



Snabbare och bättre tunneldrivning

November 2005

Etapp 2: Rutiner för styrning av tunneldrivningsprocessen

Uppdragsbeställning från Gellivare Hard Rock Research.
Uppdraget utfört av: **Janne Malmtorp, JLM Tunnelkonsult,**
Mats Olsson, Swebrec., Bo Ekefjärd, Boliden Mineral AB,
Stig Fjellborg, LKAB, Sunniva Haugen Boliden Mineral AB



Rapport titel: Snabbare och bättre tunneldrivning
Etapp 2: Rutiner för styrning av tunneldrivningsprocessen

Författare: Janne Malmtorp, JLM Tunnelkonsult, Mats Olsson, Swebrec., Bo Ekefjärd, Boliden Mineral AB, Stig Fjellborg, LKAB, Sunniva Haugen Boliden Mineral AB

Uppdragsgivare:

Godkänt av: Göran Bäckblom

Rapport till: Se sändlista

Sammanfattning till: -

Får publiceras:

Innehållsförteckning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
1 INLEDNING	5
1.1 BAKGRUND	5
1.2 FÖRELIGGANDE ARBETE	6
1.3 MÅL	7
1.4 ORGANISATION OCH UTFÖRANDE	7
1.5 OMFATTNING	7
1.6 REDOVISNING	8
2 KRAV OCH VERIFIERING	11
2.1 ALLMÄNT	11
2.2 ALLMÄNT OM KRAVFORMULERING OCH VERIFIERING	11
2.2.1 FORMULERING AV KRAV	11
2.2.2 VERIFIERING	12
2.3 KRAV FÖR SNABBARE OCH BÄTTRE TUNNELDRIVNING	14
2.3.1 ALLMÄNT	14
2.3.2 FÖRHÅLLET MELLAN OLIKA KRAV	15
2.3.3 PRODUKTKVALITET	17
2.3.4 DRIVNINGSHASTIGHET	21
2.3.5 DRIVNINGSKOSTNAD	22
2.4 ARBETSMILJÖ OCH MILJÖ	23
2.4.1 ALLMÄNT	23
2.4.2 ARBETSMILJÖ	23
2.4.3 MILJÖ	23
3 LEDNING OCH STYRNING VID TUNNELDRIVNING	25
3.1 ALLMÄNT	25
3.2 ÖVERGRIPANDE FILOSOFI	26
3.3 ÖVERGRIPANDE OM STYRNING	27
3.4 DEFINITION AV PROCESSTYRNINGSMODELL	29
3.5 BESKRIVNING AV PROCESSTYRNINGSMODELLEN	31
4 PROCESSTYRNING GENOM KONSTRUKTIONSUNDERLAG	33
4.1 ALLMÄNT	33
4.2 ALLMÄNT OM FRAMTAGNING AV KONSTRUKTIONSUNDERLAG	33
4.2.1 ALLMÄNT	33

4.2.2	PRODUKTKRAV	34
4.2.3	PRODUKTIONSFÖRUTSÄTTNINGAR	34
4.3	LOSSHÅLLNING	35
4.3.1	STRATEGI	35
4.3.2	BORRPLAN	36
4.3.3	LADDPLAN	37
4.3.4	FRÅN STRATEGI TILL PLAN – ETT FÖRSLAG	38
4.4	SÄKERSTÄLLANDE	42
4.4.1	STRATEGI	42
4.4.2	DRIFTFÖRSTÄRKNING.....	42
5	PROCESSTYRNING GENOM AKTIVITETSSTYRNING.....	45
5.1	ALLMÄNT.....	45
5.2	KORTSIKTIGT FÖRBÄTTRAT TIDSUTNYTTJANDE	45
5.2.1	ÖVERGRIPANDE BEGRÄNSNINGAR AV TILLGÄNGLIG TID	45
5.2.2	MASKINRELATERADE BEGRÄNSNINGAR	46
5.2.3	ARBETSPLATSRELATERADE BEGRÄNSNINGAR.....	49
5.2.4	SAMMANSTÄLLNING	50
5.3	FLASKHALSTEORI.....	50
5.3.1	OPTIMERINGSPROBLEM	50
5.3.2	MASKINORIENTERAD PRIORITERING.....	50
5.3.3	VILLKORAD MASKINORIENTERAD PRIORITERING.....	51
5.4	PRAKTIKFALL: ERFARENHETER AV FLÖDESSTYRD PRODUKTION	52
6	PROCESSTYRNING GENOM UTFÖRANDERUTINER	56
6.1	ALLMÄNT.....	56
6.2	ALLMÄNT OM UTFÖRANDERUTINER	56
6.3	FUNGERANDE RUTINER FÖR UTFÖRANDE.....	57
6.3.1	ALLMÄNT.....	57
6.3.2	FORMULERINGSPROCESS	58
6.3.3	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT - PRELIMINÄRT FÖRSLAG	59
6.3.4	BEAKTANDE AV PROBLEMENS KARAKTÄR	61
6.3.5	FÖRSLAG	61
7	REFERENSER	77
	BILAGA 1: HIERARKISK UPPGIFTSANALYS	78
	BILAGA 2: FTA-FELTRÄDSANALYS	80
	BILAGA 3: STRATEGI FÖR LOSSHÅLLNING, DETALJER	83

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Föreliggande dokument utgör en fortsättning av det arbete som påbörjades inom projektet ”Snabbare och bättre tunneldrivning - Etapp 1: Problemidentifiering och preliminära förslag till förbättringar” [1]. Nedan lämnas en kort sammanfattning av detta samt en kort beskrivning av de huvudförslag detta resulterade i.

Projektet ”Snabbare och bättre tunneldrivning” fokuserar på förbättring av det s.k. ”borraspräng-konceptet” och projektvisionen bygger på att ett helhetsgrepp tas kring ingående enhetsoperationer, där alla delar skall optimeras och hela kedjan hänga ihop. Det övergripande projekt målet utgörs av:

- färdig tunnel skall ha färre, och mindre omfattande, kvalitetsavvikelser än idag
- drivningshastigheten skall öka väsentligt
- de totala kostnaderna för tunneldrivning skall minska med minst 20 %.

Angivet mål skall uppnås samtidigt som krav på en god arbetsmiljö och krav på ett minimum av extern miljöpåverkan innehålls.

Etapp 1 av projektet, som utfördes under 2004, baserades på en särskilt anpassad tillämpning av den riskanalytiska metoden Preliminary Hazard Analysis, PHA, där två hypotetiska verksamheter, ”system”, ansattes och analyserades. Systemens randvillkor valdes så att Projektets ägare kan ”känna igen sig” i dem, d.v.s. de är ”typiskt svenska”.

Verkligheten, såväl som den utförda analysen, indikerade att det förväntade processresultatet stördes av olika problem i sådan omfattning att adekvata förutsättningar för stabila och predikterbara resultat inte kunde anses föreligga. Att eliminera och/eller reducera inflytandet från dessa störningar eller problem utgör framgent projektets viktigaste utmaning enligt följande:

Åtgärdande av orsakerna bakom kritiska problem minskar den totala problemmassan samtidigt som förutsättningarna för verksamhetsstyrning förbättras.

De preliminära förbättringsförslag som föreslogs i Etapp 1 omfattade ”Människan och organisationen” respektive ”Maskinutrustningen”. Följande föreslogs för projektets andra etapp, Etapp 2, under 2005:

- ”Människan och organisationen” fungerar utifrån rutiner. Dessa kan vara dokumenterade, icke dokumenterade, enhetliga eller mindre enhetliga. Oaktat vad som är fallet i det enskilda fallet visar de från Etapp 1 prioriterade problemen att värdet av fungerande rutiner kan anses vara högt och att förbättringar är realistsiska. Genom att fokusera mot vad som erfordras för att rutiner skall fungera även i praktiken, med utgångspunkt från individens och organisationens gemensamma intressen och behov av samverkan, kan ett system för ständig förbättring av rutiner utformas för en godtycklig verksamhet.
- ”Maskinutrustningen” har konstaterats stödja användarna i utförarrollen i större eller mindre utsträckning, beroende på i vilken omfattning tekniken bidrar till en effektiv hantering av de från Etapp 1 högst prioriterade problemen. För utförande av vissa enhetsoperationer är ”Bästa Tillgängliga Teknologi” relativt tydlig, medan det i andra fall erfordras kompletterande studier för att klargöra status. Genom att utarbeta funktionsinriktade specifikationer som beaktar rådande problembild kan en ändamålsenlig maskinutrustning specificeras för de viktigaste enhetsoperationerna.

Resultatet av ovanstående arbete kommer att utgöra utgångspunkten för de fullskaliga försök som planeras för Etapp 3 under 2006.

