det teoretiska medelavståndet mellan konturborrhålen i figur 10-23, mätt i borrarplanen, är 43 cm.

Enligt tabell 10-24 är det teoretiska medelavståndet mellan närliggande borrhåls påhugg i konturen 43 cm.

Det teoretiska medelavståndet mellan konturborrhålen i figur 10-24 är, mätt i borrarplanen, är 46 cm.

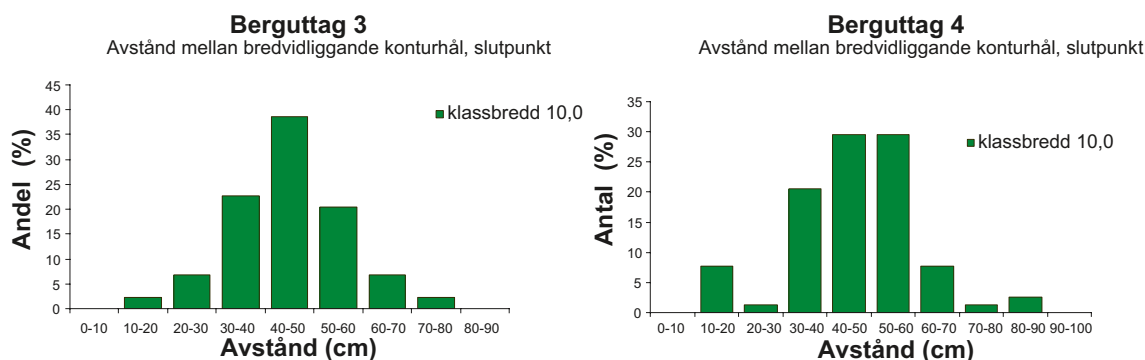
Enligt tabell 10-25 är det teoretiska medelavståndet mellan närliggande borrhåls slutpunkter i konturen 46 cm.



Figur 10-23. Påhuggsavstånden mellan konturborrhålen för Bergtagg 3 och 4.

Tabell 10-24. Medel- och typvärden för påhuggsavstånden mellan konturborrhålen.

Avstånd konturborrhål påhugg	Bergtagg 3 (salva 6–8)	Bergtagg 4 (salva 9–12)
Medelvärde (cm)	42,5	43,3
Typvärde (cm)	40–45	45–50
σ (cm)	9,2	6,0



Figur 10-24. Slutpunktsavstånden mellan konturborrhålen.

Tabell 10-25. Medel- och typvärden för slutpunktsavstånden mellan konturborrhålen.

Avstånd konturborrhål slutpunkt	Bergtagg 3 (salva 6–8)	Bergtagg 4 (salva 9–12)
Medelvärde (cm)	44,1	46,2
Typvärde (cm)	40–50	40–60
σ (cm)	11,2	12,2

10.6 Laddning – erfarenheter och resultat

10.6.1 Sammanställning

I tabell 10-26 redovisas en sammanställning av variationerna i laddningsutförandet under de hittillsvarande bergtaggen.

Tabell 10-26. Sammanfattning av variationer i laddningsutförandet.

Avseende	Berguttag 1	Berguttag 2	Berguttag 3	Berguttag 4
Uttagsförfarande	Delad	Delad	Normal tunnelsalva	Normal tunnelsalva
Huvudsaklig typ av sprängmedel	Patronerat	Patronerat	Patronerat	Patronerat (plan att prova SSE fullföljdes ej p.g.a. lågt nyttovärde)
Bottenladdning	Bottenladdning Nobel Prime i kontur	Prov med bottenladdning Dynamit i kontur	Beslutat med bottenladdning Dynamit i kontur	Bottenladdning Dynamit i kontur
Pluggning	Pluggning med frigolit och grus	Fortsatta försök med frigolit och grus	Prov med enbart laddlös Beslut om både frigolit och grus	Frigolit och grus > 0,5 m för önskad effekt
Stross			Fem hål borttagna p.g.a. hjälparflytt	Fem hål borttagna p.g.a. hjälparflytt
Kil	Förslag flytt av kil	Kil i den nya positionen	Kil i den nya positionen	Kilen robust och tolerant för fel
Initiering	Nonel LP	Nonel LP	Förstudie om elektronisk upptändning	Elektroniksprängkapslar i kontur och hjälpare
Ledhål		Prov med ledhål på vänster sida	Avvaktar fortsatta försök	Avvaktar fortsatta försök
Kontur	I medeltal ca 52 % synliga borrhypor	I medeltal ca 58 % synliga borrhypor	I medeltal ca 68 % synliga borrhypor	I medeltal ca 86 % synliga borrhypor Bra visuellt intryck

10.6.2 Allmänna drifterfarenheter

Även om slutresultatet av de inledande berguttagen i slutänden blivit förhållandevis bra, kännetecknas arbetet av en hel del merarbete på grund av kvarstående hålbottnar, glasögon och efterföljande behov av omskjutningar. Dessa sammanfattas nedan:

- Berguttag 1: I salvdal 1 och 2 fick fyra konturhål som inte orkade ut i spets skjutas om.
- Berguttag 2: I salva 3 stod 28 stycken och i salva 4 tio konturhålsbottnar kvar och fick skjutas om, i salva 5 fick tio stycken glasögon skjutas om.
- Berguttag 3: I salva 6 fick fem stycken glasögon skjutas om, i salva 7 tre glasögon och sju kvarstående hålbottnar, i salva 8 stod en meter av samtliga bottnar kvar utom öppningen och fick skjutas om.

Problemen med omskjutningar på grund av kvarstående hålbottnar och glasögon försvann under Berguttag 4 och sattes i samband med introduktionen av elektronisk upptändning. Det var endast i salva 9 i Berguttag 4 som några hålbottnar stod kvar och behövde skjutas om. De fåtaliga kvarstående bottarna i salva 10 bedömdes inte behöva detta. På grund av mängden kvarstående hålbottnar beslutades redan inför Berguttag 3 att byta ut bottenladdningen i konturen från Nobel Prime 15×150 till Dynamit 30 mm (190 gram).

En del av problemen med omskjutningar bedömdes härröra från användandet av Nonel LP och de spridningar i initieringstider de hade, särskilt vid de högre numren som används i konturen. Frånsett att detta bedömdes öka risken för ryckare och andra typer av tändavbrott bedömdes det också bidra till de sprängmedelsrester som påträffades i de lossprängda massorna. Detta blev särskilt tydligt i samband med att hela tunnelsektioner började tas ut i Berguttag 3, vilket framgår nedan.

- Salva 6: Mycket odetonerat kontursprängämne i berghögen (Detonex 17)
- Salva 7: Mycket odetonerat kontursprängämne i bergmassorna
- Salva 8: Mycket odetonerade sprängämnena i bergmassorna efter skjutningen av salva 8, men även både Dynotex 17 och 22 samt Dynorex 25.

I samband med att elektroniska sprängkapslar började användas i Berguttag 4, det vill säga något tidigare än det som ursprungligen planerades, konstaterades successivt mindre sprängämne än tidigare i de lossprängda massorna, alternativt inget alls. I salva 9 påträffades endast 1 rör Dynotex 17 och 2 mindre rester av Dynotex 22. I salva 10 påträffades endast fyra småbitar Dynotex 17 och i salva 11 respektive 12 inget alls.

De problem med glasögon, kvarstående hålbottnar och sprängmedelsrester på berghögen som beskrivs i avsnittet om drifterfarenheter ovan sattes också i samband med proppning av borrhålen och dess mera precisa utförande.

Stuffpersonalen fick själva vara med då elektronisprängkapslarna användes för första gången, tillsammans med Oricas personal, och även pröva att utföra enstaka moment av koppling och programmering för att få egna erfarenheter. Deras bedömning var att I-kon-tändarna inte var särskilt svåra att använda och de trodde att de skulle kunna svara för en större del av arbetet, om än med stöd på plats från Orica. Personalens uppfattning var även att systemet skulle vara möjligt att använda vid vanlig ortdrivning då tändplanen är mera lika mellan salvorna än i TASS-tunneln och dessutom ligger inprogrammerad i loggern. De förbättringar som diskuterades avsåg robustare kopplingar och tråd som var mer anpassad för underjordsmiljön i exempelvis gruvor.

Tiden för uppkoppling och programmering av I-kon tändare ökade med ca 20 min, jämfört med motsvarande tid med Nonel, för de två man som normalt utför arbetet. Även om den totala mantiden därmed ökade med ca 40 minuter, förutom tidsförskjutningen, bedömdes skillnaden kunna reduceras med träning och ökad färdighet.

Utfallet av Berguttag 4 innebar att man upplevde att man var en bra bit på väg mot den slätare kontur och de minskade sprängskador man ville uppnå. De tidigare problemen med Nonelkapslarna som glasögon, ryckare, sprängmedel i salvhögen och återkommande omskjutningar uppgavs ha minskat betydligt, problem som till stor del ansågs bero på de långa tiderna mellan kontur och hjälpare.

I ett fall konstaterades att en av I-kon-tändarna inte detonerat (salva 9). Orica undersökte detta men kunde inte komma fram till annat än att den var feltillverkad.

I samband med Berguttag 4, salva 10, gled upprymningskronan in i ett spränghål varvid fel borrhål kom att rymmas. Även ytterligare ett felaktigt hål började rymmas innan misstaget upptäcktes. Trots det felaktiga utförandet togs beslut om att fullfölja salvan i befintligt utförande och fullfölja laddningen. Den aktuella salvan gick bra, något som tolkades som att den använda kilen var robust och hade god tolerans för fel. Det ansågs därför att det var den som skulle användas även fortsättningsvis.

Enligt den ursprungliga planen skulle laddning med SSE provas. Efter påbörjad planering av detta, och undersökning av olika alternativa utföranden, avskrevs dock detta med motivet att kostnaderna inte bedömdes stå i proportion till det man skulle kunna lära. Detta beslut innebar att återstoden av drivningsarbetena kommer att utföras med patronerade sprängmedel, det vill säga under Berguttag 5–7.

De ursprungliga laddplanerna föreskrev laddningslängder som förutsatte att de använda laddningarna skulle delas. Då dessa innehåller pulver, utom Dynamit 30 som är fast, utfördes detta inte i praktiken utan all laddning utfördes med hela rör och med de fastställda oladdade längderna som styrande mått. Vad denna skillnad medförde för laddningsmängderna i Berguttag 3 respektive 4 redovisas i tabell 10-27 respektive tabell 10-28, redovisat för ett salvdjup motsvarande 4,60 m för jämförelse.

Tabell 10-27. Jämförelse mellan teoretiska och praktiska laddningsmängder (4,60 m).

Håltyp	Berguttag 3 – teoretiskt			Berguttag 3 – praktiskt		
	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)
Öppning	9	25,2		9	22,0	
Stross	32	89,6		32	78,1	
Liggare	10	29,0	–	10	24,4	–
Hjälpare	18	32,4		18	27,2	
Kontur	28	30,8		28	26,9	
Totalt	97	207,0	2,38	97	178,6	2,05

Tabell 10-28. Jämförelse mellan teoretiska och praktiska laddningsmängder (4,60 m).

Håltyp	Berguttag 4 – teoretiskt			Berguttag 4 – praktiskt		
	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)	Hål (st.)	Total laddn. (kg)	Spec. laddn. (kg/m ³)
Öppning	9	25,2		9	22,0	
Stross	27	75,6		27	65,9	
Liggare	10	29,0	–	10	24,4	–
Hjälpare	18	32,4		18	27,2	
Kontur	28	30,8		28	26,9	
Totalt	92	193,0	2,22	92	166,4	1,91

Utöver den variation som följer av att hela rör används har även de verkligt borrade salvornas längd varierat. Denna variation ligger mellan ca 3 och 4,5 m enligt tabell 10-14. En tredje typ av variation avser att bottenladdningarna i Berguttag 3 och 4, Dynomit 30, kan bedömas ha tryckts ihop till ungefär hälften i samband med packning mot hålbotten med laddkäpp. De resulterande längderna på bottenladdningarna kan uppskattas till ca 10 cm (från 190 mm) i konturen och ca 20 cm (från 380 mm) för salvan i övrigt. En fjärde typ av variation avser att salvornas areor varierar i längdled på grund av stickningen. Denna variation kan uppskattas ligga mellan ca 20,5 och 24 m² med ledning av tabell 10-12 beroende på om det är början eller slutet på salvan som avses. Utöver dessa variationer har tidigare beskrivits att även antalet hål ändrats, från 97 stycken i Berguttag 3 till 92 stycken i Berguttag 4.

Med utgångspunkt från samtliga variationer som redovisas ovan kan variationerna i de praktiskt erhållna laddningsmängderna beräknas i form av specifik laddning. Detta redovisas i tabell 10-29.

En jämförelse mellan ovanstående praktiska ladddata med de tidigare redovisade teoretiska ger en uppfattning om med vilken noggrannhet prognoser av förbrukningen av sprängmedel kan göras. Det ger även en uppfattning om möjligheterna att dra slutsatser utifrån den specifika laddningen, exempelvis med avseende på erhållen skadezon.

Den sammantagna erfarenheten är att det är viktigt att tänkbara variationer beaktas redan vid framtagningen av laddplanerna för att det ska vara möjligt att reducera variationerna i det verkliga utfallet. Detta innefattar även att planerna bör omfatta hur olika variationer ska hanteras som en del av det normala planeringsarbetet.

