

KVALITET SOM STYRMEDEL VID BERGSCHAKT UNDER JORD



Aijling G., Christiansson M., Christiansson R., Crilén J., Felldin M.,
Hogård H., Ittner H., Sturk R.

2014-01-10

FÖRORD

Detta projekt har genomförts i samverkan mellan Skanska, NCC och SKB med finansiering från SBUF och de deltagande företagen. Arbetsgruppen har bestått av Rolf Christiansson SKB (projektledare), Maria Christiansson NCC (biträdande projektledare och samordning av NCC insatser), Robert Sturk Skanska (samordning av Skanskas insatser), Henrik Ittner, SKB (projektingenjör) samt teknisk support från Göran Ajling NCC, Magnus Felldin Veidekke (tidigare NCC), samt Hans Hogård och Jörgen Crilén Skanska.

En referensgrupp har följt projektet för att få en bred spridning av resultaten i branschen och säkerställa information till SBUF. Referensgruppen bestod av följande personer:

Håkan Schunnesson, Luleå Tekniska Universitet
Bengt Niklasson, Geosigma
Lars-Olof Dahlström, NCC
Staffan Hintze, NCC
Stig Eriksson, Skanska
Urban Åkesson, Trafikverket

Projektet har genomförts mellan februari och december 2013 med stöd av data från en utbyggnad av SKB:s underjordslaboratorium Äspö Hard Rock Laboratory i Oskarshamns kommun 2012, samt jämförande data från en av Skanskas entreprenader, arbetstunnlar vid Norsborg, Stockholm 2013. Projektet har haft 6 arbetsmöten och 4 referensgruppsmöten. Som ytterligare underlag till denna rapport ställdes en enkät samman till yrkesarbetare inom tunneldrivning verksamma inom både anläggnings- och gruvindustrin. Dessutom anordnades ett seminarium i oktober 2013 om kvalitetsfrågor i bergschakt för tunnel.

Projektgruppen riktar ett varmt tack till finansiärer, referensgrupp samt medverkande i enkäten och seminariet. Speciellt tack till Michael Hermansson, Bergutbildarna som bidrog med rapportens bilaga 4.

Stockholm januari 2014

Rolf Christiansson

SAMMANFATTNING

Denna rapport diskuterar ”kvalitetskrav” i tunnelentreprenad. Det finns många aspekter på vad kvalitet är för denna typ av entreprenad. Här begränsas beskrivning och diskussion till de projektspecifika krav som resulterar i god konturhållning (lite överberg) samt begränsad sprängskadeston, dvs vad som kan beskrivas som bergschaktningsklasser enligt AMA Anläggning, och som ofta läggs i begreppet skonsam sprängning. Frågeställningarna belyser förutsättningar inom teknik (utrustningar etc), utförande inklusive vad som kan vara rimligt att begära kompetensmässigt och ur ett MTO-perspektiv (Människa – Teknik – Organisation). Vidare belyses den vanligaste beskrivningsformen för reglering av tunnelarbeten (AMA Anläggning) och dess förutsättningar och begränsningar att beskriva projektspecifika krav på ”kvalitet” enligt avgränsningen i denna rapport.

Som referens på vad dagens kunskap om sprängdesign och tunneldrivningsteknik kan uppnå har detta projekt nyttjat resultat från en tunnelentreprenad vid SKB:s underjordiska berglaboratorium, Äspölaboratoriet i Oskarshamns kommun som byggdes ut med nya experimenttunnlar 2012. Där tillämpades de speciella krav som SKB har i fråga om konturhållning och begränsning av sprängskadeston. Resultaten från SKB:s uppföljning av entreprenadens kravuppfyllelse har kunnat jämföras, främst avseende konturhållning med en konventionell tunnelentreprenad som påbörjades 2013 i Stockholm. Resultaten visar att konventionell drivning ger ett gott resultat avseende konturhållning, men det gör skillnad om man lägger extra möda på utförandet avseende toleranskrav i borrhning och laddning.

För att uppfylla projektspecifika krav på noggrann konturhållning rekommenderas att man lägger fokus på kravställning och involverar yrkesarbetarna i en process med ambition att nå ständiga förbättringar. I en enkät till yrkesarbetare efterfrågades bl a synen på vad som ger en god konturhållning. Förutom val av borrhstål, tändmedel etc lyfte ett flertal svar fram behovet av mer hål (jämnare fördelning av sprängmedel) samt mer tid för borrhning. Dessa parametrar påverkar naturligtvis kostnad per tunnelsek, och måste tydliggöras till beställare som har specifika kvalitetskrav i sitt projekt.

Implementering av ny teknik, åtgärder för att höja till exempel toleranskraven i borrhning och laddning samt ökat fokus på ständiga förbättringar skulle sannolikt underlättas om man gav sig tid att analysera och arbeta med faktorer som påverkar den aktuella arbetskontexten. Ett praktiskt sätt att inkludera ett sådant MTO-perspektiv i tunnelprojekt är att använda dessa faktorer som en checklista och systematiskt arbeta igenom dem som en del av förändringar/förbättringar man vill åstadkomma. Resultat från både en enkätundersökning och en workshop som genomförts inom ramen för projektet visar att de faktorer som branschen ser som viktigast att arbeta med är; utbildning och utnyttjande av sk ”superusers”, ökat engagemang för kvalitetsfrågor samt kontinuerlig återkoppling.

För projekt med specifika kvalitetskrav bör det bl a beaktas den generellt bredare erfarenhet av tunneldrivning som finns hos entreprenörer, jämfört med flertalet projekterande konsulter. I sådant fall bedömer projektet att konventionell upphandling som utförandeentreprenad inte är optimal. Modeller för samverkansformer i entreprenaden med fokus på de projektspecifika kraven bör studeras närmare. Dessutom bör det utredas djupare former för att involvera entreprenörer med förslag redan under projekteringen. Troligen bör en pre-kvalificeringsprocess vara en lämplig start, där sedan några entreprenörer erbjuds att medverka i projekteringen, i princip upplagt som en tävlan med ersättning, i princip enligt modell för arkitektävling. Modeller för incitament kan också vara värdefullt att utveckla.

Detta projekt har identifierat att AMA anläggning är tunn på förslag till kontrollmetoder för dokumentation av bergschakt. En vision som diskuterats är möjligheten att använda modern borrh- och

laddlogger för automatisk dokumentation av uppnått resultat. Detta är möjligt inom vissa ramar, så länge man är införstådd i de tekniska begränsningarna, såsom hur utsättningen gjorts för riggen och hur kalibrering av borrh- och laddutrustning gjorts. En sådan utvecklingsväg sätter dock nya krav på organisationen och dess kunskaper.

Den enkät som projektet skickade ut till yrkesarbetare resulterade bl a i insikten att många yrkesarbetare anser att de har dålig kunskap om den moderna borrhigen, en betydande andel (26 %) angav dessutom att de inte fått någon utbildning alls. Det rekommenderas att tillsättande av en arbetsgrupp som tar fram förslag på utbildning, och att det även utses en huvudman för sådan utbildning. Krav på dokumenterad yrkeskompetens kan bli ett av urvalskriterierna i samband med upphandling av tunnelentreprenad med projektspecifika kvalitetskrav.

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	6
2	PROJEKTETS SYFTE	7
3	PROJEKTETS PLAN FÖR GENOMFÖRANDE	8
3.1	INDATA	8
3.2	INLEDANDE ANALYS	8
3.3	UTREDNINGAR	8
3.4	FÄLTFÖRSÖK	9
3.5	ÖVRIGT	9
4	REFERENSPROJEKTET ÄSPÖ UTBYGGNAD 2012	9
4.1	MÅL OCH OMFATTNING	9
4.2	KRAV PÅ TUNNELDRIVNING	11
4.3	KONTROLLPROGRAM	11
4.4	METODER OCH UTRUSTNING FÖR KONTROLL OCH DOKUMENTATION	12
4.5	DOKUMENTATION AV ARBETET UNDER UTBYGGNAD AV ÄSPÖLABORATORIET	13
5	HUR BRA ÄR BRA?	14
5.1	RESULTAT FRÅN UPPFÖLJNINGEN AV UTFÖRANDEKRAV FÖR BORRNING OCH SPRÄNGNING PÅ ÄSPÖ	14
5.2	RESULTAT FRÅN FÄLTFÖRSÖKET I SKANSKAS ARBETSTUNNEL I NORSBORG	16
5.3	RESULTAT FRÅN FÄLTFÖRSÖKET VID NORSBORG OCH JÄMFÖRELSE MED ÄSPÖ	17
5.4	ANALYS	17
6	TEKNISKA FRÅGESTÄLLNINGAR	18
6.1	KONTURHÅLLNING - BORRNINGSTOLERANS	18
6.2	SKADEZON – LADDNING, SKJUTNING	20
6.3	UPPFÖLJNING - REGISTRERING OCH DOKUMENTERING	22
6.3.1	<i>Borrsjunkning</i>	22
6.3.2	<i>Konturhållning och uppföljning</i>	22
6.3.3	<i>Loggersystemens kompatibilitet</i>	23
7	MÄNNISKA TEKNIK ORGANISATION	24
7.1	PARAMETRAR SOM PÅVERKAR ARBETSKONTEXTEN – MTO	24
7.1.1	<i>Människan</i>	24
7.1.2	<i>Människan och organisationen</i>	25
7.1.3	<i>Människan och tekniken</i>	25
7.2	KOPPLING TILL TUNNELDRIVNING OCH KVALITETSKRAV	26
7.2.1	<i>Människans förmågor och utbildning</i>	26
7.2.2	<i>Tid och nytta</i>	27
7.2.3	<i>Belöningsystem, incitament</i>	28
7.2.4	<i>Ägarskap</i>	29
7.2.5	<i>Förtroende</i>	29
7.2.6	<i>Verktyg, utrustning och arbetsflöde</i>	30
7.3	ATT IMPLEMENTERA NYA ARBETSSÄTT OCH NY TEKNIK	30
7.3.1	<i>Cenitprojektet i Skanska Asphalt & Betong AB</i>	30
7.3.2	<i>Lärdomar från implementering diskuterade utifrån MTO</i>	30
7.4	REKOMMENDATIONER FÖR TUNNELDRIVNING BASERAT PÅ MÄNNISKA TEKNIK ORGANISATION	31

8	KONTRAKTSRELATERADE FRÅGESTÄLLNINGAR	32
8.1	DAGENS PRAXIS	32
8.2	PARTERNAS SYNPUNKTER	32
8.3	KOSTNADSASPEKTEN AV PROJEKTUNIKA KRAV	33
8.4	SUMMERING.....	33
9	DISKUSSION.....	34
9.1	HUR BRA ÄR BRA – ÄR FRÅGAN RELEVANT?	34
9.2	FORMULERING AV PROJEKTSPECIFIKA KRAV PÅ TUNNELDRIVNING.....	34
9.3	BYGGHERRENS BEHOVSINVENTERING UNDER PLANERINGSFASEN.....	34
9.4	METODER FÖR KONTROLL OCH UPPFÖLJNING	35
9.5	KOMPETENSBEHOV	36
9.6	UPPHANDLING OCH AVTAL.....	37
10	REKOMMENDATIONER	37
11	REFERENSER	39
	BILAGA 1. SEMINARIUM 25 OKTOBER 2013	41
	BILAGA 2 SAMMANSTÄLLNING AV ENKÄTSVAR FRÅN TUNNELARBETARE	59
	BILAGA 3. BERÄKNING AV BORRHÅLSPOSITIONER.....	66
	BILAGA 4. UTBILDARE I BORR- OCH SPRÄNGTEKNIK	74

1 BAKGRUND

Dagens krav på bergschakt i tunnelentreprenader bygger på krav enligt AMA Anläggning, samt tillhörande mät- och ersättningsregler. Kraven är generella utifrån maximalt föreskriven stickning (överberg) samt begränsning av empiriskt bestämd sprängskadezon. Incitamenten för att hålla dessa krav är dock generellt små i konventionella anläggningsprojekt. Eftersom omskjutningar är tidskrävande och riskerar att påverka kostnad och tidplan för entreprenaden, finns tendenser till att hellre borra lite mer utanför kontur och ladda lite hårdare för att undvika intrång (underberg) samt också för att minska risken omskjutning. Omskjutning kan också vara ett arbetsmiljöproblem om sprängämne finns kvar i berget. Detta arbetssätt fungerar normalt bra för tunnlar i normalt svenskt urberg, men kan leda till diskussion i projekt där speciella kvalitetskrav gäller för konturhållning och begränsning av sprängskadezonen.

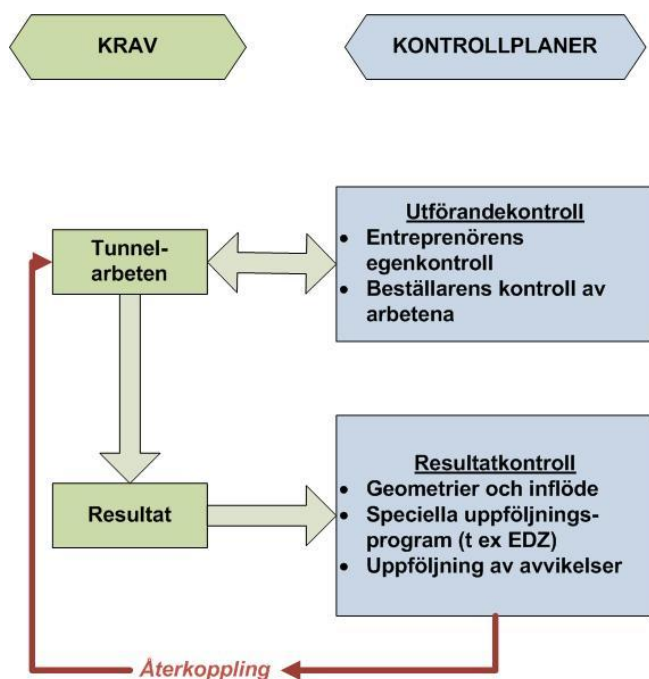
Ett projekt där speciella kvalitetskrav gäller för tunnlar är det av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) planerade slutförvaret för använt kärnbränsle. Sprängskadezonen ska begränsas så att den inte utgör en potentiell flödesväg runt tunnlar efter förslutning, och konturhållningen ska vara så bra som möjligt för att underlägga återfyllning med kompakterad bentonit. Kunskapen om skadezonens betydelse för långsiktig säkerhet har diskuterats länge, se t ex Bäckblom och Martin, 1999, Bäckström m fl, 2009. SKB har tagit fram ett antal krav på slutförvarets tunnlar. Dessa avser dels begränsning i omfattning av sprängskadezon eftersom en sådan kan utgöra en flödesväg efter förslutning av förvaret, dels krav på konturhållning för att minimera kostnad för berggutttag och återfyllning med bentonit, samt för att effektivisera återfyllningsarbetet. Motsvarande krav kan vara aktuella även i mer konventionella projekt med specifika krav. Överberg utöver vad som behövs för maskinplats kräver mer resurs vid utlastning, samt extra sprutbetong. Dessutom kan en omfattande sprängskadezon bidra till inläckaget och därmed isbildningsproblem i trafik-tunnlar (Christiansson m fl, 2009). Vid revidering av AMA Anläggning 10 gjordes uppdateringar baserat på erfarenheter från infrastrukturprojekt i främst Stockholm. Regleringsmodellen utgår från uttagen volym kompletterat med reglering per ytenhet där viss borrhningstolerans eftersträvas. Dock är – så vitt känt för denna projektgrupp - tillämpningen för att mäta av kvalitetskrav som alternativ till, eller tillsammans med produktivitetsfaktorer hittills ytterst begränsad.

SKB har drivit ett antal tunnelprojekt där krav på konturhållning och sprängskadezon tillämpats. Exempel på detta är drivningen av tillfartsrampen till Äspölaboratoriet 1991-1995, Zedex 1997 (Emsley m fl., 1997), TASQ 2002 (Olsson m fl, 2004, Nyberg m fl, 2009), TASS 2008 (Christiansson m fl, 2009, Christiansson och Karlzen 2010) samt nyligen inom Projekt Äspö utbyggnad. Principerna för dimensionering av sprängning bygger på forskningsrönen från Olsson och Ouchterlony (2003). Erfarenheten från dessa projekt är att god konturhållning och skonsam sprängning är möjlig att genomföra i en entreprenad, men att detta är förknippat med risker kopplade till tidsförskjutningar på grund av ökad tid för borrhning och laddning samt risk för omskjutningar. Olsson och Niklasson (2013) har studerat praxis för laddning med modern pumpemulsion och ger rekommendationer på kvalitetsaspekter vid användande av sådant sprängämne vid tunneldrivning.

Borrhningstoleranser har stor betydelse för att sprängämne kommer på rätt plats, och därmed bryter som avsett. Detta påverkar både arean (över – underberg) och skadezonens omfattning. Modern sprängdesign är tillräckligt avancerad för att bryta berget med begränsad sprängskada som följd, förutsatt att man inte överdoserar sprängämnet. I projekt Äspö utbyggnad har det ansatts unika krav på borrhnings- och laddningstoleranser för att säkerställa minimalt överberg och sprängskadezon. Ambitionen har varit att minimera överberg och sprängskadezon för att testa dessa principer inför byggandet av kärnbränsleförvaret, samt att finna former för snabb återkoppling till entreprenören för ständiga förbättringar. Principerna är krav på utförande och hur dessa säkras genom utförandekontroll, samt efterkontroller av resultat, Figur 1.

Kontroll av utförandekrav baserades på nyttjande av data från de loggersystem som finns i borrhigen och laddutrustningen. Detta har visat sig mycket effektivt för direkt kontroll av utförandet. Dock har olika tillverkare av dessa utrustningar lite olika principer för utsättning och registrering av borresultat. En stor effektiviseringspotential i att nyttja modern loggerteknik vore dels bättre samordning i mjukvara mellan tillverkare så att tillämpning i olika entreprenader blir maskinoberoende, dels att mjukvara för laddutrustning skulle kunna nyttiggöra sig borrlagrens registrering av verkligt håldjup.

SKB har anpassat konventionell fotogrammetri för geologisk kartering i tunnlar och den metoden har visat sig ha lika god upplösning som högupplöst laserscanning för areakontroll (över- eller underberg). Fördelen med fotogrammetrin är högre upplösning i bilden, vilket även möjliggör dokumentation av verkligt läge för konturborrhål, vilket snabbt kan jämföras med jumbons MWD-data. SKB tillämpar ytgeofysiska metoder för resultatkontroll av sprängskadezonens omfattning inom ett separat projekt.



Figur 1 Relation mellan krav och kontroller inom SKB:s projekt Äspö utbyggnad.

2 PROJEKTETS SYFTE

Projektets syfte var att utreda möjligheten och ta fram förslag på utförandekrav och kontraktutformning för bergschakt baserat på kvalitetskrav. Ambitionen var att sådana krav ska beakta både konturhållning och begränsning av sprängskadezon, samt dokumentation av arbetet. Utveckling av strategier för egenkontroll baserat på nyttjande av modern loggerutrustning i borr- och laddutrustning diskuterades utifrån MTO-perspektiv (Människa Teknik Organisation). Frågan om mät- och ersättningsregler kopplade till kvalitet har också behandlats.

Erfarenheterna från SKB:s forskningsprojekt inom tunnelbyggnad och deras unika krav och hur dessa krav har verifierats och tillämpats under en entreprenad vid Äspö Hard Rock Laboratory under 2012 har ställts till projektets och SBUF:s förfogande. Förhoppningen är att dessa erfarenheter kan vara till nytta för SBUF:s medlemsföretag, samt kunna stimulera till debatt inom bergbyggnadsbranschen och leda till förslag på utveckling av rutiner för egenkontroll där modern loggerteknik används.

3 PROJEKTETS PLAN FÖR GENOMFÖRANDE

Projektarbetet har baserats på analys av data och erfarenheter från SKB:s projekt 2012 avseende utbyggnad av Äspölaboratoriet för att besvara övergripande frågeställningar kopplat till målformuleringen ovan.

3.1 Indata

Projektet fick tillgång till de krav som SKB ställt på toleranser för borrning, laddning och skadezon, samt de dokumenterade resultaten. Viktig indata är produktionsdata från borr- och laddlogg, laddsekvens och sprängjournal samt borr-, ladd- och tändplaner. Dessa data återges i kapitlen 4 och 5. Därutöver finns resultat dokumenterade genom ifyllda kontrollplaner och SKB:s uppföljning av verklig tunnelarea.

Under utredningsarbetets gång identifierades även behovet att genom en enkät fånga yrkesarbetarnas syn på nyttjandet av modern loggerutrustning i borrjumbon. Genom projekt- och referensgruppens nätverk erhöles 53 svar från anläggning och gruva (26 respektive 27 svar), se bilaga 2.

3.2 Inledande analys

Arbetsgruppen analyserade SKB:s data utifrån dels dataflödesprocessen, dels utifrån förutsättningarna för projektet att utreda alternativa mät- och ersättningsregler som premierar t ex god konturhållning. Analys av möjliga felkällor i data och precision i resultat gjordes liksom kostnad – nytta analyser av det som bedöms rimligt att implementera i konventionell entreprenad.

3.3 Utredningar

Utredningar inom nedanstående frågeställningar gjordes efter inledande analysen:

Kontraksrelaterade frågeställningar:

- Hur utformas ett kontrakt för att ge incitament till en entreprenör att följa hårt satta krav på konturhållning och sprängskadezon?
- Vad är rimliga krav på kvalitetsplaner för utförandekontroller för att verifiera att krav relaterade till konturhållning och sprängskadezon har innehållits? Vad är rimlig ambitionsnivå vid nyttjande av modern loggerteknik i borr- och laddutrustning?

Tekniska frågeställningar:

- Vilka osäkerheter finns idag i loggersystemen i konventionella borr- och laddutrustningar som bedöms påverka dokumentation av konturhållning och skadezon.
- Vilka förslag på samordning av mjukvara för borr- och laddutrustning kan vara rimlig att begära så att alternativa krav med uppföljning via loggers så att kraven blir oberoende av viss tillverkare?
- Vad är behovet av uppföljningsverktyg för tunneldrivning med höga krav på konturhållning och skadezon? Vilka system kräver förbättringar och vilka fungerar bra i dagsläget? Hur kan systemen integreras så att en helhetsbild kan vara tillgänglig under produktion.
- I vilket skede, och med stöd av vilka data är det lämpligt att ge återkoppling till tunnelfronten för att etablera en process av ständiga förbättringar? Detta förutsätter nära samarbete med maskinleverantör.

MTO-perspektiv

- Hur realistiskt är det att operatören kan nyttja modern loggerutrustning för att ”on line” följa resultatet av sitt arbete?
- Vad är dagens tilltro/misstänksamhet mot loggerutrustning?
- Hur bör informations-, kommunikations- och beslutsvägar se ut i organisationen för att optimera utförandet?
- Vad är en rimlig ambitionsnivå, beaktat även krav på dokumentation?

3.4 Fältförsök

Jämförande tester kunde utföras vid Skanskas bergentreprenad E2 i Norsborg, Stockholm. Jämförelsen avsåg främst hur bra konturhållning och kalibrering av borrhög man erhåller i ett konventionellt tunnelprojekt, jämfört med resultaten från Äspö utbyggnad 2012.

3.5 Övrigt

Samverkan med maskinleverantörer etablerades under projekttiden. I projektplanen ingick även att hålla ett seminarium med branschföreträdare för att få brett underlag till slutrapportering (bilaga 1). Resultat från en enkät till yrkesarbetare (bilaga 2) var ett bra underlag i dialog med maskintillverkare, och som diskussionsunderlag vid seminariet som hölls 25 oktober 2013 (bilaga 2).

4 REFERENSProjektet ÄSPÖ UTBYGGNAD 2012

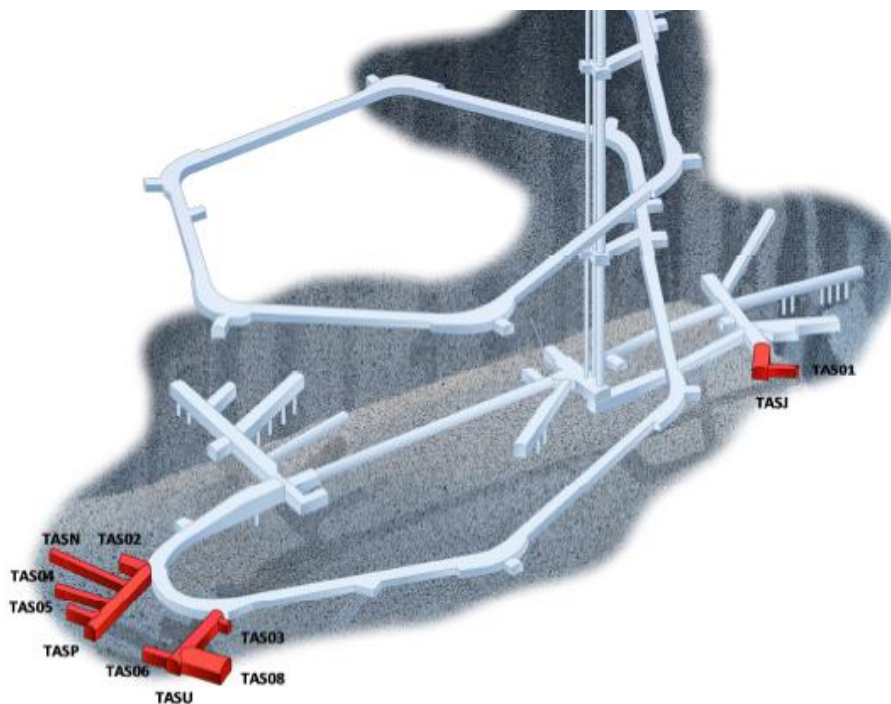
4.1 Mål och omfattning

Tunneldrivningen i projekt Utbyggnad Äspölaboratoriet 2011-2012 har genomförts för att skapa utökade utrymmen för framtida experimentplatser under jord för fortsatt teknikutveckling i fullskala och under realistiska förhållanden. Projektet har varit indelat i tre delprojekt med ansvarområden undersökning/karaktärisering, projektering respektive tunneldrivning.

Målet för projekt Utbyggnad Äspölaboratoriet 2011-2012 var att

1. Skapa utökade och nya möjligheter – nya experimentplatser under jord – för fortsatt teknikutveckling i fullskala och under realistiska förhållandena
2. Befästa och ytterligare stärka Äspölaboratoriets roll som en öppen nationell och internationell anläggning för forskning och teknikutveckling inom kärnavfallsbranschen samt inom forskningsområden/branscher där anläggningens möjligheter kan tillvaratas.
3. Att inför byggstarten av Kärnbränsleförvaret inleda förberedelser med avseende på test och vidareutveckling av metoder och teknik i form av:
 - a. detaljundersökning och dokumentation av rådande förhållanden i berget
 - b. projektering och upphandling av bergentreprenader
 - c. byggande i berg inklusive uppföljning och styrning av bergentreprenader

Det tredje målet baserades på en ambition att projektet bidrar med förberedelser avseende test och vidareutveckling av metoder och teknik inför byggstarten av Kärnbränsleförvaret. Projektet genomfördes i tre delprojekt, karakterisering, projektering samt tunneldrivning. Delprojekt Tunneldrivning har haft uppgiften testa och vidareutveckla metoder och teknik för bergbyggande, inklusive uppföljning och styrning av bergentreprenader.



Figur 2. Isometrisk vy över Äspö under -220 m nivån, tunnlar som byggdes 2012 är markerat med rött. TASJ till höger i bild är beläget på -450 m nivån, övriga delar är belägna på -410 m nivån.