1.2 Föreliggande arbete

Föreliggande arbete omfattar de aspekter som i ovanstående sammanfattning beskrivs i anslutning till punkten ”Människan och organisationen”, d.v.s. de aspekter som berör beslutsfattande och det enskilda företags eller den lokala organisationens förutsättningar för,

och förmåga att hantera uppkomna problem samtidigt som verksamheten utvecklas. Det samlingsnamn som valts för dessa företeelser är ”rutiner”.

1.3 Mål

Målet med detta arbete är att, med utgångspunkt från Etapp 1, föreslå de rutinrelaterade förutsättningar som skall utgöra grunden för planerade fullskaleförsök i Etapp 3 samt den efterföljande fullskaliga implementeringen.

1.4 Organisation och utförande

Det arbete som redovisas i denna rapport har utförts av Janne Malmtorp, JLM Tunnelkonsult, Mats Olsson, Swebrec, Bo Ekefjärd och Sunniva Haugen, Boliden Mineral AB samt Stig Fjellborg, LKAB. Därutöver har arbetsmaterial och synpunkter inhämtats från Projektägarna Banverket, Boliden, Falconbridge, GHRR, LKAB, NCC samt SKB, vanligen via dessas styrgruppsföreträdare [2].

Arbetet har utförts som en fördjupad riskbedömning, direkt baserad på de resultat som presenteras i [1]. Vid denna har de problem som prioriterades från Etapp 1 satts i fokus och de bakomliggande orsakerna kartlagts och satts in i sina rätta sammanhang. Med stöd av detta har därefter de olika förslagen utarbetats.

Som grund för alla värderingar som görs i denna rapport ligger de systemförutsättningar som definieras i rapporten från Etapp 1 om inte annat anges.

1.5 Omfattning

De rutiner för styrning för tunneldrivningsprocessen som behandlas i föreliggande rapport omfattar inte alla rutiner som erfordras för tunneldrivning enligt borra-spräng-konceptet, utan endast de som är av direkt betydelse för tunneldrivningsarbetena, d.v.s. de som omfattas av [1]. Detta innebär att arbeten som är att betrakta som stödfunktion till tunneldrivningsarbetena generellt sett inte behandlas, utom i ett begränsat antal fall där de utgör *direkta* orsaker till viktiga problem. Detta hindrar dock inte att sådana stödfunktioner kan utgöra *indirekta*

problemorsaker, varav flera kan vara viktiga att arbeta vidare med på lokal basis. Sistnämnda kan även vara nödvändigt mot bakgrund av avsaknaden av någon projektägargemensam problembild med avseende på ”stödfunktion för tunneldrivning”.

Följande behandlas i denna rapport:

- framtagning av konstruktionsunderlag
- aktivitetsstyrning
- rutiner för utförande.

Därutöver ingår även avsnitt omfattande lednings- och styrningsarbete i allmänhet samt på vilket sätt de krav som utgör den enskilda verksamhetens ledstjärna bör betraktas i helheten samt verifieringen av dessa.

1.6 Redovisning

Teknisk utrustning och tekniska hjälpmedel kan vara olika ”bra” och ändamålsenliga för sin uppgift och detsamma kan även sägas med avseende på rutiner för utförande. ”Bra” teknik kan dock göra det möjligt att utföra samma arbete med samma, eller bättre, resultat med utföranderutiner som är av mindre omfattning och komplexitet än som erfordras vid användning av ”dålig” teknik. Av detta inses att:

Det är tekniken som styr utföranderutinernas utformning och innehåll, med givna krav på kvalitet och utförandetid, medan det omvända inte gäller.

Sammantaget innebär detta följande, med avseende på att projektresultaten skall implementeras i befintliga verksamheter:

Tekniken begränsar den effekt som en förbättring av utföranderutinerna kan tänkas medföra, med givna krav på kvalitet och utförandetid.

Sammantaget medför ovanstående att det inte bedöms meningsfullt att arbeta med förbättring av vissa rutiner innan de tekniska förutsättningarna förbättrats. I dessa fall kan det i stället

vara mer ändamålsenligt att arbeta med förbättring av sådana rutiner som är mindre teknikberoende även om dessa kan bedömas medföra mindre effekt.

Genom att tekniken styr rutinerna erfordras således först en inledande bedömning av ”tekniknivån” i branschen idag från ett förbättringsperspektiv och med utgångspunkt från tunneldrivningsprocessens tre funktionsskeden enligt följande:

Verksamhetsledning och operatörer behöver hjälpas åt att hantera de problem som stör verksamheten och detta behöver göras för varje enskilt problem på vilket en varaktig lösning önskas. En betydande del av ”hemligheten” bakom framgångsrik implementering ligger således i att finna de konkreta formerna för detta samarbete. Grunden för fungerande rutiner kan sammanfattas av följande:

Konstaterande 1: operatörens problem = verksamhetens problem

Konstaterande 2: verksamhetens problem = ledningens problem

→ *Slutsats*: operatörens problem = ledningens problem

I slutänden är valet av hur ovan nämnda samarbete skall gå till, den enskilda verksamhetens sak att detaljutforma. SBT-projektets vision anger dock att ”...identifierade hjälpmedel skall implementeras hos samtliga Projektägare...” varför de förutsättningar som erfordras för att det lokala samarbetet skall fungera på avsett sätt, m.h.t. de olika Projektägarnas skilda intressen och förutsättningar, behöver identifieras och tillföras den kunskapsmassa som hittills byggts upp.

Med utgångspunkt från utfört arbete kan en ”rutin för styrning av tunneldrivningsprocessen” på en övergripande nivå definieras till följande:

En rutin för styrning av tunneldrivningsprocessen är utformad så att:

- *syftet med den aktivitet som en rutin är avsedd för kan uppnås på ett effektivt, säkert och miljövänligt sätt*
- *den underlättar användarens arbete i varje utförandeskede genom tillgång till ändamålsenligt beslutsstöd för verksamhetsgemensam hantering av olika problem som uppkommer i samband med olika aktiviteter.*

2 Krav och verifiering

2.1 Allmänt

Genom formulering av krav tydliggörs förväntningar på de resultat en verksamhet skall åstadkomma, samt med hjälp av vilka resurser detta skall ske. Genom uppföljning av satta krav erhåller verksamheten kunskap om den egna förmågan, kapabiliteten, är i paritet med kraven eller inte. Uppföljningen, eller som den benämns i detta sammanhang: verifieringen, utgör således ett verktyg för att få ökade kunskaper om den egna verksamheten och med stöd av vilken verksamhetens utveckling kan styras.

Föreliggande kapitel omfattar de grundläggande aspekterna av processtyrning genom krav och verifiering vid tunneldrivning, d.v.s. identifiering och definition av de aktuella kraven samt beskrivning av hur de kan följas upp.

2.2 Allmänt om kravformulering och verifiering

2.2.1 Formulering av krav

De definitioner av krav med avseende på tunneldrivningsprocessens slutprodukt, tunneln, effektiviteten i tunneldrivningsprocessen samt tillhörande kostnader som föreslås nedan utgör en vidareutveckling av den text som ingår i [1], avsnitt 3.3.3.3 och det synsätt som ligger till grund baseras på det som anges i [1], avsnitt 6.5.2, d.v.s. krav bör formuleras med utgångspunkt från:

- ett närmevärde
- till närmevärdena knutna toleranser (variationen).

Detta förenklar uppföljnings- och utvärderingsarbetet samtidigt som det innebär att frågan om i vilken utsträckning tunneldrivningsprocessen är förstådd ställs på sin spets, inte minst med avseende på rådande uppfattningar om vad som utgör ”allmän variation” respektive ”speciell variation”. Med avseende på variationsbegreppet, eller hur avvikelser skall identifieras, värderas och tolkas, återges följande från [1], avsnitt 6.5.2:

Det finns två sorters variation; dels allmän variation och dels speciell variation. Den allmänna variationen tillhör systemets vanliga beteende medan den speciella variationen kan knytas till speciella och urskiljbara orsaker. Det vanligaste felet som görs är att dessa två typer av variation förväxlas, något som leder till antingen s.k. överstyrning eller "låt-gå"-mentalitet.

De viktigaste orsakerna till resultatvariation identifierades i Etapp 1 i form av s.k. prioriterade problem, medan föreliggande arbete fokuserar på de speciella orsakerna till variation och som relativt enkelt kan åtgärdas. Detta innebär att de krav som bör ställas med avseende på kvaliteten hos produkten "tunnel" bör:

baseras på en bedömning av vad som är möjligt att uppnå och/eller ändamålsenligt att eftersträva, givet att de prioriterade problem som hindrar tunneldrivning från att vara en stabil och predikterbar process inte inträffar.