Tabell 10-29. Variationerna i den specifika laddningen som följd av variationer i utförandet. De specifika laddningarna har beräknats mot max- och minimiareorna, 24 respektive 20,5 m².

Salva (nr)	Antal hål (st.)	Borrdjup, medel för kontur (m)	Sprängmedelsmängd (kg)	Oladdade hållängder i kontur (m)	Specifik laddning, medel hela salvan	
					Min (kg/m ³)	Max (kg/m ³)
6	97	4,26	178,5	0,48	1,8	2,1
7	97	4,24	178,5	0,46	1,8	2,1
8	97	4,17	185,0	0,39	1,9	2,2
9	92	4,56	175,6	0,32	1,6	1,9
10	92	4,60	175,6	0,36	1,6	1,9
11	92	3,98	166,3	0,20	1,8	2,1
12	92	3,27	123,0	0,41	1,7	2,0

10.6.3 Frikoppling, vatten och proppning

Frikoppling

I ursprungsplanerna för laddningsutförandet föreskrevs att samtliga kontur- och liggarhål skulle ha centreringsshylsor för att säkerställa frikoppling i borrhålen längs tunnelns hela omkrets.

De konturladdningar som hittills använts under Berguttag 1–4, Dynotex 17, är fabriksförsedda med centreringsanordning. Några problem att uppfylla kravet har därför inte funnit i väggar och tak. För sulhålens Dynorex 25 har särskilda centreringsringar påförts i samband med laddning. Inga avvikelser har rapporterats under de utförda berguttagen.

Vatten i nedåtriktade konturhål

För utförandet av laddningsarbetena föreskrevs att i de fall vatten påträffades i nedåtriktade konturborrhål skulle dessa förseglas genom att infordra dem med plaströr, med en diameter nära borrhålets, och försedd med slutet ände. Inga vattenförande konturborrhål har påträffats under de hittillsvarande salvorna.

Proppning

I de ursprungliga planerna föreskrevs att pluggning eller proppning skulle provas, dels för att försöka reducera luftstötvägen och dels för att styra mer sprängenergi in i berget. Proppningens betydelse för luftstötvägen redovisas på annan plats.

De prov som avsåg att styra mer sprängenergi in i berget inleddes redan i samband med Berguttag 1 och fortsatte sedan i Berguttag 2. Utförandet bestod i att ”försegla” de laddade borrhålen med både en frigolitpropp och grus. Under Berguttag 3 utfördes två varianter av utförandet, dels det föreskrivna, ”dubbla”, i salva 6 och 7 och dels ett enklare utförande med bara frigolitpropp i salva 8.

Resultatet blev att den enklare proppningen reducerade laddtiden med 45 minuter, men då salva 8 endast gick ut till ca 75 % var denna effektivisering av tveksamt värde. Om även tidsåtgången för den omskjutning som fick göras inkluderades i kalkylen resulterade det i en tidsförlust av ca 4 timmar, plus kostnader för 4 stycken personal och tillhörande, maskiner och material för omladdning. På grundval av detta beslutades att göra proppning med grus och frigolit till standard för att säkerställa salvornas funktion och hålla en hög indrift vid användning av klena laddningsdiametrar. Det bedömdes att 0,5 m eller mer var ett minimum för att önskad effekt skulle kunna uppnås.

10.6.4 Sprängningsresultat

I tabell 10-30 redovisas en sammanställning av resultaten från sprängningarna av de olika salvorna i de hittillsvarande berguttagen.

Tabell 10-30. Sammanfattning av resultat från sprängningen.

Avseende	Berguttag 1	Berguttag 2	Berguttag 3	Berguttag 4
Ryckare		Ryckare i en av salvorna	Misstänkta ryckare i en av salvorna	Inga
Kvarstående hålbottnar		Kvarstående hålbottnar i konturen i samtliga salvor	Kvarstående hålbottnar i konturen samt nästan alla hål i ett fall	Vissa kvarstående bottnar i kontur (dock otydligt vad som skulle räknas som "Normalt" och "Kvarstående")
Glasögon		Glasögon i en av salvorna	Glasögon i två av salvorna	Inga
Odetonerat sprängämne i salvhögen			Mycket odetonerat sprängämne i samtliga salvor	Nästan inget odetonerat sprängämne i salvhögen
Omskjutningar	En omskjutning	Omskjutning i konturen i samtliga salvor	Omskjutning i konturen i två av salvorna, del av salva i ett fall	En omskjutning kunde dock ha skrotats ned om mekanisk skrotningsutrustning använts

10.7 Sammanfattande diskussion

Nedan redovisas en sammanfattande diskussion av de viktigaste lärdomarna som gjorts under Berguttag 1 till och med 4. Diskussionen förs med utgångspunkt från de sammanställningar av variationer i förutsättningarna, borrnings- och laddningsutförande respektive sprängningsresultat som redovisas i tabell 10-1, tabell 10-19, tabell 10-26 och tabell 10-30 och hur de är kopplade till varandra.

Resursstyrning med återkoppling

För att kunna förverkliga beslutade planer är det nödvändigt att styra resurserna på ett effektivt och målinriktat sätt. En viktig del av detta utgörs av att hålla medarbetarnas motivation uppe, bland annat genom en fortlöpande, korrekt och snabb återkoppling avseende utfört arbete. Vad detta avser, återspeglas av rubrikerna i detta avsnitt.

Under det hittillsvarande arbetet har den praktiska återkopplingen varit en viktig komponent för att hålla motivationen uppe, och detta bedöms ha varit en bidragande orsak till att de ursprungliga planerna avseende ständig förbättring kunnat uppnås.

Konturen

Det eftersträvades att konturens form skulle vara jämn genom god borrhålsprecision. Vidare skulle resultatet vara repeterbart för att kunna tjäna som demonstration på att den kan upprepas kontinuerligt och att den inte beror på slumpmässiga utfall.

Under arbetet har avvikelser observerats och deras orsaker följts upp. Det konstaterades därvid att det var två huvudsakliga typer av avvikelser i utförandet som kunde ge en direkt påverkan på konturutseendet, kvarstående hålbottnar i konturen och glasögon. Dessa behandlas nedan.

Kvarstående hålbottnar i konturen

Kvarstående hålbottnar i konturen gör det svårt att få påhuggen utförda i de planerade lägena och leder till en släpande/välvd kontur som gör att de verkliga påhuggspunkterna får en större spridning än när konturen är plan. Detta leder till att borrhålsavstånd och pippladdningar sprids ojämnt vilket påverkar både konturutseende och EDZ.

Glasögon

Det intrång i tunnelsektionen som glasögon medför bidrar till svårigheterna med att få borrhålsbotten i position och kunna utföra påhuggen för konturborrhålen i planerade lägen. Detta försämrar borrhålsbotten och ger liknande effekter som kvarstående hålbottnar med avseende på konturen.

Korrigerande åtgärder

För att komma tillrätta med avvikelserna rörande kvarstående hålbottnar och glasögon i konturen har nedanstående åtgärder vidtagits med utgångspunkt från vad som ursprungligen planerades. Åtgärderna har implementerats stegvis under de olika berguttagen.

1. En något kraftigare bottenladdning i konturborrhålen infördes, 19 cm Dynamit 30 istället för 15 cm Nobel Prime 15. Detta innebar att sprängämnet bättre skulle kunna bryta loss berget mot borrhålsbotten.
2. Hjälparna borrades parallellt med konturen. Detta underlättade bottenladdningarnas lossbrytning av berget genom att försättningen mellan hjälparna och konturborrhålen blev konstant längs hela konturen.
3. Försättningen mellan hjälparna och konturen ökades från 0,45 m till 0,60 m. Det ökade avståndet leder till att hjälparna får svårare bryta berg hela vägen till konturborrhålen och hindra initieringen av laddningen där (ryckare).
4. Elektronisk sprängkapslar introducerades i hjälpare och kontur för att få en hög noggrannhet på upptändningen. Detta reducerade ytterligare problemet med ryckare. Den höga noggrannheten i upptändningen är inte möjligt att åstadkomma med de pyrotekniska tändarna, då deras spridning i upptändningstid per intervall är relativt stor.

Ett tydligt tecken på att ovanstående har fungerat bra, förutom kvaliteten på den synliga konturen, är att förekomsten av odetonerat sprängämne i salvhögen har reducerats när försättningen ökats och elektronisk sprängkapslar introducerats. Detsamma gäller för förekomsten av ryckare. I avsnittet om överberg och underberg nedan diskuteras behovet av en rutin för snabbare uppföljning av och åtgärder mot underberg.

Borning

Som nämnts ovan är det viktigt att konturborrhålens startpunkter överensstämmer med de planerade för att en jämn kontur med en optimal fördelning av sprängämne ska kunna åstadkommas. Av denna anledning skulle en utveckling av borrhigen behöva göras där fokus läggs på ökad noggrannhet i påhuggen. Mot bakgrund av erfarenheten att borrhkronan tenderar att glida vid påhuggen, bedöms en ökad flexibilitet i styrsystemet i samband med påhugg som en lämplig utvecklingsväg.

Den borrhutrustning som använts har i övrigt fungerat bra med avseende på borrhålens rakhet, erhållen borrhjunkning och navigering av borrhkronan. De borrhkronor och borrhstål som använts för bergguttagen bedöms också vara tillräckligt bra och ingen utveckling anses nödvändig i dessa avseenden.

Inmätning

Borrhkronan kan navigeras med en noggrannhet av cirka + 2 cm vilket bedöms vara tillräckligt i detta projekt. En förutsättning för att denna navigering ska fungera på avsett sätt är dock att borrhigen är korrekt inmätt innan borringen påbörjas då ett fel i utsättningen överförs till hela salvan. Ett sådant fel kan leda till att en hel salva kan komma att bli felborrad och exempelvis ge upphov till underberg.

Det har förekommit problem med inmätningen vid några tillfällen, varför åtgärder för att minska denna risk bör övervägas. Exempelvis skulle en kombination av ett inmätningssystem i riggen mot fasta referenspunkter i tunneln, tillsammans med separat inriktning av en geodetiker, kunna öka säkerheten.

Noggrannhet vid navigering av borrhkronan

För att snabbt få en indikation på om borrhigen är korrekt uppställd började man under projektet att måla tunnelkonturen direkt på stoffen för att visuellt kunna observera avvikelser i konturborrhålen. Uppmålningen har dessutom inneburit att det syns tydligare om och när en borrhkrona glidit vid påhuggen och var det verkliga läget hamnat i förhållande till det teoretiska. Detta har gjort det möjligt för operatören att göra en bedömning av om ett nytt påhugg behöver utföras eller inte.

Befintlig navigeringsutrustning i borrhigen indikerar inte om eller hur mycket borrhkronan glider i samband med påhugg. Det skulle därför behöva utvecklas en teknik som möjliggör högre noggrannhet och som visar verkligt påhugg i förhållande till teoretiskt. Ett sådant system, kombinerat med säkrare inmätning av riggen enligt avsnittet om inmätning ovan, innebär att uppmålningen av konturen skulle kunna bli överflödigt. Valet av teknik bör beakta det psykologiska värdet av den uppmålade konturen då detta bidrar till ge utförandet ett mer konkret innehåll.

Kontroller i samband med salva

Efter borring av salvorna i bergguttagen har ett antal borrhål i kontur och hjälpare kontrollinmätts. Syftet med detta har varit att minska risken för att borrhål med en avvikande riktning skulle laddas och skjutas då detta skulle kunna ge upphov till lokala ojämnheter i konturen. Dessutom har mätresultaten utgjort en viktig del i återkopplingen gentemot entreprenören.

Beskrivna inmätningar och kontroller bidrar till tunnelns slutliga kvalitet. Samtidigt minskar de också den tillgängliga produktionstiden genom att de tar tid från salvcykeln. Erhållen nytta med mätningarna bör därför värderas mot den skada enstaka felborrade hål kan ställa till med. Inför framtida bergarbeten bör därför en optimering av detta göras.

De verkligt utförda oladdade längderna i borrhålen i de olika salvorna i berguttagen har inte mätts under de hittillsvarande berguttagen. Detta har dock identifierats i en annan studie som en viktig parameter för att kunna följa upp och göra bedömningar över skadezonen i salvövergångar. Rutiner för att kontinuerligt mäta in den oladdade delen av sprängborrhål bör därför övervägas. Ett sätt att göra detta, när patronerade sprängämnen används, kan vara att bestämma borrhållängden för varje salva så att avladdningen och antalet stavar sprängämne harmonierar och automatiskt ger rätt avladdningslängd. Endast enstaka kontrollinmätningar av borrhåll skulle då behövas.

Någon rutin för att kontrollera eventuella förekomster av underberg efter varje salva bör övervägas. I förekommande fall bör förekomster tas bort omedelbart för att inte störa borrningen av nästa salva. Hittills har konturen mätts in med laserskanning vid ett fåtal tillfällen och det har tagit för lång tid att få fram resultatet för att återkopplingen ska bli meningsfull.

De vibrationsmätningar som utförts i samband med sprängning har i huvudsak använts för att kontrollera att inte gällande gränsvärden för olika delar av anläggningen överskridits. I framtida tunneldrivningar bör man använda vibrationsmätningarna mer aktivt och styra borr-, ladd- och tändplaner med målet att i varje salva uppnå cirka 80 % av gränsvärdet. Optimeringar kan då göras genom att exempelvis minska antalet hål i strossen, men med ökad laddning. Färre hål innebär en mindre arbetsinsats, varvid man tillvaratar den vunna tiden till kompletterande kontroller.