Utbyggnaden av Äspölaboratoriet utfördes på -410 m nivån samt -450 m nivån. Totalt drevs 308 m tunnlar i form av tre transporttunnlar och åtta experimenttunnlar, se figur 1. Tunnlarna in till de nya experimentplatserna (TASU och TASP) har en tvärsnittsarea på 39 m². Experimenttunnlarna (nischerna) har olika tvärsnittsareor. Erfarenheterna från TAS04 och TASN är referens till detta projekt. De är utförda enligt krav som ställs på SKB:s planerade deponeringstunnlar, och har en tvärsnittsarea på 19 m². De har en längd på 31 respektive 46 m. Förinjektering erfordrades för TASN, medan TAS04 kunde lokaliseras till betydligt torrare berg där förinjektering inte behövdes.



Figur 3. Miljöbilder från drivningen av de experimenttunnlar som utgjorde projektets referens.

4.2 Krav på tunneldrivning

För att uppnå långsiktig säkerhet i ett slutförvar ställs bl a krav på den utförda och återfyllda tunneln. Detta avser den storskaliga hydrauliska konduktiviteten som en deponeringstunnel ska uppnå genom att återfylla tunnlar samt minimera utbredningen av den från sprängningen skadade zonen i kvarstående berg. Kravet är formulerat: ”Sprängskador ska begränsas och får inte leda till en sammanhängande effektiv transmissivitet, utefter en betydande del (minst 20–30 m) av deponeringstunneln och medelvärdesbildat över tunnelsulan, som är högre än 10^{-8} m²/s”. Referensmetoderna för utbyggnad ska resultera i bergutrymmen som överensstämmer med konstruktionsförutsättningarna för EDZ (Excavation Damage Zone), geometri och inflöde. Referensmetoden för bergschakt av deponeringstunnlar är skonsam sprängning. Erfarenheter visar att förutsatt att lämplig styrning av borr- och sprängförfarandet tillämpas så kan tunnlar byggas med godtagbar geometri och sprängskadezon i termer av få spränginducerade sprickor (Olsson och Markström 2009, Ericsson et al 2009, Karlzén och Johansson 2010).

Återfyllnaden och risken för läckagevägar ställer stora krav på geometri, kontur och skadezon i berg (SKB 2010). Målsättningen var att med detaljkrav och uppföljningar genom kontrollprogram kunna nå kraven från kärnbränsleförvaret:

- Tillåten bergvolym utanför teoretisk kontur fick inte överstiga 30 volym-% per salva (”överberg”)
- Max stickning satts till 30 cm
- Ingen tillåten bergvolym innanför teoretisk kontur (”underberg”)
- Ansättning skulle göras 5 cm utanför teoretisk kontur

Det konventionella begreppet bergschaktningsklass enligt AMA Anläggning användes inte. I stället tillämpades radiell avvikelse. Kravet var att påhuggsnoggrannheten för kontur och hjälpare inte skulle vara större än ± 7 cm, och att tillåten avvikelse för konturhål vid hålbotten skulle vara mindre än ± 20 cm.

Baserat på främst erfarenheterna som rapporterades av Karlzén och Johansson 2010 ansattes mängden sprängämne för de olika håltyperna. Laddningstoleranser baserades på laddutrustningens precision, tabell 1.

Tabell 1. Laddningstoleranser för SKB:s experimenttunnlar 2012.

Håltyp	Strängladdning [kg/m]	Tolerans [kg/m]	Bottenladdning [kg]
Kontur	0,35	$\pm 0,05$	0,4
Hjälpare och sula	0,5	$\pm 0,05$	0,5
Kil och stross	1,8	$\pm 0,10$	Fullt hål

4.3 Kontrollprogram.

Kontrollprogrammet för Utbyggnaden av Äspölaboratoriet 2012 omfattade entreprenörens egenkontroll, dokumentation av arbetet och beställarens kontroll av resultat och levererade dokument.

Kontrollprogrammet visade principerna för vad som skulle kontrolleras beroende på aktivitet och resultat och var en del av den tekniska beskrivningen för projektet. Baserat på kontrollprogrammet tog entreprenören tillsammans med SKB fram 6 kontrollplaner där typ av kontroll, frekvens och ansvar definierades för olika aktiviteter. Dessa kontrollplaner ligger inom Utförandekontroll enligt figur 1. Kontrollplanerna innehöll också hänvisningar till dokumentet där krav för respektive kontroll formulerats. Kontrollplan 1 innehåller kontroller relaterade till salv- och injekteringsborrning. Kontrollplan 2 fokuserar på laddning och sprängning. Kontrollplan 6 definierar kalibrering av arbetsutrustning, t.ex.

borrigg, laddutrustning och instrument för geodetisk inmätning. Nedan följer en lista på samtliga kontrollplaner.

1. Kontrollplan nr 1 – 1. Borrning salvhål, 2. Borrning injekteringshål
2. Kontrollplan nr 2 – 1. Laddning salva, 2. Sprängning salva, 3. Omskjutning
3. Kontrollplan nr 3 - Injektering
4. Kontrollplan nr 4 –1. Skrotning, 2. Bultning
5. Kontrollplan nr 5 -1. Sprutbetong, 2 Bergnät
6. Kontrollplan nr 6 - Arbetsutrustning

Resultat från kontrollplan nr 1, 2 och 6 har använts som underlag för analys och diskussion inom detta projekt.

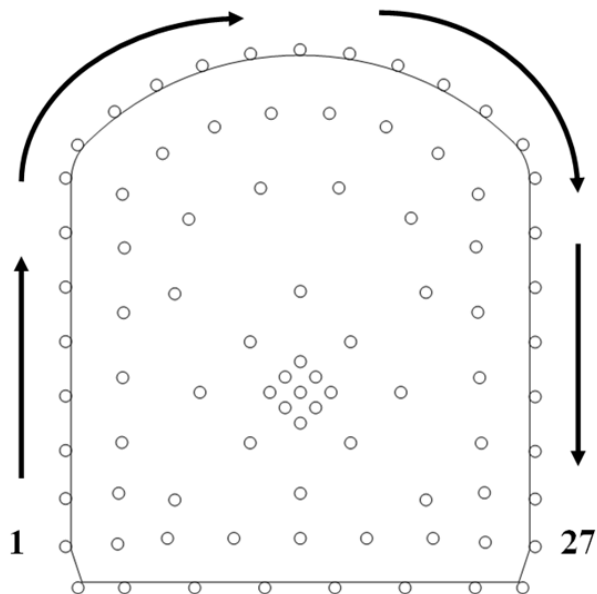
4.4 Metoder och utrustning för kontroll och dokumentation

För borrning användes en Sandvik DTi utrustad med mjukvaran iSure. Borriggen levererades ny från fabrik vilket bidrog till att säkerställa möjligheten till att uppnå bästa möjliga resultat. Mjukvaran iSure möjliggjorde visualisering av borrlagg, dvs MWD och positionering, i 3D. Före sprängning mättes alltid läget in för ansatta konturhål, samt läget för konturhålens slutpunkter från föregående salva. Därmed säkerställdes möjligheten till uppföljning av föreskrivna krav på borrtoleranser. Informationen kan även användas för att undersöka hur bra borriggens registrering motsvarar det verkliga resultatet. SKB har utvecklat ett system för geologisk kartering av tunnlar som baseras på fotogrammetri. Den fotogrammetriska dokumentationen ger samtidigt geometrisk dokumentation. SKB utreder närmare hur den fotogrammetriska dokumentationen kan utvecklas till ett systematiskt kontrollmedel för borrningstoleranser, eftersom synliga konturhål kan karteras i den fotogrammetriskt upprättade modellen.

För att utvärdera inmätta borrhål mot ställda krav utvecklades en algoritm med stöd av programvaran FME (Feature Manipulation Engine) som kan manipulera, bearbeta och transformera data. FME kan konvertera data mellan många olika format, både filformat och databasformat och programmet kan hantera både raster, vektor och tabelldata. Algoritmen beskrivs i bilaga 3.

För laddning med emulsionssprängämne användes en laddutrustning av märke Forcic Nobel Mix Mini. Kontrollerad laddning med sträng tillämpades i kontur-, hjälpar- och bottenhål. Efter att laddslangen förts in till botten av hålet drogs slangen ut med en för ändamålet framtagen utrustning med elektrisk motor. Detta säkerställde konstant hastighet vid strängladdning och god precision. Mängd laddad emulsion loggades i kronologisk ordning för varje enskilt hål. Entreprenören noterade i vilken sekvens hålen laddats och med detta som underlag kan borrrplan, borrlagg och laddlogg kopplas ihop vid behov för att identifiera laddmängd i enskilda hål, se figur 4. Därmed kan laddningsmängd relateras till rätt hål. Detta begränsades till kontur, sula och hjälparhål.

Elektriska sprängkapslar användes i konturen för att säkerställa simultan upptändning i så stor utsträckning som möjligt. Syftet med detta var att begränsa omfattningen av skadezonen. För övriga håltyper användes Nonel LP-serien.



Figur 4. Exempel på laddsekvens för konturhål. Laddningen startar i nedre vänstra hålet (nummer 1) och fortsätter medurs.

4.5 Dokumentation av arbetet under utbyggnad av Äspölaboratoriet.

Under utbyggnaden av Äspölaboratoriet 2012 genomfördes omfattande dokumentation av bergarbetena. Dokumentation är viktig för SKB för att det skall vara möjligt att verifiera och säkerställa spårbarhet i utförandet. Dokumentationen är också av stor vikt att öka förståelsen för hur utförandet påverkar resultatet i termer av geometri och skadezon.

Dokumentationen från borrning, laddning, sprängning och geometriuppföljning för de två experimenttunnlarna TASN och TAS04 användes som underlag för analys och diskussion inom detta projekt. Nedan följer en lista på den dokumentation som tillgängliggjordes för projektmedlemmarna.

Borrning:

Borrlogg

Observationer (Flyttade hål, kommentarer om svårigheter vid påhugg etc)

Geodetisk Inmätning av ansättning och slutpunkt för konturhål (ej inmätta slutpunkter för bottenhål)

Laddning:

Laddlogg

Laddsekvens

Tändplan

Sprängning:

Sprängjournal

Dokumentation om kvarstående berg

Vibrationsdata

Eventuell sprängjournal för omskjutning

5 HUR BRA ÄR BRA?

I detta kapitel jämförs resultaten avseende borrholerans mot ställda krav från de två experimenttunnlar på Äspö som användes som referens för detta projekt (TAS04 och TASN). För jämförelse används en del av arbetstunnlar i entreprenad Norsborg som Skanska bygger på uppdrag av SL. De krav på schaktningstolerans som ställs på respektive entreprenad är olika, jämförelsen görs därför mot kravuppfyllnad i respektive projekt, inte mot varandra.

Som nämnts i avsnitt 4.2 krävställdes inte SKBs utbyggnadsprojekt med bergschaktningssklass enligt AMA, men resultaten jämförs här mot bergschaktningssklass 1 enligt AMA Anläggning 13. Skanskas entreprenad Norsborg skulle uppfylla bergschaktningssklass 2 enligt AMA Anläggning 07. En jämförelse ges i tabell 2. Dessutom kunde Skanskas resultat jämföras mot SKB:s krav på ”radiell avvikelse”.

Vid utvärderingen av borrholerans användes både inmätta hål och dataloggerens registrering av konturhålets påhugg och slutpunkt. Analyser av borrholeranser med en tillämpning SKB utvecklat baserat på programvaran FME (se bilaga 3).

Kravuppfyllnad på laddning av konturhål redovisas för SKB:s tunnlar, men motsvarande data fanns ej från Skanskas entreprenad.

Tabell 2. Bergschaktningssklasser enligt AMA Anläggning 07 och 13

Bergschaktningssklass/ Bergschaktningstolerans	Största tillåtna mått uttryckt som medelvärde av c och d – för avståndet mellan schaktad bergkontur och teoretisk kontur	Största tillåtna avvikelse för enskilt borrhål i vägg och tak i förhållande till teoretisk bergkontur	Största tillåtna avvikelse för enskilt borrhål i botten i förhållande till teoretisk bergkontur
Krav enligt AMA 07			
1	0,30 m	0,70 m	0,80 m
2	0,35 m	0,80 m	0,90 m
3	0,40 m	0,90 m	1,00 m
Krav enligt AMA 13			
1	0,25 m	0,35 m	0,40 m
2	0,30 m	0,70 m	0,80 m
3	0,35 m	0,80 m	0,90 m
4	0,40 m	0,90 m	1,00 m
Medelvärde för mått c och d beräknas enligt formeln $\frac{c+d}{2}$. c = avstånd mellan påhugg och teoretisk kontur, d = avstånd mellan slutpunkt och teoretisk kontur			

5.1 Resultat från uppföljningen av utförandekrav för borrholerans och sprängning på Äspö

Resultat från uppföljning av utförandekrav visar att en stor andel, 87 % respektive 83 %, av slutpunkterna TAS04 och TASN uppfyller utförandekraven på borrholerans. Figur 5 visar sammanställning av radiell avvikelse i slutpunkt gentemot teoretisk borrholerans för de två tunnarna. Utvärderingen är baserad på den geodetiska inmätningen av slutpunkter efter sprängning.

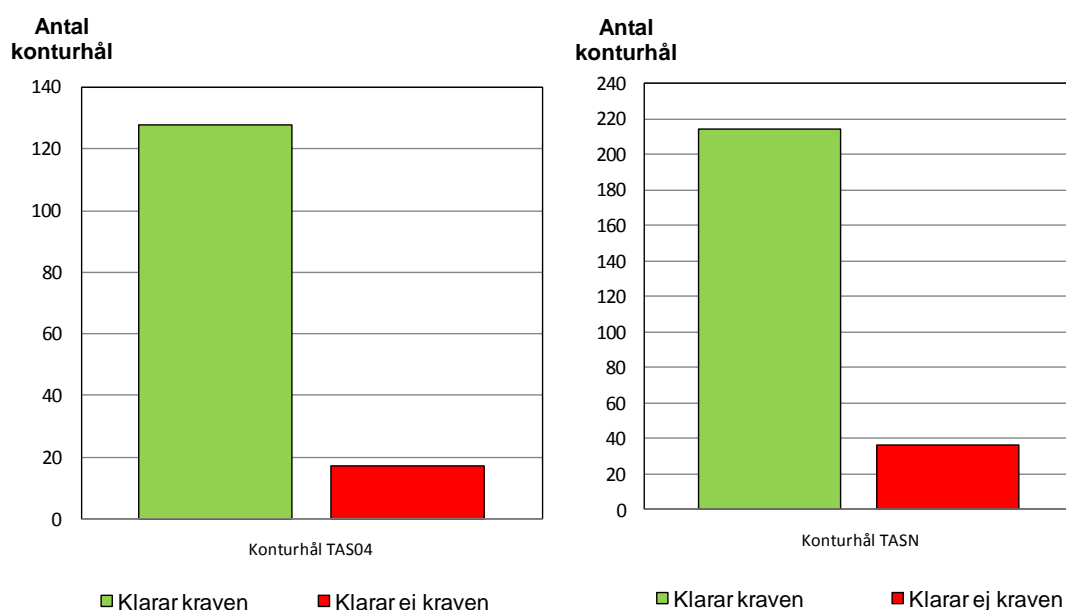
Resultat av uppfyllelse enligt AMA:s bergschaktningstolerans visas i tabell 3. Som framgår av tabellen (högra kolumnen) uppfylls krav enligt bergschaktningssklass 1 i AMA Anläggning 13, med reservation att

enstaka hål överskrider krav på maximal stickning. Det faktum att slutpunkter enligt inmätt redovisar en genomsnittlig stickning som är mindre än den som registrerats av borrloggen kan ha flera orsaker:

- Manuell inmätning har högre precision än borrloggerns registrering. Dock är registrering av påhugg (c_{medel} i tabell 3) lika.
- Maskinen kan inte registrera borrhålsavvikelse.
- Manuell inmätning har inte hittat alla hål, förmodligen för att det varit bergutfall. Det har inte utredds om dessa håls lägen sammanfaller med lokalt mer överberg.
- De inmätta hålets slutpunkt i konturen är inte alltid hålets slutpunkt. Skillnaden mellan inmätta salvländer och medelborrdjup är 12 – 15 cm. Det mesta av kvarstående berg var lokaliserat till konturen.

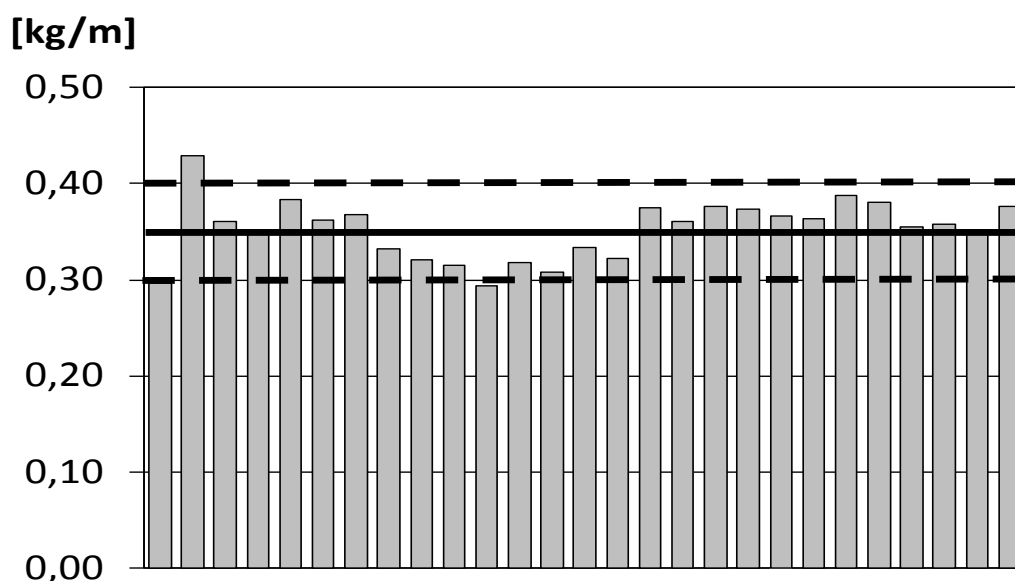
Tabell 3. Utvärdering av påhuggs- och slutpunkter från TAS03 och TASN, Alla mått är i meter.

TASN, TAS04	c_{medel}	c_{min}	c_{max}	d_{medel}	d_{min}	d_{max}	antal_borrhål	$\frac{c+d}{2}$
Inmätt, medelvärden	0,07	0,01	0,14	0,32	0,17	0,49	397	0,20
Maskin medelvärden	0,07	0,02	0,13	0,38	0,21	0,49	546	0,23



Figur 5. Vänster: Resultat för slutpunkter TAS04 87 % klarar kravet ± 20 cm avvikelse i slutpunkt Höger: Resultat för slutpunkter i TASN. 83 % klarar kravet ± 20 cm avvikelse i slutpunkt

Krav på laddning i kontur, sula och hjälpare kunde följas upp enligt principer som beskrivs i avsnitt 4.4. Exempel på uppföljning av laddningen i en salva ges i figur 6. I genomsnitt hölls krav på laddningskoncentration för kontur- och hjälpar/sulhål, men kontroll av specifik laddning visar att den var i genomsnitt ca $2,87 \text{ kg/m}^3$ mot avsett $2,63 \text{ kg/m}^3$.



Figur 6. Laddningsfördelning i konturhål 1 – 27 för en salva i TASN. Heldragen linje markerar kravet och streckade linjer tolerans, jämför tabell 1.

5.2 Resultat från fältförsöket i Skanskas Arbetstunnel i Norsborg

För att jämföra resultaten från utbyggnadsprojektet på Äspö, där stränga krav på kvalitet och uppföljning ställdes, genomfördes inom ramen för detta projekt geodetisk inmätning av start och slutpunkter i en arbetstunnel på Skanskas entreprenad i Norsborg. Inmätningarna omfattade totalt 36 konturhål från 6 olika salvor. Information om att mätningarna skulle genomföras gick inte ut till operatören i förhand, vilket betyder att data speglar de normala förhållandena under produktion. För drivning används en Atlas Copco XE3-C30, som köptes ny till projektet.

Resultat av uppfyllelse enligt AMA:s bergschaktningstoleransvisas i tabell 4. Baserat på resultat av inmätta hål har kravet på bergschaktningsslag 2 enligt AMA Anläggning 07 innehållits, även avseende avvikelse för enstaka hål. Om man generellt ansatt 1 dm utanför kontur istället för 2 dm (kolumn c_{medel}) hade bergschaktningstolerans 1 enligt AMA Anläggning 13 troligen innehållits. För diskussion om skillnad mellan manuellt inmätt och registrerat av borrhög, se diskussion i avsnitt 5.2.

I jämförelse mellan tabeller 3 och 4 verkar båda projekten ha förutsättningar att uppfylla sina respektive krav på bergschaktningsslag. Det bedöms rimligt att man i projekt Norsborg skulle kunna innehålla en högre bergschaktningsslag genom att minska hur långt utanför teoretisk kontur man hugger på konturhålen.

Tabell 4. Utvärdering av påhuggs- och slutpunkter från Norsborg, Alla mått är i meter.

Norsborg	c_{medel}	c_{min}	c_{max}	d_{medel}	d_{min}	d_{max}	antal_borrhål	$\frac{c+d}{2}$
Inmätt, medelvärden	0,21	0,11	0,33	0,39	0,24	0,60	36	0,30
Maskin medelvärden	0,20	0,13	0,24	0,67	0,57	0,78	36	0,43

5.3 Resultat från fältförsöket vid Norsborg och jämförelse med Äspö

En central frågeställning gällande uppföljning av resultat från borring är borrhiggens förmåga att logga position för påhugg och slutpunkt. För att jämföra resultaten från utbyggnadsprojektet på Äspö, där unika krav på kvalitet och uppföljning ställdes, genomfördes inom ramen för SBUF-Projektet geodetisk inmätning av start och slutpunkter i en arbetstunnel på Skanskas entreprenad i Norsborg. Inmätningarna omfattade totalt 35 konturhål från 6 olika salvor. Information om att mätningarna skulle genomföras gick inte ut till operatören i förhand, vilket betyder att data speglar de normala förhållandena under produktion. Tabell 5 visar radiell avvikelse i slutpunkt mellan av borrhiggen registrerat läge från arbetstunneln i entreprenaden i Norsborg tillsammans med resultat från TASN och TAS04 på Äspö. Utvärdering av radiell avvikelse är ett av SKB föreslaget sätt att uppskatta precisionen i borring av främst konturhål.

Tabell 5 Radiell avvikelse i slutpunkt mellan av borrhiggen registrerat läge från arbetstunneln i entreprenaden i Norsborg tillsammans med resultat från TASN och TAS04 på Äspö.

Tunnel	Borrhigg	Minsta	Medel avvikelse	Största
TASN, Äspö	Sandvik DT920i	1 cm	14 cm	38 cm
TAS04, Äspö	Sandvik DT920i	1 cm	14 cm	42 cm
Arbetstunnel, Norsborg	Atlas Copco XE3-C30	4 cm	27 cm	57 cm

5.4 Analys

Det går inte att jämföra absoluta tal mellan projekt som har olika krav på borringstolerans. Resultaten av inmätta konturhål visar dock att båda projekten innehåller sina respektive krav. Det har också observerats att man i projekt Norsborg hugger på i genomsnitt ca 20 cm utanför teoretisk kontur. Det bedöms att en trimning av påhugget mot ett lägre övermått skulle innebära att projekt Norsborg kan innehålla en snävare bergschaktningsklass enligt AMA Anläggning.

Med det föreslagna toleransmättet ”radiell avvikelse” förefaller det att SKB:s projekt uppnått bättre precision i genomsnitt, se tabell 5. I båda projekten användes nya borrhigar så skillnad i maskintyp bedöms inte ha betydelse. Däremot kan skillnad i tunneltvärsnitt ha betydelse. TAS04 och TASN hade tvärsnittsarea på ca 20 m², medan arbetstunnlarna i Norsborg har tvärsnittsarea ca 60 m². Den större arean medför större utlägg på bommarna, och möjligen något ökad osäkerhet i att avsedd borringstolerans innehålls. Beställarens fokus på borringstolerans för TAS04 och TASN kan också möjligen ha bidragit till skillnad i resultat.

Frågan i rubriken: ”hur bra är bra?” kan ha många svar. Båda projekten har visat att man kan uppfylla ställda krav. SKB:s projekt har visat att man också kan uppfylla snävare krav på borringstolerans på konturen än vad som normalt efterfrågas. SKB:s projekt har även visat att användande av modern laddutrustning kan uppfylla snäva toleranser på laddningsmängd i kontur och hjälpare.

6 TEKNISKA FRÅGESTÄLLNINGAR

6.1 Konturhållning - Borrningstolerans

Geologin styr i mångt och mycket resultatet vid borrning. Om det finns strukturer som styr iväg borren så kan man inte motverka det i borrhingsprocessen. Vet man var dessa finns kan man dock planera in kortare salvor inom det partiet för att minska risken att borren styrs iväg och därmed öka borrhingsnoggrannheten. Kunskap om geologiska strukturer som kan påverka borrhningen kan finnas via prognoser från förundersökning, eller byggas upp successivt genom uppföljning av geologins påverkan på borrhningen. Geologiska förhållanden som påverkar borrhningen är i sammanfattning främst relaterat till bergets sprickighet. Sprickor i liten vinkel till borrhriktningen kan tendera styra borrhålet. När borrhkronan passerar sprickor i större vinkel kan en större avverkning ske i den del av borrhålet som först träffar sprickan, vilket kan leda till borrhålsavvikelse. Borrhjunkningen kan dock ge en fingervisning om det är strukturer i berget som styr iväg borren; om man i ett visst läge får kraftigt stångfriktion är det troligt att borren drar snett.

Moderna riggar har automatiska positioneringssystem som anger ett exakt läge på bommen. Precisionen på borrhning med automatik är dock inte bättre än i storleksordningen ± 10 cm vid påhugg och något sämre vid hålavslut. Detta förutsätter dock utsättning med totalstation, figur 7. Möjligen kan precisionen vara bättre i en liten tunnel där bommarna har mindre utlägg.



Figur 7. Princip för positionering med totalstation.

I vår enkät till operatörerna svarade 57 % av de som arbetade inom anläggning och 26 % av de som arbetade i gruvindustrin att de såg det som en hjälp att få konturen påmålad på stuff, se bilaga 2. Vi har gjort den tolkningen att trots att vi idag har modern teknik så vågar inte operatörerna lita helt på tekniken, de vill ha någon slags verifikation på att riggens kalibrering är god.

Borrhrigens leder slits med tiden och efter ett tag börjar de glappa. Denna förändring kompenseras inte fullt ut och det medför att lägesgivarna ger mer avvikande värden med tiden och att borrhingsnoggrannheten minskar.

Riggens kalibrering är central. Det finns idag inget varningssystem för att riggens bommar inte håller avsedda precisionskrav, det märks först efteråt när fel uppstått. Riggen måste kalibreras regelbundet och med rätt förutsättningar. Bommarnas nedböjning kompenseras i datorn, men om man kalibrerar riggens rörelser med fyllda magasin och sedan går ut och borrar salva utan magasinerna på plats, så kommer rörelserna att avvika. Det är normalt mekanikerna som ansvarar för att kalibreringen utförs inom

föreskrivna tidsintervall, men eftersom det är operatören som har chans att märka eventuella avvikelser borde nog operatören ta mer aktiv del.

Borringsnoggrannheten ökar och hålen blir rakare om man använder ett styvare borrarstål, t ex med tjockare gods eller med grövre diameter. Man får också stadigare borrning med en styrkrona med längre gänga. Vid långa borrhål, t ex för injektering, kan det vara lämpligt med en retraktkrona och styrstång som första stång.