Vad som är möjligt och/eller ändamålsenligt att uppnå beror på det aktuella systemet och i hur stor utsträckning de olika problemen tillåts inträffa. Det kan även betraktas utifrån följande infallsvinkel:

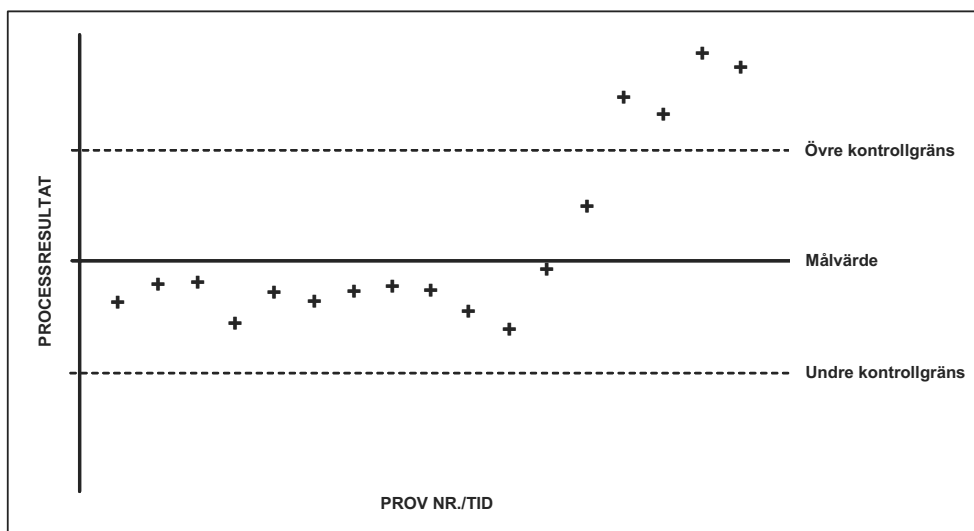
Om tunneldrivningsarbetet utförs med den kvalitet och kapacitet som de använda resurserna tillåter, och med en tydlig strävan hos organisationen att hålla de prioriterade problemen under kontroll, erhålls det verkliga måttet på en given verksamhets reella kapabilitet.

2.2.2 Verifiering

Verifieringsarbetet bör omfatta de produkt- och processkrav som anges i avsnitt 2.3. Därutöver tillkommer verifiering av krav med avseende på arbetsmiljö och miljö vilka dock verifieras på det sätt som anges i avsnitt 2.4.

Det finns många, omfattande och detaljerade modeller för hur verifieringsarbete bör bedrivas, alternativt hur mätning kan användas för processtyrning, exempelvis genom s.k. statistisk processtyrning och av vilken det idag finns i ett flertal varianter av olika komplexitet.

Statistisk processtyrning (SPS) introducerades för mer 60 år sedan i USA, varav Shewharts styrdiagram kanske är det mest välkända verktyget för att övervaka processvariationen i olika tillverkningssteg, se *Figur 2-1*. På 50-talet fick statistisk metodik en bred tillämpning inom japansk industri efter Demings missionärsarbete. Framgångarna för japansk industri har i sin tur medfört att intresset har ökat för att förbättra tillverkning och kvalitet i hela västvärlden. Statistisk processtyrning börjar också bli allmänt använt i svensk industri [3].



Figur 2-1: Traditionellt styrdiagram.

Styrdiagram utgör ett av de sju s.k. ”QC-verktygen” och visar hur en tillverkningsprocess varierar, exempelvis med avseende på slutresultatet. Med styrdiagram kan man observera olika typer av variationer och genom att lära sig mer om processen kan olika problem successivt undanröjas [4, 5]. I sin mest utstuderade form, och med stöd av stora mängder statistik och hjälpmedel för flervariabel processtyrning kan systematisk reduktion av oönskad variation angripas enligt olika metoder för övergripande kvalitetsstyrning, exempelvis ”Six Sigma”.

Med hänsyn till tunneldrivningens karaktären på den problembild som karakteriserar dagens verksamheter bedöms dylika, avancerade, förfarande i sin helhet medföra sådana arbetsvolymer att de inte kan bedömas vara ändamålsenliga i ett initialske. Det använda synsättet bedöms dock vara adekvat och på någon sikt bedöms det lämpligt att ta ytterligare steg i

denna riktning. Vad som i nuläget bedöms vara ändamålsenligt, och av intresse för Projektägarna, är följande:

- att bedriva arbetet med utgångspunkt från synsättet om ”systematisk reduktion av oönskad variation”
- att rikta fokus mot på ett fåtal, kritiska, parametrar vilka bidrar till förståelsen för hur en given verksamhets kapabilitet beror av systemet.

Slutligen bör också något nämnas om ”när vet vi något eller inte”? Följande kan anges [6]:

- hållbara statistiska bevis föreligger då underlaget baseras på populationer av storleksordningen 1 000 enheter (eller utfall) och som har en precision av $+3\sigma$ (= sex sigma).
- relativt hållbara utsagor kan också göras ibland med stöd av så små populationer som 100 enheter (eller utfall).

Ovanstående föreslås användas som vägledning för det fortsatta arbetet i projektet och kan även ses ha sin betydelse med avseende på implementeringsarbetet.

2.3 Krav för snabbare och bättre tunneldrivning

2.3.1 Allmänt

Med avseende på produkten ”tunnel” och det bakomliggande arbetet ”tunneldrivning” står följande krav, i enlighet med de övergripande projektmålen, i centrum:

1. Produktkvalitet: uttrycks vanligen i form av att en tunnel förväntas ha ett visst läge, en viss tvärsektion samt ett högt ställt krav med avseende på stabilitet och säkerhet mot nedfallande sten Dessa begrepp kvantifieras och följs upp i varierande omfattning i olika verksamheter.
 2. Drivningshastighet: uttrycks vanligen i form av antal producerade längdenheter tunnel per kalendertid, exempelvis i form av producerat antal meter tunnel/vecka, ett begrepp som vanligen kompletteras med angivelser av skiftform, tillgängligt antal skjuttider etc.
 3. Produktionskostnad: uttrycks vanligen i form av ett kostnadsmått per längdenhet tunnel, exempelvis kr/meter färdigställd tunnel.
-

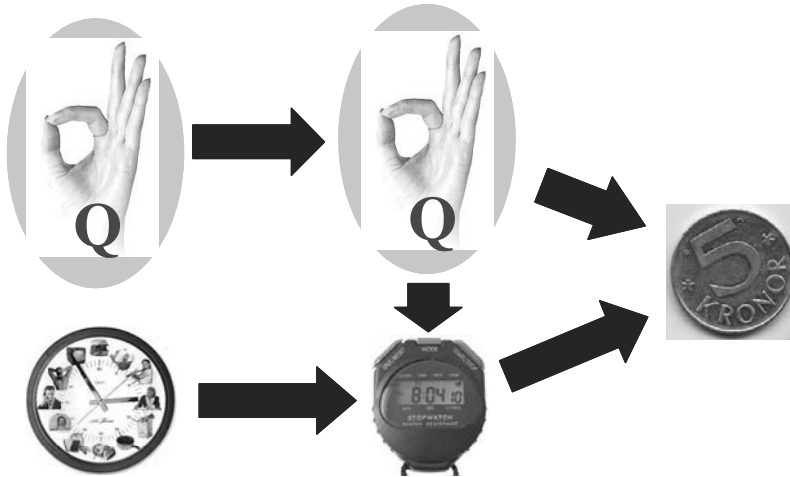
Därutöver tillkommer även krav med avseende på arbetsmiljö generellt samt omgivningspåverkan och som i föreliggande arbete behandlas enligt vad som anges i [1] som ”...tillkommande kriterier...” och som fortlöpande prövas mot de förslag som lämnas.

2.3.2 Förhållandet mellan olika krav

I enlighet med vad som anges i [1] står de respektive kraven med avseende på produktkvalitet, processeffektivitet respektive produktionskostnad i ett beroendeförhållande till varandra. Analytiskt utnyttjades detta i samband med utförandet av [1] genom följande resonemang, under förutsättning att det aktuella systemet är givet:

- produktionskostnaden: → utgör en konsekvens av kvalitetsutfallet och förmågan att utnyttja tillgänglig tid, se [1], avsnitt 3.2
- förmågan att utnyttja tillgänglig tid: → utgör en konsekvens av kvalitetsutfallet och aktivitetstyrningssystemet ändamålsenlighet, se [1], avsnitt 4.2 respektive avsnitt 6.3.2
- produktkvaliteten: → utgör en konsekvens av kvalitetsutfallet från de enhetsoperationer i salvcykeln som svarar att ny tunnel skapas, se [1], avsnitt 4.2. I detta bortses från att tidsaspekten ibland kan vara viktig i samband med utförande av driftförstärkningar.

Ovanstående kan sammanfattas på det sätt som visas i figur 2–2:



Figur 2-2: Principiell illustration av beroendeförhållandena mellan olika krav. Vilka begrepp de i figuren ingående delarna åskådliggör torde vara uppenbart.