Bestämningen av det verkliga läget av kvarstående halvpipor efter skjutning har varit en relativt tidsödande process med många steg och någon snabb återkoppling till utförandet har inte kunnat göras. Hela proceduren inklusive teknikval bör ses över för att få tolkning och återkoppling att fungera effektivare så att förbättringar kan göras redan till salvan efter.

Noggrannheten i borrhålens startpunkter har fastställts dels via mätning med totalstation och dels via data från utförd skanning. En jämförelse mellan de båda tillvägagångssätten påvisar en skillnad som varierar mellan ett par mm till cirka 150 mm, men huvuddelen av punkterna ligger inom 70 mm i alla riktningar. De största skillnaderna beror på att de borrhåll som endast framträder delvis i skanningen extrapolerats till sin fulla längd. Detta har medfört att de små felen i extrapoleringen förstörats. En tidig kontroll noggrannheten i metodiken, tillsammans med förfinad metodik för hantering av korta synliga borrhåll, bör utarbetas för att minska skillnaderna.

Överberg och underberg

Den erhållna volymen överberg uppgår till cirka hälften av det maxkrav som återfyllnadslinjen ställde. Om man endast ser till kravet på att överberget ska vara < 30 % behöver därför inte någon utveckling av borrhåll prioriteras. De resultat som har presterats har åstadkommit utan att ligga på marginalen av vad den använda utrustningen klarar. En reduktion av stickningen från 25 cm till 20 cm innebär dock att utrustningen kommer att utnyttjas extremt och att marginalerna för små fel i utförandet, med bibehållna resultat, försvinner.

Underberg, det vill säga intrång innanför den teoretiska konturen, har förekommit vid varje salva. De intrång som förekommit är små men innebär ändå att kravet på nolltolerans inte har uppfyllts. Genom att allt skrotningarbete utförts manuellt, det vill säga med skrotningsspett och för hand, bedöms det dock som att förekommande underberg skulle ha kunnat reduceras relativt enkelt genom användandet av mekaniserad skrotning, eventuellt i kombination med spräckutrustning. Som tidigare nämnts föreslås detta bli föremål för optimering och knyts till konturens noggrannhetskrav. I ett sådant optimeringsarbete bör det även påverkan på behovet av återfyllningsmassor beaktas.

Resultatet av Berguttag 4 är statistiskt begränsat men upplevelsen är att man kommit en bra bit på väg mot den slätare kontur och de minskade sprängskador man ville uppnå. De tidigare problemen med de pyrotekniska Nonelkapslarna som glasögon, ryckare, sprängmedel i salvhögen och återkommande omskjutningar har minskat betydligt, problem som till stor del ansågs bero på för liten försättning och de långa tiderna mellan kontur och hjälpare. Förbättrad borrhållstatistik och fler synliga borrhåll kan också observeras som förbättringar i Berguttag 4.

Kvalitetsarbete för ständiga förbättringar

För att i framtiden kunna producera tunnlar med minst de kvalitetsmål som presenteras i denna redovisning av bergguttagen i TASS har några nyckelparametrar i kvalitetsarbetet identifierats. De är viktiga att uppfylla för att kunna prestera ständiga förbättringar i utförande och dokumentation och sammanfattas nedan.

- Löpande kvalitetsuppföljning med avseende på borrhåll, indrift och vibrationsmätningar. Uppföljningen görs direkt efter varje salva så att återkoppling och korrigeringar kan göras innan arbetet med nästa salva startar. Detta ställer höga krav på rationella metoder för kvalitetsuppföljningen i alla steg från insamlandet under jord till leverans av kvalitetssäkrade data från databasen som sedan analyseras och återkopplas.
- Återkopplingen till bergarbetena blir systematisk i och med att uppföljningarna görs efter varje salva och redovisas innan nästa. Det är viktigt att återkopplingen sker i en öppen atmosfär så att de viktiga erfarenheterna från bergarbetarna kommer fram och blir en del av återkopplingsprocessen. Motivationen i hela gruppen av personer som är inblandade i arbetena kan då hållas hög vilket är den viktigaste faktorn i arbetet med ständiga förbättringar.
- Det är viktigt att det finns en tydlig målbild som kvalitetsuppföljningen och återkopplingen kan fokusera och konkretisera mot. Att skapa motivation och vilja att arbeta mot målbilden är beställarens viktigaste uppgift. Beroende på situationen kan olika typer av positiva incitament användas för uppnådda delmål. Incitamenten måste vara förståeliga, mätbara och möjliga att uppnå för att ge en bra effekt, exempelvis att ett visst antal borrhål hålls inom specificerade toleranser och att dokumentation fylls i på rätt sätt vid rätt tidpunkt.

Arbetet bör planeras och följas upp med processmodellen i kapitel 3 i åtanke. Målsättningen är att det verkliga utfallet ska ligga så nära det förväntade utfallet som möjligt. Eftersom både förutsättningarna, bergets egenskaper, och resurserna förändras kontinuerligt måste processen, utförandet, justeras så att resultatet hamnar nära det förväntade. Nyckelparametrarna i processen är som ovan beskrivet en tydlig målbild, löpande kvalitetsuppföljning kombinerat systematisk återkoppling.

En snabb och systematisk återkoppling bedöms vara det effektivaste sättet att styra arbetena mot ständig kvalitetsförbättring i en ständigt föränderlig omgivning.

11 Rekommendationer

Nedan lämnas rekommendationer med stöd av erfarenheterna från hittills utförda berguttag, nr 1–4. Detta innebär att det statistiska stödet är begränsat och att de kvantitativa rekommendationerna kan behöva stärkas då det finns mer indata från de planerade berguttagen 5–7. Merparten av de rekommendationer som lämnas bedöms i nuläget vara tillräckligt underbyggda. Det fortlöpande förbättringsarbetet i projektet kan förväntas resultera i att de slutliga rekommendationerna efter det sista berguttaget kan göras med stöd av större kunskaper än de som redovisas här. Redovisningen utgår från den teoretiska modellen i avsnitt 3.1.

Det redovisade arbetet har åstadkommit vid de tekniska personella resurser samt geologiska, strukturella och hydrogeologiska förhållandena som varit aktuella på den plats där TASS-tunneln förlagts. Del- och slutresultat samt de rekommendationer som lämnas här har därför sin största tillämplighet där förhållandena är snarlika. Berguttagen har även skett i samma tunnel som huvudprojektets injekteringsarbeten och den samlade erfarenheten av detta pekar på vikten av samordning mellan delprojekt.

11.1 Syfte och mål (förväntat utfall)

Innan projekt startar måste det finnas tydliga mål som uppföljning och dokumenthantering kan byggas upp kring samt definierat vad som ska mätas. Behovet omfattar såväl de övergripande målen, som de mer detaljerade (se nedan). Detta bidrar till ett effektivt arbete och att dokumentflödena fungerar snabbt och precist. Återkopplingen kan då göras tätt inpå utfört arbete vilket möjliggör en styrning av arbetet så att de önskade resultaten uppnås. Eftersom det som eftersträvas ska omsättas praktiskt är det viktigt att det utgår från den förväntade verkligheten, inklusive dess möjliga variationer.

För framtida projekt är det viktigt att de förväntade resultaten är tydligt definierade och beskrivna. Exempelvis kan ett mått på konturens råhet ”konturindex” övervägas eftersom konturens kvalitet är viktig. Begreppet ”skadезон” kan betraktas på samma sätt. Utifrån dessa parametrar kan sedan de underliggande kraven preciseras, det vill säga krav på resultatet från borrning och laddning. Samtliga dessa resultatkrav är viktiga för styrningen av resursernas arbete så att den övergripande målbilden nås.

11.2 Förutsättningar

På samma sätt som att det behöver finnas tydliga mål för anläggningsutförandet, behöver det finnas kunskap om de förutsättningar för genomförandet som råder. Otillräckliga kunskaper i detta avseende försvarar prognosarbetet, varvid det blir svårt att bedöma om syftet med ett entreprenadåtagande är realistiskt eller inte samt till priset av vilka resurser det kan realiseras.

11.3 Resurser och deras styrning

Resurserna behöver kunna styras på ett effektivt och målinriktat sätt för att nå de förväntade resultaten. Som ett första led i detta arbete bör stor vikt bör läggas vid att upphandlingen utformas så att onödiga konflikter uppstår, i första hand avseende ersättningar. Beställaren av slutförvarsprojektet kommer under alla omständigheter att få betala de faktiska totalkostnaderna för allt arbete. Det är därmed meningsfullt att utforma förfrågningsunderlag, anbudsprövning och kontrakt så att det finns ekonomiska förutsättningar att uppnå det syfte som eftersträvas.

Nästa led i arbetet med att nå de förväntade resultaten är att skapa en motiverad utförandeorganisation som strävar efter ett gemensamt lärande. Ett väl utformat kontrakt ger utrymme för den systematiska återkoppling på arbetet som är nödvändig i en organisation där ständiga förbättringar eftersträvas. Klimatet i organisationen måste vara sådant att alla är bekväma med att lämna synpunkter, beskriva avvikelser och förbättringar. En organisation som lyckas att upprätthålla detta kan gå hur långt som helst i sitt kvalitetsarbete.

11.4 Utförande

Borring

Borriggen kan navigera kronan med en noggrannhet med ca + 2 cm och det är viktigt att säkerställa att riggen är rätt inmätt innan borringen inleds. Något system för kontroll av detta bör upprättas.

Målad kontur bör användas för att öka möjligheterna för påhuggen att ansättas i planenliga lägen och bör även inkludera individuell markering av de enskilda hålen för att minska spridningen i avståndet. För att klara tuffare krav avseende borrhålsprecision behövs en utveckling av borrhålsutrustningarna, med särskilt fokus mot problemet med att få fast kronan i planerade påhuggspunkter.

För att minska stickningen under 25 cm med bibehållande av goda borrhålsresultat behöver förändringar i borrhålsutrustningen göras. Andelen överberg skulle då kunna minskas och därmed kostnaderna för återfyllnaden.

Stickning av hjälparhålen bör göras parallellt med konturen för att öka möjligheterna till en plan stuff. En plan stuff vid konturen ger mycket större möjligheter att hugga på borrhålskronan i rätt läge.

Det behöver finnas mätbara krav avseende när borrhål ska borrar om. Kraven ska säkerställa en jämn kontur samt att bottenladdningarna fördelas på ett acceptabelt sätt i salvan. I detta arbete har ett fel på 20 cm i slutpunkten av borrhålen accepterats.

I samband med bedömningar av EDZ är verklig borrhålslängd en parameter som det kan behöva tas hänsyn till. Borrhålslängden bör därför utgöra en av parametrarna i kvalitetsstyrningen vid framtida tunneldrivningar och samtidigt ingå i kontrollprogrammet av borriggen.

Ett lämpligt krav på borringen av konturborrhålen är att 85 % av påhuggen ligger inom + 10 cm från teoretiskt läge. Det bör eftersträvas att göra påhuggen ett par centimeter utanför teoretisk kontur för att minska risken för underberg i salvövergångarna.

Ett lämpligt krav på konturborrhålets slutpunkter kan vara att 85 % av dessa hamnar inom + 20 cm från teoretiskt läge.

Ett snabbt sätt att bedöma borrhålsprecisionen i en salva är att titta på avståndsfördelningen mellan konturborrhålen. Avståndet är ett direkt mått på spridningen i start- och slutpunkt och konkretiserar vikten av noggrannhet i borringen.

Laddning och tändning

Konturhålen och sulhålen har hållits frikopplade och detta rekommenderas även framgent.

Den oladdade delen av borrhålen bör proppas med grus så länge förhållandet mellan håldiametern och diametern på laddningarna är i samma storleksordning som använts här, det vill säga små laddningsdiametrar i förhållande till borrhålets diameter.

Med avseende på upptändning bör elektronisprängkapslar användas i konturen och Nonel i strossen. Elektronisprängkapslar kan även med fördel användas i hjälparna för att tillsammans med tillräcklig försättning minska risken för ryckare.

Försättningen mellan hjälpare och kontur bör optimeras med avseende på att minimera risken för ryckare och glasögon samtidigt som konturen måste gå ut på ett bra sätt.

11.5 Drivningsresultat (verkligt utfall)

Geometriska förhållanden och indrifter

Mängden tillåtet överberg bör begränsas till 15 % då 25 cm stickning används.

Acceptabel förekomst av underberg efter sprängning bör kvantifieras med hänsyn tagen till planeringen av teknikval för skrotning och borttagande av gaddar.

Indriften har legat mellan 94 och 101 % i de berguttag där hela tunnelsalvor tagits ut och de utförda borrhålen har varierat mellan ca 3 och 4,5 m. Det bör eftersträvas att reducera variationerna i utförda borrhålen då detta förbättrar noggrannheten i laddningsarbetena. Dessutom bör det finnas färdiga laddplaner för den förväntade variationen i salvlängd.

Kontur och skadezon

Bra kvalitet i borrhålen, tillsammans med god kontroll av laddning och noggrannhet i initieringen bedöms resultera i en hög andel kvarvarande synliga halvpipor i konturen. Målsättningen bör vara att drygt 80 % av konturborrhålens halvpipor är synliga i konturen.