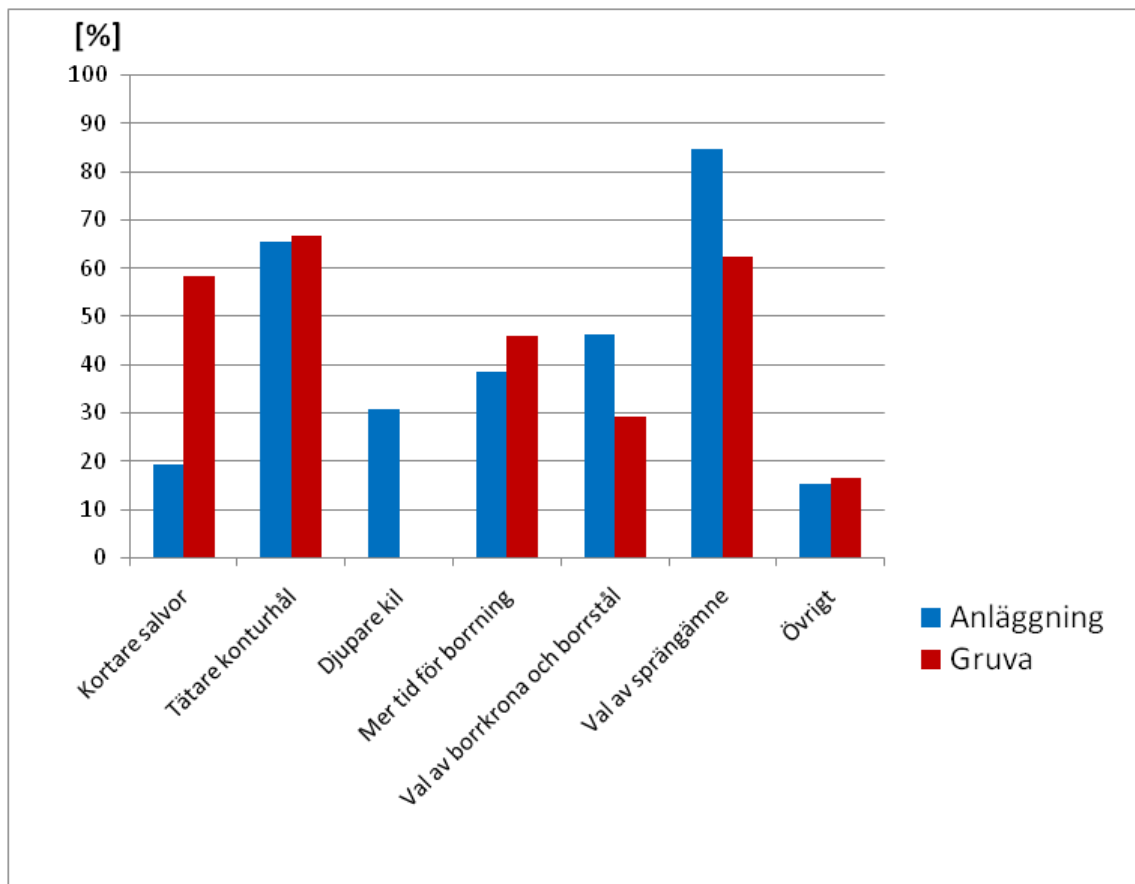
Påhugget är viktigt och den första metern bör borraras med reducerad matning, därefter kan man öka successivt. Detta går att ställa in med automatik på moderna riggar, och det minskar risken för fastborrning. Med lägre matartryck hela hålets längd tar det förstås längre tid att borra hålet, men det finns undersökningar som visar att hålen blir märkbart rakare. Omvänt har man sett att med högre matningskraft finns det en risk att precisionen minskar.

Erfarna borrar vill kunna göra egna korrigeringar vid behov, om de t ex inte får ett bra påhugg vill de kunna knäcka till i början på hålet för att få ett bra slutresultat. Detta påverkar dock loggfilen.

Att slipa om kronorna är på mindre projekt ett manuellt hantverk och de som utför detta är olika skickliga. Om kronan ändrar utseende så påverkas även data för MWD, borrsjunkning etc. Genom att ställa krav på slipningen kan borrhålets tolerans öka.

Borrningstoleransen minskar med längre hål, så genom att korta salvorna generellt kan man öka borrhålets tolerans och därmed få en bättre konturhållning.

I vår enkät till maskinoperatörerna ställde vi frågan; Om beställaren anser att det är viktigt att få en slät kontur med så liten sprängskadezon som möjligt, vad tycker du är viktigast att satsa på? Detta var en fråga man kunde lämna fler svar på, varvid en stor andel svarade ”Borra tätare konturhål” respektive ”Mer tid för borrning”, vilket delvis hänger ihop. Ett antal tyckte även att man bör korta salvlängden, se figur 8. Förutom val av sprängämne är samtliga åtgärder kopplat till tid, dvs entreprenadkostnad.



Figur 8. Sammanställning av enkät med frågan ” Om Beställaren anser att det är viktigt att få en slät kontur med så liten sprängskadezon som möjligt, vad tycker du är viktigast att satsa på? Markera gärna 1-3 alternativ om du anser att fler alternativ är av betydelse”.

Idag finns inget förarbevis eller certifiering av borrarare, genom att utbilda operatörerna tror vi att vi får ökad kvalitet. Se avsnitt 9.5.

6.2 Skadezon – Laddning, skjutning

Omfattningen hos skadezonen i kvarstående berg utanför tunnelkonturen brukar bedömas med hjälp av handboken ”Sprängarens lilla röda”. Fördelen med att denna ofta används är att alla entreprenörer räknar på samma sätt i anbudsskedet. Den bygger dock endast på praktiska tumregler avseende de sprängningsinducerade sprickornas utbredning. Underlaget till dessa tumregler baseras främst på begränsade försök av Swebrec i täkter (Olsson och Ouchterlony, 2003) så det är osäkert hur relevant bedömningen av sprängskadezonen är för olika bergarter. Förutom att berget kan behöva mer omfattande förstärkning om skadezonen ökar, så kommer sprickorna att göra berget mer vattenförande (Christiansson m fl, 2009).

Det är få beställare som följer upp hur stor skadezon man fått i projektet, trots tydliga krav i kontraktet. Ofta tittar man i stället på hur arbetet utförs och hur fin kontur man får. En anledning är att det är mycket omständligt att utvärdera skadezonen, det finns inga bra alternativ till att såga ut ett stycke berg i tunnelkonturen och göra en kvalificerad bedömning av vilka sprickor som är sprängningsinducerade och hur långt de går. Det pågår dock olika utvecklingsprojekt där man undersöker olika fältmetoder för att hitta enklare sätt att bedöma uppkommen skadezon främst med geofysiska metoder (Appelquist m fl, 2012).

Bulkemulsionsladdning har slagit igenom snabbt på marknaden då det har många fördelar, bl a att det inte är explosivt förrän det blandats i hålen och fått reagera kemiskt, att odetonerade rester är ofarliga ur sprängtekniskt hänseende och att det är mer ekonomiskt. De finns dock inget direkt mått på vilken sprängkraft detta har jämfört med den tidigare använda dynamiten. Det saknas en skala för viktstyrka i de olika sprängämnen. Och viktstyrkan kommer att påverka skadezonen.

Man har diskuterat om laddsekvensen har någon betydelse, men de försök som gjorts på Äspö visar att toleranser avseende mängd sprängämne i respektive hål är överlag god, se avsnitt 5.1. Därmed borde det inte spela någon roll i vilken ordning hålen laddas.

Vid laddning visar dock loggern allt sprängmedel som pumpas, även det som råkar hamna på backen om ett hål är kortare. Det kan också bli problem vid sprängningen om man råkar dubbeltrycka för två bottenladdningar. Kvalitetsproblem med detta diskuteras bl a av (Olsson och Niklasson, 2012). Det vore önskvärt att operatören kunde göra noteringar vid laddning så att man efteråt har spårbarhet om något inträffar, t ex vid övertramp av vibrationsgräns.

För att minska skadezonen kan man t ex;

- Minska salvlängden vilket medför att salvan inte kommer att vara lika inspänd och man kan skjuta försiktigare och ändå få ut berget.
- Förlänga kilen alternativt korta kontur- och hjälparhål
- Ta ut mittendelen fram till hjälparraden som pilot och sedan ta ut konturen som stross.
- Borra tätare konturhål och bara ladda vartannat hål.
- Undvika skarpa geometriska hörn, t ex i botten. Genom att runda av konturen går berget ut lättare.
- Använda simultan sprängning av konturhålen i tak och väggar

I vår enkät till operatörerna, där vi ställde frågan om vad de anser är viktigaste faktorn för att man ska få en slät kontur och så liten sprängskadezon som möjligt, svarade förvånansvärt många ”Val av sprängämne” (figur 8), vilket vi tror har att göra med att de mer erfarna borrarerna saknar 80 g-chorden som man förr använde i konturhålen. Den var lätt att använda, mycket snabb och gav mindre gas; den mer eller mindre klippte ner berget i stället för att med mycket gas bryta ner berget med större skador som följd. Nackdelarna med dess känslighet för yttre påverkan kvarstår dock, vilket innebär att den idag inte alls används.

En annan tolkning skulle kunna vara att operatörerna inte bara avser typ av sprängämne utan även mängd sprängämne, dvs laddningskoncentrationen.

I vanliga tunnelprojekt för vägar och järnvägar kommer botten att fyllas över. Det som är viktigt är att få en tunnel med rimligt små inläckage och rimligt god konturhållning. Men om botten blir lite ojämn och om skadezonen i sulan är 0,5 eller 1 m brukar inte påverka tunnelns funktion eller beständighet. Därför anses det inte ha någon större betydelse om man väljer att ladda lite extra i bottenhålen, vilket leder till den fördelen att laddningen hjälper till att lyfta materialet för lättare utlastning. Så bör man förstås inte agera i ett projekt där tunnelbottens konturhållning och skadezon är viktigare än i dess tak och väggar, som är fallet i SKB:s tunnlar. Det finns dock studier som indikerar att det totala inläckaget till en tunnel kan öka med ökad konduktivitet i sprängskadezonen, se bl a Christiansson m fl (2009),

En annan faktor som gör viss skillnad för SKB:s tunnlar jämfört med t ex Trafikverkets är att vid höga bergspänningar kommer man att behöva öka laddningen, en tunnel på 400 m djup bedöms kräva högre specifik laddning än en tunnel på 40 m djup.

Idag finns inget förarbevis eller certifiering av laddare, befintligt sprängkort visar kunskapsnivå men med en certifiering borde man även visa på kvalitetsmedvetande, gott omdöme. Se avsnitt 9.5.

6.3 Uppföljning - Registrering och dokumentering

6.3.1 Borrsjunkning

Maskinerna loggar idag mycket data som skulle kunna vara till hjälp men som av olika anledningar inte används. I stället litar man på de erfarna yrkesarbetare som borrar och laddar, vilket har sina begränsningar då deras erfarenhet ofta är svår att överföra till nästa generation. Man borde kunna använda den loggade informationen på ett mer systematiskt sätt, samtidigt som det är viktigt att veta var den kommer ifrån och vad den kan användas till, samt dess begränsningar och felkällor.

En förändring i borrsjunkning kan påvisa förekomst av större spricka och ett flertal av de operatörer som svarade på vår enkät angav att de utgick från borrsjunkning och MWD när de vill ha ett mått på bergets egenskaper och borresultat. I äldre projekt har man bl a använt sig av MWD vid sonderingsborrning framför stuff, för att styra hur stor förstärkningszon man behöver och hur mycket berg som ska tas ut. I många projekt kräver man också i kontraktet att registrering av MWD loggas, men det är väldigt sällan dessa data följs upp.

Det blir lätt stora datamängder men resultatet presenteras inte alltid på ett sätt som gör att man kan använda det. Vad ska man göra med all data från borring, laddning och sprängning? Vad är syftet? Ska informationen vara stöd i produktionen och visas på skärmen så att operatören får bättre kontroll på processen? Eller ska den utgöra on-line-rapporter till projektledningen för snabbare uppföljning? Det innebär i så fall implementering av delvis ny teknik. Ett exempel på detta från anläggningsindustrin ges i avsnitt 7.3. Eller ska informationen primärt samlas upp efteråt och användas vid upprättande av relationshandling? T ex kan enkla summeringar av specifik borring och laddning per salva klargöra om olika skiftlag arbetar på samma sätt.

Information till operatören måste vara tydlig och enkel, det är viktigt att hålla det enkelt på stuff för att man ska hinna med att agera på information som rör borringen. Information på skärmen till operatören får gärna ges grafiskt, information från operatören till loggern bör ges i form av tryck på olika knappar för bekräftelse. Operatören bör t ex ge information om något hål borrar om eller om han gör en efterjustering med bommen efter påhugg. Det kan även vara värdefullt att veta avvikelser som sprickor, färg på borrhax eller betydande inläckage i tak eller vägg. Möjligheten att markera för projektet viktiga indikationer på bergförhållanden vore fördelaktigt.

6.3.2 Konturhållning och uppföljning

Mätning av konturen ses ofta som relativt tidsödande, det tar tid i uttagscykeln. Det skulle vara effektivitetshöjande om man kunde använda borrhögern för redovisning av tunnelkontur i stället för scanning, men för det första har inte borrhögerns positioneringssystem tillräckligt snäv tolerans för att resultatet kan användas som ett kvalitetsmått, för det andra kommer inte borrhålens läge att vara relevanta där man får bergutfall. Det krävs därför ändå scanning/inmätning av kontur med avsedda inmätningssinstrument för att man ska få veta slutkontur.

Det finns riggar som snabbscannar föregående salva som en form av snabb gaddkontroll samtidigt som man står och borrar nästa salva. Denna utrustning är dock inte tillräckligt noggrann för den utvärdering som t ex SKB behöver. Samtidigt går det att scanna tunnlar med 1 cm punkttäthet med en bra scanner, men filerna blir oerhört tunga och svårarbetade. Även en kort tunnelsträcka tar lång tid att hämta upp och bearbeta i datorn. Behöver vi denna exakthet, eller räcker det med 5 eller 10 cm punkttäthet?

Det finns bra program för bearbetning av scanningresultat, men ofta ger de problem vid konvertering mellan olika 2D- och 3D-program. En anledning kan vara att vissa program använder tunnelns väglinje och avstånd och riktning utifrån denna för orientering, medan andra program använder stadens/regionens koordinatsystem.

I vissa projekt där tunneln har enkel geometri kan man använda samma borrplan genom nästan hela projektet. I andra tunnelsystem krävs att någon sitter på heltid och gör borrplaner eftersom geometrin ändras hela tiden. Det innebär då att uppföljning av tunnelkontur också behöver mer bearbetning, då information från borrplaner ska ställas samman och jämföras med information från olika typer av inmätningar.

Det vi tror skulle förbättra kvaliteten vid borrning är att operatörerna så snart som möjligt får ta del av verkligt utfall. När operatören sitter och borrar för salva nr 3 så vore det bra om han på skärmen framför sig har läget på borrhålen som borrades i salva 1 och 2. Inmätning av synliga borrhål och scanning av tunnelkontur visar hur de ligger till i förhållande till teoretisk kontur. Då blir det tydligt om vissa hål styrs iväg åt något håll, och operatören kan förbättra utfallet i salva 3 genom att förbereda bättre; borra ett extra hål eller reducera matartrycket. Den analys av borresultat som redovisas i tabeller 3 och 4 redovisar tämligen god överensstämmelse mellan borrhål relativt teoretisk kontur mellan inmätt och registrerat av borrloggen. Analys av loggerdata enligt förslag i bilaga 3 kan eventuellt vara värt att utreda närmare om det skulle kunna leda till en snabb återkoppling av utfört borrarbete.

6.3.3 Loggersystemens kompatibilitet

Leverantörerna till borrhägar och laddstationer har byggt upp maskinernas system med olika program som sinsemellan inte är kompatibla, men baseras på samma standard (IREDES). Det kanske inte är så lätt att samla information som borrprotokoll, bultprotokoll, checklistor, kontrollplaner etc som operatören kan behöva ha med sig in i hytten i borrhagens mjukvara, men man borde kunna ha dem i en iPad/surfplatta. Det pågår både programutveckling och standardisering och IREDES (International Rock Excavation Data Exchange Standard) används alltmer som en standard för rådatafiler i olika sorters stora maskiner och fordon.

Vilka funktioner hos riggarnas informationssystem är helt nödvändiga för att vi ska kunna öka kvaliteten på berguttaget? Med tanke på att behovet av att koppla ihop information från olika system ökar, så vore det bra om rapporteringen från t ex riggens positioneringssystem gjordes i verkliga koordinater, i stället för som nu, väglinje och avstånd från denna. Vi kommer att behöva borrhålens exakta lägen, helst i realtid. Dessutom torde laddningen effektiviseras om man kunde importera borrloggen för salvan, vilket dock kräver en del i utsättning även av laddutrustningen.

Hur kan datorkraften användas mer optimalt och programmen bli snabbare, mer exakta, mer användarvänliga och ge tydligare redovisning? Vi tror att det borde gå att ta hjälp av dataspelsutvecklingen, att låna teknik och programmerare från spelindustrin. Vem vet vilka program som kommer att vara gångbara om 10 år?

7 MÄNNISKA TEKNIK ORGANISATION

Att höja kvalitetskraven på borring och laddning samt dokumentation av dessa arbetsmoment, vilket är frågeställningen i föreliggande utvecklingsprojekt, innebär en förändring mot gängse arbetssätt och normala kravspecifikationer. Vår hypotes är att en sådan förändring blir enklare att genomföra samt mer lyckosam om man ser på frågan ur ett MTO-perspektiv.

Begreppet MTO (Människa Teknik Organisation) myntades på 1980-talet och förknippas framförallt med riskhantering och säkerhetsanalyser. Det innebär att studera ”hur människans fysiska, psykologiska och sociala förutsättningar samspelar med olika teknologier och organisationsformer” (Rollenhagen 1997).

Individens möjlighet att lyckas med en arbetsuppgift beror på dess stöd av interaktionen med teknologi och organisation. Motsatt kan man också hävda att misslyckanden ofta förklaras av att samspelet mellan dessa tre faktorer inte fungerar.

Litteraturen, se exempelvis (Werner 2012, Ogén 2011), visar också att både kvalitet och produktivitet ökar när människan på ett effektivt och genomtänkt sätt samspelar med teknik och organisation. Den arbetskontext en individ befinner sig i påverkar dess beteende och därmed också resultatet av dess arbete. Därför är information om vilka beteenden en medarbetare bör uppvisa viktiga för resultatet.

För att förstå, analysera och förbättra samspelet mellan människa, teknik och organisation är det således viktigt att studera arbetskontexten och vilka parametrar som påverkar den.

7.1 Parametrar som påverkar arbetskontexten – MTO

I det följande listas ett urval av parametrar som påverkar arbetskontexten inom tre områden; ”människan”, ”människan och organisationen” samt ”människan och tekniken”. Detta betraktelsesätt har sin grund i modeller beskrivna av Eklund (2003) samt Porras & Robertson (1992). Syftet här är att beskriva dessa faktorer utifrån ett perspektiv att förändra ett arbetssätt för att höja effektivitet och kvalitet, vilket ligger i linje med målet för detta utvecklingsprojekt.

7.1.1 Människan

– Människans förmågor och utbildning

Självklart är det viktigt att en individ har rätt förmåga, färdighet och utbildning att utföra sina arbetsuppgifter, detta gäller framförallt då ny och/eller avancerad teknik implementeras. Bristande utbildning/förmåga kan leda till fel utförande samt att tillgänglig teknik och hjälpmedel helt eller delvis inte utnyttjas. Det är således viktigt att medlemmarna i en organisation besitter en adekvat nivå av kunskap/färdigheter som samspelar med tekniknivån. Om dessa två inte matchas kommer teknologin inte att verka så effektivt som möjligt, oavsett hur väl jobben och arbetsflödena är utformade.

– Tid och nytta

Om en anställd inte ser någon tidsvinst och/eller nytta med ett specifikt arbetsmoment, ett tekniskt hjälpmedel eller en speciell rutin är det alltid väldigt svårt att implementera detta. Implementeringen går sannolikt också bättre om tidsvinster eller ökad nytta blir tydliga för individen i dennes dagliga arbete och inte bara för företaget i stort.

– Makt

Maktförhållanden på en arbetsplats påverkar också individens vilja att förändra arbetssätt och dela information. I ett hierarkiskt ledarskap kan till exempel informationsdelning och ny förbättrad kunskap innebära att individen tycker sig förlora kontroll och ställning. Litteraturen visar att organisationer där maktspel förekommer är mindre benägna att dela information och effektivisera arbetsätt.

7.1.2 Människan och organisationen

- Organisationsstruktur och kultur

Organisationsstrukturen och företagskulturen påverkar självklart viljan till förändring och att implementera både ny teknik och nya arbetssätt. Det är dock inte enkelt att på kort tid förändra en invand företagskultur.
- Belöningsystem, incitament

Belöningsystem och incitament är tydliga och väl beprövade verktyg för att åstadkomma förändringar och uppnå mål i en organisation.
- Ägarskap

Om en individ känner ägarskap i en fråga kommer dennes engagemang och delaktighet självklart att öka, sannolikt inte bara i den specifika frågan utan också generellt. Med en känsla av ägarskap kommer också ansvar och vilja att lyckas.
- Social identitet och sociala nätverk

Forskning visar att låg social identifiering med organisationen kan ha negativ inverkan på dess utveckling, Individer med stark social identifiering är mer villiga att bidra till organisationens utveckling och implementera förändringar. Sociala nätverk inom organisationen skapar också bättre kommunikation och interaktion samt ger upphov till positiva relationer och ökat förtroende vilket leder till beteenden som är fruktbara både för individen och för organisationen. Enkelt uttryckt är det bra om en organisations medarbetare har kul på jobbet.
- Förtroende

En individ behöver känna förtroende för inte bara sitt arbetssätt, sina hjälpmedel och verktyg utan också sina medarbetare och ledning. Att skapa detta förtroende är således en nyckelfråga när det gäller alla typer av förändringar. Detta blir kanske extra tydligt när det gäller att införa ny mer avancerad teknik och automatisering inom hantverksdiscipliner. I detta avseende är det också viktigt att utbildning kopplat till ny teknik och nya arbetssätt fokuserar på att skapa förtroende för det som är nytt och ovan.
- Ledningens support

Brist på ledarskap och vägledning i en förändringsprocess försvårar självklart implementeringen. Ledningens support är helt central och det är mycket viktigt att rätt och konsekventa signaler/budskap skickas genom organisationen. En annan viktig aspekt är att ledningen också ger och efterfrågar återkoppling (feedback).

7.1.3 Människan och tekniken

- Verktyg och utrustning

Det förefaller kanske uppenbart att de verktyg och den utrustning som behövs för att producera organisationens output fyller en viktig funktion i skapandet av en produkt eller service. Detta omfattar allt från komplex utrustning som en modern borjumbo eller laddutrustning, programvara för loggning till ett enkelt verktyg som en penna. Utformningen av nya verktyg och ny utrustning kommer också att påverka hur väl de tas emot av organisationen. Det är således viktigt att dessa upplevs som enkla och effektiva.
- Arbetsflöde

Arbetsinsatser sammanförs för att skapa ett arbetsflöde. I arbetsflödet finns ett samberoende mellan de arbetsinsatser som samverkar i processen för att skapa en produkt eller service. Olika effektiviseringsmodeller, exempelvis Toyotas 5S som också används i byggbranschen, bygger mycket på att analysera och förstå bland annat arbetsflödet och ta bort onödiga och tidsödande arbetsmoment/-insatser.

De tekniska hjälpmedlen för individen i hans arbete har kanske en mer kraftfull påverkan på beteendet än någon annan aspekt av organisationen. Ju mer dominant en teknologi är i ett system, desto mer påverkan

har den på det individuella beteendet. Därför är förståelsen för de olika aspekterna av teknologin och hur den påverkar individer en nödvändig förutsättning för en framgångsrik organisatorisk förändring.

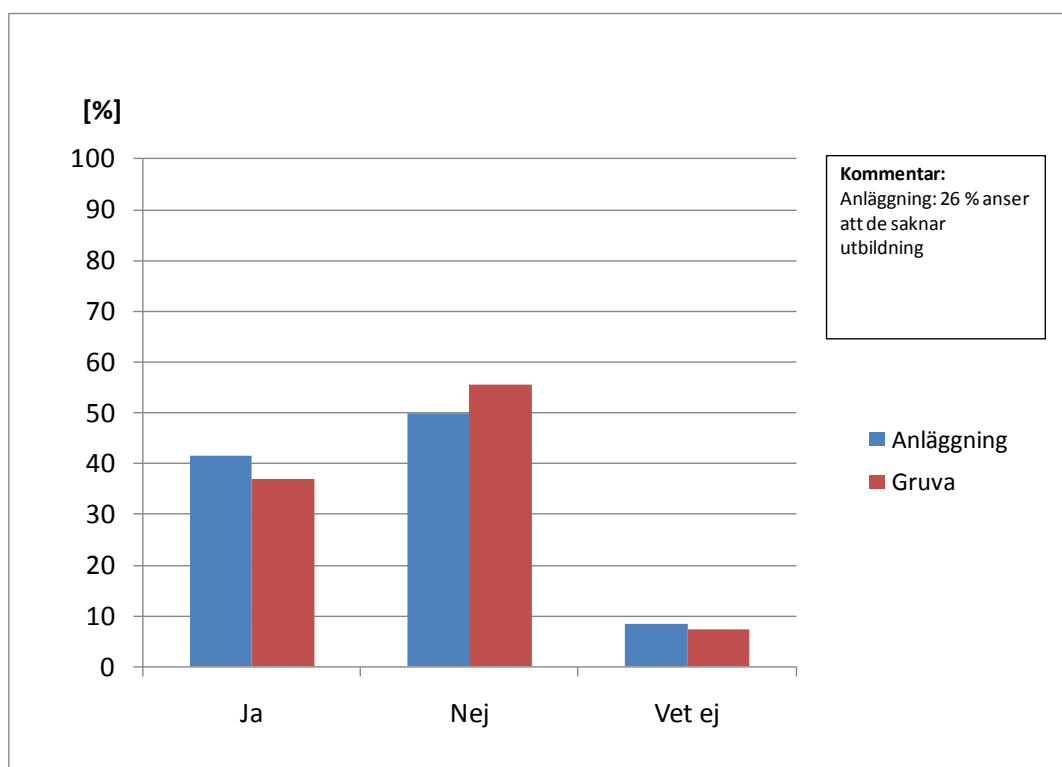
7.2 Koppling till tunneldrivning och kvalitetskrav

I det följande görs ett försök att koppla ihop de faktorer som påverkar arbetskontexten, som beskrivits ovan, med tunneldrivning (borrning och laddning) med större fokus på kvalitetskrav. Som input och hjälp har projektet genomfört en enkätundersökning bland borrarare/bergarbetare i både anläggnings- och gruvbranschen. Enkätsvaren hjälper oss att värdera hur arbetskontexten ser ut idag och hur den kan förbättras. En beskrivning av enkätundersökningen samt fullständiga svarsresultat ges i Bilaga 2. Dessutom genomfördes en workshop inom ramen för föreliggande utvecklingsprojekt med representanter från olika aktörer i tunnelbranschen. Grupparbeten från denna workshop ger också värdefull input i diskussionen, se bilaga 1.

I följande avsnitt görs några värderingar och reflexioner kring ett par utvalda parametrar som påverkar arbetskontexten vid tunneldrivning baserat på de enkät svar som inkommit.