Baserat på ovanstående hävdas följande:

Med väl avvägda kvalitetskrav och ett väl fungerande system för tillvaratagande av tillgänglig tid kommer en given verksamhet alltid att producera en given produktvolym. Då det finns behov av att utöka denna volym är det nödvändigt att förändra förutsättningarna för produktionen genom att antingen (i) sänka kvalitetskraven, (ii) förbättra resursernas prestanda eller (iii) förbättra aktivitetsstyrningen.

Ovanstående påstående baseras på att vare sig anläggningsutformning, tillgänglig tid, antal skjuttider eller att den process som används inte förändras, ett antagande som kan anses rimligt om kortsiktiga förbättringseffekter eftersöks. Förståelsen avseende relationen mellan kraven är viktig för att kunna tolka uppföljningsresultaten.

2.3.3 Produktkvalitet

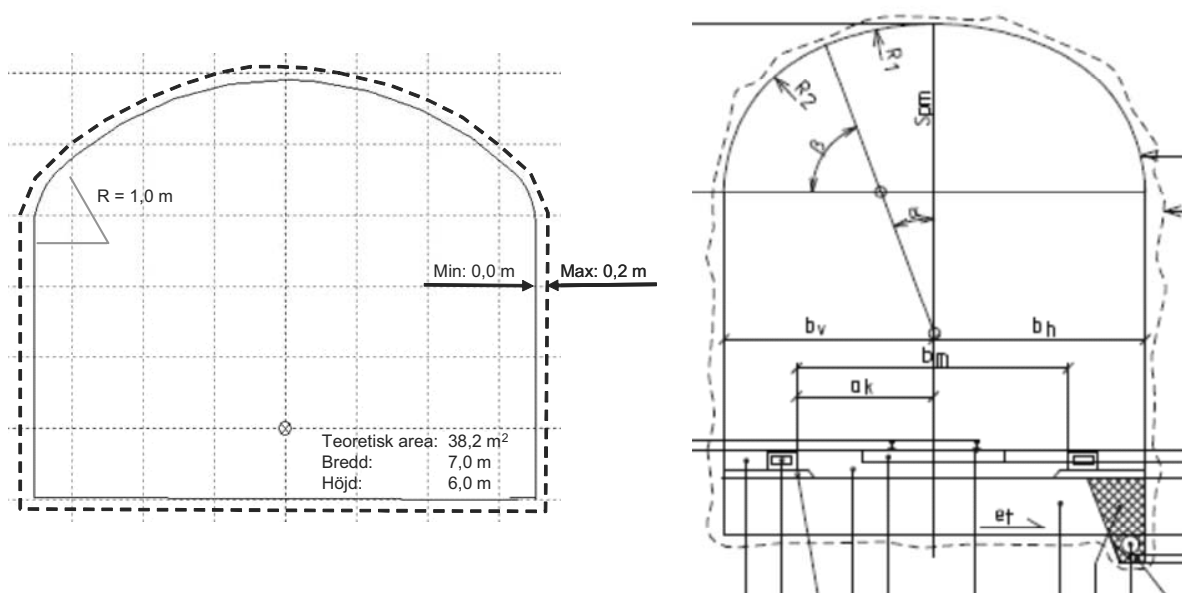
Allmänt

Sammantaget kommer produktkvalitetsmålet att utgöra den enklast tillgängliga källan för att avgöra i vilken utsträckning som ”bättre”, av ”snabbare och bättre”, realiserar i praktiken.

Detta innebär att den verksamhet i vilken SBT-konceptet implementeras förväntas erhålla en förbättring av sin produktkvalitet. Detta är *inte* identiskt med att gällande krav med avseende på produktkvalitet kan skärpas. Däremot *är* det identiskt med att den *faktiska* produktkvalitet som uppnås idag kommer att förbättras i takt med att implementeringsarbetet fortskrider.

Läge och sektion

En tunnels tvärsnitt och planerade läge bestäms normalt genom definition av en måttsatt, vertikalprojicerad, beskrivning av den planerade tunneln i ett plan vinkelrätt mot tunnellen, inklusive driftförstärkning. Angivna mått utgår normalt från en centrumlinje eller motsvarande och vars exakta läge i den tredimensionella rummet alltid kan fastställas i ett x,y,z-system. Se exempel i *Figur 2-3*.



Figur 2-3: Exempel på produktkravet ”läge och sektion”. Exemplet är hämtade från LKAB, Kiruna respektive Banverket.

Ett flertal begrepp med avseende på tunnelsektionen definieras i [7]. Av dessa är följande av direkt intresse för SBT-projektet och föreslås användas i det fortsatta arbetet:

- Teoretisk tunnelkontur: teoretisk berg- eller jordyta som omger tunneln, det vill säga utsida betongkonstruktion, förstärkning, dräner, frostisolering etc.

Anm: detta motsvarar den planerade schaktningsvolymen.

- Tunnelkontur: verklig berg- eller jordyta som omger tunneln, det vill säga utsida förstärkning, dräner, frostisolering, etc.

Anm: detta motsvarar den verkligt erhållna schaktningsvolymen.

Därutöver definieras ytterligare vilka inte är direkt överförbara till SBT-projektets förhållanden genom att de avser den färdiga, invändiga, tunnelkonturen och som även inkluderar erforderlig permanent förstärkning, dräner, frostisolering etc. Inom SBT-projektet avses endast utförande av driftförstärkningar och inga dräner eller frostisoleringar.

Den planerade tvärsnittet är vanligen definierad tillsammans med olika toleransmått, vilkas storlek skiljer sig åt hos olika utövare beroende på bl.a. syfte med verksamheten. I det exempel som hämtats från LKAB, Kiruna, och som visas i *Figur 2-3* anges således en ”teoretisk area” av 38,2 m² och som definieras av en ”teoretisk [invändig] tunnelkontur”. Denna *teoretiskt invändiga tunnelkontur* utgör en *minimigräns*. Till denna hör en *teoretiskt utvändiga tunnelkontur* och som utgör den *maximigräns*. Avståndet (i detta fall) mellan de två begränsningslinjerna är 0,2 m. Följande definitioner med avseende på olika avvikelser från angivna krav brukar vanligen användas, och föreslås även tillämpas i det fortsatta arbetet inom SBT-projektet:

- Underberg: kvarvarande berg efter sprängning innanför angiven minimigräns benämns ”underberg”.
- Överberg: berg som uttagits utanför angiven maximigräns benämns överberg

Underberg accepteras normalt inte då det som regel medför behov av icke planerat arbete. Överberg accepteras normalt i viss utsträckning, även om det inte är önskvärt, genom att det normala huvudsyftet med tunneln trots allt uppnås, d.v.s. frontavancemang. Kostnaderna för

såväl lastning, skrotning och driftförstärkning kan dock förväntas öka till följd av den utökade tunnelarean. Följande bör dock noteras mot bakgrund av det som anges i avsnitt 2.2:

Systematiskt överskridande av maximigränsen för berguttag, d.v.s. ”ständigt överberg”, indikerar att den aktuella verksamhetens kapabilitet inte är i nivå med satta krav. Detta bör leda till någon av följande åtgärder:

- 1. Utöka maximigränsen så att den speglar verksamhetens förmåga. Kravöverskridanden som ej medför åtgärd är kontraproduktiva (skapar ”låt-gå”-mentalitet).*
- 2. Analysera varför maximigränsen ständigt överskrids samt vidtag erforderliga åtgärder för att angivet krav skall innehållas. Följ upp att detta även blir fallet, d.v.s. en fullfölj en PDSA-cykel med avseende på problemet.*

Normalt sektioneras utförda tunnlar med visst inbördes avstånd som skiljer beroende på vilken verksamhet som avses och de krav som gäller på platsen ifråga. Sektioneringarna jämförs de tvärsektioner och lägen som planeras, varvid avvikelser kan identifieras och storleksbestämmas i enlighet med ovanstående. Det bedöms lämpligt, i enlighet med vad som anges i avsnitt 2.2, att komplettera angivna minimi- respektive maximikrav med ett kriterium avseende andel tillåtna över- respektive underskidanden av utförda sektioneringar, exempelvis enligt tabell 2-1.

Tabell 2-1: Exempel på hur ett statistiskt kriterium kan formuleras.

Typ av avvikelse	Kriterium	Anm.
Underberg	≤ 1 % av utförda och på varandra följande sektioneringar tillåts påvisa avvikelsen ifråga	Högre andel avvikelser än kriteriet anger skall medföra utredning, identifiering av orsaker, vidtagande av åtgärder samt uppföljning alternativt att det statistiska kriteriet höjs så att det motsvarar verksamhetens faktiska kapabilitet, alternativt att gränserna för vad som utgör ”maximi” eller ”minimi” revideras enligt tidigare
Överberg	≤ 10 % av utförda och på varandra följande sektioneringar tillåts påvisa avvikelsen ifråga	

Huvudorsaken till behovet av det statistiskt baserade kriteriet utgår från insikten om att ”berg är berg”, d.v.s. i enlighet med vad som anges i avsnitt 2.2 finns inte alltid saklig grund för vidtagande av åtgärder till följd av enstaka avvikelser. Genom att tillföra ett statistiskt kriterium minimeras risken för ”överstyrning” samt att åtgärder endast vidtas i de fall där det föreligger ett uppenbart problem.