Datinsamling

Som helhet har arbetet med datinsamling fungerat bra, med enstaka avvikelser. Vikten av bra kommunikation och tydlighet betonas samt att det behöver finnas en väl förankrad förståelse om varför olika data är viktiga att samla in hos dem som utför insamlingen.

Effektiviseringar i datinsamlingen som användande av handdatorer med program skräddarsydda för aktuell aktivitet rekommenderas.

När inriting av borrhålen sker från ett punktmoln framställt med laserskanning eller fotogrammetri bör ett ”rör” med borrhålsradien passas in i de kvarvarande borrhålen så att erhållna koordinater verkligen hamnar i centrum av borrhålet och inte mot borrhålsväggen.

11.6 Kvalitetsarbete för ständig förbättring

Den summerande diskussionen i stycke 10.7 pekar på tre nyckelparametrar. Nyckelparametrarna: Tydlig målbild, Löpande kvalitetsuppföljning och Systematisk återkoppling har projektet identifierat som essentiella för att kontinuerligt utveckla kvaliteten i det arbete som utförs. Resurserna bör stödjas med hjälp av nyckelparametrarna genom att:

- Utifrån ett helhetsperspektiv ges möjlighet till förståelse av och motivation för den egna uppgiften samt genom samspel med andra få möjlighet att bidra.
- Tydliga och genomarbetade utförandeunderlag som stödjer det som eftersträvas kommuniceras och förankras hos utförarna för att säkerställa förståelse och acceptans.
- Kvalitetsuppföljning sker löpande och ofta, helst salvis, med avseende på borrhålsprecision, indrift och vibrationsmätningar.
- Systematisk återkoppling från kvalitetsuppföljningen om vad man faktiskt uppnår i relation till vad som eftersträvas, både sammantaget och med avseende på de olika delarna.
- Utrustning och andra tekniska hjälpmedel som är ändamålsenligt utformad med hänsyn till de krav som ställs på utförandet finns tillgängliga.
- Ledningen aktivt stödjer och hjälper till med att lösa olika problem som uppkommer.

En snabb och systematisk återkoppling bedöms vara det effektivaste sättet att styra arbetena mot ständig kvalitetsförbättring i en ständigt föränderlig omgivning. Detta förutsätter dock att utfallen fortlöpande kan jämföras med förväntningarna, något som ställer krav på att det finns en tydlig beskrivning av det som ska uppnås. En sådan beskrivning behöver även förtydliga förväntningarna på både slutresultaten och resultaten från de ingående enhetsoperationerna samt de aktiviteter de är uppbyggda av, se figur 3-2. Genom att fastställa vilka variationer som behöver styras kan kraven för hela processkedjan fastställas och slutresultaten kvalitetssäkras. Kraven på begränsning av variationerna måste även ange styrgränser, det vill säga beskriva vad som är acceptabelt och inte, samt ange hur överskridanden ska hanteras.

Exempel på hur styrande och uppföljande dokument kan se ut för att stödja processen/utförandet redovisas i appendix 1, 2 (Berguttag 4) och 3 (Berguttag 5). De kan användas som mallar och underlag för styrning av framtida projekt.

Appendix 1, Strategi Berguttag 5

1 Strategi salva 13, 14, 15 och 16

Detta PM beskriver kraven för berguttaget av salva 13, 14, 15 och 16. Detta dokument ersätter instruktionerna i PM Strategi berguttag TASS med ID 1095047 för dessa salvor. Styrande parametrar för utförandet är att kontrollera sprängskadezonen i största möjliga mån samt att så långt som möjligt tillmötesgå två av tre krav som ställs på tunneln av återfyllnadslinjen.

De krav som ska tillmötesgå är att tunnelbredden aldrig ska vara mindre än 4,20 m samt att överberget ska vara under 30 %. Överberg definieras som allt berguttag utanför den teoretiska tunnelsektionen (4,20 m bred och 4,80 m hög).

Det krav som inte tillmötesgår är att stickningen i hjässan skall vara max 0,20 m. Riggen som används kan nå dit men marginalerna är små och risken för felborrning stor. En stickning på 0,25 m kommer därför att användas.

Som grund för borrh-, ladd- och tändplanerna har rekommendationerna i PM 1 Rekommendationer för tunnelsprängningar av TASS är framtagna av Specialist Sprängskadezon. Modifieringar av grundplanen har utförts utifrån de erfarenheter som erhållits fram till och med salva 12.

1.1 Ansvar

Delprojektledare Berguttag ställer genom delprojekt berguttag och denna strategi upp de krav som ska gälla för utförandet av bergentreprenaden.

Delprojektledare Bygg ser genom delprojekt bygg till att utförandet sker enligt intentionerna i denna strategi.

Sprängtekniker har ansvaret för att laddning och tändning sker på ett sådant sätt att inte gränsvärden på vibrationer satta för olika delar av anläggningen överskrids.

1.2 Befogenheter

För att Sprängtekniker skall kunna uppfylla sitt ansvar har han befogenheten att godkänna alla borrh- och laddplaner han inte upprättat själv. De borrhplaner sprängtekniker upprättar ska godkännas av Delprojektledare Berguttag och i hans frånvaro Delprojektledare Bygg. Detta godkännande sker i och med att arbetsberedningen godkänns.

Arbetsberedningen är det styrande dokumentet för bergarbetena.

2 Förutsättningar

En ny förutsättning för detta berguttag är att injekteringshålen borraras 0,30 m från konturen. En möjlig risk med detta är att berget kan bryta ut mot injekteringshålen istället för mellan konturhålen. En borrh- och tändplan upprättas därför i reservsyfte. Förändringen i denna plan är att avståndet mellan konturhålen sätts till 0,30 m istället för de 0,45 m som gäller i standardborrplanen. Reservplanen finns bifogad i appendix 1. Reservplanen kan tidigast användas i salva 15 och endast efter godkännande av Delprojektledare Berguttag.

Under förutsättning att konturen i salva 13 och 14 är likvärdigt med erhållen kontur i Berguttag 4 kan en förändrad borrh- ladd- och tändplan användas. Denna plan är optimerad på så sätt att antalet hål i strossen är reducerade med 14 st.

Förutsättningarna för utförandet redovisas nedan. Generellt gäller dock att bredden på den verkliga sektionen aldrig får understiga 4,20 m.

2.1 Borring

Kravställningen på borringen är uppdelad i fyra delar, ansättning, borrlängd, stickning och parallellitet (redovisade nedan).

Borringen skall genomföras med matningsläge 2 för samtliga borrhål. Matningsläge 2 skall ha samma inställningar som vid föregående salvor.

2.1.1 Ansättning

Kraven på ansättningen framgår ur figur 1.

2.1.2 Borrlängd

Borrlängden räknas från en plan påhuggssektion till en plan slutsektion. Detta innebär att borrhålen som sticker kommer att få en längre borrlängd än skillnaden mellan start och slutsektionen.

Startsektionen skall ligga så nära stuffen som praktiskt är möjligt för att maximera salvlängden.

Avståndet mellan teoretisk start och slutsektion för samtliga borrhål skall vara 4,60 m.

2.1.3 Stickning

Stickningen i samtliga konturhål skall vara 0,25 m.

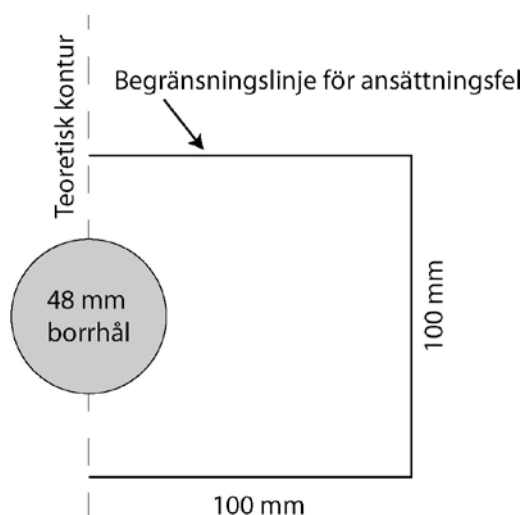
Stickningen för hjälparhålen i väggar tak och anfang skall vara 0,25 m.

Stickningen för hjälparhålen till sulan sticks 0,05 m beroende på att i påhuggen har hålavståndet till sulhålen minskats för att inte riskera att borra in i kilen och därmed riskera dess funktion. Spetsavstånden förblir de samma.

Stickning används inte på övriga borrhål.

I anfangen anpassas riktningen på borrhålen med stickning så att spetsavstånden blir så lika som praktiskt möjligt.

I hörnen mellan vägg och sula anpassas riktningen på borrhålen med stickning så att hålavståndet och försättningen i spetsarna fördelas i 0,10 m intervaller.



Borrhålets centrum skall alltid finnas inom fyrkanten bildad av den teoretiska konturen och begränsningslinjen för ansättningsfel

Figur 1. Illustration av kravet på ansättningspunkt. Borrhålets mittpunkt skall ansättas inom en teoretisk box som är 100×100 mm. Boxens ena begränsningsyta utgörs av den teoretiska konturen. Ett borrhål som är ansatt med centrum innanför den teoretiska konturen är diskvalificerat för bonus.

2.1.4 Parallellitet

Med parallellitet avses att slutpunkten för borrhålen i kontur och hjälpare ej ska avvika med mer än ± 50 mm mot den teoretiska slutpunkten.

2.2 Frikoppling

Laddningarna i samtliga konturhål och sulhål skall ha centreringshylsor för att säkerställa frikoppling längs tunnelns hela omkrets.

2.2.1 Tändföljd i sula

Hörnhålen skjuts inte samtidigt (figur 2) för att minimera risken att överskrida vibrationsgränsvärdena. Om vibrationsnivåerna skulle bli höga sätts tändare 2050 i hörnet och tändare 2030 i sulhålen innanför hörnen.

Delprojektledare Berguttag godkänner alla byten av tändarnummer, se 2.5.

2.3 Vatten i borrhål

Om något nedåtriktat borrhål i konturen ej kan hållas fritt från vatten monteras ett plaströr med slutet ände i borrhålen för att frikoppla laddningarna. Plaströrets diameter ska vara så nära borrhålsdiametern som möjligt för att maximera frikopplingsgraden. Användande av plaströr anges i sprängjournalen.

Borrhål med vatteninflöden noteras och anges i dokumentationen till respektive salva (gäller samtliga borrhål).

2.4 Pluggning

I samtliga salvor förses alla borrhål med laddlås av frigolit samt pluggas med grus. Luftstövågs mätning genomförs vid samtliga fyra salvor.

2.5 Vibrationsmätningar

Rådata och behandlad/beräknad data från vibrationsmätningarna sammanställs och lagras i SICADA för eventuella fortsatta studier. Vibrationsmätningarna redovisas i aktivitetsplan Berguttag (AP TDSU32516-07-035).

Resultat från vibrationsmätningarna i samtliga dimensionerande mätpunkter delges Delprojektledare Berguttag. Delprojektledare Berguttag beslutar utifrån detta vilken tändplan som ska användas i nästkommande salva samt om täckningen mot luftstövågen ska ändras. Laddning av ny salva får ej påbörjas innan beslut enligt ovan fattats.

2.6 Luftstövåg

Luftstövågen ska dämpas för att skydda anläggningen. Detta görs genom att sätta sprängmattor i öppningen till TASS som styr luften in mot TRUE BS hörnet. Sprängmattor sätts även korset mellan TASA och TASI så att luften trycks genom TBM röret i riktning mot portarna på -450 m. Dessa mattor sätts så att prototypområdet skyddas. Detaljer utarbetas i arbetsberedningen.

3 Borr- ladd- och tändplan salva 13 och 14

Salva 13 och 14 genomförs på samma sätt som salva 12 i Berguttag 4.

3.1 Borrning

Gällande hålavstånd redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Gällande hålavstånd för salva 13 och 14.

Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,45	0,60
Hjälpåre	0,6	0,55
Strosshål	0,6	0,6
Sulhål	0,5	0,45

3.2 Laddning och tändning

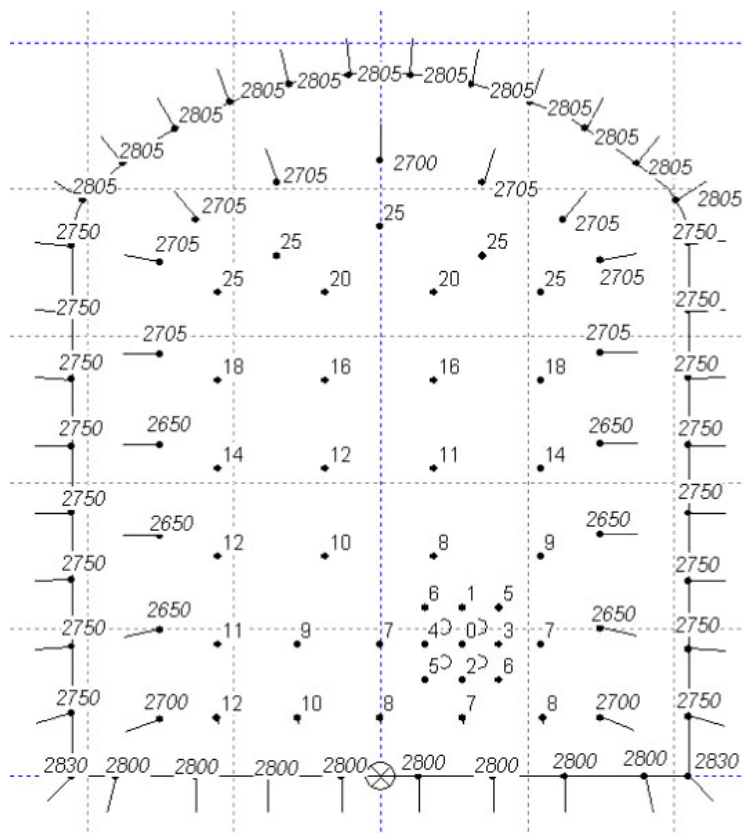
Laddplanen för salvorna redovisas i tabell 2.