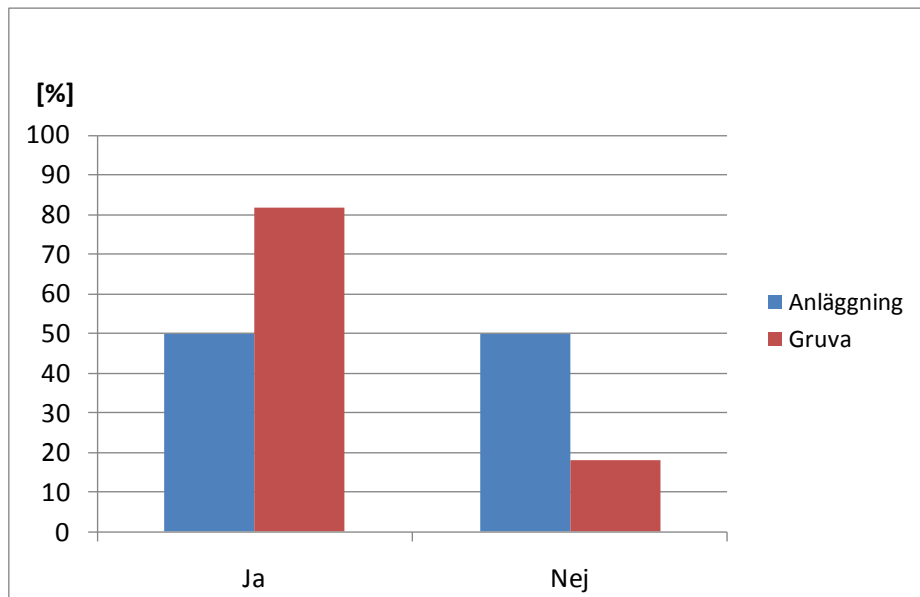
7.2.1 Människans förmågor och utbildning

Enkätsvaren visar att majoriteten av de tillfrågade inte anser sig ha relevant utbildning för den utrustning de använder, detta gäller både anläggnings- och gruvbranschen. På anläggningssidan svarar var fjärde person att de helt saknar utbildning (i avseendet att utnyttja borrhiggens potential).



Figur 9. Fråga 12: Känner du att du har rätt utbildning för att nyttja riggens fulla potential?

På frågan om det är lätt att förstå en borrhiggens automatik och inställningar svarar en majoritet i gruvindustrin ”ja”, medan det omvända förhållandet råder inom anläggning. En möjlig slutsats av detta är att utbildning hjälper till att öka förståelsen för tekniken.



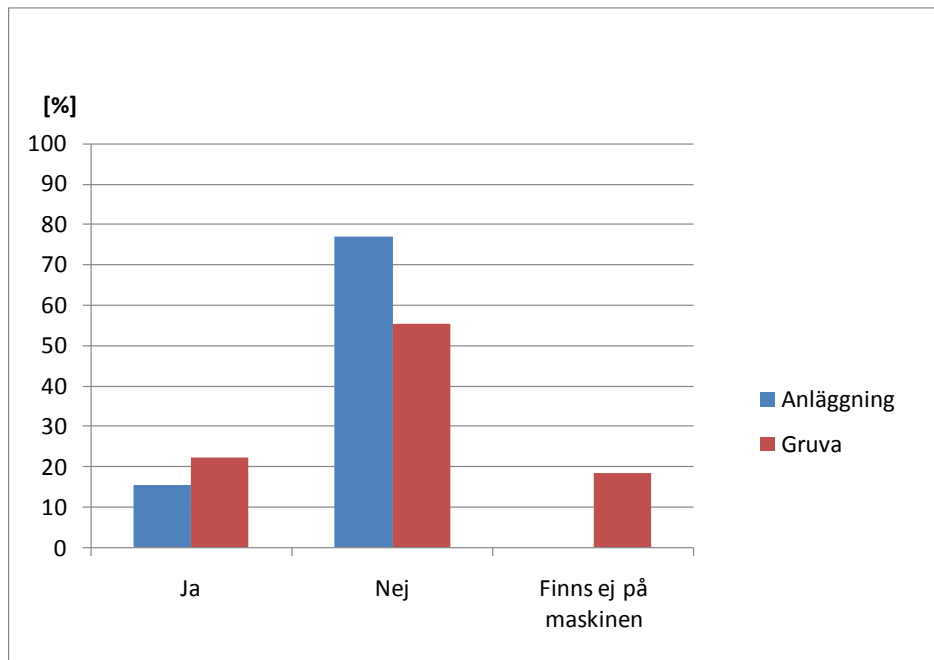
Figur 10. Fråga 9: Är det lätt att förstå riggens automatik och dess inställningar?

Sammanfattningsvis är det uppenbart att utbildningsnivån inte står i paritet med tekniknivån när det gäller användandet av en modern borrhumbo med alla dess möjligheter. Detta innebär självklart att utrustningens fulla potential inte utnyttjas i dagens projekt och att det finns en stor förbättringspotential som sannolikt både kan leda till högre kvalitet och mer effektiv produktion.

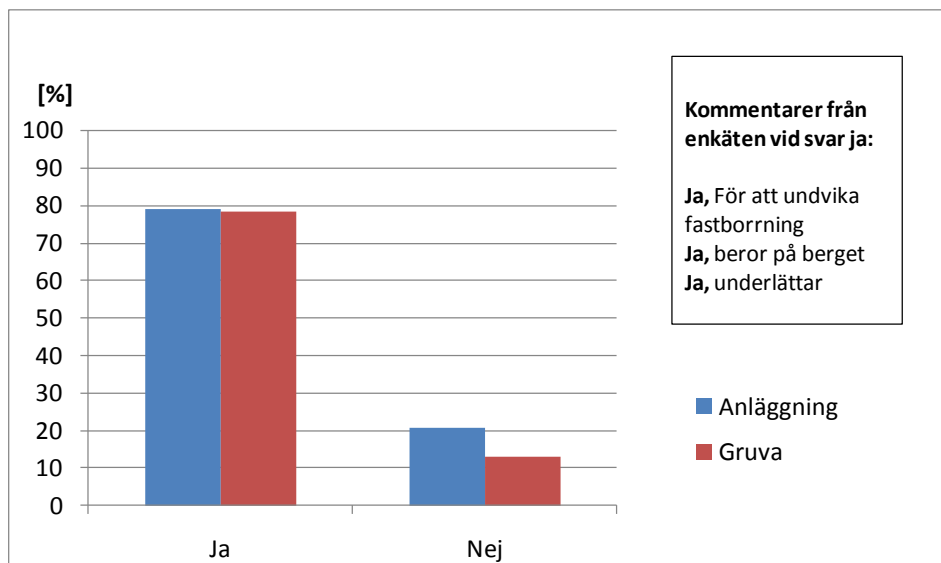
Resultaten från workshopen visar också att branschens aktörer över lag är positiva till att införa utbildningskrav för operatörer i syfte att höja kvaliteten. Det diskuterades också att någon form av certifiering vore önskvärd.

7.2.2 Tid och nytta

Enkätsvaren visar också att tid och nytta för operatörer spelar roll för hur borrhumbon används. På frågan om automatiken används för positionering av bommarna svarar över 80 % ”nej”. Detta kan tolkas som att man inte ser någon nytta med detta eftersom man sannolikt har uppfattningen att det görs lika bra eller bättre manuellt. Däremot på frågan om automatiken utnyttjas för styrning av matartryck svarar en lika stor majoritet ”ja”. I det fallet är det troligt att man upplever automatiken som en hjälp mot fastborrning och andra problem.



Figur 11. Fråga 2: använder du riggens automatik för positionering av bommarna vid salvbörning?



Figur 12. Fråga 7: Använder du riggens automatik för styrning av matartryck under borrning?

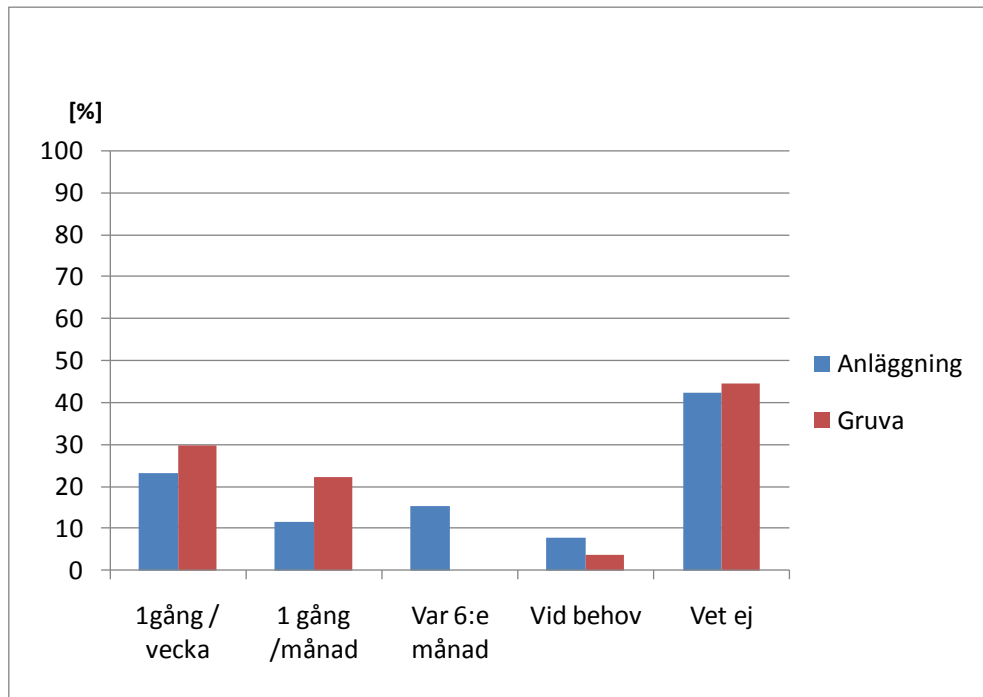
I ett MTO-perspektiv kan det mot bakgrund av ovanstående vara intressant att arbeta med att förklara nyttan och vinsterna med att också utnyttja automatiken för positionering. Från teoretisk synpunkt finns det tvivelsutan stor potential i att utnyttja borrhjumbons möjligheter för positionering.

7.2.3 Belöningsystem, incitament

Diskussioner från workshopen pekar tydligt på att branschens aktörer är positiva till incitament och belöningsmodeller generellt inom undermarksbyggandet. För att utnyttja incitament som en motor för ökad kvalitet på borrning och laddning måste dessa vara tydligt definierade och mätbara. Dessutom behöver belöningssystemen vara inriktade inte bara på kontraktsnivån utan också på det praktiska utförandet i tunneln.

7.2.4 Ägarskap

I diskussioner inom utvecklingsprojektet har det tydligt framkommit att det finns ett samband mellan förbättrad kvalitet i borrhings- och sprängningsarbetet och operatörernas engagemang och delaktighet i hela tunneldrivningsprocessen. Här är ägarskapet för olika frågor av intresse. En aspekt som påverkar en borrhjumbos precision vid borrhningen samt kvaliteten på informationen från loggern är dess kalibrering. Om riggen är korrekt kalibrerad kommer den att utföra arbetet bättre och med högre kvalitet. Kunskap om kalibreringsrutiner och -resultat är därför en aspekt i helheten som också operatörerna bör känna ägarskap till. Vi ställde frågan om operatörerna kände till hur ofta riggen kalibreras och hälften svarade att de inte gjorde det. Detta kan tolkas som att operatörerna inte känner att de äger frågan i tillräcklig utsträckning. Traditionellt sett är detta snarare mekanikernas ansvar.



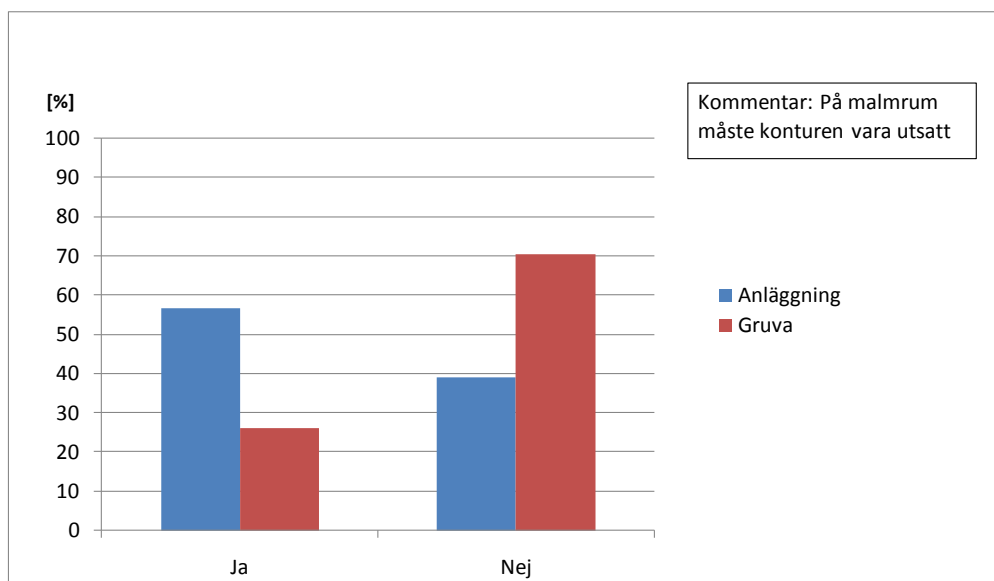
Figur 13. Fråga 6: Hur ofta kalibreras borrhjumbos?

Hypotesen är dock att ju fler parametrar i tunnelprocessen som operatörerna känner ägarskap till desto mer ökar engagemanget att bidra till hög effektivitet och kvalitet.

Detta bekräftades också via diskussionerna vid workshopen där till exempel införandet av certifiering av borrhjumbos respektive laddare lyftes fram som ett sätt att höja engagemang och ägarskap.

7.2.5 Förtroende

En tolkning av dagens situation i anläggningsbranschen är att när det gäller positionering av bommarna inför salvborrning känner de flesta operatörerna inget förtroende för automatiken och den ”digitala” borrhjumbosplanen. De litar därför hellre på en målad kontur. Detta bekräftas av svaren på frågan om det underlättar att få konturen påmålad. Inom gruvbranschen är detta en mindre relevant fråga eftersom orientering och salvborrning där styrs av andra kriterier som till exempel malmstruktur.



Figur 14. Fråga 4: Tycker du att det underlättar för borrning av konturen om utsättaren markerar/målar på konturen för nästa salva?

7.2.6 Verktyg, utrustning och arbetsflöde

Workshopen innehöll en diskussionsfråga om hur väl maskinleverantörerna förstår operatörernas arbetssituation framförallt när det gäller loggerutrustningen. Svaren indikerar att moderna borrarjumbos och laddutrustningar bedöms väl anpassade till miljön och inte är alltför svåra att förstå. Dessutom framkom att maskinleverantörerna alltid eller ofta tar intryck från operatörerna och är lyhörda för återkoppling i sitt utvecklingsarbete.

7.3 Att implementera nya arbetsätt och ny teknik

7.3.1 Cenitprojektet i Skanska Asphalt & Betong AB

Som ett exempel på implementering av ny teknik och vilka svårigheter man kan stöta på har projektet intervjuat två personer inom Cenitprojektet.

Cenit är ett verksamhetssystem för projektstyrning och omfattar bland annat kalkyl, planering, orderhantering, fakturering samt prognoser och ekonomirapporter. Det används av Region Infraservice och för utläggningsverksamheten inom Region Asphalt. Cenit har implementerats i två steg. Steg 1 innebar att programsystemet för kalkyl, uppföljning, fakturering och prognos utvecklades och lanserades. Steg 2 innebar införande av handdator/surfplatta till personal ute i fält, framförallt för planering, hantering av arbetsorder och åiterrapportering.

7.3.2 Lärdomar från implementering diskuterade utifrån MTO

För att erhålla en koppling till MTO har slutsatserna och lärdomarna från Cenitprojektet, som beskrivs nedan, jämförts och värderats i förhållande till de faktorer som påverkar arbetskontexten.

- Cenitprojektet har visat att det är väldigt viktigt med ”superusers”/spjutspetsar, dvs användare med lite extra kunskap om systemet som är aktiva ute i organisationen. Det behövs personer som driver implementeringen framåt. Man beskriver ett exempel från ett distrikt där implementering kom igång mycket bra men några ”superusers” och nyckelpersoner slutade (för tidigt i implementeringsprocessen) och då föll organisationen tillbaka i sina gamla arbetssätt.
- Det är också viktigt att få återkoppling på det man gör, om ingen frågar hur en förändring går är den ju inte viktig! Det finns också exempel från Cenit där man inledningsvis ställer krav, men

sedan inte följer upp resultaten och kanske inte ens vet vad man vill veta. Det är i detta sammanhang viktigt att arbeta med nyckeltal för att stämma av ett förändrat arbetssätt. Detta har ju en tydlig koppling mot **ledningens support** som är en grundläggande faktor som påverkar arbetskontexten i MTO-perspektivet.

- Det har funnits en konservatism hos ett antal personer på lägre chefsnivå under implementeringen. För att kunna hantera denna typ av problem behöver ledningen tydligt visa vad som gäller. Som diskuterats ovan är det mycket viktigt att skapa **förtroende** för den nya tekniken i alla led av organisationen.
- Det har också varit viktigt att visa på att ett förändrat arbetssätt leder till förbättrat resultat samt motiven till varför man bör förändra. Det indikerar att organisationen som helhet såväl som varje individ behöver se **nyttan** med det förändrade arbetssättet.
- Specifika utbildningar ("på plats"-utbildningar) är viktiga. Det finns en stor risk att utbildningen blir för generell. Utbildning bör fokusera på applikationen i ditt eget arbetssätt och din egen verksamhet. Individerna behöver hjälp att starta upp och komma igång. En mycket tydlig slutsats från utbildningsinsatser inom Cenitprojektet är att man måste vara specifik! Här blev också tidsaspekten på implementeringen viktig; Cenit hade för kort tid för att vara tillräckligt specifika i utbildningen.
- Det har också visat sig angeläget att fånga upp personer som blir "omvända", dvs först varit tveksamma till förändringen och sedan insett att den är bra och nyttig. Dessa personer är viktiga för att sprida "balanserad" information. Denna aspekt kan kopplas både till faktorerna **ägarskap** och **sociala nätverk**.

7.4 Rekommendationer för tunneldrivning baserat på Människa Teknik Organisation

Vi har inom ramen för utvecklingsprojektet studerat MTO och försökt förstå hur detta är kopplat till tunnelmiljön och våra arbetssätt, vidare hur vi kan använda detta perspektiv för att förbättra effektivitet och kvalitet. Slutsatsen är att en ökad förståelse för MTO-perspektivet samt de parametrar som påverkar en individs arbetskontext utgör en god plattform att utgå från vid utveckling och förbättring av olika arbetssystem.

Vi rekommenderar att man använder de olika parametrar som påverkar arbetskontexten som en checklista vid införande av nya rutiner, arbetssätt, verktyg eller tekniker. Man bör systematiskt tänka igenom hur dessa är kopplade till och påverkar det förändrade arbetssättet samt huruvida ytterligare åtgärder krävs för en lyckad implementering. Självklart kommer detta att kräva eftertanke och resurser och kan i vissa fall innebära att organisationen måste genomföra mer eller mindre svåra förändringar. Det bör emellertid med stor sannolikhet leda till ett mer lyckat resultat i form av högre produktivitet/effektivitet och kvalitet.

Baserat på de undersökningar som genomförts i det aktuella projektet tycks utbildning vara den enskilt viktigaste faktorn att arbeta med. Det är uppenbart att den avancerade teknik, till exempel i moderna borrhjumbos, som är tillgänglig för oss inte utnyttjas fullt ut. Samtliga branschens aktörer, inklusive tunneloperatörerna själva, är eniga om att utbildningsnivån bör höjas och någon form av branschgemensamma krav på utbildning/certifiering bör införas. Ett första steg att höja utbildningsnivån i en organisation, ett projekt eller företag kan vara att utbilda ett mindre antal "superusers" som kan bana väg för förändringar/förbättringar man vill genomföra.

Andra viktiga faktorer för att förbättra borrhning och laddning är att öka operatörernas delaktighet och engagemang i frågor som påverkar kvaliteten, samt förbättra återkopplingen genom hela organisationen.

Branschen verkar också relativt enig om att olika former av incitament är bra verktyg för att åstadkomma detta.

Erfarenheter från Skanskas Cenitprojekt visar också att det går att införa ett mer ”on-linebaserat” arbetssätt. För tunnelprojekt skulle rationaliseringar, ökad tydlighet och eventuellt också ett ökat engagemang erhållas om de dokument som används i produktionen, exempelvis borrprotokoll, bultprotokoll, checklistor och kontrollplaner istället görs tillgängliga och kan fyllas i direkt i en surfplatta.

8 KONTRAKTSRELATERADE FRÅGESTÄLLNINGAR

8.1 Dagens praxis

AMA står för *Allmän Material- och Arbetsbeskrivning* och är ett (frivilligt) beskrivningssystem som används av de flesta beställare vid upprättande av förfrågningsunderlag. AMA

- återspeglar vedertagen praxis
- innehåller beprövade och frekventa konstruktioner
- innehåller beprövade beskrivningstexter

Dock anger AMA Anläggning krav på bergschakt som inte har någon etablerad mätmetod eller regleringsmodell, speciellt avseende innehållande av bergschaktningsklass. Kravet på ”empirisk sprängskadezon” har dock värdet att alla anbudsgivare räknar på samma förutsättning avseende laddningberäkning.

AMA Anläggning har goda förutsättningar att fungera för tunnelentreprenader, Workshopen som detta projekt arrangerade hade ett grupparbete. Deltagarna indelades efter anställning; leverantör, beställare, konsult, entreprenör. På frågan: ”Hur bedömer ni att kompetensnivån är hos projektörer när det gäller att beskriva borrning och laddning i förfrågningsunderlag?” svarade de flesta ”våldigt lite”, utom en konsultgrupp som tyckte den var acceptabel, och entreprenörgruppen som tycket ”inte alls”. Det speglar ett potentiellt problem i de fall där det skulle behövas projektspecifika krav. Det måste vara beställarens ansvar att säkerställa att eventuella krav utöver praxis blir identifierade. Där är SKB troligen unik med frågeställningen om krav på tunnlar för att kunna förvara använt kärnbränsle säkert under mycket lång tid efter förslutning.

8.2 Parternas synpunkter

Ett annat tema vid seminariets grupparbete var Regleringsmodell. Den övergripande frågeställningen hade formulerats: ”Hypotesen är att reglering i tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska ha en enkelt mätbar modell för reglering”. För frågan om regleringsmodell refereras här bara beställarnas och entreprenörernas synpunkter.

- Båda grupperna anser att möjligheterna i AMA inte utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag. Främst kan tillämpningen av AMA förbättras och så även förståelsen för hur AMA bör användas
- Båda grupperna var tämligen positiva till att uppmuntra kreativitet i anbudsskedet. Beställargruppen kan tänka sig former av samverkan/partnering. Även entreprenörgruppen är positiv till samverkanskontrakt där det finns tydliga incitament. De föreslår även att få bli involverade i tidigt skede, och om möjligt bli ersatt för anbudsarbete där speciella innovativa lösningar är efterfrågade.
- Båda grupperna är mycket positiva till incitamentsmodeller, men endast entreprenörgruppen lämnar några konkreta förslag:
 - kvalitetsrelaterade incitament kan ha fördelar i förhållande till målprismodeller.

- En risk med målprismodeller är att det leder till en jakt på ”ändringar” som berättigar till en justering av målpriset. Kanske kan en kombination av kvalitets- och målprisincitament vara en bra lösning.
- Det är viktigt att hela projektorganisationen är inställd på och accepterar incitamentsupplägget. Detta ställer naturligtvis krav på ledningen att vara beslutsam och konsekvent.

Det är visat i kapitlen 4 och 5 att det går att uppnå projektspecifika krav på konturhållning och begränsning av sprängskador.

8.3 Kostnadsaspekten av projektunika krav

Beskrivningssystemet AMA ger många möjligheter att bryta ner regleringsposter, under förutsättning att man följer de regler som gäller för tillämpning av AMA. ”Möjlighet till reglering finns men tillämpas inte i praktiken”, som en grupp uttryckte det vid seminariet.

I SKB:s projekt på Äspö 2012 fanns en medvetenhet från tidigare tunnelarbeten (Karlzén och Johansson 2010) om de parametrar som påverkar kravuppfyllelse. Dessa är ganska lika de mest frekventa svaren som redovisas i figur 8. Ersättningen baserades på fasta priser men reglerbara mängder och tider. Tid är troligen en av de mest kostnadsdrivande posterna om unika krav ska tillämpas med t ex fler hål per salva för att möjliggöra klenare laddningar, noggrann inriktning av hål, eventuella kontrollmätningar av borrning och laddning etc. Val av tändmedel (elektronikkapslar) och borrstål/kronor kan också påverka totalkostnad.

Antalet tillgängliga fronter har dessutom stor betydelse för kostnaden. Vid enkelfrontsdrivning påverkas kostnaden mest att man lägger mer tid på t ex borrning. Men vid flera fronter som möjliggör att drivningscykelns olika enhetsoperationer kan utföras mer samtidigt på olika arbetsfronter kan effekten av mer tid för borrning möjligen bli mindre. Det är viktigt att beskriva de förutsättningar som kan vara kostnadsdrivande utöver praxis, t ex borrhings- och laddningstoleranser, de kontroller som ska utföras, krav på entreprenörens dokumentation etc. Därmed kan finnas förutsättningar att uppskatta merkostnaden för projektspecifika krav.

Normalt behövs provsprängningar och intrimning av utrustning samt borr- och laddplaner innan bergschakten löper på effektivt i ett nytt projekt. Prognos över geologins heterogenitet eller komplexitet kan ha stor betydelse för hur väl krav lycka innehållas. Variationer i bergets sprickighet, bergarters sprödhet eller seghet samt bergspänningsförhållanden kan medföra behov att modifiera borr- och laddplaner för att innehålla specifika krav. Man måste också vara ödmjuk inför att krav på god konturhållning eller begränsad sprängskadezon kan vara svårt att uppnå i vissa geologiska miljöer, t ex väldigt sprick- eller slagrikt berg, speciellt i kombination med spröda bergarter.

8.4 Summering

Vår projektplan formulerade kontraktsrelaterade formulerade följande frågeställningar (avsnitt 3.3)

- Hur utformas ett kontrakt för att ge incitament till en entreprenör att följa hårt satta krav på konturhållning och sprängskadezon?
- Vad är rimliga krav på kvalitetsplaner för utförandekontroller för att verifiera att krav relaterade till konturhållning och sprängskadezon har innehållits?

Det finns inga universallösningar, men viktiga synpunkter redovisas i avsnitt 8.2. En huvudfråga är att krav måste vara mätbara. Avsaknaden av etablerade mätmetoder är ett problem som bör utredas

branschgemensamt. Resultaten från SKB:s projekt 2012 indikerar att det finns en möjlighet att titta närmare på nyttjande av dokumentation som kan fås från loggerutrustning i borrh- och laddutrustning, och hur regleringsmodeller baserad på sådana data skulle kunna utformas. Se även ett förslag på utvärdering av borrhprecision i bilaga 3. Men det kräver insikt i toleranser och felkällor i loggerutrustning, samt strategi för att eventuellt implementera ny teknik, samt naturligtvis hänsyn till de MTO-aspekter som diskuteras i avsnitt 7.4.

Det har dessutom identifierats en följdfråga under projektarbetet:

- Hur upprättas en kontraktstidplan/produktionstidplan med hänsyn till ovanstående?

9 DISKUSSION

9.1 Hur bra är bra – är frågan relevant?

SKB:s har baserat sin sprängdesign på svensk detonikforskning, främst Olsson och Ouchterlony, 2003 och vidareutveckling av dessa principer. Man måste dock komma ihåg att underlag till dessa skadezonsformler är empiriskt baserade på ett begränsat antal fältförsök, främst i stenbrott. Erfarenheterna från projektet på Äspö 2012 och ett tidigare projekt (Karlzén och Johansson 2010) har visat att dagens kunskap är tillräcklig för att begränsa sprängskador.

Resultaten från SKB:s TAS04 och TASN samt Skanskas resultat från arbetstunnlarna i entreprenad Norsborg visar också att dagens arbetssätt och moderna produktionsutrustningar klarar både konventionella och snäva krav på bergschaktningstolerans inom ramen för borrhutrustningens behov av maskinplats för salvborrningen. Felfrekvens, uttryckt som antal borrhål som överstiger föreskriven stickning, eller antal hål som överladdats jämfört med föreskriven mängd kan hållas låg, men lokala avvikelser måste nog accepteras.