Säkerhet.

Säkerhetskraven vid tunnel- och undermarksarbeten utgör en del av de krav som omfattas av arbetsmiljölagen, SFS 1977:1160. Med avseende på det bakomliggande syftet med tunneldrivning, d.v.s. viktigt för SBT-projektet, kan ras eller nedfallande sten antas utgöra en central del. Bland annat anges följande (1 kap. §§ 1 respektive 4):

”Lagens ändamål är att förebygga ohälsa och olycksfall i arbetet samt att även i övrigt uppnå en god arbetsmiljö.”

”Betryggande skyddsåtgärder skall vidtagas mot skada genom fall, ras, brand, explosion, elektrisk ström eller liknande.”

Stöd med avseende på hur lagens mening bör infrias framgår av Arbetsmiljöverkets Författningssamling, AFS 2003:2 ”Bergarbete”. Där anges bl.a. (§§ 2, 3 respektive 37):

”Innan bergarbete påbörjas skall en undersökning och riskbedömning utföras som särskilt beaktar geologiska, bergtekniska och andra förhållanden i den omfattning som behövs för planeringen av det fortsatta arbetets säkra utförande.”

”De som arbetar skall ha tillräckliga kunskaper utrymning, farligt område, lokala regler och andra förhållanden på arbetsstället för att kunna undvika ohälsa och olycksfall.”

Bergbesiktning, skrotning och bergförstärkning samt efterkontroll skall utföras snarast efter sprängning i den omfattning som behövs för att hindra stenedfall och ras. Mekaniserad skrotning skall eftersträvas.”

Det är således relativt tydligt fastlagt i lag och annan författning vad som gäller med avseende på risken för ras och stenedfall. Det som skiljer mellan olika verksamheter är exakt hur den beskrivna ”riskbedömningen” alternativt ”bergbesiktningen” utförs samt vilka krav som tillämpas lokalt med avseende på denna persons kompetens, även om AFS 2003:2 anger vissa minimikrav. I detta sammanhang bör även framhållas att i praktiken avgörs inte allt av en enda ”kritisk” person utan bedömningen av om säkerhetskraven är uppfyllda eller ej inför det fortsatta arbetet utgår normalt från kunnandet inom hela den aktuella platsorganisationen, inklusive bergmekanik och konstruktion.

För SBT-projektet föreslås följande:

Den säkerhetsnivå som utgör resultatet av tillämpningen av dagens rutiner med avseende på beslut av om arbetsplats är säker eller ej utgör en miniminivå som inte får påverkas av projektet eller dess resultat.

Se även avsnitt 2.4.2.

2.3.4 Drivningshastighet

Med kravet ”drivningshastighet” avses den mängd tunnel i meter räknat som skall utföras under en viss kalendertid (exempelvis ”vecka”). För att kravet skall vara möjligt att tolka och utvärdera erfordras att olika bakomliggande restriktioner specificeras för den verksamhet som avses. Dessa restriktioner utgörs i första hand av följande:

- schemalagd skifttid per aktuell kalendertid
- antal skjuttillfällen per aktuell kalendertid
- antal arbetsställen på vilka arbetet skall utföras
- aktuella sektionareor för de definierade arbetsställena.

Sammantaget resulterar den verkligt erhållna drivningshastigheten ett mått på verksamhetens samlade förmåga att effektivt utföra processen ”tunneldrivning”, d.v.s. förmågan att minimera behovet av korrigerande åtgärder, förmågan att styra utrustning och personal till rätt arbetsställen vid rätt tidpunkter, förmågan att minimera de totala väntetiderna etc.

Sammantaget kommer måttet på drivningshastighet att utgöra den enklast tillgängliga källan för att avgöra i vilken utsträckning som ”snabbare”, av ”snabbare och bättre”, realiserar i praktiken. Detta innebär att den verksamhet i vilken SBT-konceptet implementeras förväntas erhålla en förbättring av sin drivningshastighet. Detta är *inte* identiskt med att gällande krav med avseende på drivningshastighet kan skärpas. Däremot *är* det identiskt med att den *faktiska* drivningshastighet som uppnås idag, vid givna restriktioner enligt ovan, kommer att förbättras i takt med att implementeringsarbetet fortskrider (analogt med vad som angavs med avseende på produktkvalitet).

2.3.5 Drivningskostnad

Med begreppet ”drivningskostnad” avses den åtgång av resurser i kronor räknat som erfordras för att utföra en definierad sträcka av en definierad tunnel. Måttet anges vanligen i form av kronor per meter planerad eller utförd tunnel.

För att kravet skall vara möjligt att tolka och utvärdera erfordras en redovisning av de aktuella restriktionerna enligt avsnitt 2.3.4. Därutöver erfordras en redovisning av vilka kostnader som ingår i det mått som används. I första hand följande:

- kostnader för den personal som utför arbetet
- kostnader för den utrustning som utför arbetet samt underhållet av densamma
- kostnader för material som förbrukas

I vilken utsträckning som olika kapitalkostnader medräknas, exempelvis med avseende på den använda utrustningen, samt kostnader för dragning och förbrukning av media, vägunderhåll, mätningstjänster, arbetsledning, planering etc. kan avgöras med hänsyn till vad som bedöms lämpligt i den verksamheten som avses. Det viktiga är, som tidigare, att jämförelser mellan ”nuläge” och ”uppföljningsresultat från prov” avser identiska innehåll.

Sammantaget kommer måttet på drivningskostnad att utgöra ett samlande mått på förbättringsåtgärdernas värde, d.v.s. utgöra underlag på vilket det kan avgöras i vilken omfattning ”snabbare och bättre” realiserar i praktiken. Detta innebär att den verksamhet i vilken SBT-konceptet implementeras förväntas erhålla en successiv förbättring av sin drivningskostnad.

2.4 Arbetsmiljö och miljö

2.4.1 Allmänt

Enligt vad som anges i [1], avsnitt 3.3.3.2, är det i första hand gällande lagar och förordningar som utgör utgångspunkten för vad som föreslås från detta projekt med avseende på arbetsmiljö och miljö. Såväl i [1] som i avsnitt 2.3.1 anges att de förbättringsförslag som utarbetas fortlöpande skall prövas med avseende på dessa aspekter för att säkerställa att potentiella förbättringsmöjligheter inom dessa områden tas till vara.

2.4.2 Arbetsmiljö

Med teknisk utveckling, automation och datorisering har stora förbättringar uppnåtts inom arbetsmiljöområdet. Många riskfaktorer finns dock fortfarande kvar varför ett långsiktigt och systematiskt förebyggande arbetsmiljöarbete även fortsatt har hög prioritet såväl inom som mellan olika undermarksverksamma organisationer, inklusive berörda myndigheter [8].

De arbetsmiljörelaterade frågeställningar vilka vanligen står i fokus omfattar bl.a. arbets-skador, dieselavgaser, buller, vibrationer, brandskydd, hygieniska gränsvärden (främst NO, NO₂, bly och kvarts), fallande sten samt stress och arbetsorganisation. En, av många tillämpliga, författningar inom arbetsmiljöområdet som särskilt kan nämnas är Arbetsmiljöverkets AFS 2003:2 "Bergarbete".

Arbetsmiljöfrågorna "ägs" normalt av den arbetsgivare som svarar för utförandet av de aktuella tunneldrivningsarbetena och inte av arbetets beställare. Detta nämns mot bakgrund av att föreliggande projekts ägare består av såväl utförar- som beställarorganisationer.

En viktig del av arbetsmiljöfrågorna i undermarkssammanhang avser frågan om en tunnels fortbestånd och säkerhet mot nedfallande sten. Denna fråga behandlas inom projektmålen med avseende på kvalitet.

2.4.3 Miljö

Miljölagstiftningens grund ges av SFS 1998:808, "Miljöbalken". Denna trädde i kraft den 1 januari 1999 och utgör en samordnad, breddad och skärpt miljölagstiftning för en hållbar utveckling. Målet med miljöbalken är att främja en utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. Miljöbalken är tillämplig på

alla verksamheter eller åtgärder som inte är av försumbar betydelse för balkens mål, oavsett om de ingår i den enskildes dagliga liv eller i någon form av näringsverksamhet [1].

I likhet med förbättringarna inom arbetsmiljöområdet har även industrins miljömedvetande ökat och påverkan minskat över de senaste 30 åren.

Det finns ett antal tydliga, miljörelaterade, undermarksfrågor som berör detta projekt. Dessa kan erbjuda tillkommande förbättringsmöjligheter, alternativt innebära hinder, med avseende på de förslag som utarbetas och skall därför beaktas i enlighet med vad som anges ovan. De är:

- grundvatten (nivåpåverkan, förorening)
- vibrationer
- buller
- luftstötstågor
- utsläpp till luftmiljön.