Kilen/öppningen placeras på samma sätt som varit fallet från och med salva 5.

Upptändningen av salvan skall i kontur och hjälpåre ske med elektronisprängkapslar. I strossen används LP serien som innan. Tändplanen för salvorna redovisas i figur 2.

Tabell 2. Laddplan för salvorna 13 och 14. Den avladdade längden styr den totala laddmängden.

Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Total laddlängd (m)	Avladdat (m)
	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)		
Kontur	Dynomit/ 30 mm	0,19	Dynotex/ 17 mm	4,21	4,40	0,20
Sula	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	4,02	4,40	0,20
Öppning	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,10	0,50
Hjälpåre	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynotex/ 22mm	3,92	4,30	0,50



Figur 2. Tändplan för salvorna 13 och 14. Tändare 0 till och med 25 är Nonel LP serien. Tändare 2650 till och med 2830 är elektronikkapslar.

4 Borr- ladd- och tändplan salva 15 och 16 (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)

Salva 15 och 16 kan genomföras enligt nedanstående. Beslut om förändring görs av Delprojektledare Berguttag i samband med utvärdering av salva 14.

4.1 Borrning

Gällande hålavstånd redovisas i tabell 3.

4.2 Laddning och tändning

Laddplanen för salvorna redovisas i tabell 4.

Upptändningen av salvan skall i kontur och hjälpare ske med elektroniksprängkapslar. I strossen används LP serien som innan. Tändplanen för salvorna redovisas i figur 3.

5 Datainsamling

Datainsamling utförs enligt nedanstående.

5.1 Innan laddning

5.1.1 Kontur och hjälpare

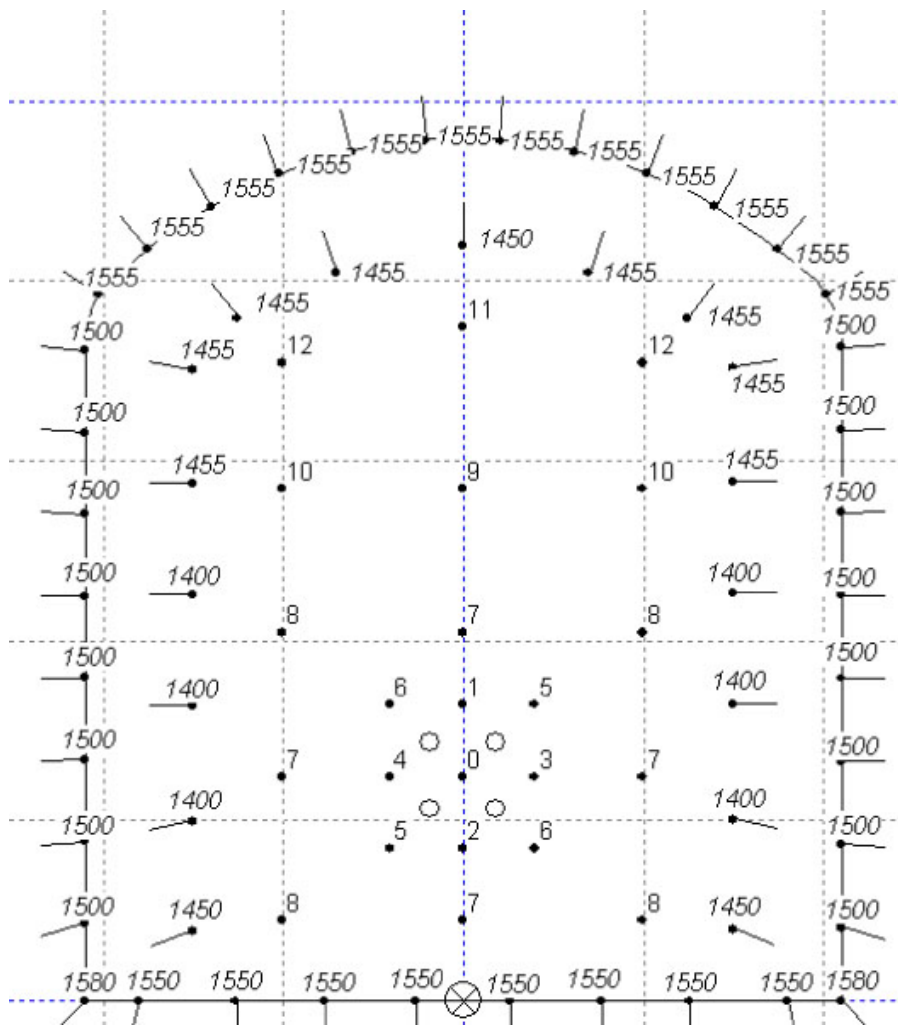
När salvan är färdigborrad mäts alla sulhål samt 15 hål i övriga konturen in. Dessutom mäts alla hjälpare i botten in på samma sätt. Hål med en spetsavvikelse större än 0,20 m från teoretiskt spetsmått borrar om ifall det anses troligt att felborrningen ger en stor inverkan på konturen. Vardera hålet på sidan om ett hål med en spetsavvikelse större än 0,20 m skall mätas in och samma regel gäller för dessa. Delprojektledare Berguttag tillsammans med sprängtekniker avgör behov av omborrning. Inmätningen av borrhålen specificeras i arbetsberedningen för Berguttag 5. Delprojektledare Berguttag kan begära att andra kontur- och hjälparhål än de som anges i arbetsberedningen ska inmätas efter borrningen av respektive salva.

Tabell 3. Gällande hålavstånd för salva 15 och 16.

Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,45	0,60
Hjälpare	0,6	0,55
Strosshål	0,8–1,0	0,8
Sulhål	0,5	0,45

Tabell 4. Laddplan för salvorna 15 och 16. Den avladdade längden styr den totala laddmängden.

Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Total laddlängd (m)	Avladdat (m)
	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)		
Kontur	Dynomit/ 30 mm	0,19	Dynotex/ 17 mm	4,21	4,40	0,20
Sula	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	4,02	4,40	0,20
Öppning	Dynomit/ 40 mm	0,38	Dynorex/ 32 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit/ 40 mm	0,38	Dynorex/ 32 mm	3,92	4,10	0,50
Hjälpare	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynotex/ 22 mm	3,92	4,30	0,50



Figur 3. Tändplan för salorna 15 och 16. Tändare 0 till och med 12 är Nonel LP serien. Tändare 1400 till och med 1580 är elektronikkslar.

5.2 Efter salvan

Kvarstående längd för samtliga kontur och hjälparhål mäts in med tumstock.

Synliga borrhålor i väggar, anfang och tak ska registreras på därför avsedd blankett. Registrering görs efter skrotning.

Inmätning av stuffläge skall göras i fem punkter vilket kommer att framgå ur särskild blankett.

Blanketten lämnas in tillsammans med övrig dokumentation för salvan. I den översiktliga utvärderingen av salvan kommenteras synliga borrhålor och stuffläge och sätts i relation till borrhålor och laddplanen samt eventuella förändringar i dessa.

Utfall som beror på geologiska förhållanden noteras för att de inte ska förväxlas med utfall som beror på det sprängtekniska utförandet. Geolog kontaktas om bedömningen är osäker.

En fil som redovisar samtliga borrhålsnummer och deras respektive borrhålslängder i berg läggs till dokumentationen.

5.3 Utvärdering fullareasalvor

Efter berguttaget sammanställer delprojekt bygg borrhå- och laddplaner (inklusive uppgifter om eventuella vattenförande salvhål), inmätningar av borrhål, mätningar av kvarstående borrhåslängder, stuffläge, antal synliga borrhåpipor och resultatet från vibrationsmätarna. I sammanställningen ingår även att skriva ned kommentarer och observationer som gjorts.

Förändringar gjorda gentemot detta dokument ska tydligt anges.

Efter salva 16 sammanfattar delprojektledaren bygg arbetet så långt och delger Delprojektledare Berguttag. Möte hålls med Delprojektledare Berguttag, Delprojektledare Bygg, Sprängtekniker, Specialist Sprängskadegon och Ansvarig för Dokumentställning där resultaten går igenom och förändringsförslag som kan presenteras för referensgruppen spikas. Ansvarig för Dokumentställning skriver ihop dokumentationen och Delprojektledare Berguttag distribuerar till referensgruppen.

6 Fel i salva

Om en salva går fel så att den på något sätt går bom görs följande dokumentation/kontroller:

- Fotodokumentation av kvarstående berg.
- Geometrimått på kvarstående borrhål och form på kvarstående berg.
- Dokumentation om kvarvarande hål innehåller odetonerat sprängämne och i så fall en bedömning om hur mycket. Om möjligt rensas hålen från detta sprängämne.
- Odetonerat sprängämne i berghögen dokumenteras med typ och mängd. Möjliga borrhål som sprängämnet kommer ifrån listas.
- Analys av resultat från vibrationsmätningarna för att kontrollera hur upptändningen fungerat.

6.1 Åtgärder

Dokumentationen och kontrollerna sammanställs till en trolig förklaring över vad som gått fel.

Om ett speciellt problemområde identifierats i salvan märks samtliga laddningar i dessa hål med hålnummer och ett identifikationsnummer som säger var i hålet laddningen placerats. Om inte ett speciellt problemområde identifierats märks samtliga sprängladdningar på samma sätt.

Om vibrationsmätningen behöver kompletteras för att kunna följa nästkommande salva mer detaljerat utförs detta i samråd med Delprojektledare Berguttag.

7 Arbetsberedning

Delprojekt bygg upprättar en arbetsberedning för berguttagen som svarar mot kraven i denna strategi. Delprojektledare berguttag ska ha granskat arbetsberedningen innan den godkänns.

8 Appendix 1, reservplan (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)

Om konturhållningen i salva 13 och 14 är försämrade gentemot tidigare och den troliga orsaken är de näraliggande injekteringshålerna kan Delprojektledare Berguttag fatta beslut om att använda nedanstående reservplan för salvorna 15 och 16. Vid beslut om reservplanen gäller nedanstående istället för kapitel 4 ovan. I övrigt följs strategin som den är skriven.

8.1 Borring

Gällande hålavstånd redovisas i tabell 5. Den förändring som är gjord mot tidigare är att avstånden mellan konturhålen ändrats till 0,30 m.

Tabell 5. Reservplan: hålavstånd för salva 15 och 16.

Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,30	0,60
Hjälpåre	0,60	0,55
Strosshål	0,60	0,60
Sulhål	0,50	0,45

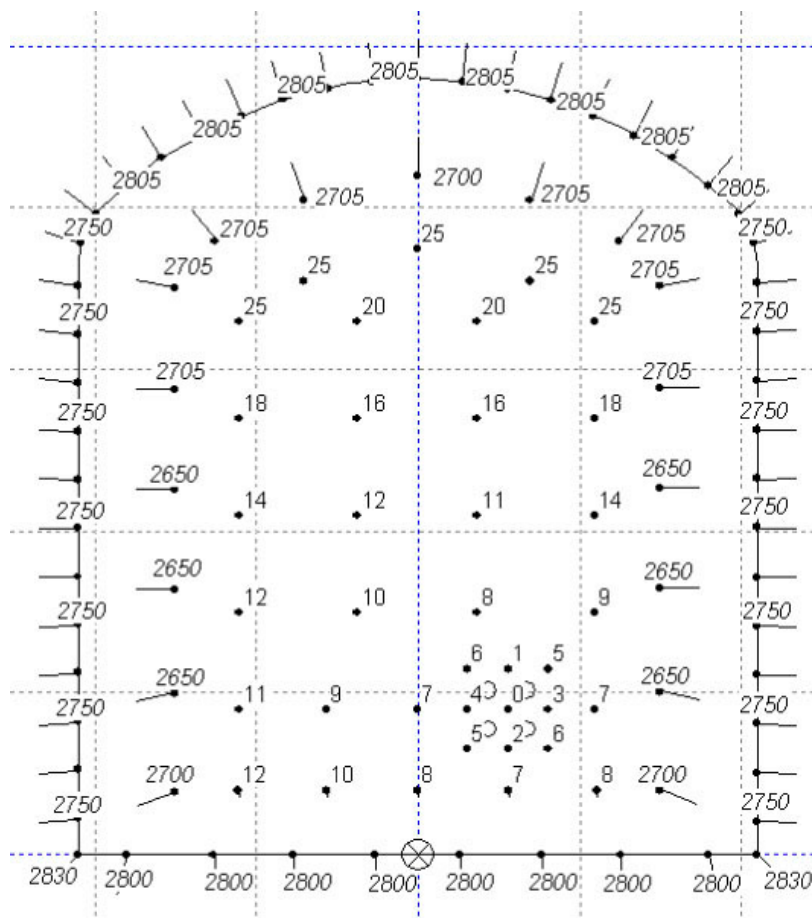
8.2 Laddning och tändning

Laddplanen för salvorna redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Reservplan: laddplan för salvorna 15 och 16. Den avladdade längden styr den totala laddmängden.

Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Total laddlängd (m)	Avladdat (m)
	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)		
Kontur*	Dynomit/ 30 mm	0,19	Dynotex/ 17 mm	4,21	4,40	0,20
Sula	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	4,02	4,40	0,20
Öppning	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,10	0,50
Hjälpåre	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynotex/ 22 mm	3,92	4,30	0,50

*Vartannat hål laddas, se tändplan i figur 4.



Figur 4. Tändplan för salvorna 15 och 16. Tändare 0 till och med 25 är Nonel LP serien. Tändare 2650 till och med 2830 är elektronikknapslar.

Appendix 2, Arbetsberedning Berguttag 5

1 Arbetsberedning bergschakt, Berguttag 5

Syfte: Säkerställa att de inblandade i berguttaget får ta del av de krav, direktiv och anvisningar som gäller för de salvor berguttaget innehåller så att "Strategi berguttag TASS salva 13,14,15 och 16" id nr 1179990 kan följas.

1.1 Allmänt Berguttaget

Innan start av berguttaget hålls arbetsberedningsmöte för att säkerställa att inblandade i berguttaget är införstådda med de krav, direktiv och anvisningar som gäller för att genomföra berguttaget och dokumentera det. Del möte skall hållas inför start av varje salvuttag, där arbetsberedning och utfall av föregående salvuttag tas upp samt ventilerande av idéer etc. vilka kan vara till nytta för det önskvärda slutresultatet. Dessa möten dokumenteras i daily log. Förbättringsförslag och observationer meddelas till Sprängteknikern och han meddelar sedan omgående till aktivitetsledaren för beslut.

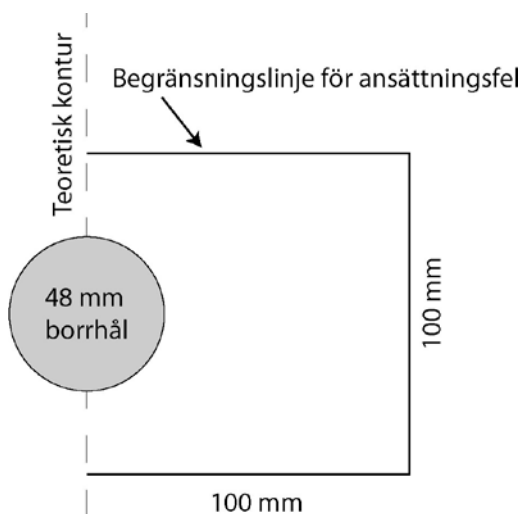
Observationer och förbättringsförslag tas med till uppföljningsmötet när PM Observationer Berguttag 5 skrivs.

1.2 Salvuttag 13, 14, 15 och 16

Allmänt

Kravställningen på borrhålen är uppdelad i fyra delar, ansättning, borrhållängd, stickning och parallellitet.

Kraven på ansättningen framgår ur figur 1.



Borrhålets centrum skall alltid finnas inom fyrkanten bildad av den teoretiska konturen och begränsningslinjen för ansättningsfel

Figur 1. Illustration av kravet på ansättningspunkt. Borrhålets mittpunkt skall ansättas inom en teoretisk box som är 100×100 mm. Boxens ena begränsningsyta utgörs av den teoretiska konturen. Ett borrhål som är ansatt med centrum innanför den teoretiska konturen är diskvalificerat för bonus.

1.2.1 Borrlängd

Borrlängden räknas från en plan påhuggssektion till en plan slutsektion. Detta innebär att borrhålen som sticker kommer att få en längre borrlängd än skillnaden mellan start och slutsektionen.

Startsektionen skall ligga så nära stuffen som praktiskt är möjligt för att maximera salvlängden.

Avståndet mellan teoretisk start och slutsektion för samtliga borrhål skall vara 4,60 m.

Navigationspunkt skall informeras till Sprängtekniker som sedan meddelar aktivitetsledaren för godkännande av läge och slutpunkt .

Sista salvan (nr 16) begränsas dock av att stuffläget ska ligga mellan sektion 64,2–64,8 m.

1.2.2 Stickning

Stickningen i samtliga konturhål skall vara 0,25 m.

Stickningen i samtliga hjälparhål skall vara 0,25 m.

(Obs! Hålraden ovan sulhålen har 5 cm stickning på grund av att försättningen är 40 cm till sulhålen.)

Stickning används inte på övriga borrhål.

I anfangen anpassas riktningen på borrhålen med stickning så att spetsavstånden blir så lika som praktiskt möjligt.

1.2.3 Parallellitet

Med parallellitet avses att slutpunkten för borrhålen i kontur och hjälpare ej ska avvika med mer än ± 50 mm mot den teoretiska slutpunkten.

1.2.4 Borrning Salvuttag 13, 14, 15 och 16

Borrplanen för de aktuella salvuttagen är Borrpl_13_14_15_16_R1 RK.dpc.

Hela salvan borraras med (läge 2) 190 bar (slagverkstryck). Borrhålsdiameter. 48 mm.

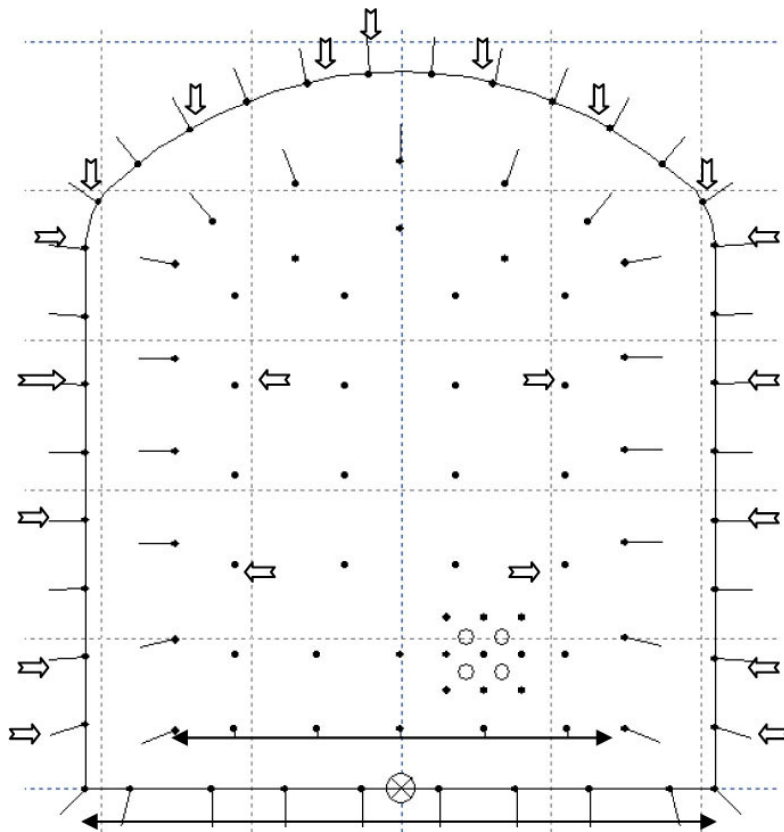
I salva 13 kommer vänster bom använda sig av skärkrona för att se om det underlättar vid ansättningen.

En ny förutsättning för detta berguttag är att injekteringshålen borraras 0,30 m från konturen. En möjlig risk med detta är att berget kan bryta ut mot injekteringshålen istället för mellan konturhålen. En borr- ladd- och tändplan upprättas därför i reservsyfte. Förändringen i denna plan är att avståndet mellan konturhålen sätts till 0,30 m istället för de 0,45 m som gäller i standardborrplanen. Reservplanen finns under kap.4. Reservplanen kan tidigast användas i salva 15 och endast efter godkännande av Delprojektledare Berguttag. Borrplanen som skall användas då är Borrpl_13_14_15_16_fortat_R1.dpc.

Under förutsättning att konturen i salva 13 och 14 är likvärdigt med erhållen kontur i Berguttag 4 kan en förändrad borr- ladd- och tändplan användas. Denna plan finns under kapitel 3 och är optimerad på så sätt att antalet hål i strossen är reducerade med 14 stycket. Denna borrplan kan först användas efter godkännande av Delprojektledare Berguttag. Borrplanen som skall användas då är Borrpl_13_14_15_16_OPTIlight.dpc.

Inmätning av: $\leftarrow\rightarrow$ alla sulhål samt 7 ”bottenhjälpare” och 17 konturhål, och 4 strosshål. Borrlogg levereras till Sprängtekniker. Viktigt att samma hålnummer mäts in i de olika salvorna. Om hål avviker mer än 20 cm, skall hålen på vardera sida mätas in för att se om det hålet behöver borraras om. Delprojektledare Berguttag kontaktas för beslut angående omborrning.

Ansvarig för Inmätningar skall leverera inmätt borrning omgående till Sprängtekniker för att klartecken till laddning av salva kan ges.



1.2.5 Laddning Salvuttag 13,14,15 och 16

Laddplan och tändplan enligt punkterna kapitel 2 och 2.1 användes som grund. Konturhål skall vara torra och tomma innan laddning, eventuella blöta hål i övriga salvan registreras och Sprängtekniker kontaktas för åtgärd. Blöta hål i kontur skall förses med plaströr som laddas. Plaströret skall ha största möjliga diameter för att få största frikopplingen.

Centrerings hylsa/spärrfjäder skall användas i kontur och sulhål.

Samtliga laddade hål i salva 13,14,15 och 16 hål avladdas och pluggas med laddlås och grus.

Avladdningslängden styr pipladdningen. Avladdningslängd se 1.5.

Blir den optimerade planen Borrpl_13_14_15_16_OPTIlight.dpc. aktuell gäller ladd- och tändplan enligt kapitel 2 och 2.1

Blir reservplanen Borrpl_13_14_15_16_fortat_R1.dpc. aktuell gäller ladd- och tändplan enligt kapitel 3 och 3.1.

1.2.6 Upptändning

Upptändningen av salvan skall i kontur och hjälpare ske med elektronisprängkapslar (I-kon). I strossen används LP serien som enligt tändplan. Grund tändplanen för salvorna redovisas under punkt 1.6.

Orica tillhandahåller tekniker för uppkopplingen och tändningen.

Dokumentation från Orica samlar Bergteamets arbetsledare in och sammanställer tillsammans med övrig dokumentation från Bergteamet.

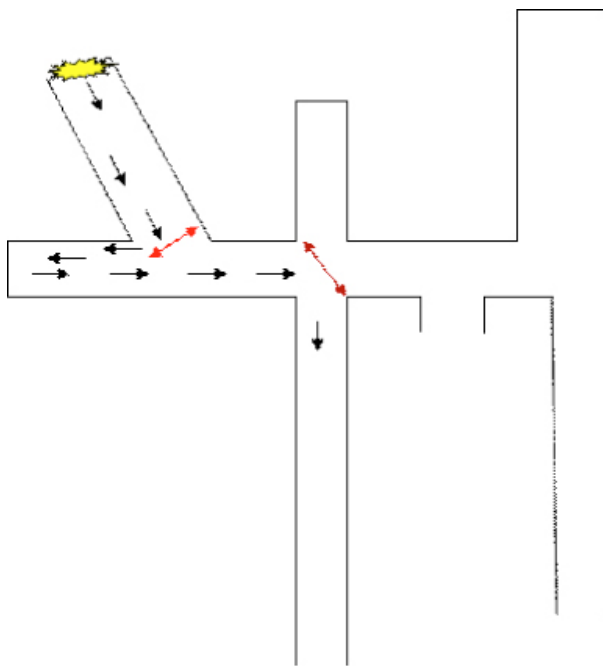
1.2.7 Tändplanen

Sulhålén skjuts inte samtidigt för att minimera risken att överskrida vibrationsgränsvärdena. Grundplanen är att ha 2 800 ms i alla sulhål, förutom hörnhålen som ligger på 2 830 ms. Om det visar sig att vibrationerna ökar, så ändras hörnhålen till 2 850, hålen innanför dessa till 2 830 och resterande till 2 800 ms.

Sprängtekniker gör bedömningarna om byte av tändarnummer men förankrar alltid detta med Delprojektledare Berguttag som tar beslut om byten. Oavsett uppnådda vibrationsnivåer ger Sprängtekniker en muntlig och skriftlig uppdatering efter varje salva, där samliga dimensionerande mätpunkter finns med.

1.2.8 Täckning

Då tidigare sprängningar gett upphov till luftstötsvibrationer i en mätcontainer placerad i G-tunneln, så skall täckning (röda pilar) utföras så luftstötsvägen dämpas enligt principskiss nedan.



Figur 3. Täckning för luftstötsvåg.

1.2.9 Sprängning

Sprängning utförs då alla åtgärder ur säkerhets- och skadesynpunkt avseende personal, portar etc är utförda. / Rutin SDTD-304 skall följas och Checklista sprängning (tillhandahållen av SKB) ska följas före, under och efter sprängningarna.

Sprängjournal ska skrivas av entreprenören efter varje salva och levereras till Sprängtekniker.

Även kastlängden av salvan dokumenteras av Sprängtekniker.