9.2 Formulering av projektspecifika krav på tunneldrivning

Projektspecifika krav måste vara mät- och reglerbara, och beställarorganisationen måste vara resurssatt för att följa upp ställda krav om de ska ha någon betydelse för kravuppfyllnad. Kravformulering bör om möjligt ansluta till AMA och följa dess regler.

SKB valde inför sin entreprenad på Äspö 2012 att uttrycka utförandekrav i borrhprecision för en föreskriven borrhplan som baserades på tidigare erfarenheter, samt ge restriktioner i laddmängd. Det fanns dock inga regleringsposter kopplat till kravuppfyllelse för dessa krav, reglering gjordes mot fasta priser för tid och materiel etc. Alternativt kan man reglera både på utsprängd volym och på innehållande av en viss bergschaktningsklass enligt AMA Anläggning. Men för att reglera mot bergschaktningsklass saknas idag kontrollmetod, förslaget enligt bilaga 3 måste verifieras i fler projekt.

9.3 Byggherrens behovsinventering under planeringsfasen

Under planeringsfasen, dvs arbetet från förstudie till färdigställande av förfrågningsunderlag identifieras behovet av eventuella projektspecifika krav på bergschakt för tunnel. Dessa kan baseras på platsspecifika förhållanden såsom tunneldrivning nära känsliga objekt, vilket är vanligt vid undermarksbyggande i urban miljö eller specifika bergförhållanden. Separat reglering för att innehålla viss vibrationsnivå nära känsliga objekt, eller genomföra stegvis bergschakt och förstärkning när geotekniska förhållanden är dåliga finns det många exempel på. På liknande sätt detaljplanerades bergschakt för Citybanan i entreprenad Norrström för bl a den sträcka där man drev nya tunnlår med mycket liten bergtäckning till en tunnelbanelinje.

Det är naturligtvis byggherren som är ansvarig för slutresultatet, men denne är normalt beroende av konsult för projekteringen. Men hur förefaller det att fungera i praktiken med kravformulering? Resultatet av grupparbetet som genomfördes under seminariet som detta projekt genomförde identifierade en del motsatsförhållanden:

<p>En AMA-expert pekade på beskrivningssystemets breda möjligheter, men också behovet att kunna utnyttja det rätt</p>	<p>Beställargruppen tyckte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Många konsulter saknar den praktiska erfarenheten för att beskriva utförandet i detalj. Trots detta görs handlingar på det sättet. Text kopieras ofta från andra handlingar eller AMA. <p>Konsultgrupper tyckte bl a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projektörer känner att man inte kan styra så mycket, ofta låsta av AMA • Man kommer långt med schaktklasser enligt AMA • Kompetensnivån är därför oftast högre hos entreprenörerna än hos projektörerna <p>Entreprenörgruppen tyckte bl a: Det är viktigt att projektörer förstår vilka konsekvenser olika kravställanden inom borring/sprängning får på övriga delar av ett tunneljobb. Det är viktigt med större helhetssyn, idag brister det i den övergripande förståelsen.</p>
<p>Beställargruppen tyckte det var tveksamt att AMA utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag?</p>	<p>Konsult- och entreprenörsgруппerna tyckte att nyttjandet av idag är AMA acceptabelt för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag</p>
<p>Beställargruppen tycker att det är tveksamt att de tekniska som formuleras i AMA är ändamålsenliga</p> <ul style="list-style-type: none"> • De tekniska kraven är för komplexa och inte alltid tillämpbara • Kraven följs inte upp i tillräckligt stor utsträckning 	<p>Konsult- och entreprenörsgруппerna är mer positiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gällande krav i AMA är OK för anläggningsbranschen i normalfallet • De är resultat-inriktade (tex toleranser) och det är bra • Alla krav är dock inte mätbara

Synpunkterna som speglas ovan är naturligtvis bara axplock från enskilda medarbetare i olika organisationer och med olika roller i planerings- och genomförandeprocesserna. De ger dock en indikation att även om kompetens och vilja finns att identifiera samt ta ansvar för projektspecifika krav kan brister i beskrivningssystemet, eller okunskap om dess tillämpning leda till kommunikationsproblem mellan parterna.

9.4 Metoder för kontroll och uppföljning

Det har på olika sätt inom ramen för detta projekt tryckts på avsaknaden av etablerade kontrollmetoder. En hypotes som ställdes i projektplanen var frågan hur realistiskt det är att basera kontroll på modern loggerutrustning i borrhjull och laddutrustning. Som framgår av avsnitt 6.1 anger maskintillverkare toleransen till borring med automatik till som bäst ± 10 cm, under förutsättning att utsättning gjord med totalstation. Med stöd av främst jämförelsen mellan inmätta konturhål från SKB:s tunnlar TAS04 och TASN (tabell 3) förefaller dock borrhjullens log ge en realistisk bild av borrhjullprecision. En liknande

uppfattning ger tabell 4, där ett begränsat antal konturhål jämförts mellan inmätt och maskinens registrering. En hypotes är att den noggrannhet som anges av maskinleverantörer är det absoluta felet, medan det relativa felet mellan närliggande borrhål och inom samma salva kan vara mindre. Detta är en fråga som bör utredas närmare.

Även SKB:s erfarenheter från att följa upp precision i laddmängd (figur 6) är positiv indikation på en möjlig kontrollmetod med stöd av loggerutrustning. Det finns dock två stora frågetecken att utreda närmare:

1. Båda projekten använde fabriksny utrustning. Hur påverkas resultat från loggrarna av att utrustningen slits över tid, och tillför det merarbete i de regelbundna kalibreringar som görs?
2. Implementeringen av ny teknik har många aspekter, vilka diskuteras i kapitel 7. Engagemang och delaktighet är centrala, men man måste först identifiera alla parametrar som påverkar arbetskontexten och använda dem som stöd i checklistor vid införande av nya rutiner, arbetssätt, verktyg eller tekniker.

Trots positiva indikationer för nyttjande av loggerteknik för kontroll är det en branschgemensam utmaning att komma fram till praktiska mät- och ersättningsregler. Det finns för många potentiella felkällor innan data tas ur loggern att man inte kan kasta sig in i nyttjande av sådan teknik utan att först identifierat alla ”hårda” och ”mjuka” parametrar av betydelse.

Med de positiva indikationer på att loggern registrerar borrhningen tämligen bra bör man som en spin-off utreda möjligheten till koppling mellan positioneringssystemet och riggens ”profiler”. En vision är att baserat på föregående salva kunna automatiskt justera nästa borrhning.

9.5 Kompetensbehov

Den enkät som detta projekt skickade ut till yrkesarbetare (bilaga 2) identifierade bl a att en majoritet att de inte tycker sig ha rätt utbildning för att kunna utnyttja riggens fulla potential, se avsnitt 7.2.1. 26 % av de som är verksamma i anläggningsindustrin menade dessutom att de inte hade någon utbildning alls. Det identifierades också en stor skillnad mellan anläggning och gruva i hur lätt man tycker det är att förstå riggens automatik och dess inställningar. En hypotes är att gruvindustrin satsat mer på utbildning för sin personal.

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2010:1 Bergarbete säger i § 20; ”Operatörer av maskiner och fordon som används i berg- och gruvarbete ska vara utbildade för uppgiften att använda maskinerna och fordonen i dessa miljöer. Utbildningen ska vara dokumenterad”. Kravet på utbildning anges dock inte. Maskinleverantörerna har egen utbildning för sina utrustningar, t ex Atlas Copco har en trestegsmodell i sin utbildning med träning i simulator som en kostnadseffektiv lösning. Laddutrustning är i praktiken en sprängmedelsfabrik, så där är leveratören/entreprenören bättre på att utbilda personalen, vilket i praktiken är ett krav redan.

Utbildning är en nyckelfaktor för att höja kvaliteten i borrhning/laddning och det känns som en självklarhet att ha välutbildade operatörer. Speciellt med avseende på den stora investering en ny avancerad borrhigg utgör. Att ha krav på utbildning är rimligt men det är inte så lätt att formulera dessa. För sprängutbildning finns idag ett ”kursråd”, med representanter från myndigheter, branschorganisationer och enskilda företag, som diskuterar och beslutar om krav och certifiering när det gäller sprängkortet. Det finns också ett ”borrcertifikat” som instiftades bland annat till följd av det aktiva arbete som Bergsprängningsentreprenörernas Förening genomfört för ökad kvalitet och kompetens. Borrcertifikatet används dock inte för underjordssprängning. Underjordsbranschen kanske behöver samla sig kring en gemensam hållning? Idag ansvarar till stor grad entreprenörerna själva för kompetensutveckling och utbildning för sina

operatörer samt definierar också i någon mening utbildningskraven, men en del operatörer saknar utbildning på modern utrustning, se figur 9. Det finns dock ingen etablerad utbildningsorganisation idag, och ingen gemensam huvudman. Dock finns privata initiativ (främst Bergutbildarna) som är tämligen heltäckande, men även olika relevanta kurser, inte bara hos leverantörer. En översikt av utbildning för bergarbetare ges i bilaga 4.

En fråga som diskuterades på projektets seminarium var att kräva certifierad personal för bergschakt med unika krav. Certifierade yrkesarbetare skulle kunna vara en av utvärderingskriterierna vid upphandling där specifika krav på toleranser eller skadezon finns. Men det måste fram inte bara utbildning, utan även definition av kompetensnivåer för certifiering. Atlas Copcos trestegsutbildning för borrarare är ett exempel på hur krav skulle kunna formuleras, men liknande definitioner måste fram för laddutrustning och andra frågor som bidrar till en säker och effektiv arbetsmiljö.

De synpunkter från seminariets grupparbete som återges i avsnitt 9.3 pekar även på beställarens och konsulter behov av kompetensutveckling i takt med att utrustningar och arbetsförutsättningar ändras i tunnelbyggnadsbranschen. Speciellt beställaren måste ha tillräckliga insikter i att säkerställa att ställda krav är mätbara, och att projektet har tillräcklig bemanning för att följa upp ställda krav.

9.6 Upphandling och avtal

Om beställaren har projektspecifika krav på bergschaktningsklass och/eller sprängskadezon bör denne tidigt klargöra hur dessa ska hanteras i projekteringsfasen och inför upphandling. Inom ramen för grupparbetet på det seminarium detta projekt höll var de flesta grupperna mycket positiva till samverkansformer och incitament. För att stimulera till kreativitet i anbudsskedet diskuterades olika modeller. Att betala för anbudsarbetet, t ex genom att följa modellen för arkitektävling kan vara ett sätt. Speciellt entreprenörgruppen tryckte på att arbeta mer med samverkanskontrakt där det finns tydliga incitament. Det möjliggör också att entreprenören involveras i ett tidigare skede. Till exempel finns modeller där entreprenören handlas upp tidigt på i huvudsak mjuka parametrar, därefter sker detaljprojektering och upprättande av målkostnad gemensamt.

Det var en generell synpunkt från grupparbetet att man bör i möjligaste mån ställa funktions-, inte utförandekrav. Incitament är projektspecifikt, och måste anpassas mot ställda krav. Vidare diskuterades att kvalitetsrelaterade incitament kan ha fördelar i förhållande till målprismodeller. En risk med målprismodeller är att det leder till en jakt på ”ändringar” som berättigar till en justering av målpriset. Kanske kan en kombination av kvalitets- och målprisincitament vara en bra lösning.

Frågan om kompetens som konkurrensparameter återkopplar till osäkerheten i hur t ex certifiering ska formuleras, se avsnitt 9.5.

10 REKOMMENDATIONER

Projektet har identifierat brister i utbildningen för yrkesarbetare. Någon form av certifierad utbildning för borrarare – sprängning i tunnlar bör övervägas, åtminstone om man har projektspecifika kvalitetskrav på färdig tunnelkontur. Det måste dock definieras krav för sådan certifiering och utses en huvudman. Det bör tillsättas en arbetsgrupp för att utreda hur detta ska gå till.

Även tunnelprojektörens kompetensbehov för projektering av tunnlar kan behöva definieras. Certifiering för teknikkonsulter finns i andra länder och även i Sverige i andra branscher och teknikområden.

En annan slutsats är att AMA Anläggning formulerar krav på bergschaktningsklass och sprängskadezon, men saknar mätmetod. Det finns positiva indikationer från SKB:s tunnelprojekt 2012 på Äspö att modern

loggerutrustning i borr- och laddaggregat kan dokumentera utfört arbete tämligen väl. Men det finns frågetecken hur väl detta skulle fungera i en normal produktionsmiljö, och hur tekniken implementeras hos operatörerna.

Upphandling med samverkansformer och projektspecifika incitament har framförts som ett bra arbetssätt. AMA RA och MER behöver dock utvecklas mot hur incitamentsfrågor ska hanteras. Även modeller för att med avseende på kvalitet i den mening som diskuteras i detta projekt (inhålla borrhings- och laddningtoleranser) arbeta gemensamt mot ständiga förbättringar kan behöva beaktas i framtida utveckling av AMA Anläggning och tillhörande dokument.

11 REFERENSER

- Appelquist K., Lindkvist JE., Lorents KJ., Olsson M., Rydén N., Åkeson U. 2012.** Bergschaktningstolerenser Skadezonsutbredning-Delrapport. CBI Betonginstitutet Öppen uppdragsrapport PX10297.
- Bäckblom, G, Martin C. D, 1999.** Recent Experiments in Hard Rocks to Study the Excavation Response: Implications for the Performance of a Nuclear Waste Geological Repository. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 14(3): 377-394.
- Bäckstöm A, Jonsson M, Christiansson R and Mas-Ivars D.** Analysis of Factors that affect and controls the Excavation Disturbance/Deformation Zone in crystalline rock. *Proceedings of SinoRock, Hong Kong, China 2009.*
- Christiansson R., Ericsson L-O and Gustafsson G. 2009.** Hydraulic characterisation and conceptual modelling of the Excavation Disturbed Zone (EDZ). *Proceedings of SinoRock, Hong Kong, China 2009.*
- Christiansson, R. and Karlzen, R. 2010.** New developments for careful blasting in hard rock tunnels. *Proceedings of World Tunnelling Congress. Vancouver, Canada 2010.*
- Eklund, J., 2003.** An extended framework for humans, technology and organization in inter-action. *Luczak, H. & Zink, K. J. (Eds). Human factors in organizational design and man-agement – VII. Redesigning Work and Macroergonomics – Future Perspectives and Challenges (pp. 47-54). Santa Monica, CA: IEA Press.*
- Emsley S, Olsson O, Stenberg L, Alheid H.-J, Falls S, 1997.** ZEDEX-a study of damage and disturbance from tunnel excavation by blasting and tunnel boring. *SKB TR-97-30. Svensk Kärnbränslehantering AB. Stockholm, Sverige*
- Ericsson, L-O, Brinkenhoff, P., Gustafsson, G. and Kvartsberg, Sara. 2009.** Hydraulic Features of the Excavation Disturbed Zone – Laboratory investigations of samples taken from the Q- and S-tunnels at Äspö HRL. *Svensk Kärnbränslehantering AB, report R-09-45. Stockholm, Sweden.*
- Karlzen R. och Johansson E. 2009:** slutrapport från drivningen av TASS-tunneln. *Svensk Kärnbränslehantering AB rapport R-10-31. Stockholm, Sverige*
- Nyberg, U., Harefjord, L., Bergman, B and Christiansson, R. 2009.** Monitoring of vibrations during blasting of the APSE tunnel, Äspö Hard Rock Laboratory. *Svensk Kärnbränslehantering AB, report R-05-27., Stockholm, Sweden.*
- Ogén, O., 2011.** Från organisationsmodell till MTO-analys? – en fallstudie om fyra chefers arbetssituation. *Examensarbete KTH, Ergonomi och MTO, KTH STH Campus Flemingsberg, Sweden.*
- Olsson M. and Ouchterlony F, 2003.** Ny skadezonsformel för skonsam sprängning. *SveBeFo report No 65, Stockholm, Sweden.*
- Olsson, M., Niklasson, B., Wilson, L., Andersson, C. and Christiansson, R., 2004.** Äspö HRL. Experiences of blasting the TASQ tunnel. *Svensk Kärnbränslehantering AB, report R-04-73., Stockholm, Sweden.*

- Olsson M and Markström I., 2009.** Examination of the Excavation Damage Zone in the TASS tunnel, Äspö HRL. *Svensk Kärnbränslehantering AB, report R-09-39., Stockholm, Sweden.*
- Olsson, M. och Niklasson, B. 2013.** Tunneldrivning med pumpemulsion. Erfarenheter av sprängämne, utrustning och laddningsarbete. *BeFo rapport nr 115. Stockholm, Sweden.*
- Porras, J. I. & Robertson, P. J., 1992.** Organizational Development. *Dunnette, M. D. & Hough, L. M. (eds) Handbook of Industrial and Organizational Psychology, Vol 3, 2nd ed. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, Inc.*
- Rollenhagen, C., 1997.** Sambanden människa, teknik och organisation – en introduktion. *Studentlitteratur, Lund, Sweden.*
- SKB, 2010.** Design, construction and initial state of the underground openings. SKB TR-10-18, Svensk Kärnbränslehantering AB
- Werner, A., 2012.** Faktorer som påverkar informationsdelning – Ur ett MTO-perspektiv. *Examensarbete i Informatik, Linnéuniversitetet, Institutionen för datavetenskap, fysik och matematik, Växjö, Sweden.*

BILAGA 1. SEMINARIUM 25 OKTOBER 2013



Seminarium om kvalitetsfrågor i bergschakt för tunnel

PROGRAM 25 oktober

08:30 – 09:00	Registrering i Skanskas reception och fika	
09:00 – 09:25	<p>Introduktion. Bakgrund och syfte med seminariet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syftet med utvecklingsprojektet • SKB:s projektspecifika krav • Erfarenhet från Äspö 	<i>Rolf Christiansson, SKB</i>
09:25 – 9:40	Exempel från Äspö-laboratoriet	<i>Henrik Ittner, SKB</i>
09:40 – 9:55	<p>AMA-baserat förfrågningsunderlag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regler i AnläggningsAMA • Nyheter i AMA 13 • Parametrar för ett bra FU 	<i>Mats Werner, Cowi</i>
9:55 – 10:15	Fikapaus	
10:15 – 12:00	<p>Preliminära Resultat från SBUF-projektet</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vision om styrning av projekten • Tekniska frågeställningar <ul style="list-style-type: none"> ○ Praktisk tillämpning ○ Rigg, bormaskin och borrar ○ Sprängmedel och laddning ○ Geologin • Människa – Teknik – Organisation <ul style="list-style-type: none"> ○ Operatörernas erfarenhet, enkät ○ Styrning i projekt Zenit ○ Teknikutveckling och framtid • Precision i borming idag <ul style="list-style-type: none"> ○ Vad får vi ur loggern ○ Hur kan vi öka precisionen ○ Teknikutveckling och framtid • Laddutrustningar/ laddteknik <ul style="list-style-type: none"> ○ Vad får vi ur loggern ○ Teknikutveckling och framtid • Atlas Copcos utbildning för operatörer • Kontraktuella frågeställningar <ul style="list-style-type: none"> ○ Utförandekrav och resultatkrav ○ Styrning enligt AMA ○ Projektspecifika krav • Frågor och diskussion 	<p><i>Moderator: Per Tengborg, BeFo</i></p> <p><i>Magnus Fellidin, Veidekke</i></p> <p><i>Robert Sturk, Skanska</i></p> <p><i>Johan Jonsson, Atlas Copco</i></p> <p><i>Ari Kaimulainen, Forcit</i></p> <p><i>Henrik Henning, Atlas Copco</i></p> <p><i>Hans Hogård, Skanska</i></p>
12:00 – 13:00	Lunch	
13:00 – 14:30	<p>Grupparbete</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utbildningskrav • Utförandebaserade krav • Resultatbaserade krav • Reglering enligt AMA • Incitamentsmodeller 	
14:30 – 15:00	Fikapaus	
15:00 – 16:00	<ul style="list-style-type: none"> • Genomgång av resultat från grupparbetet • Diskussion 	<p><i>Maria Christiansson, NCC</i></p> <p><i>Moderator: Per Tengborg, BeFo</i></p>
16:00	Avslut	

Syfte

Grupp nr __L__

Grupparbetets syfte är att få synpunkter på hur tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska hanteras avseende

Formulering av krav

Regleringsmodell

Ett antal frågor ska svara hur bra eller dåligt man tycker om något i skala 1 till 5. Gruppen ger ett bedömt medelvärde. Utrymme lämnas att ange den gemensamma uppfattningen, eller mest diametralt motsatta uppfattningarna inom gruppen

Kravställande

Hypotesen är att utförande och val av t ex borrhåll och sprängämne påverkar resultatet. För utförandet kan operatören ha hjälp av modern loggerutrustning vid utförande och dokumentation av utfört arbete (borrning och laddning).

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Utbildning					
Hur ställer ni er till förslaget att ställa utbildningskrav avseende borrning och laddning på arbetsledning och operatörer?					X
<i>Motiv:</i>					
I AFS Bergarbete står det att man skall ha utbildning för att köra en tunnelrigg, men detta kontrolleras i princip aldrig. Branschen kan bli bättre på att följa denna.					
Istället är det snarare så att man oftare kontrollerar att personalen har utbildning för motorsåg men aldrig för en borrhåll värd 12,5 miljoner kronor.					
Laddutrustningen är faktiskt en sprängmedelsfabrik så där är leveratören/Entreprenören bättre på att utbilda personalen. Där är det i princip ett krav redan.					
Utbildad personal får högre status även för egen del					
<i>Hur borde utbildningskrav formuleras?</i>					
Är "redan" formulerad i AFS Bergarbete men kan man tänka sig ett krav eller liknande i TB ?					
Hur bedömer ni att kompetensnivån är hos projektörer när det gäller att beskriva borrning och laddning i förfrågningsunderlag?		X			
<i>Motiv:</i>					
Varför skall det detta?					
Ställ gärna RELLEVANTA och MÄTBARA krav men låt entreprenörerna lösa hur man skall klara att uppfylla dessa. De har bäst kunskap, tillsammans med leverantörerna.					
Detta gynnar även en kreativ process mycket bättre					
.					

Hur bedömer ni att maskinleverantörerna förstår operatörernas arbetssituation genom hur användarvänlig deras loggerutrustningar är?				X	
<i>Motiv:</i>					
Bra, men kan vara lite svårt i anläggningsbranschen att hitta tid under projektet till utveckling. I gruvorna verkar de ha lite mer överkapacitet så där är det lättare att få tid till detta.					
Dock tar man alltid intryck från de som brukar maskinerna under utvecklingsarbetet.					
Man kan dock bli bättre på oplanerade spontanbesök ute i verkligheten.					
Kompl. fråga: Vad tycker ni är viktigt att "logga", dvs. vad exakt ska den kunna redovisa?					
Man bör logga det som är relevant.					
Vad det gäller slutläget av ett borrhål kan man nog beräkna detta efter minst 50% av tänkt borrhål.					
Prio 1 bör dock vara tt göra Rätt/ Beteende hos personal					
Prio 2 Logga laddningsmängd hål för hål.					
<i>Här kommer en utvecklig som vi diskuterade: Exemplet man tog upp var att man hade fått en överträdelse av vibrationerna i samband med ett projekt där Forcits utrustning användes. Då kunde man i efterhand kunna konstatera i vilket hål det var överladdat och laddaren sa sig då "kanske kommit åt " knappen och lagt en dutt extra.</i>					
<i>Vissa i gruppen påtalade dock att skadan skedde ju i alla fall iom att man ej spolat rent hålet och laddat om detta... Vad gör det då för nytta kan man undra?</i>					
<i>Det bästa vore om man direkt på stuff kan få en varning om att ett hål har fått mer än tänkt av laddningsmängden så man kan göra om / göra rätt direkt.</i>					
<i>Men som sagt innan. Kan man ändra beteendet hos laddarna så de ALLTID laddar som tänkt så uppstår ej denna typ av fel i alla fall. Därför är alltid beteende och ansvarskänsla Prio 1</i>					
Tekniska krav					
Hur ändamålsenliga anser ni att de tekniska kraven på bergschakt är som formuleras i AMA?			X		
<i>Motiv</i>					
Många är bra och relevanta. Sedan finns det krav som aldrig mäts och man kan ifrågasätta hur pass viktiga de är egentligen.					
Det vi främst tänkte på här är kravet på skadezon....					
Nycketorden igen är dock RELEVANS och MÄTBARHET					
Hur ställer ni er till mer utförandebaserade krav, under förutsättning att de är mätbara, t ex med hjälp av loggerutrustning?			X		
<i>Motiv</i>					
Inte helt positiva.					
Det är väldigt svårt på kammaren att beskriva hur exakt verkligheten ser ut. Detta görs absolut bäst på plats.					
Hur skall de utförandebaserade kraven mätas?					
Låt entreprenören uppfylla kraven som ställs på resultatet istället. Ej på hur.					
Det dödar kreativiteten					

Kompl. fråga: Hur ställer ni er till resultatbaserade krav under förutsättning att de är mätbara, t.ex. med hjälp av loggerutrustning?
Bättre än Utförandekrav, men är dock väldigt beroende på vilket berg man har. Det är inte alltid detta stämmer med "Verkligheten" på kontoret
<i>Har ni synpunkter på hur tekniska krav borde formuleras, speciellt nya tankar?</i>

Regleringsmodell

Hypotesen är att reglering i tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska ha en enkelt mätbar modell för reglering.

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Anser ni att möjligheterna i AMA utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag?					
<i>Motiv</i>					
Vet Ej					
Leverantörgruppen kan för lite om AMA för att kunna ge ett bra svar men troligtvis ej					
Är det möjligt att uppmuntra kreativitet i anbudsskedet? Hur gör man i så fall det?					X
<i>Motiv</i>					
JA!. Styr mot krav, ej Hur. Få betalt för nedlagt arbete Partnering modell City Banans två samverkansentreprenader					
Utmaning/problem: Mjuka parametrar					
Hur ställer ni er till incitamentmodeller?			X		
<i>Ge förslag på incitamentmodell:</i>					
JA, varför inte.					
Frågan dock svår att bedöma utan tydliga exempel. Men dumt och säga nej redan innan					
<i>En MYCKET BRA och givande dag och diskussion. Bra att man delade upp grupperna i olika typer så man inte bara får diskussioner där ingen vill sticka ut och bara mesiga medelsvar som resultat. Genom denna uppdelning fick alla styrkor i respektive nisch framträda med större tydlighet och på så sätt också få ett kraftigare budskap. Så Bra gjort helt enkelt.</i>					

Syfte

Grupp nr E

Grupparbetets syfte är att få synpunkter på hur tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska hanteras avseende

Formulering av krav

Regleringsmodell

Ett antal frågor ska svara hur bra eller dåligt man tycker om något i skala 1 till 5. Gruppen ger ett bedömt medelvärde. Utrymme lämnas att ange den gemensamma uppfattningen, eller mest diametralt motsatta uppfattningarna inom gruppen

Kravställande

Hypotesen är att utförande och val av t ex borrhåll och sprängämne påverkar resultatet. För utförandet kan operatören ha hjälp av modern loggerutrustning vid utförande och dokumentation av utfört arbete (borrning och laddning).