Till skillnad mot arbetsmiljöfrågorna, och där ansvarsförhållandena kan variera enligt avsnitt 2.4.2, ”ägs” frågorna om miljö och omgivningspåverkan alltid av arbetets beställare. Detta nämns mot bakgrund av att föreliggande projekts ägare består av såväl utförar- som beställarorganisationer.

3 Ledning och styrning vid tunneldrivning

3.1 Allmänt

Enligt [1], avsnitt 6.4.2.1, utgörs salvcykeln av en följd av seriekopplade aktiviteter där de avvikelser eller problem som inträffar i samband med utförandet av någon aktivitet så gott som alltid medför någon form av negativa effekter för det efterföljande arbetet och i slutändan, resultatet. Denna observation låg även till grund för den projektvision som formulerades i ett tidigt projektskede och som lyder [1]:

”Visionen bygger på att ett helhetsgrepp tas kring ingående enhetsoperationer och där alla delar skall optimeras och hela kedjan hänga ihop.”

För att kunna omsätta denna vision till konkret handling erfordras någon form av gemensam grund utifrån vilken avvikelser och problem, hinder och möjligheter samt tänkbara effekter av olika åtgärder kan diskuteras och värderas på ett strukturerat och nyanserat sätt. En alternativ benämning på en sådan ”gemensam värderingsgrund” är ”samsyn”, ett begrepp som sammanfattar en av de viktigaste grundförutsättningarna för den effektiva organisationens verksamhet och utveckling. Detta observerades även av Deming på 80-talet som kommenterade de västerländska industriföreträdare som åkte till Japan för att studera deras framgångsrecept men inte lärde någonting alls [1]:

”Erfarenhet lär oss ingenting om den inte studeras med hjälp av teori. Att utan teori kopiera ett företag som klarar sig bra är att inbjuda till undergång. ”Lean Production”, ”Noll fel”, ”Just in Time” etc. blir slagord utan innehåll om man inte förstår hur de byggts upp.”

I föreliggande rapport presenteras en sådan teori i form av en övergripande modell för processtyrning vid tunneldrivning. Modellen har utarbetats med utgångspunkt från de i Etapp 1.

- angivna syftena bakom de olika enhetsoperationerna i salvcykeln
- prioriterade problem som föreslogs bli föremål för förbättrad hantering.

På det sätt den redovisas i föreliggande dokument kan modellen anses vara preliminär, men den bedöms ändå utgöra en adekvat grund för det fortsatta arbetet inom SBT-projektet och en lämplig utgångspunkt för mera långsiktigt arbete.

3.2 Övergripande filosofi

Den komplexa tunneldrivningsprocessen kan, och bör, styras med stöd av de hjälpmedel som står till buds och som kan tillämpas på ett ändamålsenligt sätt. Dels kan styrning ske genom konstruktionsunderlagen, exempelvis borrh-, ladd- och driftförstärkningsplaner, dels genom rutiner för utförande, exempelvis ”best practice” för utförande av lastning, mekaniserad skrotning etc. Därutöver kan även styrning ske genom aktivitetsstyrning, d.v.s. styrning av resurser i tid och rum med hänsyn till verksamhetens kort- och långsiktiga behov.

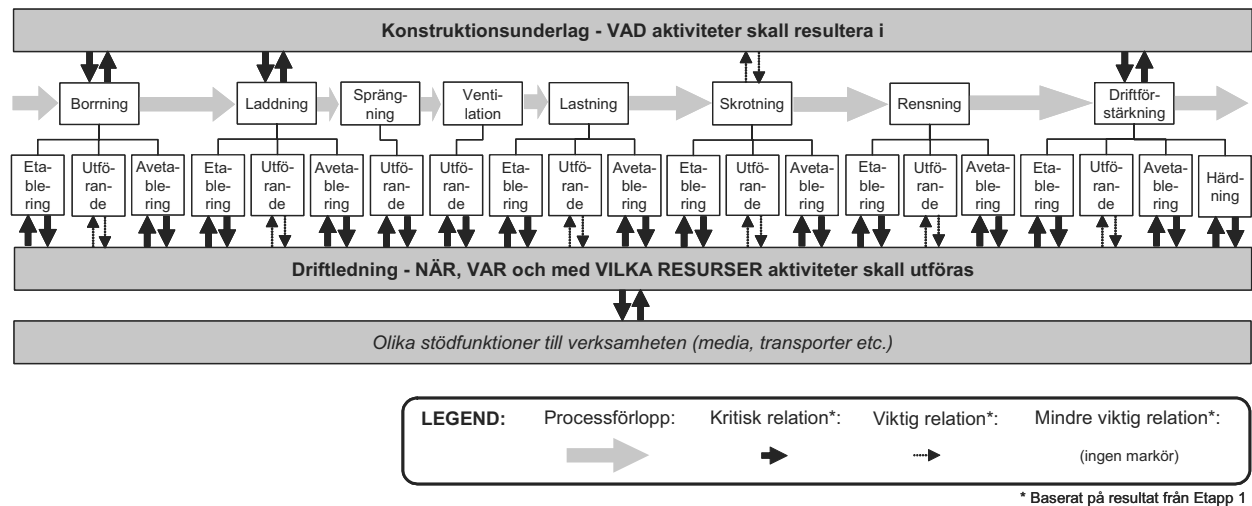
I rapporten [1] definieras de åtta efter varandra följande enhetsoperationer som tillsammans utgör den salvcykel som utgör utgångspunkten för föreliggande arbete. För att såväl salvcykeln som det erforderliga bakomliggande arbetet, d.v.s. planering, konstruktion och aktivitetsstyrning, skall fungera på avsett sätt och som en helhet är det viktigt att var och en av enhetsoperationerna utförs så att utförandet medför att:

en i förväg angiven arbetsplats uppnår ett i förväg överenskommet tillstånd vid en i förväg fastställd tidpunkt med stöd av i förväg specificerade resurser under en i förväg definierad tidrymd.

Ovanstående, tillsammans med kunskaper vunna genom utförande av [1], utgör utgångspunkten för följande grundläggande filosofi:

Varje enhetsoperation som ingår i salvcykeln erfordrar stöd i form av styrning. Denna styrning bör (i) utgå från de tillstånd de olika enhetsoperationerna är avsedda att försätta arbetsplatserna i, (ii) stå i proportion till den aktuella enhetsoperationens betydelse i sitt funktionella sammanhang och dess komplexitet och svårighetsgrad, samt (iii) beakta i vilken omfattning det finns praktiskt tillgängliga och ändamålsenliga styrningsmöjligheter.

De viktigaste sambanden med avseende på processtyrning illustreras i figur 3-1.



Figur 3-1: Viktiga samband för processtyrningen.

3.3 Övergripande om styrning

3.3.1.1 Allmänt

Tunneldrivning kan betraktas på olika detaljnivåer, exempelvis med utgångspunkt från de olika enhetsoperationerna eller från de i enhetsoperationerna ingående arbetsmomenten eller ännu mer detaljerat. Om tunneldrivningsprocessen i stället betraktas från ett funktionsperspektiv och de ingående enhetsoperationerna grupperas med utgångspunkt från vad som krävs för att de praktiskt nyttiga funktionerna skall uppnås erhålls följande indelning:

- losshållning, d.v.s. borrning, laddning (samt sprängning och ventilation). Losshållning påverkar såväl kvalitets- som tidsaspekter av processen och en ”dålig” losshållning kan skapa betydande problem för såväl lastning som säkerställande. Detta medför att ”bra” losshållning kan bedömas vara av övergripande värde för processen.
- lastning (bör även inkludera rensning). Lastning påverkar endast påverkar tidsaspekten av tunneldrivningsprocessen.

- säkerställande, d.v.s. skrotning och driftförstärkning. Säkerställande påverkar såväl kvalitets- som tidsaspekter av processen och ett ”dåligt” säkerställande kan skapa såväl osäkra arbetsförhållanden i allmänhet som ogynnsamma förutsättningar för såväl losshållning som lastning.

Värdet av att betrakta tunneldrivningsprocessen utifrån ett funktionsperspektiv berör problemet med verifiering och spårbarhet till följd av olika förändringar i utförandet genom att de olika enhetsoperationerna påverkar varandra. Exempelvis kan värdet av föredömlig borrhning vara svår att påvisa om laddningsarbetet utförs med otillräcklig kvalitet eller omvänt. Däremot kan värdet av föredömlig borrhning och laddning bedömas vara väsentligt enklare att spåra i jämförelse med om den utförs med sämre kvalitet. Förhållandena kan bedömas vara snarlika med avseende på skrotning och driftförstärkning.