1.2.10 Vibrationsmätning/Luftstötvågsmätning

Efter varje sprängning skall Sprängtekniker läsa av vibrationsmätarna och kontrollera så att värdena inte överstiger 80 % av riktvärdena. Bedömningar och observationer dokumenteras i daily log. Skulle riktvärdena överskridas, meddelas aktivitetsledaren direkt för diskussion och beslut om ev. ändringar av utförandet. Vid samtliga salvor kommer luftstötvågsmätning att utföras vid öppen körport – 450. Sprängtekniker ger en muntlig och skriftlig uppdatering efter varje salva, där samliga dimensionerande mätpunkter finns med till Delprojektledare Berguttag.

1.2.11 Inmätning efter utlastning

Kvarstående kontur- och hjälparehål skall registreras och längd mäts in med tumstock, efter skrotning. Bedömningar på hur mycket som skrotats ner i stuff ska registreras i daily log.

Även stuffläget mäts in och dokumenteras i 5 punkter. Sprängtekniker samlar in dessa inmätningar. De skall redovisas både digitalt och i papperskopior.

Utfall som beror på geologiska förhållanden noteras för att de inte ska förväxlas med utfall som beror på det sprängtekniska utförandet. Geolog kontaktas om bedömningen är osäker.

Utfall registreras med sektion, höjd (placering) och uppskattad volym.

En fil som redovisar samtliga borrhåls nummer och borrhåls längder i berg läggs överlämnas från entreprenören.

1.3 Fel i salva

Om en salva går fel så att den på något sätt går bom görs följande dokumentation/kontroller:

- Fotodokumentation av kvarstående berg.
- Geometrimått på kvarstående borrhål och form på kvarstående berg.
- Dokumentation om kvarvarande hål innehåller odetonerat sprängämne och i så fall en bedömning om hur mycket. Om möjligt rensas hålen från detta sprängämne.
- Odetonerat sprängämne i berghögen dokumenteras med typ och mängd. Möjliga borrhål som sprängämnet kommer ifrån listas.
- Analys av resultat från vibrationsmätningarna för att kontrollera hur upptändningen fungerat.

1.3.1 Åtgärder

Dokumentationen och kontrollerna sammanställs till en trolig förklaring över vad som gått fel.

Om ett speciellt problemområde identifierats i salvan märks samtliga laddningar i dessa hål med hålnummer och ett identifikationsnummer som säger var i hålet laddningen placerats. Om inte ett speciellt problemområde identifierats märks samtliga sprängladdningar på samma sätt.

Om vibrationsmätningen behöver kompletteras för att kunna följa nästkommande salva mer detaljerat utförs detta i samråd med Delprojektledare Berguttag.

1.4 Uppföljningsmöte

Då hela berguttaget är utskjutet samt utlastat hålls uppföljningsmöte för genomgång av dokumentation och för att diskutera vad som fungerat bra respektive mindre bra.

Dessa möten dokumenteras i PM Observationer Berguttag 5.

1.5 Borr- och laddplan

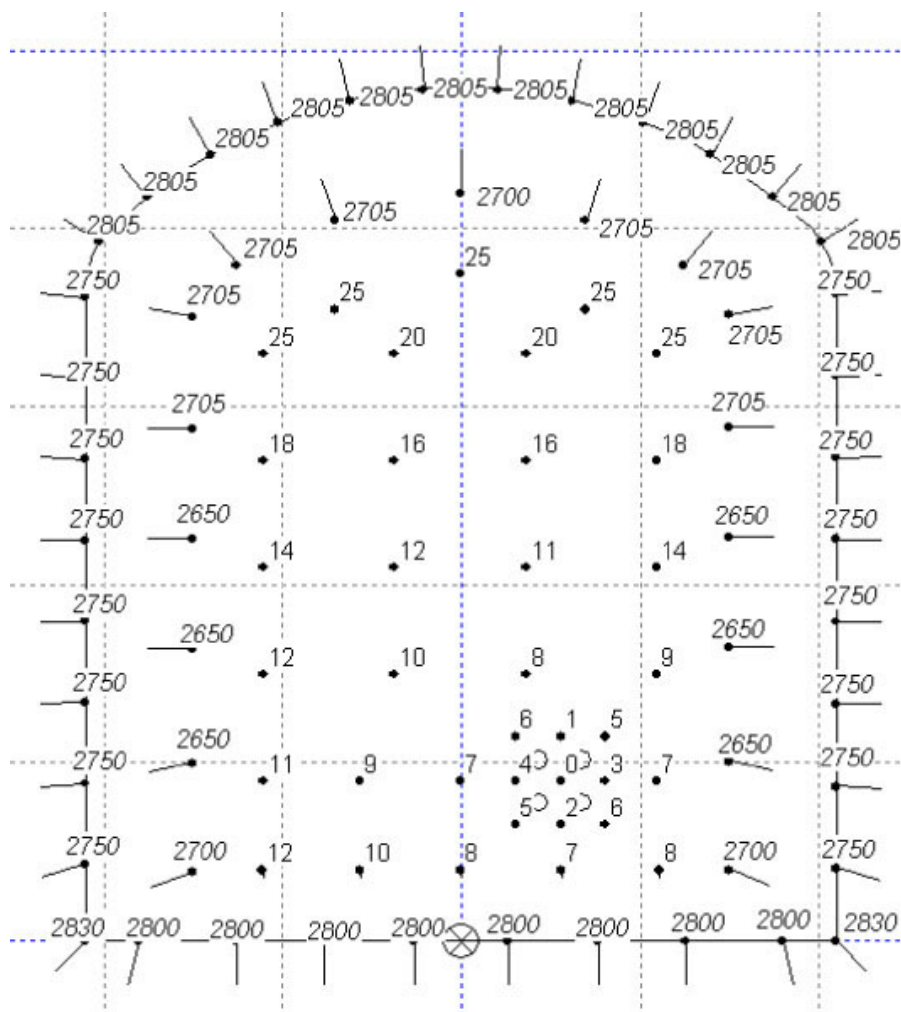
Borrplan

Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,45	0,60
Hjälpare	0,60	0,55
Strosshål	0,60	0,60
Sulhål	0,50	0,45

Laddplan

Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Total laddlängd (m)	Avladdat (m)
	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)		
Kontur	Dynomit/ 30 mm	0,19	Dynotex/ 17 mm	4,21	4,40	0,20
Sula	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	4,02	4,40	0,20
Öppning	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,10	0,50
Hjälpare	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynotex/ 22 mm	3,92	4,30	0,50

1.6 Tändplan



2 Borr- ladd- och tändplan salva 15 och 16 vid optimering (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)

Salva 15 och 16 kan genomföras enligt nedanstående. Beslut om förändring görs av Delprojektledare Berguttag i samband med utvärdering av salva 14.

2.1 Borring

Gällande hålavstånd för salva 14 och 15.

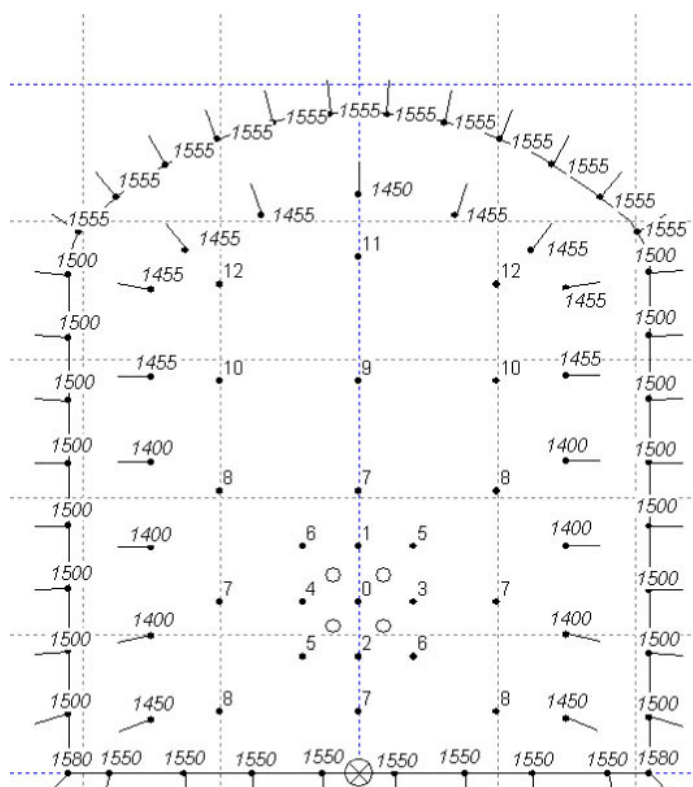
Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,45	0,60
Hjälpåre	0,6	0,55
Strosshål	0,8-1,0	0,8
Sulhål	0,5	0,45

2.2 Laddning och tändning

Laddplan för salvorna 14 och 15. Den avladdade längden styr den totala laddmängden.

Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Total laddlängd (m)	Avladdat (m)
	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)		
Kontur	Dynomit/ 30 mm	0,19	Dynotex/ 17 mm	4,21	4,40	0,20
Sula	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	4,02	4,40	0,20
Öppning	Dynomit/ 40 mm	0,38	Dynorex/ 32 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit/ 40 mm	0,38	Dynorex/ 32 mm	3,92	4,10	0,50
Hjälpåre	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynotex/ 22 mm	3,92	4,30	0,50

Upptändningen av salvan skall i kontur och hjälpåre ske med elektroniksprängkapslar. I strossen används LP serien som innan. Tändplanen för salvorna redovisas nedan



3 Reservplan (beslut av Delprojektledare Berguttag krävs)

Om konturhållningen i salva 13 och 14 är försämrad gentemot tidigare och den troliga orsaken är de näraliggande injekteringshål kan Delprojektledare fatta beslut om att använda nedanstående reservplan för salvorna 15 och 16.

3.1 Borrning

Gällande hålavstånd redovisas i tabell 5. Den förändring som är gjord mot tidigare är att avstånden mellan konturhålen ändrats till 0,30 m.

Tabell 5. Gällande hålavstånd för salva 15 och 16.

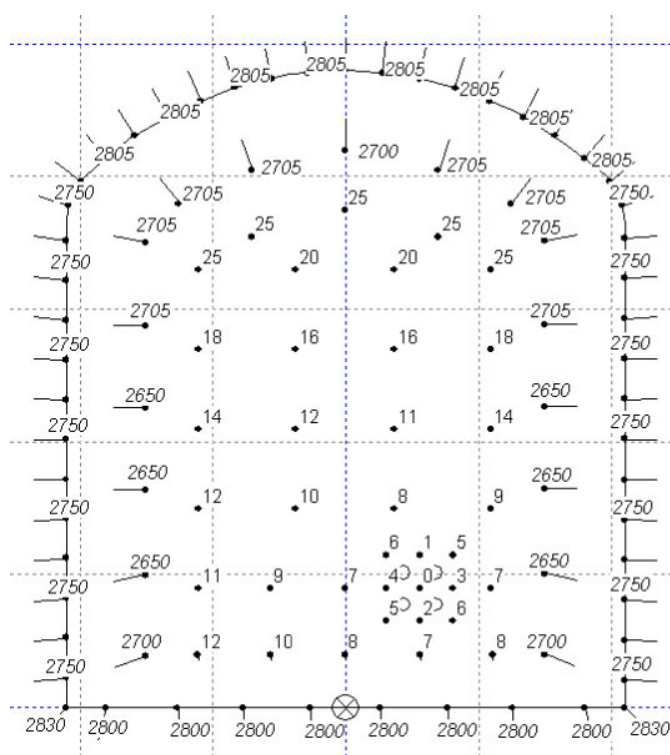
Håltyp	Hålavstånd (m)	Försättning (m)
Konturhål	0,30	0,60
Hjälpåre	0,60	0,55
Strosshål	0,60	0,60
Sulhål	0,50	0,45

3.2 Laddning och tändning

Laddplan för salvorna 15 och 16. Den avladdade längden styr den totala laddmängden.

Håltyp	Bottenladdning		Pipladdning		Total laddlängd (m)	Avladdat (m)
	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)	Namn/ Dimension	Laddlängd (m)		
Kontur*	Dynomit/ 30 mm	0,19	Dynotex/ 17 mm	4,21	4,40	0,20
Sula	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	4,02	4,40	0,20
Öppning	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,30	0,30
Stross	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynorex/ 25 mm	3,92	4,10	0,50
Hjälpåre	Dynomit/ 30 mm	0,38	Dynotex/ 22 mm	3,92	4,30	0,50

*Vartannat hål laddas, se tändplan.



Appendix 3, Etapprapport Berguttag 4

Etapp teoretisk sektion 32,47–48,47 m enligt ritning SU32516-P001 rev. A

Berguttag 4 har genomförts mellan den 2008-06-03 till 2008-06-17 av delprojekt Bygg.

Berguttaget har varit indelat i 4 salvor kallade 9,10,11 och 12. Ett startmöte hölls av delprojekt Bygg med de som skulle vara inblandade under berguttaget (Bergteamets personal, koordinator, geolog, geodetiker), med syfte att visa vad vi gjorde Berguttag 3, vilka resultaten blev och vilka slutsatser som hade dragits av detta. Syftet var också att gå igenom arbetsberedningen för att tydliggöra vad som skulle testas, hur det skulle testas och vem som skulle dokumentera vad. Beredningen hade utökats något med att skriftligen tydliggöra kraven på ansättning, borrlängd, stickning och parallellitet från strategin. Delprojektledare (Dpl) Bygg ansåg att detta behövde göras då Dpl skulle vara bortrest under 3 av 4 salvor och koordinatören skulle sköta kontakten med delprojekt Berguttag samt att en repetition kunde vara till nytta för de inblandade för att öka förståelsen för kraven. En kort introduktion av I-kon systemet hölls av Orica med entreprenörens personal, Sprängtekniker, koordinator och Dpl Bygg.