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Utbildning					
Hur ställer ni er till förslaget att ställa utbildningskrav avseende borrning och laddning på arbetsledning och operatörer?				4	
<i>Motiv:</i>					
Utbildning är en nyckelfaktor för att höja kvaliteten i borrning/laddning och det känns som en självklarhet att ha välutbildade operatörer. Speciellt med avseende på den stora investering en ny avancerad borrhåll utgör.					
Att ha krav på utbildning är OK men det kanske inte är så lätt att formulera dessa. För sprängutbildning finns idag ett "kursråd", med representanter från myndigheter, branschorganisationer och enskilda företag, som diskuterar och beslutar om krav och certifiering när det gäller sprängkortet. Det finns idag, enligt Michael Hermansson, också ett "borrcertifikat" som instiftades bland annat till följd av det aktiva arbete som Bergsprängningsentreprenörernas Förening genomfört för ökad kvalitet och kompetens. Borrcertifikatet används dock inte för underjordssprängning. Underjordsbranschen kanske behöver samla sig kring en gemensam hållning? Idag ansvarar till stor grad entreprenörerna själva för kompetensutveckling och utbildning för sina operatörer samt definierar också i någon mening utbildningskraven.					
Gruppen diskuterade också att krav inte är den enda lösningen för ökad kvalitet utan det gäller också att öka engagemanget hos operatörerna.					
<i>Hur borde utbildningskrav formuleras?</i>					
För att formulera krav bör en branschgemensam diskussion föras mellan olika aktörer; utförare, leverantörer, projektörer, beställare och myndigheter. Atlas Copcos upplägg med "Master Driller" brons, silver, guld utgör en bra start (se länk nedan).					
http://www.atlascopco.se/Images/Utbildning_2013_tcm44-3523006.pdf					
Kanske bör också kravet formuleras så att alla inte behöver samma utbildningsnivå utan att det räcker att någon på arbetsplatsen uppfyller den högsta kravnivån (jfr Klass 1 respektive Klass 2 inom betongkompetens).					

Hur bedömer ni att kompetensnivån är hos projektörer när det gäller att beskriva borring och laddning i förfrågningsunderlag?	1				
<i>Motiv:</i>					
<p>Nästan uteslutande sker hänvisningar till AMA. Mer specificerade krav förekommer nästan aldrig.</p> <p>Det är viktigt att projektörer förstår vilka konsekvenser olika kravställanden inom borring/sprängning får på övriga delar av ett tunneljobb. Det kan gälla arbetsmiljö, logistik, miljö, masshantering etc. Det är viktigt med större helhetssyn. Projektörer behöver därmed ej ha detaljkunskaper men idag brister det i den övergripande förståelsen.</p>					
Hur bedömer ni att maskinleverantörerna förstår operatörernas arbetssituation genom hur användarvänlig deras loggerutrustningar är?					5
<i>Motiv:</i>					
<p>Gruppens bedömning är att leverantörerna är lyhörda och tar in "feedback" från utförare/operatörer. Detta beskrevs bl a i Atlas Copcos inlägg om ny "programplattform".</p> <p>Där beskrevs också hur arbetsmiljö och ergonomi behandlas då man tar fram nya produkter.</p>					
Kompl. fråga: Vad tycker ni är viktigt att "logga", dvs. vad exakt ska den kunna redovisa?					
<p>Verklig position på borrhålet samt MWD.</p> <p>Gruppen hade en önskan om en större koppling mellan positioneringssystemet och riggens "profiler". Baserat på föregående salva bör man automatiskt kunna justera nästa borring.</p> <p>Gruppen diskuterade också frågan om autoborring mer generellt. Någon menade att vi sätter stort fokus på att människan gör fel och i det perspektivet borde vi utnyttja fullautomatik mycket mer. Så vitt vi vet har man inte testat att systematiskt och under en längre tid köra med fullautomatik på några bergjobb. (Kanske ett uppslag för ett utvecklingsprojekt?)</p> <p>Om det visar sig att fullautomatik fungerar bättre kan det bli ett viktigt verktyg i kvalitetsstyrning och "ständig förbättringsperspektiv".</p>					

Tekniska krav					
Hur ändamålsenliga anser ni att de tekniska kraven på bergschakt är som formuleras i AMA?			3		
<i>Motiv</i>					
Gällande krav i AMA är OK för anläggningsbranschen i normalfallet. För SKB och slutförvaret är kraven för "trubbiga".					
Hur ställer ni er till mer utförandebaserade krav, under förutsättning att de är mätbara, t ex med hjälp av loggerutrustning?			3		
<i>Motiv</i>					
Valet mellan utförande- och resultatkrav är beroende av förutsättningar och applikation. Generellt var dock gruppen positiv till utförandebaserade krav om man lyckas bibehålla utrymme för kreativitet. Normalt ger resultatkrav mer utrymme för entreprenörer att påverka och effektivisera arbetet.					
Gruppen bedömer dock att utrymme för kreativitet kan skapas även med utförandebaserade krav om beställaren är dels kunnig och kompetent, dels villig att skapa visst handlingsutrymme för utföraren.					
Kompl. fråga: Hur ställer ni er till resultatbaserade krav under förutsättning att de är mätbara, t.ex. med hjälp av loggerutrustning?					
Se svar ovan.					
Laddning bör vara baserat på utförandekrav, ngt annat är i princip omöjligt med dagens laddkoncept.					
<i>Har ni synpunkter på hur tekniska krav borde formuleras, speciellt nya tankar?</i>					
Kravformulering bör vara flexibel och inte låsas fast för tidigt i projektet.					
För att höja kvaliteten i berguttaget (tolerans och sprängskador) bör man: Ställa högre krav på laddning, vilket skall inkludera krav på dokumentation (du skall kunna tala om vad du gjort) Positionsbestämma borrhålen Kräva certifierade operatörer					

Regleringsmodell

Hypotesen är att reglering i tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska ha en enkelt mätbar modell för reglering.

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Acceptabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Anser ni att möjligheterna i AMA utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag?			3		
<i>Motiv</i>					
Det finns luckor i dagens AMA när det gäller tunnelbyggnad.					
Tillämpningen av AMA kan förbättras och så även förståelsen för hur AMA bör användas.					
Är det möjligt att uppmuntra kreativitet i anbudsskedet? Hur gör man i så fall det?					5
<i>Motiv</i>					
Gruppens två förslag är att: Ersätta anbudsarbetet, det ger hög motivation och bör leda till ökad kvalitet i anbudet Arbeta mer med samverkanskontrakt där det finns tydliga incitament. Det möjliggör också att entreprenören involveras i ett tidigare skede. Till exempel finns modeller där entreprenören handlas upp tidigt på i huvudsak mjuka parametrar, därefter sker detaljprojektering och upprättande av målkostnad gemensamt.					
Hur ställer ni er till incitamentmodeller?				4	
<i>Ge förslag på incitamentmodell:</i>					
Gruppen diskuterade att kvalitetsrelaterade incitament kan ha fördelar i förhållande till målprismodeller. En risk med målprismodeller är att det leder till en jakt på "ändringar" som berättigar till en justering av målpriset. Kanske kan en kombination av kvalitets- och målprisincitament vara en bra lösning.					
Det är viktigt att <u>hela</u> projektorganisationen är inställd på och accepterar incitamentsupplägget. Alla måste "med i båten" och personer som inte vill eller kan vara det måste lyftas ur organisationen. Detta ställer naturligtvis krav på ledningen att vara beslutsam och konsekvent.					

Syfte

Grupp nr __B__

Grupparbetets syfte är att få synpunkter på hur tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska hanteras avseende

Formulering av krav

Regleringsmodell

Ett antal frågor ska svara hur bra eller dåligt man tycker om något i skala 1 till 5. Gruppen ger ett bedömt medelvärde. Utrymme lämnas att ange den gemensamma uppfattningen, eller mest diametralt motsatta uppfattningarna inom gruppen

Kravställande

Hypotesen är att utförande och val av t ex borrhåll och sprängämne påverkar resultatet. För utförandet kan operatören ha hjälp av modern loggerutrustning vid utförande och dokumentation av utfört arbete (borrning och laddning).

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Utbildning					
Hur ställer ni er till förslaget att ställa utbildningskrav avseende borrning och laddning på arbetsledning och operatörer?				4	
<i>Motiv:</i> Ett mycket bra förslag! Dock krävs också erfarenhet för att bli en duktig borrare.					
Det finns idag ingen allmängiltig certifiering för borroperatörer. Det vore önskvärt med en allmängiltig certifiering. Detta är dock inte enbart en beställarfråga, entreprenörerna måste också vara med på tåget.					
<i>Hur borde utbildningskrav formuleras?</i>					
Certifikatet måste vara giltigt i hela branschen, innehålla flera nivåer och utfärdas av oberoende instans.					
Hur bedömer ni att kompetensnivån är hos projektörer när det gäller att beskriva borrning och laddning i förfrågningsunderlag?		2			
<i>Motiv:</i>					
Många konsulter saknar den praktiska erfarenheten för att beskriva utförandet i detalj. Trots detta görs handlingar på det sättet. Text kopieras ofta från andra handlingar eller AMA.					
Certifiering för teknik konsulter finns i andra länder och även i Sverige i andra branscher och teknikområden.					

Hur bedömer ni att maskinleverantörerna förstår operatörernas arbetssituation genom hur användarvänlig deras loggerutrustningar är?			3		
<i>Motiv:</i>					
Mjukvaran fungerar relativt bra. Det finns dock outnyttjad potential i loggad data. Mjukvara för att processera data borde finnas tillgänglig.					
Kompl. fråga: Vad tycker ni är viktigt att "logga", dvs. vad exakt ska den kunna redovisa?					
-Positionering					
-Borrsjunk					
-MWD är inte lika viktigt vid salvboring eftersom data i dagsläget är svår att tolka					
Tekniska krav					
Hur ändamålsenliga anser ni att de tekniska kraven på bergschakt är som formuleras i AMA?			2		
<i>Motiv</i>					
Kraven följs inte upp i tillräckligt stor utsträckning.					
De tekniska kraven är för komplexa och inte alltid tillämpbara					
Hur ställer ni er till mer utförandebaserade krav, under förutsättning att de är mätbara, t ex med hjälp av loggerutrustning?					5
<i>Motiv</i>					
Under förutsättning att kraven faktisk är mätbara, produktionsanpassade och relevanta.					
Kompl. fråga: Hur ställer ni er till resultatbaserade krav under förutsättning att de är mätbara, t.ex. med hjälp av loggerutrustning?					
Under förutsättning att loggerna faktiskt mäter det som avses ställer vi oss positivt till detta.					
<i>Har ni synpunkter på hur tekniska krav borde formuleras, speciellt nya tankar?</i>					
Det är mycket viktigt att krav är mätbara, kalkylerbara och tydliga.					

Regleringsmodell

Hypotesen är att reglering i tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska ha en enkelt mätbar modell för reglering.

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Anser ni att möjligheterna i AMA utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag?		2			
<i>Motiv</i>					
Det finns för få CBC-konton för bergschakt. Konsekvensen blir att det är svårt att reglera och därför görs det inte heller. Möjlighet till reglering finns men tillämpas inte i praktiken.					
Är det möjligt att uppmuntra kreativitet i anbudsskedet? Hur gör man i så fall det?			3		
<i>Motiv</i>					
Entreprenadform påverkar kreativitet i anbudsskede. För anläggningsprojekt kan totalentreprenad innebära ökad kreativitet. Detta är dock svårt att tillämpa för SKBs anläggningar.					
Samverkan / partnering kan vara ett annat förslag					
Incitamentmodeller					
Hur ställer ni er till incitamentmodeller?					5
<i>Ge förslag på incitamentmodell:</i>					
Positivt					

Syfte

Grupp nr K1

Grupparbetets syfte är att få synpunkter på hur tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska hanteras avseende

Formulering av krav

Regleringsmodell

Ett antal frågor ska svara hur bra eller dåligt man tycker om något i skala 1 till 5. Gruppen ger ett bedömt medelvärde. Utrymme lämnas att ange den gemensamma uppfattningen, eller mest diametralt motsatta uppfattningarna inom gruppen

Kravställande

Hypotesen är att utförande och val av t ex borrhåll och sprängämne påverkar resultatet. För utförandet kan operatören ha hjälp av modern loggerutrustning vid utförande och dokumentation av utfört arbete (borrning och laddning).

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Utbildning					
Hur ställer ni er till förslaget att ställa utbildningskrav avseende borrning och laddning på arbetsledning och operatörer?					5
<i>Motiv:</i> Viktigt ur arbetsmiljösynpunkt					
Blir mer engagerad					
Får bättre kvalitet					
Kommentar; ingen etablerad utbildningsorganisation idag (förutom maskinleverantörer) – hur definiera denna utbildningsorganisation, och vem betalar?					
<i>Hur borde utbildningskrav formuleras?</i>					
Skapa delaktiviteter, varva praktik och teori.					
Arbetsmiljömoment					
Maskinkunskap borr- och ladd (+ maskintyp som är projektrelaterat)					
Bergmekanik					
Kunskap om loggern					
Kolla Norge, har troligen krav på utbildning. Hur är detta formulerat?					
Rekommendation: jämför med Sv. Grundläggning. Branschorganisation medvarvad teori och praktik (2 v kurs, 1000 tim praktik 2 d uppföljning, kompletteringskurs vart annat år)					
Hur bedömer ni att kompetensnivån är hos projektörer när det gäller att beskriva borrning och laddning i förfrågningsunderlag?		2			
<i>Motiv:</i> Man kommer långt med schaktklasser enligt AMA					
Förslag från C-O Söder: följ upp hur krav på tak i stn Citybanan blev. Ex-jobb?					

Hur bedömer ni att maskinleverantörerna förstår operatörernas arbetssituation genom hur användarvänlig deras loggerutrustningar är?			3		
<i>Motiv:</i> En sak att förstå, en annan att kunna göra något åt det.					
Tillverkarna har troligen inte resurser att följa upp. Serviceorganisationen kan detaljer, men dålig återkoppling fält – tillverkning - säljorganisation					
Kompl. fråga: Vad tycker ni är viktigt att "logga", dvs. vad exakt ska den kunna redovisa?					
Avrapportering i verkliga koordinater					
Dokumentation av efterjustering av bommen efter påhugg.					
Kunna markera fel/omborrat hål					
Tekniska krav					
Hur ändamålsenliga anser ni att de tekniska kraven på bergschakt är som formuleras i AMA?				4	
<i>Motiv</i> Det finns inga incitament eller kontroll-metoder.					
Vad är verkliga konsekvensen av skadezon +/- 1 dm?					
Detta blir viktigare om man bgt linar tunnlar					
Hur ställer ni er till mer utförandebaserade krav, under förutsättning att de är mätbara, t ex med hjälp av loggerutrustning?					5
<i>Motiv</i> Förutsätter att projektet har sådana krav					
Informationen finns i loggern, hur ta ut den?					
Kompl. fråga: Hur ställer ni er till resultatbaserade krav under förutsättning att de är mätbara, t.ex. med hjälp av loggerutrustning?					
Verifiering av verklig yta med t ex laserscanner skulle kunna användas för att följa upp ett krav på överberg, används ju för att mäta intrång, som är ett resultatkrav idag.					
<i>Har ni synpunkter på hur tekniska krav borde formuleras, speciellt nya tankar?</i>					
Jämför krav på att inte ha intrång					

Regleringsmodell

Hypotesen är att reglering i tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska ha en enkelt mätbar modell för reglering.

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Acceptabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Anser ni att möjligheterna i AMA utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag?			3		
<i>Motiv</i> Man tillämpar ingen reglering om man får överberg					
Entreprenören bedöms generellt vara dåligt påläst på AMA-texten					
Är det möjligt att uppmuntra kreativitet i anbudsskedet? Hur gör man i så fall det?					5
<i>Motiv</i> Funktions- inte utförarkrav i möjligaste mån.					
Funktionskrav ska vara mätbart, ange mätmetod och acceptanskriterium					
Viktigt med löpande återkoppling					
Hur ställer ni er till incitamentmodeller?					5
<i>Ge förslag på incitamentmodell:</i>					
Samverkansentreprenad					
Organisationen måste ha kunskap om det som mäts (och hur det mäts) för att incitamentet ska kunna regleras.					
Incitament är projektspecifikt					

Syfte

Grupp nr K2

Grupparbetets syfte är att få synpunkter på hur tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska hanteras avseende

Formulering av krav

Regleringsmodell

Ett antal frågor ska svara hur bra eller dåligt man tycker om något i skala 1 till 5. Gruppen ger ett bedömt medelvärde. Utrymme lämnas att ange den gemensamma uppfattningen, eller mest diametralt motsatta uppfattningarna inom gruppen

Kravställande

Hypotesen är att utförande och val av t ex borrstål och sprängämne påverkar resultatet. För utförandet kan operatören ha hjälp av modern loggerutrustning vid utförande och dokumentation av utfört arbete (borrning och laddning).

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Accep- tabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Utbildning					
Hur ställer ni er till förslaget att ställa utbildningskrav avseende borrning och laddning på arbetsledning och operatörer?					5
<i>Motiv:</i>					
Idag finns ingen successiv inläring, som var vanligt förr, de erfarna lärde upp de yngre					
Mycket potential i maskinen som inte används					
Jfr borrkort för ovanjordsprängning/ sprängkort för sprängarbetsledare					
Branschen måste enas om innehållet i kursen					
Fördel vid inläring av sprutning med simulator, den är oberoende av tillverkare, en borrsimulator är tyvärr inte oberoende					
<i>Hur borde utbildningskrav formuleras?</i>					
Formell utbildningsplan med inspektör som kollar och certifierar					
Berg + maskinteknik + dokumentation (förståelse av logg)					
Hur tar man hand om engelskspråkig personal?					
Hur bedömer ni att kompetensnivån är hos projektörer när det gäller att beskriva borrning och laddning i förfrågningsunderlag?			3		
<i>Motiv:</i>					
Projektörer känner att man inte kan styra så mycket, ofta låsta av AMA					
Bergschaktningsklasser styr upprättande av handling – lite fyrkantigt					
Vanligt också att man kopplar utförande till riskanalys och max tillåtna vibrationer, vilket i princip innebär att sprängningarna styrs av entreprenören					
Kompetensnivån är därför oftast högre hos entreprenörerna än hos projektörerna					

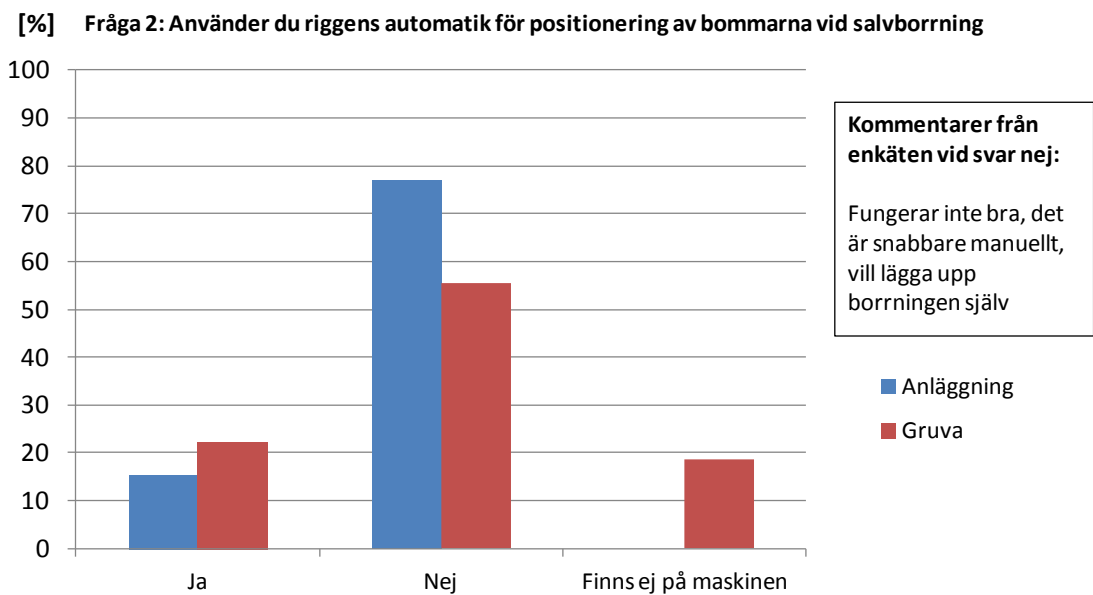
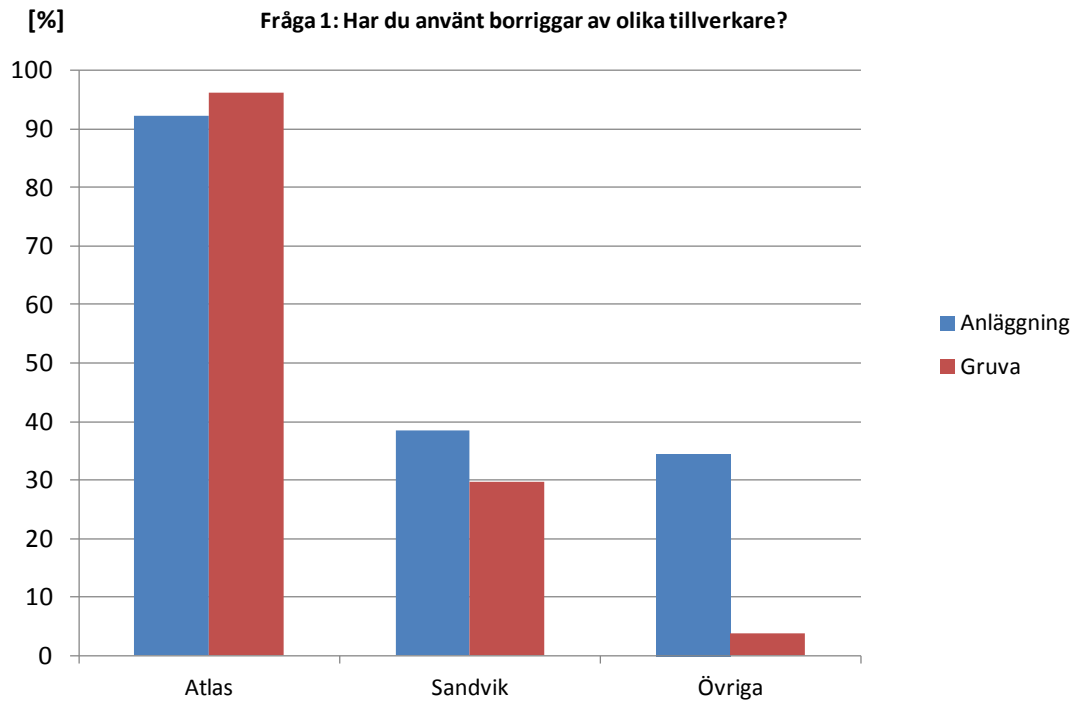
Hur bedömer ni att maskinleverantörerna förstår operatörernas arbetssituation genom hur användarvänlig deras loggerutrustningar är?			3		
<i>Motiv:</i>					
Om man med loggern menar skärmen, dvs information i realtid, så kan ju den visa varvtal och tryck					
Operatören kan inte anpassa sitt arbete efter information från loggern					
Kompl. fråga: Vad tycker ni är viktigt att "logga", dvs. vad exakt ska den kunna redovisa?					
Borrhålens exakta läge, i realtid					
Jämförelse med borrhplanen					
Tekniska krav					
Hur ändamålsenliga anser ni att de tekniska kraven på bergschakt är som formuleras i AMA?			3		
<i>Motiv</i>					
De är resultat-inriktade (tex toleranser) och det är bra					
Alla krav är dock inte mätbara					
Svårt att ställa krav som är tillämpbara på allt från rörgravsschakter till SKB:s tunnlrar					
AMA räcker inte för SKB					
Hur ställer ni er till mer utförandebaserade krav, under förutsättning att de är mätbara, t ex med hjälp av loggerutrustning?			2		
<i>Motiv</i>					
Det går emot Trafikverkets framtida sätt att arbeta					
Kan man verkligen lita på resultatet från loggern? Måste kunna validera resultatet					
Utförandebaserade krav kanske passar SKB:s tunnlrar, men SKB borde kanske ännu hellre utföra dem i egen regi?					
Kompl. fråga: Hur ställer ni er till resultatbaserade krav under förutsättning att de är mätbara, t.ex. med hjälp av loggerutrustning?					
Bra, konsensus råder att det blir bättre slutprodukt					
Blir det samma resultat om utländsk entreprenör gör jobbet?					
<i>Har ni synpunkter på hur tekniska krav borde formuleras, speciellt nya tankar?</i>					
SKB måste, i högre grad än Trafikverket, vara en aktiv beställare					

Regleringsmodell

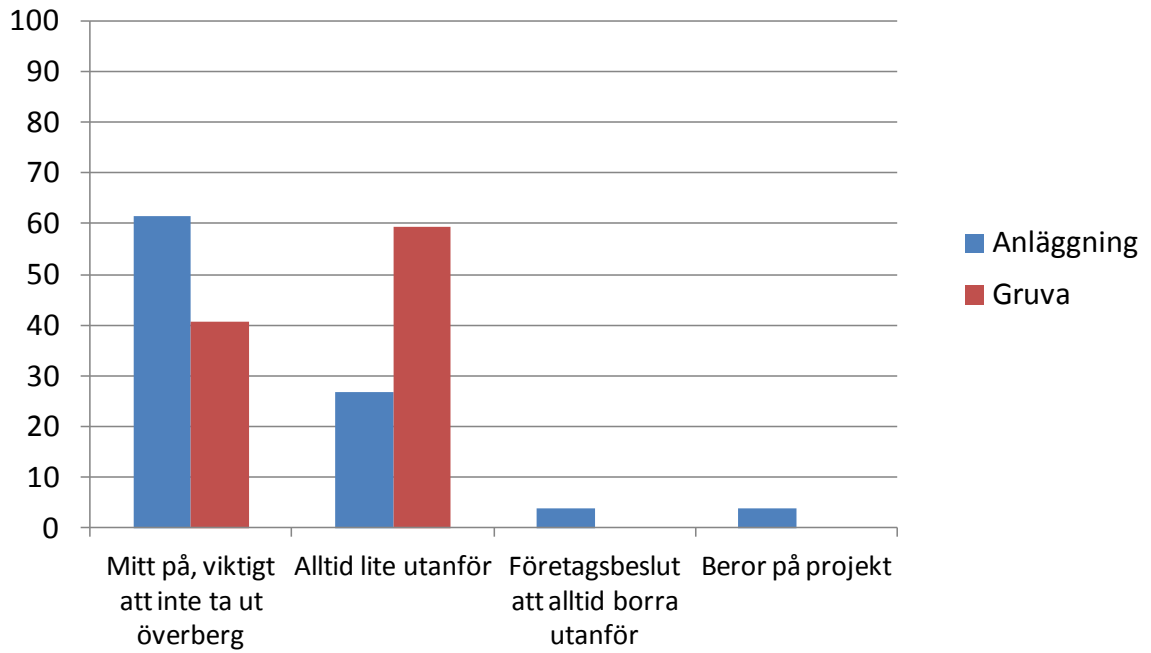
Hypotesen är att reglering i tunnelprojekt med höga krav på konturens tolerans och/eller begränsning av skadezonen ska ha en enkelt mätbar modell för reglering.

	1 Inte alls	2 Väldigt lite	3 Acceptabelt	4 Bra	5 Mycket bra
Anser ni att möjligheterna i AMA utnyttjas fullt ut idag för att ge tydliga regleringsmöjligheter i förfrågningsunderlag?			3		
<i>Motiv</i>					
Om man pressar entreprenören att skjuta så försiktigt att konturen går ut helt fint kommer E att stå med en massa omskjutningar- då måste man prissätta glasögon och prissätta salvor med olika max samverkande laddning					
Jfr ovanjordsprängning; reglering för cc 30-söm skiljer från reglering av cc 60-söm					
Konturen ligger normalt separat i regleringen					
Mängd överberg varierar med storlek på tunnel, i en stor tunnel kanske det ligger på 8%					
Är det möjligt att uppmuntra kreativitet i anbudsskedet? Hur gör man i så fall det?				4	
<i>Motiv</i>					
Genom att välja rätt kontraktsform					
Ex. Paketlösning att bygga tunnel och driva i 20 år					
Ex. Kvarnholmsförbindelsen (Nacka kommun); Ramböll tog fram ett grundförslag och gjorde ett utskick till entreprenörer för att uppmuntra till förbättningsförslag					
Jfr arkitekttävling					
Hur ställer ni er till incitamentmodeller?				4	
<i>Ge förslag på incitamentmodell:</i>					
Samverkansmodell innehåller incitament, men det får inte bli både inkl riskprissättning och vinst					
Tidsincitament är bra					
Så SKB kan ju skriva in i kontraktet ett incitament om att om strålningen är noll efter hundratusen år så faller incitamentet ut....					