Övergripande aspekter på styrning av tunneldrivningsprocessen beskrivas nedan med utgångspunkt från de fyra enhetsoperationer som i [1] visades vara av central betydelse för såväl kvalitets- som tidsutfallet. Dessa är borrhning, laddning, skrotning respektive driftförstärkning

3.3.1.2 Styrning med avseende på losshållning

Enhetsoperationerna ”Borrhning” respektive ”Laddning”, som utgör kärnan inom losshållningen, kan styras på två sätt med avseende på utförandet, dels genom konstruktionsunderlagen och dels genom utföranderutinerna. Med hänsyn till arbetets komplexitet och svårighetsgrad är det rimligt att båda dessa möjligheter nyttjas och med avseende på laddning kan följande tillägg göras:

Med utgångspunkt från den totala effektiviteten i systemet är det lika viktigt att aktiviteterna ”Sprängning” respektive ”Ventilation” fungerar på avsett sätt eller med önskad effektivitet som att ”Laddning” gör det.

3.3.1.3 Styrning med avseende på säkerställande

Enhetsoperationen ”Skrotning” (mekaniserad) bedöms inte lämplig att styra genom konstruktionsunderlag, i första hand mot bakgrund av de vetenskapliga och tekniska svårigheterna med att objektivt kunna visa att ett visst tillstånd uppnåtts. I andra hand kan det

anses suboptimalt att eftersträva verifiering tunneldelens tillstånd efter utförd skrotning, vilket endast behöver bestå tills dess att driftförstärkningen installeras. Detta riskerar dessutom att tillföra ytterligare en enhetsoperation till den redan komplexa tunneldrivningsprocessen.

Slutsatserna av detta blir följande:

1. Den uppenbara möjligheten att styra mekaniserat skrotningsarbete enligt dagens praxis är genom att träffa detaljerade överenskommelser kring utförandet.
2. Ett alternativ utgörs av att aktivitetsstyrningen ges direktiv att prioritera minimering av det tidsmässiga glappet mellan skrotning och driftförstärkning.

Utförandet av enhetsoperationen ”Driftförstärkning” kan, i likhet med ”Borrning” och ”Laddning” styras både genom konstruktionsunderlag och genom utföranderutiner. Med hänsyn till arbetets komplexitet och svårighetsgrad är det rimligt att båda dessa möjligheter nyttjas.

3.4 Definition av processtyrningsmodell

3.4.1.1 Allmänt

I föreliggande avsnitt redovisas den övergripande modellen för ledning och styrning av tunneldrivningsarbeten. Den metod som använts vid framtagning av modellen, utförande av tillhörande arbetet samt redovisning beskrivs nedan.

3.4.1.2 Använd metod

Den metod som använts för framtagning av processtyrningsmodellen utgår från en förenklad tillämpning av den riskanalytiska metoden ”Hierarchical Task Analysis”, HTA, eller ”Hierarkisk uppgiftsanalys”. HTA-metodiken kan förenklat beskrivas på följande sätt:

Ursprunget till HTA-metodiken kan spåras till den kognitiva psykologin, den vetenskap inom vilken de mekanismer som ligger till grund för människans tankeprocesser studeras. Människans problemlösning är ofta hierarkiskt ordnad på ett sätt som gör att den kan beskrivas som uppgifter, uppbyggda av successivt mindre uppgifter. Detta gör också att användarnas uppgifter, i denna av hierarki av uppgifter och deluppgifter, kan kartläggas och analyseras med samma utgångspunkt som de utförs. Förekommande brister, felkällor och problem i denna beslutshierarki kan därmed lättare och tydligare identifieras och åtgärdas då deras normala sammanhang definieras och beskrivs.

I tillämplad form avbryts som regel beskrivningen på den hierarkiska nivå där det inte längre är ändamålsenligt med någon ytterligare delning.

En något fylligare beskrivning avseende hierarkisk uppgiftsanalys redovisas i Bilaga 1, inklusive ett exempel.

3.4.1.3 Utförande

Hela det system som omfattas av [1] har systematiskt gått igenom med utgångspunkt från de aktiviteter som behöver utföras, de beslut som behöver fattas och/eller de data som behöver specificeras för att tunneldrivningsprocessen skall fungera på önskat sätt. Detta innebär att arbetet baserats på de bakomliggande syftena med de olika enhetsoperationerna och att hänsyn tagits till de prioriterade problemen från [1]. Ytterligare neddelning av ingående aktiviteter är möjlig men tjänar inte projektets syften då det är blottläggandet av precis de prioriterade problemen som är viktig, varken mer eller mindre, då det är åtgärdandet av dessa som eftersträvas.

3.4.1.4 Redovisning

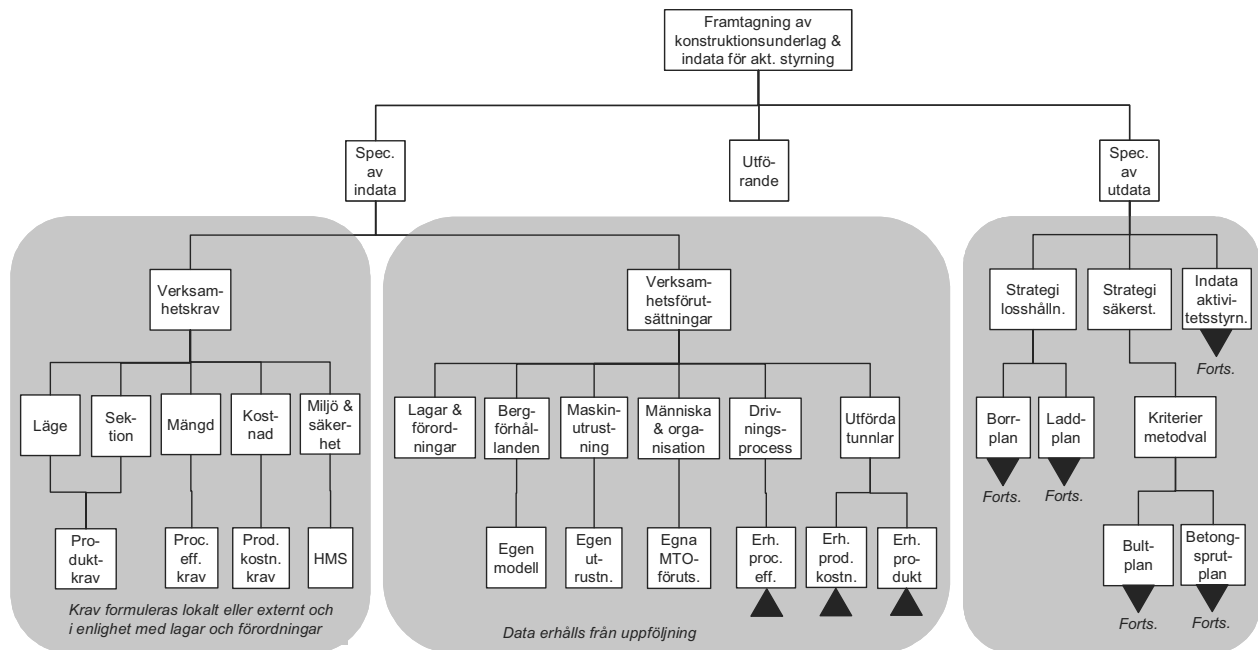
Systemgenomgången, utförd enligt ovan, har resulterat i ett antal trädstrukturer i form av olika aktivitetsbaserade scheman vilka redovisas och beskrivs i kapitel 4 - 6. De ingående delarna, förutom den övergripande modellen som redovisas i detta kapitel, utgörs av:

- processtyrning genom konstruktionsunderlag
- processtyrning genom aktivitetsstyrning
- processtyrning genom rutiner för utförande.

3.5 Beskrivning av processtyrningsmodellen

Den övergripande modell för processtyrning som redovisas i

Figur 3-2 utgör utgångspunkten för allt som redovisas i följande kapitel.



Figur 3-2: Processtyrningsmodellens början och slut, d.v.s. kravställande och verifiering som knyter an till målet med projektet. ”HMS” står för ”Hälsa, miljö och säkerhet”.

Högst upp i figur 3–2 har huvudaktiviteten, ”Framtagning av konstruktionsunderlag samt generering av indata för aktivitetsstyrning”, angetts. För denna huvudaktivitet skall bli utförd erfordras att följande tre underaktiviteter utförs:

1. Specifikation av indata, d.v.s. tydliggörande av kraven samt förutsättningarna för att kunna utföra dessa. Inom SBT-projektet är det de begrepp som knyter an till målen med projektet som står i centrum, d.v.s. kvalitet, tid respektive kostnad.
2. Utförande, d.v.s. det egentliga utförandet av huvudaktiviteten och som, beroende av aktuell verksamhet kan göras manuellt eller m.h.a. av olika tekniska hjälpmedel.
3. Specifikation av utdata, d.v.s. redovisning och tillgängliggörande av resultatet från utförandet av huvudaktiviteten. I detta fall planer (konstruktionsunderlag) för borrning,

laddning, mekaniserad bultning samt betongsprutning. Därutöver föreligger indata för aktivitetsstyrningen baserad på maskindata, körsträckor, salvstorlekar, schemalagda arbetstider etc.