Salva 9

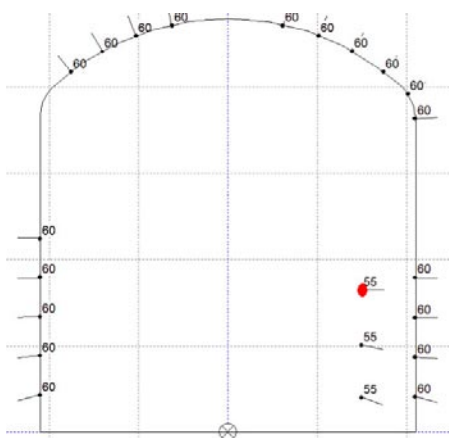
Första salvan I-kon (elektronisprängkapslar) utfördes i sektion 32,9–37,5 m. I-kon tändarna användes i kontur- och hjälparehål.

Kommunikationen med delprojekt Injektering fungerade inte, då de valde att ansluta först på eftermiddagen den 2/6 och utsättning av kontur inte kunde slutföras. Borrningen kom inte igång enligt plan och beräkningar av inmätta hål drog ut på tiden med frustration som följd av att överenskommen övertid inte utfördes.

Borrningen gjordes med 25 cm stickning och fick godkänt av delprojekt Berguttag för skjutning.

Vibrationerna nådde inte gränsvärdena och kastet orsakade inga skador på anläggningen.

Mindre sprängämne (1 st Dynotex 17 och 2 st mindre bitar Dynotex 22) än tidigare hittades i bergmassorna. Dock blev det en del bottnar stående (se Tändplan salva 9 omskjutning nedan) på 30–50 cm. Översta I-kon tändare i hjälpararna hade inte detonerat (rödmarkerat se nedan). Orica har tittat på detta men kan inte komma fram till annat än att tändaren var feltillverkad. Berget var dock löst och hade troligtvis kunnat skrotas ner, men då mekanisk skrotutrustning (med tanke på skadezonen) inte används i projektet, så valdes omskjutning i säkerhetsaspekt. Indriften i övriga salvan låg på 102 %. Stark ammoniaklukt efter salvan. Luftstötsvågen som mättes upp utanför porten vid stannplan –450 m visade max värde 1 023 Pa (utrustningen klarar inte högre värde).



Salva 10

Utfördes i sektion 37,5–42,1 m.

Misstag utfördes vid upprymningen av kilhål. Kronan gled in i salvhål markerat med rött (se bild nedan) och fel hål rymdes.

Även hål markerat med blått (se bild nedan) hann rymmas ca 1,5 m innan felet upptäcktes.

Beslut togs av sprängteknikern att ladda med dessa förutsättningar. Vid laddningen så lämnades det rödmarkerade hålet oladdat och den del som var i rätt dimension i det blåmarkerade hålet laddades. Tidsförseningar uppstod igen på grund av beräkningarna på inmätta hål inte kunde göras på grund av att en server låg nere. Tändplanen förändrades så sulan hade 6 istället för 4 hål med intervalltid 2 800 ms. Sprängningen utfördes och vibrationerna höjdes men nådde inte gränsvärdena och kastet orsakade inga skador på anläggningen.

Betydligt mindre sprängämne (4 småbitar Dynotex 17) än tidigare hittades i bergmassorna. Några få kvarstående bottnar som inte behövde skjutas om. Indriften i övriga salvan låg på 108 %. Luftstötsvågen som mättes upp utanför porten vid stannplan –450 m visade max värde 1 023 Pa (utrustningen klarar inte högre värde).

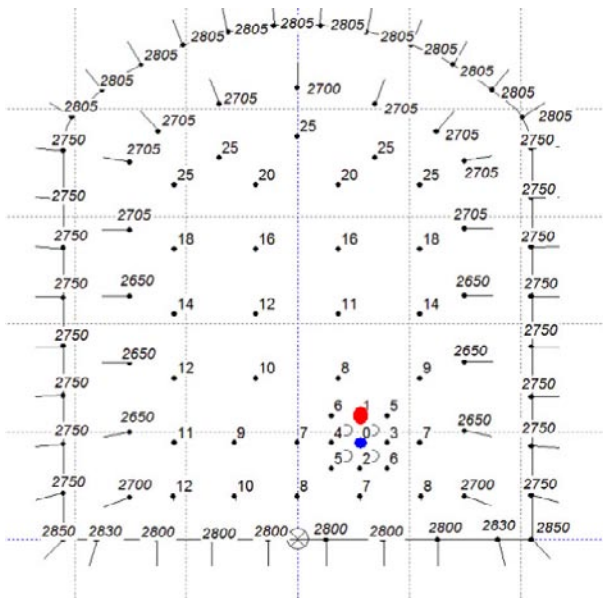
Salva 11

Utfördes i sektion 42,1–45,7 m.

Borringen visade att ett par hål i tak hade stickning mellan 0–10 cm. Borrlängden styrdes av att det satt berg nära kontur från salva 10 som togs med i denna salvborring. Borringen godkändes av delprojekt Bergguttag. Samma tändplan som i salva 10 användes (6 hål i sula med intervalltid 2 800 ms). Övertid utfördes för få till beräkningarna och undvika tidsförseningar.

Sprängningen utfördes och vibrationerna sänktes troligtvis av kortare salvlängd.

Inga sprängämnen hittades i bergmassorna. Indrift på 98 % uppnåddes. Luftstötsvågen som mättes upp utanför porten vid stannplan –450 m visade max värde 1 023 Pa (utrustningen klarar inte högre värde).



Salva 12

Utfördes i sektion 45,7–48,7 m.

Borrningen försenades på grund av strömavbrott i tunneln. Inriktningen av bommen blev lite fel, men uppdagades snabbt innan borrningen påbörjats tack vare den uppmålade konturen. För att minska övertiden samt inte förskjuta sprängningen dagen efter så beslutades det att endast kontur, sulhål och raden ovanför sulhål mättes in. Borrningen visade att 4 hål hamnat innanför kontur på grund av utrymmesbrist för bommen.

Borrningen godkändes av delprojekt Berguttag.

Då vibrationsvärdena för salva 11 blivit lägre och denna salva också var kort, så beslutades det att utöka antal hål med samma intervall.

Tändplanen förändrades med att lägga sulhålen på intervall 2 800 ms och hörnhålen på 2 830 ms.

Vibrationerna nådde inte gränsvärdena och kastet orsakade inga skador på anläggningen. Denna salva var den första som inte täcktes med plåt och bergmassor. Kastet nådde nästan tunnelmynningen på sektion 10 m. Inga sprängämnen hittades i bergmassorna. Indrift på 98 % uppnåddes. Luftstötsvågen som mättes upp utanför porten vid stannplan –450 m visade max värde 1 023 Pa (utrustningen klarar inte högre värde).

Kravspecifikation

Berguttaget har använt PM Strategi Berguttag 9,10,11,12 id nr 1170485 från delprojekt Berguttag som grund för sprängningarna.

Arbetsberedning för Berguttag 4 id nr 1172476 upprättades av delprojekt Bygg för detta uttag.

Utvärdering/erfarenheter

Trots att produktionen stördes av elavbrott, server krasch och problem att få till övertid med beräkningarna, så har detta varit det roligaste berguttaget hittills enligt teamet.

Berguttag lyckats hålla tiderna och fungerat bra och att ha 4 st i princip lika salvor underlättade för teamet. Att endast en omskjutning behövde göras bidrog också till den positiva upplevelsen.

Tiden för uppkoppling och programmering av I-kon tändare ökade med ca 20 min. Bedöms kunna minska med mer träning. (Hanteringen är dock inget enmansarbete om man vill spara tid.)

Skrotningstiden har minskat och det är inte så mycket löst berg efter salvorna.

Stuffpersonalen fick själva vara med och sköta något av momenten koppling eller programmering för att få upplevelsebaserad inläring.

Detta tillsammans med det synbara resultatet efter skjutning gjorde att uppfattningen att I-kon-systemet skulle vara komplicerat ändrades. Deras uppfattning är att detta skulle kunna gå att använda vid ortdrivning, då tändplanen är lika och ligger inprogrammerad i loggern. De skulle inte ha något emot att göra alla momenten själva vid nästa berguttag, med övervakning från Orica.

Förbättringar som skulle gå att göra är att få till robustare och mer gruvanpassade kopplingar och tråd.

Kilen fungerar bra och med full indrift eller mer. Att borra 4 grovhål bedöms som vara en snabb, bra och enkel åtgärd för att minska risken för problem med kilen. Tid (kostnad) för upprymningen är försumbar jämfört med att skjuta fast sig en gång. Finns även acceptans för felmarginaler se salva 10.

Borde bli standard i framtida handlingar istället för att låta entreprenör göra bedömning av vilken kil som är lämpligast.

Luftstötsvågen har ökat markant på grund av den komprimerade salvtiden från 6 000 ms ± 200 ms till 2 830 ms.

Sprängämnen i bergmassorna varit i det närmaste obefintliga och bedömningen är att sprängämnet fått arbeta i berget.

Antal och längd av synliga borrhåll har ökat.

Kvarstående bottenar i kontur på 20–30 cm, beroende klen bottenladdning.

Inmätningar av kasten har inte utförts under salva 9, 10, 11 då dessa var täckta med körplåt och bergmassor. Sista salvan testades utan täckning med plåt och bergmassor och kastet (ca 35 m) höll sig inom TASS tunneln. Bedömningen är att täckning av salvorna inte behövs framöver.

De som sköter utlastningen upplevde att det var mer lättlastat än tidigare. Troligtvis då salvan var mer spridd i tunneln.

Testet enligt beredningen, med att sköta bom positionering med hjälp av automatik eller borrhåll med stöd av borrhåll på skärm, fick övergå till endast borrhåll med stöd av borrhåll på skärm då de inte går att tvinga bommen till ett bestämt håll i autoläge. Rigger kräver att borrhållan ligger i den sekvens som hålen skall borrhållas.

Resultatet av positioneringarna visade att borrhållan klarar positionera bom mycket bra. I vertikalled var det endast en (9 cm för lågt) av 39 positioneringar som hamnade utanför toleransen (± 5 cm). Medelvärde var 1,3 cm. Horisontellt visades det sig 3 av 40 positioneringar inte klarade kraven (0 till + 5 cm). En positionering låg utanför kontur med 6 cm och två som låg 2–3 cm innanför kontur. Medelvärdet låg på 1,4 cm.

Delprojektledare Byggs utvärdering är att rigger klarar positioneringen bra, men det är vid ansättningen (rotation och slag i berg) som avvikelser kan uppstå genom att kronan glider iväg och att fokus på precision bör läggas på att få fast kronan på rätt plats.

Stressat för delprojektledare Bygg och sprängteknikern att få till upphandling av Orica, beredning för Berggutttag 4, borrhåll och laddplaner i samband med införande av I-kon system, då tiden mellan berggutttag var runt 1 månad.

Stuffpersonal tycker det är bra med startmöten med feedback från föregående berggutttag samt genomgång vad som skall göras. Kommentar från borrhållan efter detta berggutttag var att han tycker att det är ett intressant och lärorikt projekt.

5 st Förändringsförslag och beslut upprättades under berggutttaget. 3 st berörde borrhåll som låg utanför toleranserna 1 st att minska antalet inmätta håll för att hålla tiderna 1 st för att de enskilda kvarstående hållbottenarna inte mäts in enskilt.

Något särskilt dokument med Observationer från stuff har inte upprättas, utan Delprojektledare har intervjuat sprängtekniker, platschef, stuffpersonal och koordinator med hjälp av dokumentationen och koordinators anteckningar.

Rekommendationer

Fortsätt med målad kontur med för kontroll av inriktning rigger och ansättningar.

Ta bort inmätningen av kilhål och hjälpare eller så anpassas tidplanen så tid finns för beräkningar och eventuella omborrhållningar.

Om patronerat skall användas mer i projektet skall borrhållsdiametern ökas för att ta bort proppning, samt minska antalet håll i salvan utan att tappa fokus på kontur eller skadezon.

Delprojektets uppfattning är att det är för många strosshål i salvan.

Ta reda på om Oricas borrhåll- och laddplan för SSE är fokuserade på skadezon och kontur.

Täckningen av salvorna tas bort.

Insamlad dokumentation finns på:

G:\t\td\gemensam\Fintätning\Delproj. Bygg\Berguttag slutdokumentation\Berguttag 4

Tidsplan

Nästa berguttag (nr 5) är planerat mellan 29/9–10/10, så ny strategi och beslut om ändringar skall vara tillhanda delprojekt Bygg datum 1/9 för att hinna göra beredning för uttaget.

Övrigt

Resultat och utvärderingar av data från tidigare berguttag gällande ansättning, parallellitet och stickning önskas, för feedback och diskussionsunderlag med stuffpersonalen och som underlag till bonus regleringar.