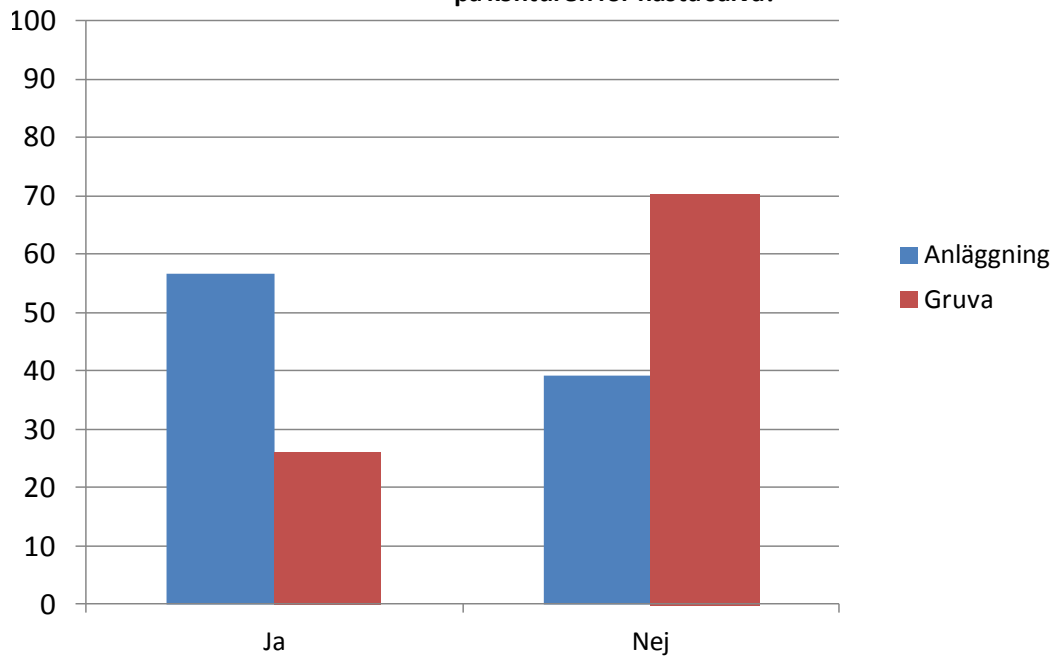
BILAGA 2 SAMMANSTÄLLNING AV ENKÄTSVAR FRÅN TUNNELARBETARE



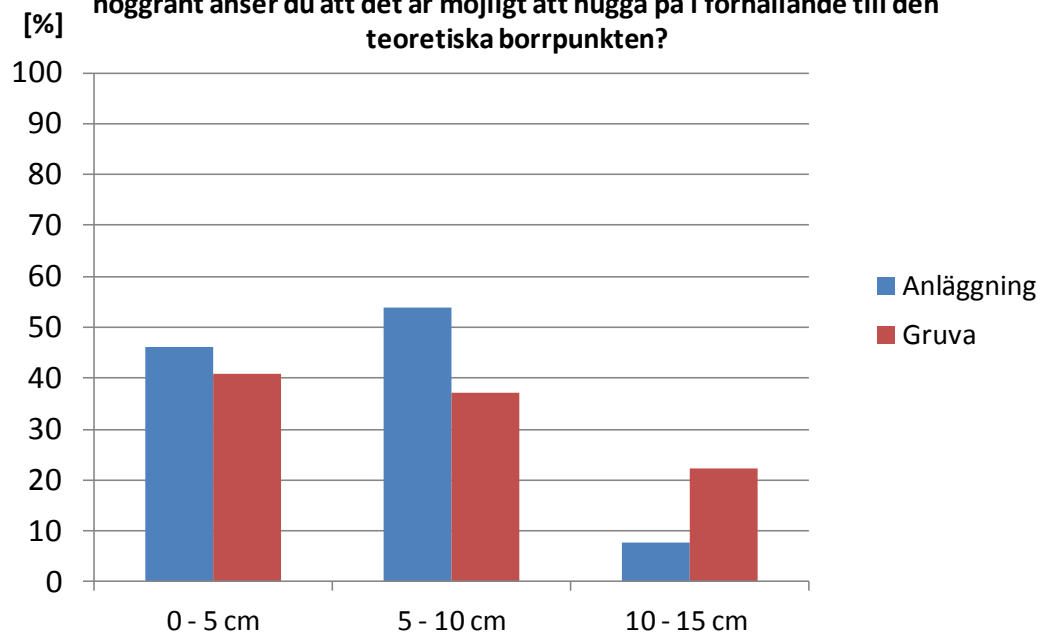
[%] Fråga 3: Hur nära borrplanen försöker du hålla dig? (manuell borrning)



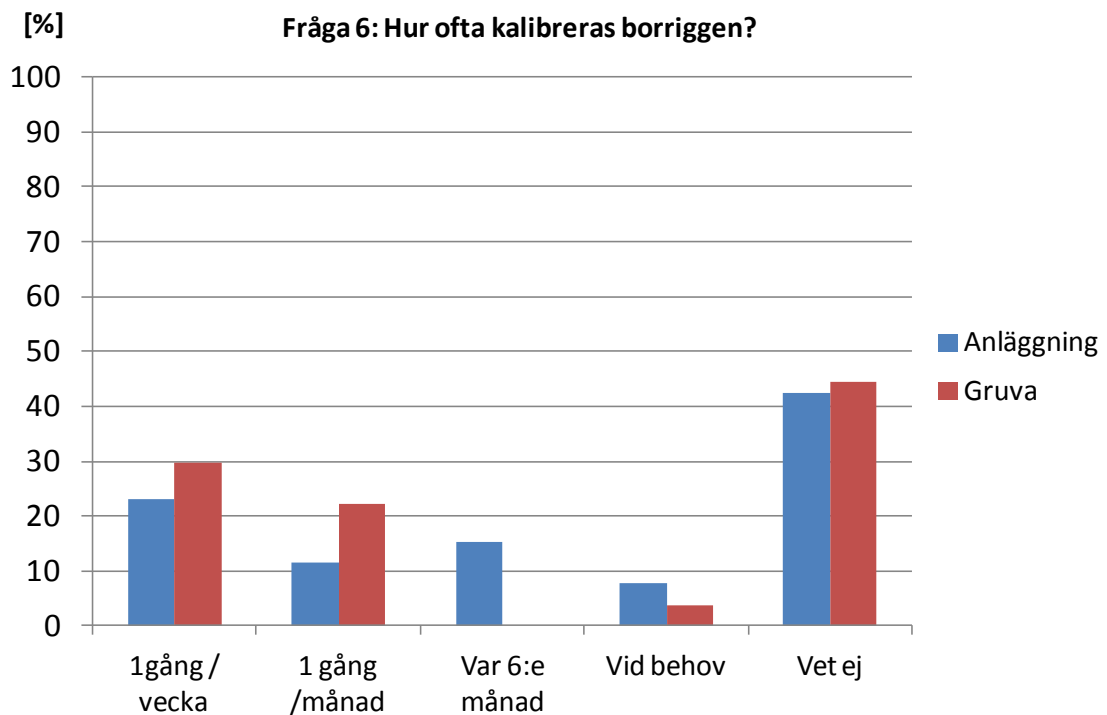
[%] Fråga 4: Tycker du att det underlättar för borrning av konturen om utsättaren markerar målar på konturen för nästa salva?

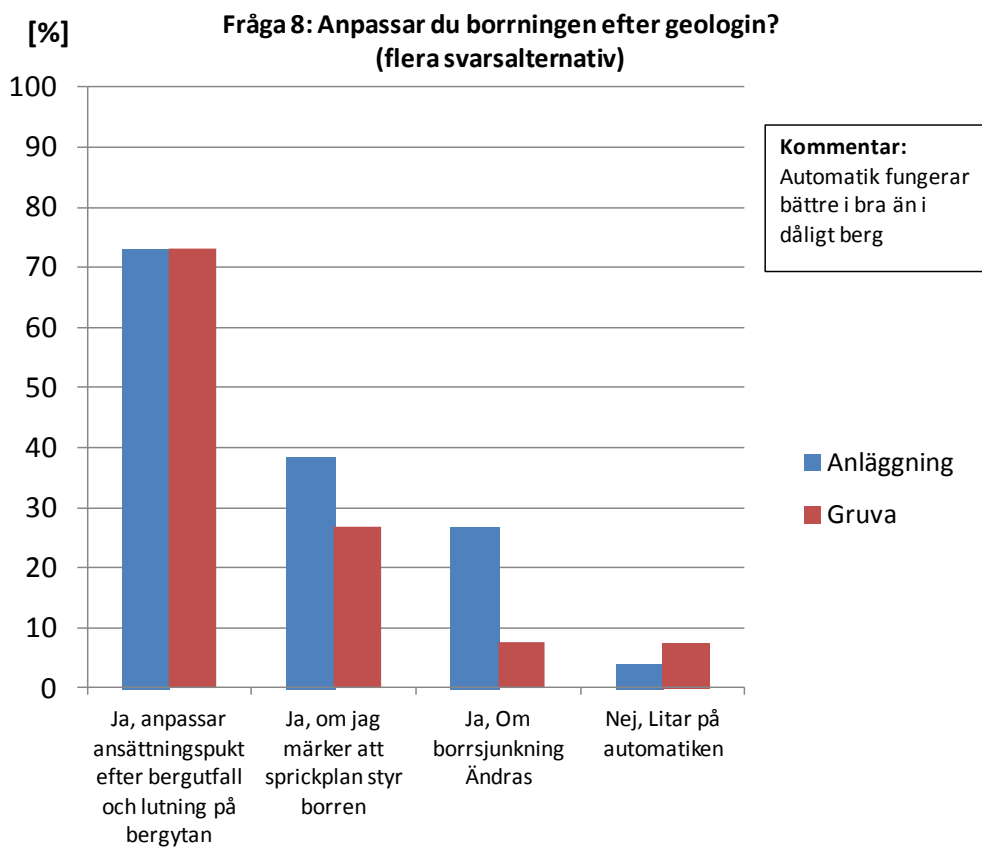
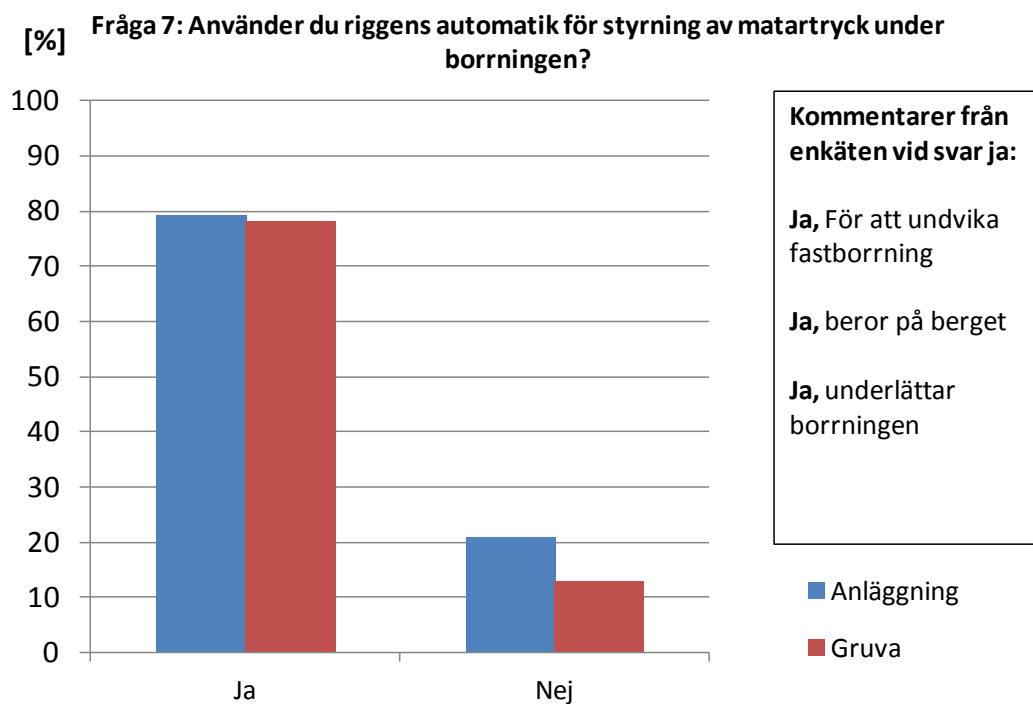


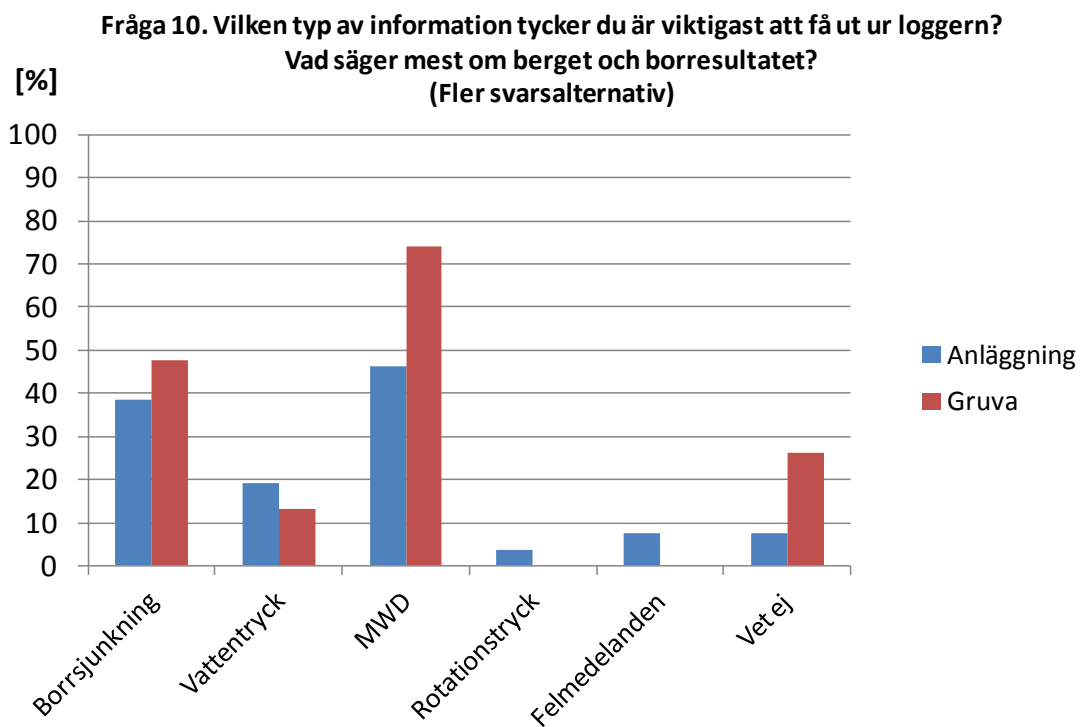
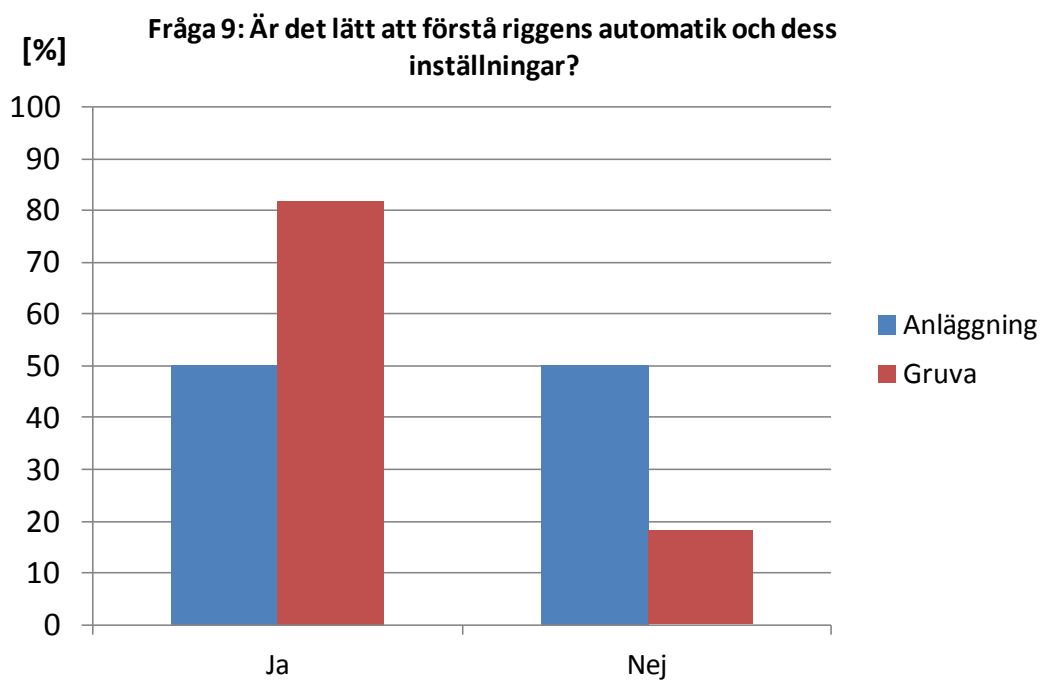
Fråga 5: Baserat på din erfarenhet och givet dagens utrustning; hur noggrant anser du att det är möjligt att hugga på i förhållande till den teoretiska borrhöjden?



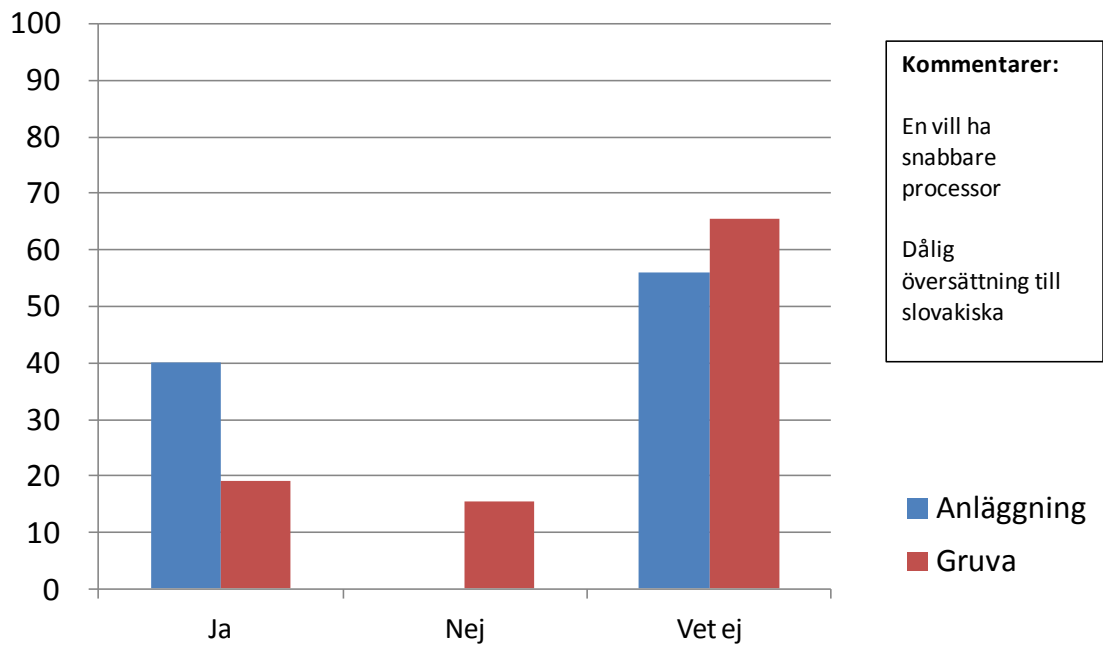
Fråga 6: Hur ofta kalibreras borrhjulen?



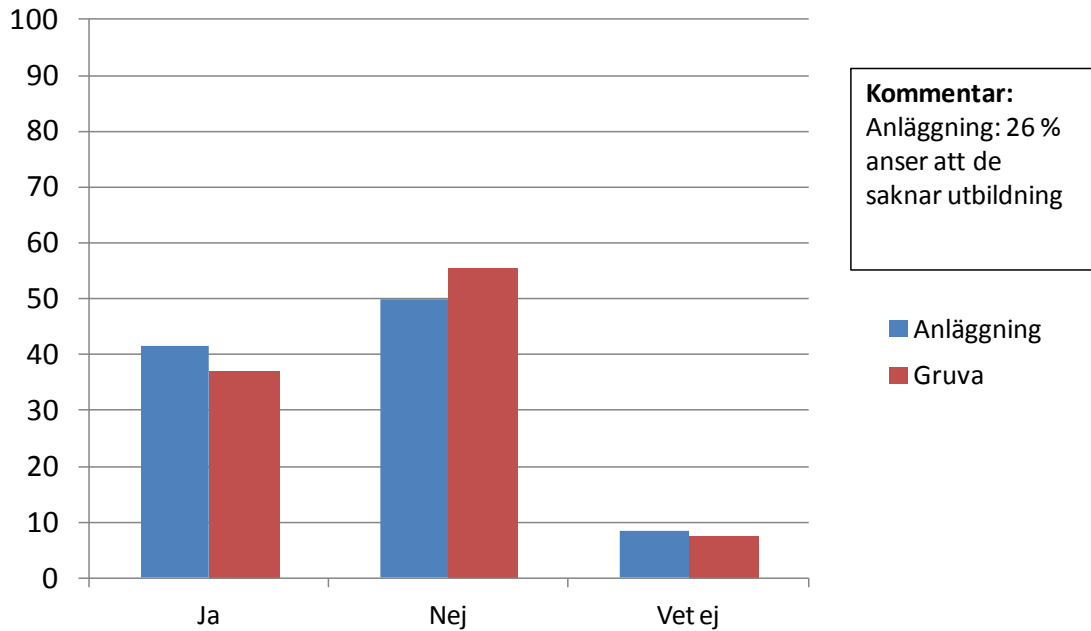




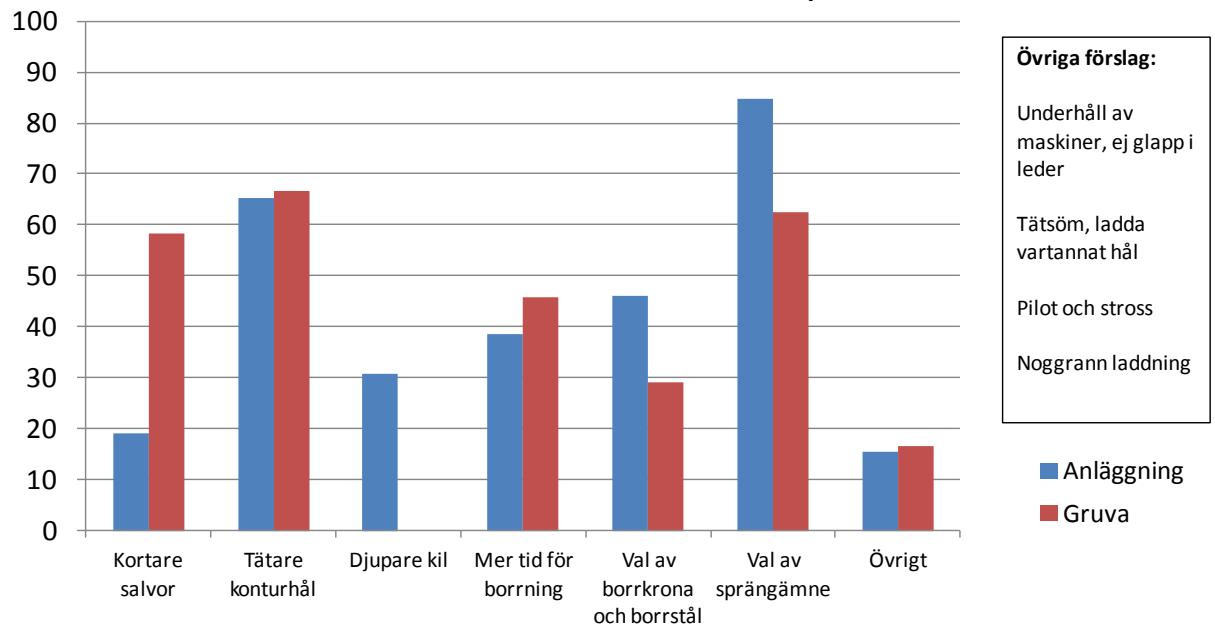
[%] Fråga 11: Är det lätt att förstå den information som kommer ur loggern?



[%] Fråga 12: Känner du att du har rätt utbildning för att nyttja riggens fulla potential?



Fråga 13: Om Beställaren anser att det är viktigt att få en slät kontur med så liten sprängskadezon som möjligt, vad tycker du är viktigast att satsa på? Markera gärna 1-3 alternativ om du anser att fler alternativ är av betydelse.



BILAGA 3. BERÄKNING AV BORRHÅLSPOSITIONER

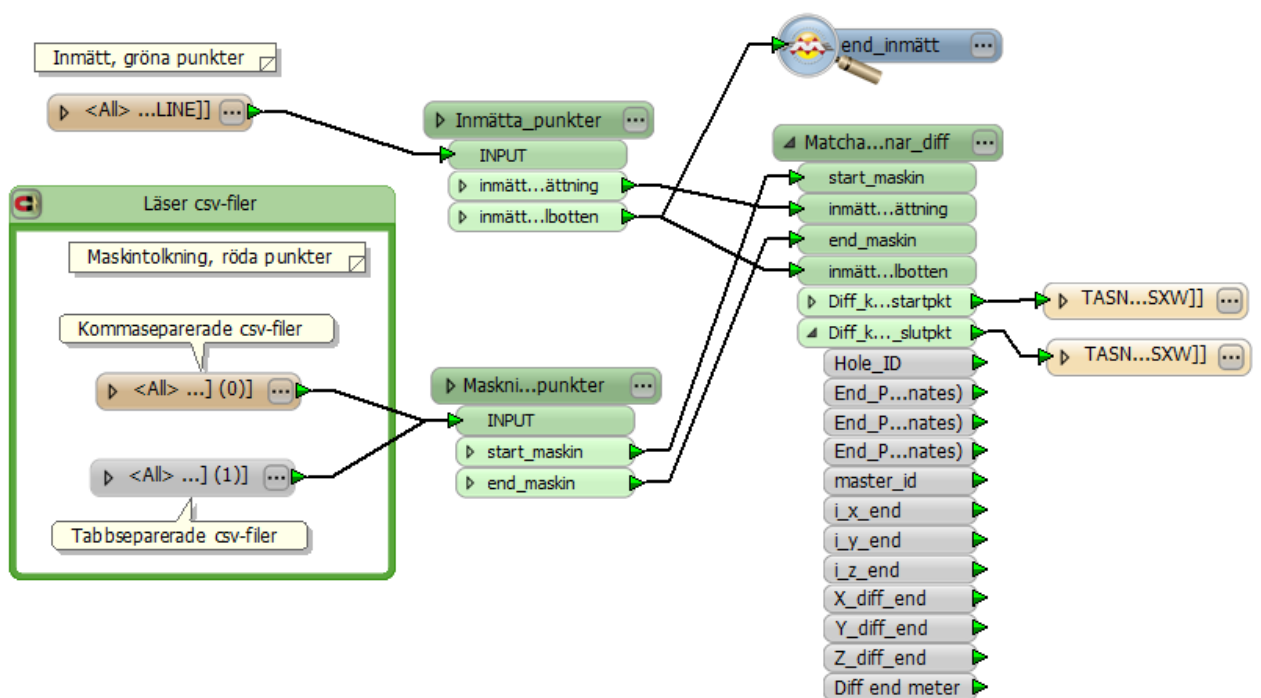
Om FME

De beräkningar som har genomförts har gjorts i programvaran FME Desktop (Feature Manipulation Engine) från Safe Software. Safe Software är världsledande på programvaror för att konvertera, transformera och förädla geografisk information.

FME är ett mycket kraftfullt program som används som namnet antyder till att manipulera, bearbeta och transformera data. FME kan konvertera data mellan många olika format, både filformat och databasformat och programmet kan hantera både raster, vektor och tabelldata.

FME klarar av att hantera över 250 olika dataformat och mer än 5300 olika koordinatsystem. Även icke-spatiala format såsom exempelvis xls och csv hanteras. Det finns ett stort antal verktyg för att göra olika typer av bearbetningar. Vanliga operationer vid bearbetning av geometrier och attribut är ytbildning, sortering, urval, generaliseringar, sammanslagningar etc. FME lämpar sig mycket väl till att hantera stora datamängder. Då det finns möjlighet att göra s.k. batchkörningar där man bearbetar flera filer och flera processer i en enda operation är det också ett mycket kraftfullt verktyg som kan användas för att validera och kontrollera data. Det finns också möjlighet att återskapa förstörda data och att packa upp data som lagrats i föråldrade format. En ytterligare styrka med FME är dess förmåga att transformera mellan olika koordinatsystem.

Vanligtvis jobbar man stegvis när man sätter upp processer och validerar steg för steg innan man kör hela skeden. Processer som tidigare krävde väldigt mycket manuell bearbetning kan man med FME köra igång med en knapptryckning.



Figur 1: Gränssnittet i FME med transformers (verktyg)

Beräkningar i FME – jämförelse av koordinater

Med hjälp av FME har två typer av beräkningar genomförts i två olika områden; Äspö (två tunnlar TASN och TAS04) och i Norsborgsdepån. I efterföljande text beskrivs och illustreras processen i beräkningarna. Följande beräkningar har genomförts:

- 1) Äspö - beräkning av borrhålsavvikelser från teoretisk borrarplan. Jämförelse av geodetiskt inmätta hål (eg. start- och slutpunkter) mot borrarlogg (Sandvik) och teoretisk borrarplan.
- 2) Norsborgsdepån - beräkning av borrhålsavvikelser från teoretisk borrarplan. Jämförelse av geodetiskt inmätta hål (eg. start- och slutpunkter) mot borrarlogg (Atlas Copco).
- 3) Äspö – jämförelse av borrarlogg (Sandvik) och geodetiskt inmätta hål mot teoretisk tunnelkontur.
- 4) Norsborgsdepån - jämförelse av borrarlogg (Atlas Copco) och geodetiskt inmätta hål mot teoretisk tunnelkontur.

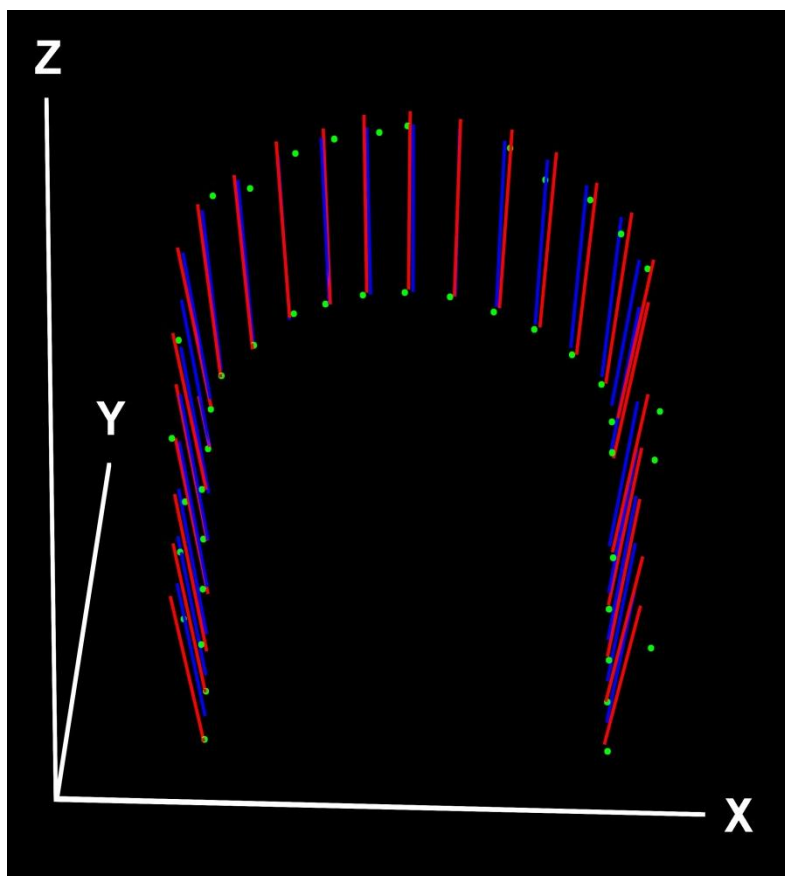
Processen i beräkningarna för 1 och 2 ovan är identiska, de beskrivs i efterföljande avsnitt ”Beräkning av borrhålsavvikelser från teoretisk borrarplan”. Processen i beräkningarna för 3 och 4 ovan är identiska så när som på de gränsvärden som finns för avvikelser i AMA 07 respektive AMA13 (bergschaktningsklasser) de beskrivs i avsnitt ”Jämförelse mot teoretisk tunnelkontur”.

Beräkning av avvikelser från teoretisk borrarplan

I avsnittet nedan beskrivs beräkningar med borrhålsavvikelser från teoretisk borrarplan baserat på borrarlogg och geodetiskt inmätta ansättningar och hålbottenar.

Arbetsprocess:

1. Beräkningen har utgått från teoretisk borrarplan. Teoretisk borrarplan, geodetiskt inmätta hål och borrarlogg projiceras i ett tvådimensionellt plan. Geodetiskt inmätta hål har matchats mot den teoretiska borrarplanens hål. Matchningen baserades på ett närhetskriterium. Matchning har endast behövt göras för inmätta hål då borrarlogg och teoretisk borrarplan levererades i samma fil. Samtliga borrhål tilldelas ett MasterID innehållande: tunnel, salva och hålnummer. Denna process har utförts för både ansättning och hålbotten.
2. Jämförelse har skett mellan följande:
 - geodetiskt inmätta hål mot teoretisk borrarplan (i_p)
 - geodetiskt inmätta hål mot borrarlogg (i_m)
 - borrarlogg mot teoretisk borrarplan (m_p)



Figur 2. Koordinataxlar: y-led är teoretiska borrhårens längdriktning, z-led lodriktning för teoretisk borrhål, x-led vinkelrät riktning i sida från teoretiska borrhårens lod och längdriktning. Blå linjer är planerade borrhål, röda linjer är borrhårens hål och gröna punkter utgörs av geodetiskt inmätta hål.

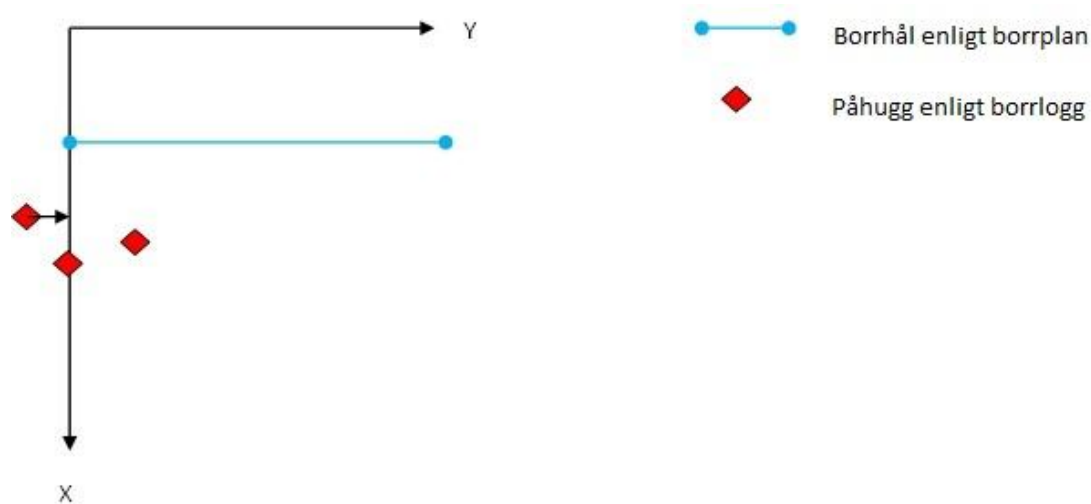
Punkt 3 och 4 nedan utgår ifrån jämförelse av geodetiskt inmätta borrhål mot teoretisk borrhål, processen är identiskt för alla jämförelser som är listade i punkt 2 ovan.

Hantering av startpunkter vid ansättning för tre olika scenarier, se figur 3.

Ligger inmätt borrhål i höjd med navigationsplanet har jämförelse skett direkt i sida.

I de fall där inmätt punkt ligger bakom navigationsplanet (sett i drivningsriktningen) har den flyttats fram till den teoretiska borrhårens startpunkt.

I de fall där inmätt punkt ligger framför navigationsplanet (sett i drivningsriktningen) har den teoretiska borrhårens startpunkt flyttats fram till med samma avstånd som de inmätta startpunkternas avstånd från teoretiska borrhårens startlinje. Den teoretiska borrhåren får ett nytt startläge baserat på den inmätta punktens längd från borrhåren i salvans riktning varpå radiell jämförelse görs.



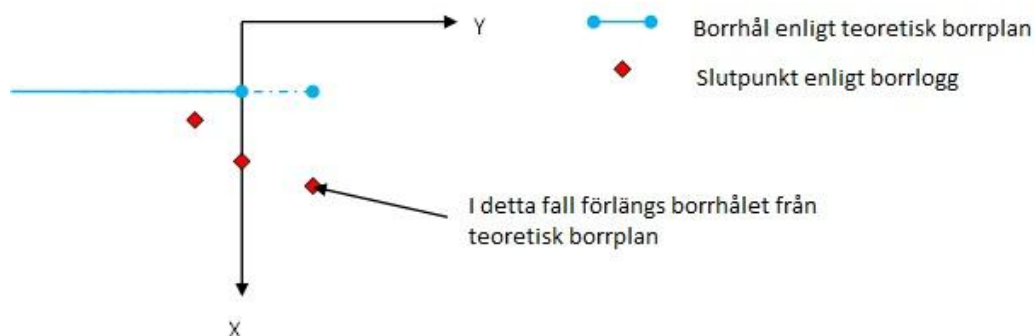
Figur 3

Hantering av slutpunkter vid hålbotten för tre olika scenarier, se figur 4:

Ligger inmätt borrhål i höjd med navigationsplanet har jämförelse skett direkt i sida.

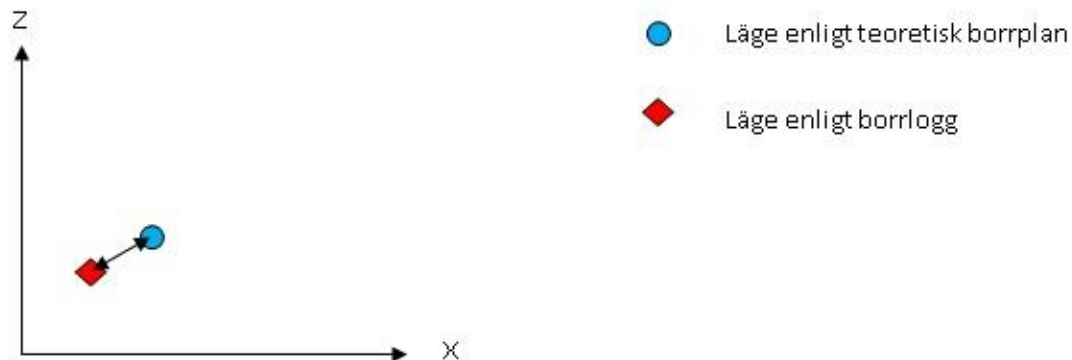
I de fall där inmätt punkt ligger bakom planet genom teoretiskt salvslut (sett i drivningsriktningen) har den teoretiska borrarplanens slutpunkt förkortats med motsvarande skillnad i avstånd mot den teoretiska borrarplanens slutpunkt.

I de fall där inmätt punkt ligger framför planet genom teoretiskt salvslut (sett i drivningsriktningen) har slutpunkten för den teoretiska borrarplanen förlängts i sin längdriktning med motsvarande längdmått.



Figur 4

3. Radiellt avstånd beräknas sedan i Z-X planet för start- respektive slutpunkt, se figur 5.



Figur 5

4. Resultatet skrivs till Excel enligt strukturen nedan. Resultatfilen innehåller det radiella avståndet mellan teoretiska borrhplanens start- och slutpunkter och start- och slutpunkter för borrhlogg respektive inmätta borrhål.

Exempel på resultatfil från Norsborgstunneln med beskrivning av kolumnernas innehåll:

ID	section	base	diff_m_p_start	length_m_start	diff_m_p_end	length_m_end	diff_i_p_start	length_i_start	diff_i_p_end	length_i_end	diff_i_m_start	diff_i_m_end
45	224	0	0,008	0,54	0,126	6,335	0,060	0,715	0,198	4,907	0,071	0,292
47	224	0	0,042	0,5	0,072	6,298	0,195	0,868	0,313	3,732	0,161	0,337
23	229.02	5,02	0,049	-0,13	0,205	5,6	0,094	0,39	0,205	3,81	0,032	0,189

ID: det enskilda borrhålets identitet, motsvarande MasterID för Äspö.

section/base: tunnelns längdsektion

diff_m_p_start: radiellt avstånd mellan startpunkter för borrhlogg (m) och teoretisk borrhplan (p)

length_m_start: vid vilken längd utefter det teoretiska borrhålet som beräkningen för borrhloggens startpunkt görs. Värdet baseras på startpunktens y-koordinat varför negativt värde förekommer då punkten ligger innan planerad start och positivt värde då punkten ligger efter planerad start.

diff_m_p_end: radiellt avstånd mellan slutpunkter för borrhlogg (m) och teoretisk borrhplan (p)

length_m_end: vid vilken längd utefter det teoretiska borrhålet som beräkningen för borrhloggens slutpunkt görs. Värdet baseras på startpunktens y-koordinat varför negativt värde förekommer då punkten ligger innan planerat stopp och positivt värde då punkten ligger efter planerat stopp.

diff_i_p_start: radiellt avstånd mellan startpunkter för inmätt (i) och teoretisk borrhplan (p)

length_i_start: vid vilken längd utefter det teoretiska borrhålet som beräkningen för de geodetiskt inmätta startpunkterna görs. Värdet baseras på startpunktens y-koordinat varför negativt värde förekommer då punkten ligger innan planerad start och positivt värde då punkten ligger efter planerad start.

diff_i_p_end: radiellt avstånd mellan slutpunkter för inmätt (i) och teoretisk borrhplan (p)

length_i_end: vid vilken längd utefter det teoretiska borrhålet som beräkningen för de geodetiskt inmätta slutpunkterna görs. Värdet baseras på startpunktens y-koordinat varför negativt värde förekommer då punkten ligger innan planerat stopp och positivt värde då punkten ligger efter planerat stopp.

diff_i_m_start: radiellt avstånd mellan startpunkter för inmätt (i) och borrhlogg (m)

diff_i_m_end: radiellt avstånd mellan slutpunkter för inmätt (i) och borrhlogg (m)

Jämförelse mot teoretisk tunnelkontur

I avsnittet nedan beskrivs processerna för jämförelse av borrhlogg och geodetisk inmätta borrhål mot teoretisk tunnelkontur.

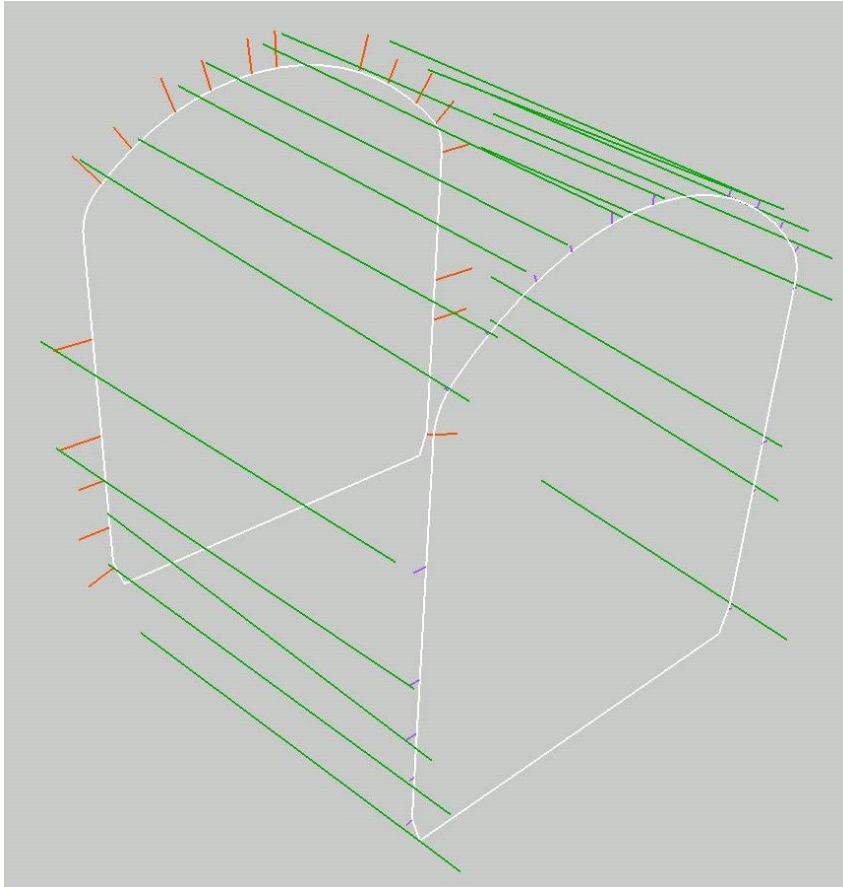
Resultatet utgörs av det genomsnittliga avståndet per salva mellan geodetiskt inmätta start- och slutpunkter respektive borrhlogg mot teoretisk tunnelkontur. Värdet c motsvarar avståndet i sida för inmätt och av borrhlogg registrerad startpunkt mot tunnelkontur. På samma sätt motsvarar d-värdet avståndet i sida för inmätt och av borrhlogg registrerad slutpunkt mot tunnelkontur. Resultatet beräknas med formeln $((c+d)/2)$.

Arbetsprocess:

Beräkningarna baseras på samma grunddata som i process 1 vilket innebär att borrhålen har samma identitet (MasterID).

1. Visualisering av geodetisk inmätning och borrhlogg mot teoretisk kontur.
2. Geodetisk inmätning och borrhlogg projiceras i tunnelns längdriktning till samma plan, detta gäller både ansättning och hålbotten.
3. Beräkning av kortaste avståndet mellan geodetisk inmätning respektive borrhlogg mot teoretisk kontur.

Beräkningen av avståndet (värdet c och d) sker således i två dimensioner, ingen hänsyn tas till borrhålens längd.



Figur 6 Exemplet visar avståndsmätning utifrån geodetiskt inmätta borrhål, processen är identiskt med borrhoggens hål.

Vitt – Teoretisk tunnelkontur.

Grönt – Inmätta ansättningar och hålbottnar som förbundits till en linje.

Lila – Differens/kortaste avståndet i 2D från teoretisk tunnelkontur mot punkten för ansättning (c).

Orange – Differens/kortaste avståndet i 2D från teoretisk tunnelkontur mot punkten för hålbotten (d).

- Resultatet skrivs till Excel enligt strukturen nedan. Separata resultatfiler levereras för borrhogg respektive geodetiskt inmätta borrhål, excelfilernas kolumnrubriker är desamma.

Exempel på resultatfil nedan med beskrivning av kolumnernas innehåll:

Salva	c_medel	c_min	c_max	d_medel	d_min	d_max	antal_borrhål	d35_proc	cd_2
TAS04 Salva 1 NS 3,22	0,06939846	0,017706513	0,123495674	0,33201917	0,236399072	0,460680971	20	0,5	0,200708815
TAS04 Salva 2 NS 6,90	0,081060453	0,033942357	0,123699713	0,288382705	0,101350372	0,495168018	16	0,3125	0,184721579
TAS04 Salva 3 NS 11,37	0,069296778	0,021165967	0,194958639	0,279188175	0,094159628	0,476306989	11	0,272727273	0,174242476

Salva: MasterID baserat på tunnelnamn samt salvans id från process 1

c_medel: genomsnittligt avstånd mellan geodetisk inmätning och borrhogg för ansättningspunkter mot teoretisk tunnelkontur

c_min: kortaste c-avståndet i salvan

c_max: längsta c-avståndet i salvan

d_medel: genomsnittligt avstånd mellan geodetisk inmätning och borrhogg för hålbottnar mot teoretisk tunnelkontur

d_min: kortaste d-avståndet i salvan

d_max: längsta d-avståndet i salvan

antal_borrhål: antal borrhål

d35_proc: andel av hålen i salvan där avvikelserna är större än det uppsatta kriteriet för d-värdet, vilket i detta exempel motsvarar 0,35 m (enl. AMA 13, bergschaktningsklass 1)¹

cd_2: medelvärde av **c_medel** och **d_medel**.

Diskussion

Metoden som har använts i dessa analyser har kunnat genomföras tack vare FME och dess möjligheter att hantera och bearbeta data. Vi har kunnat utnyttja programmets förmåga att hantera indata i en mängd olika format. Indata har tagits emot i formaten dwg, dgn, xls, csv, geo samt dpc. Tack vare möjligheten att kunna söka ut filer enligt specificerade sökkriterier i en filstruktur har indatafilerna kunnat läsas in och bearbetas med automatik förutsatt att de har haft samma datastruktur inne i filerna.

Resultatet har skrivits till generella format såsom xls och dgn. Dgn-filerna har färgkodats så att resultatet blir lättare att tyda och vidareanvända.

Att arbeta med processer på det sätt som man gör i FME gör att körningar enkelt går att upprepa. Man kan göra små ändringar såsom parameterinställningar och på så vis simulera olika utfall. Arbetet tydliggörs i och med att man arbetar i ett s.k. workspace där man lägger upp processerna och kan se alla bearbetningssteg, på så vis sparas historiken bakom bearbetningarna.

Beräkningsprocessen för jämförelsen mellan Äspö och Norsborgsdepån är identisk. Resultaten är dock inte jämförbara på grund av att olika bergschaktningsklasser har tillämpats.

Den matchning som gjordes i Äspö mellan geodetiska inmätningar och borrhogg mot teoretisk borrhopp har bidragit till en osäkerhet i analysen. Matchningen parade ihop de inmätta hålen med det hål som låg närmast i den teoretiska borrhoppplanen, detta gjordes för både start- och slutpunkter. I de fall där två inmätta hål hade närmast till samma hål i den teoretiska borrhoppplanen sparades den matchning med kortast avstånd, den andra förkastades. Hade man i ett tidigt skede vid utsättning märkt upp borrhålen så hade osäkerheten kunnat undvikas. För Norsborgsdepån förekom inte denna osäkerhet då hålen inledningsvis tilldelades ett id-nummer.

Inom utvecklingsprojektet för Norsborgstunneln har en jämförelse gjorts tidigare där man har jämfört de geodetiskt inmätta hålen med borrhoppen. Dessa resultat har kunnat jämföras med resultaten i ovan gjorda jämförelser (punkt 2 i avsnitt "Beräkningar i FME – jämförelse av koordinater"). SKB:s metod genererar utöver de jämförbara resultaten även uppgift om var längs borrhoppelinjen geodetiskt inmätta hål respektive borrhogg har sin start- och slutpunkt. Det skulle vara önskvärt om resultatet kunde jämföras mot ytterligare alternativ för att verifiera den metod som har använts här.

Den av SKB utvecklade metoden för borrhålsjämförelser säkerställer en bearbetning av stora datamängder med minimal risk för felkällor. För eventuell fortsatt implementering av samma metod rekommenderas att hålen märks upp redan vid utsättning för att kunna undvika den osäkerhet som matchning ger.

BILAGA 4. UTBILDARE I BORR- OCH SPRÄNGTEKNIK

Berg Utbildarna AB
Berg- Spräng- och Miljöteknik



UTBILDARE I BORR- OCH SPRÄNGTEKNIK I SVERIGE 2014

Allmänt

Den sprängtekniska, och på senare tid även den borrhäkniska, behörighetsutbildningen i Sverige sker under överinseende av Rådet för Sprängteknisk Utbildning, RfSU, som godkänner utbildare och kursplaner. Rådet består av myndighets-, bransch- och utbildningsrepresentanter. Rådet administreras av branschföreningen BEF, Bergsprängningsentreprenörernas Förening.

Praktiska bergarbetareutbildningar har tidigare genomförts för Länsarbetsnämnderna i landet men sker nu mera som Yrkehögskoleutbildningar. Arbetsförmedlingen upphandlar utbildningar på avrop från gruvindustrin, utöver detta genomför gruvindustrin mestadels företagsinterna utbildningar. Några få gymnasieskolor i landet har också anläggningslinjer med inriktning berg det sista året.

Sprängtekniska behörighetsutbildning

Följande aktiva företag är av RfSU godkända utbildare och sprängkortsutfärdare:

BergUtbildarna AB Vaxholm www.bergutbildarna.se

Genomför alla typer av sprängtekniska utbildningar över hela landet men med bas i Vaxholm.

Orica Mining Services Gyttorp www.oricaminingservices.com

Genomför alla typer av sprängtekniska utbildningar i huvudsak i Nora och Stockholm.

Explosiv Utbildning Umeå www.explosivutbildning.se

Genomför i huvudsak grundutbildningar i Norrlandsregionen.

Utöver detta finns godkända sprängkortsutfärdare med begränsad verksamhet inom Försvarsmakten, Skogsskolor och Gymnasieskolan.

Borrhäkniska behörighetsutbildningar

Krav finns sedan 2007 att även borrhäknisk personal ska ha dokumenterad utbildning. Följande företag är av RfSU godkända utbildare och borrhäknisk kortsutfärdare:

BergUtbildarna AB Vaxholm www.bergutbildarna.se

Har utbildat i bergborrning sedan 1994. Landets enda maskinleverantörsberoende utbildare.

Sandvik Sandviken www.sandvik.com

Genomför sedan 2007 utbildningar över hela landet.

Genomför sedan 2008 utbildningar över hela landet.

Praktiska bergarbetarutbildningar

De praktiska långutbildningarna på 12-18 veckor som tidigare genomfördes upphörde i samband med Länsarbetsnämndernas avveckling.

Idag genomförs 1 åriga utbildningar som ingår i Yrkehögskolan och utbildningar genom Arbetsförmedlingen.

För anläggningsbranschen:

BergUtbildarna AB	Kvalificerad bergarbetare täkt- och anläggning	Åkersberga
www.bergutbildarna.se	1 årig teori/praktik/LIA	200 YH poäng

För gruvindustrin:

Norra Västmanlands Utbildnings förbund, Fagersta och Hedemora Lärcentrum

www.nvu.se	Bergarbetare yrkesexamen/distans	200 YH poäng	Hedemora
--	----------------------------------	--------------	----------

Lapplands lärcentra	Bergteknik	Gällivare
---------------------	------------	-----------

www.lapplands.se	1 årig	200 YH poäng
--	--------	--------------

Utbildningar för Arbetsförmedlingen 25-30 veckor:

Gällivare Utbildningstjänst	Bergarbetare	Gällivare
-----------------------------	--------------	-----------

www.utbildningstjanst.se

Hedemora kommun	Bergarbetare	Hedemora
-----------------	--------------	----------

www.hedemora.se

Gymnasieutbildningar

Spångbergsgymnasiet	Filipstad
---------------------	-----------

Tannbergsskolan – Vilhelmina lärcentrum	Lycksele
---	----------

Utbildningen i Kista Gymnasium, Stockholm nedlagd 2013. Ny utbildning planeras i Sågbäcksgymnasiet i Huddinge.

Sammanställningen genomförd av Michael Hermansson enligt erhållen information 2014-01-03.