Med avseende på ”verksamhetsförutsättningar”, se figur 3–2, kan detta sammanfattas av det som i [1] benämns ”systemet”, d.v.s. alla relevanta förutsättningar för bedrivandet av en viss verksamhet.

De pilar med den tillhörande angivelsen ”Forts.” som återfinns i figurens högra del under ”Specifikation av utdata” indikerar att ytterligare analysarbete har utförts. Detta avser de parametrar som erfordrar specifikation eller annat fastställande i konstruktionsunderlag för att tillhörande arbete skall kunna utföras med någon form av styrning. Detta behandlas vidare i kapitel 4. Däremot bör det vara möjligt att redan nu föreställa sig att dessa ”Forts” fortsätter utanför befintlig figur, se figur 3–2, via planen och utförandet tillbaka till figuren, men nu som indata till uppföljningen. Det kan noteras att det endast är borrhning, laddning samt driftförstärkning som styrs av konstruktionsunderlag medan verksamhetens uppföljningsresultat omfattar resultatet av väsentligt flera enhetsoperationer.

4 Processtyrning genom konstruktionsunderlag

4.1 Allmänt

I enlighet med vad som framhålls i kapitel 3 är det viktigt att kritiska och/eller komplexa enhetsoperationer styrs på flera sätt än ett. I föreliggande kapitel behandlas styrning genom konstruktionsunderlag av enhetsoperationerna borrning, laddning respektive driftförstärkning, d.v.s. de enda enhetsoperationer vilka på ett ändamålsenligt sätt *kan* styras genom konstruktionsunderlag.

4.2 Allmänt om framtagning av konstruktionsunderlag

4.2.1 Allmänt

Två grundläggande verksamhetsaspekter är viktiga att beakta vid framtagning av konstruktionsunderlag. De är:

- produktionskraven
- produktionsförutsättningarna.

Dessa båda aspekter, som måste stå i harmoni med varandra, är helt avgörande för i vilken utsträckning det efterföljande arbetet kommer att förmå att leva upp till ställda förväntningar, se figur 3–2. En direkt följd av ovanstående utgörs av det övergripande, utföranderelaterade, problem det medför, se kapitel 6:

En mängd olika aspekter av ett visst arbete erfordrar såväl antagande om hur verkligheten förhåller sig, exempelvis med avseende på bergets beskaffenhet, som specifikation av slutresultatet från arbetsutförandet. Exempel på sistnämnda kan utgöras av en planerad tunnelsalva och där följande erfordrar specifikation: plats (vilken tunneltavel), antal hål, hålplaceringar och -dimensioner, hållängder, hålriktningar. Alla avvikelser i verkligheten gentemot vad som förutsatts i konstruktionsunderlagen utgör potentiella problem, varav en del kan antas vara i behov av hantering.

4.2.2 Produktkrav

För att över huvud taget kunna utarbeta konstruktionsunderlag, exempelvis en borr- eller en laddplan eller ett underlag för utförande av driftförstärkning, är det nödvändigt att formulera vilka krav som skall ligga till grund för dessa.

Sammantaget består dessa krav, i enlighet med vad som anges i avsnitt 2.3.3 respektive 2.3.4, av ett produktkvalitetskrav och ett krav med avseende på drivningshastighet. I detta sammanhang bortses från kostnadskravet då detta utgör en samlade måttstock på de båda övriga. Det har då förutsatts att sådana överväganden som bedöms öka produktionskostnaden först diskuteras och beslutas av ansvariga personer

Med avseende på konstruktionsunderlag är det normalt produktkraven som står i centrum, d.v.s. det som omfattar i första hand följande egenskaper hos den planerade tunneln:

- läge och tvärsektion
- salvlängd.

Vanligen spelar processeffektivitetskraven mindre roll med avseende på utarbetandet av konstruktionsunderlag, men det är inte oviktigt mot bakgrund av att de konstruktioner som utarbetas så småningom också skall utföras med förväntningar på både kvalitet och volym. Med höga förväntningar på exempelvis utförandetid vid borrning är det troligen inte lämpligt att förse en borrplan med alltför många borrhål per salva.

De krav för vilka konstruktionsunderlag skall utarbetas kan vara lokalt påkallade (exempelvis vid en gruva) eller externt påkallade (exempelvis i samband med ett entreprenadåtagande) och skall givetvis vara i enlighet med gällande lagar och förordningar.

4.2.3 Produktionsförutsättningar

För att kunna utarbeta ändamålsenliga konstruktionsunderlag erfordras ingående kunskaper om de förutsättningar som kommer att gälla för den planerade tunneln och produktionen av den. I första hand berör detta den egna verksamheten men även kunskaper utanför detta, exempelvis kunskaper om den tekniska utvecklingen och möjligheter att nyttiggöra denna lokalt. Sammantaget ingår följande aspekter:

- gällande lagar och förordningar
- bergförhållandena
- maskinutrustningen
- människan och organisationen
- tunneldrivningsprocessen
- tunneln

Ovanstående förteckning känns igen från [1] som delarna i det system som definierades och låg till grund för utförandet av hela arbetet. För närmare beskrivning om vad de olika delarna avser hänvisas därför till [1]. Det finns dock en tillkommande aspekt som följer av rubriken ”Produktionsförutsättningar”. Denna aspekt är:

Det är rimligt att varje verksamhet har tillräckligt goda kunskaper om sin egen förmåga att verkställa ett visst produktionskrav, d.v.s. krav på produkten och krav på process-effektiviteten.

Således avser de i figur 3–2 angivna aspekterna ”Tunneldrivning” respektive ”Tunnelresultat” från verksamhetens eget uppföljningssystem. Om ändamålsenliga konstruktionsunderlag skall kunna utarbetas är det nödvändigt att grundläggande insikter om vad verksamheten förmår idag beaktas, i annat fall kan resultatet bli orealistiska konstruktioner med efterföljande problem i form av krav som ej infrias.

4.3 Losshållning

4.3.1 Strategi

Ändamålsenliga borrh- och laddplaner kan endast utarbetas under förutsättning att de tillsammans bidrar till att åstadkomma ett gemensamt slutresultat. Detta innebär att de bör utarbetas samtidigt eller, om någon av dem förutsatts, att erforderliga villkor från det ena underlaget utgör en tydligt definierad förutsättning vid framtagning av det andra. Betydelsen av detta har indikerats i figur 3–2 genom införande av ”Strategi för losshållningen”. Det bedöms som viktigt att en sådan finns, och som uttrycker ambitionen i losshållningen med avseende på tunneldrivningsprocessen som helhet.

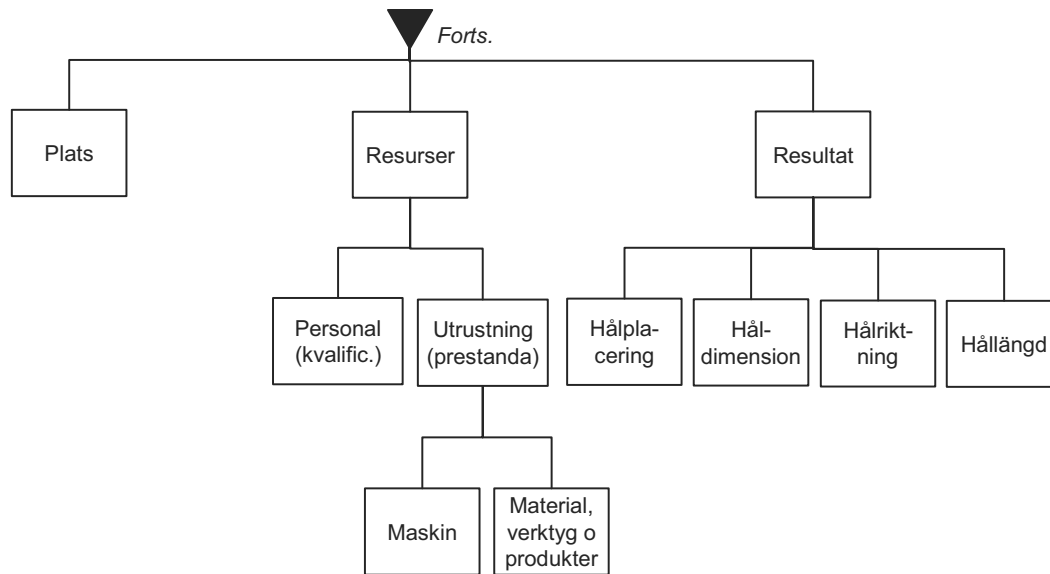
I avsnitt 4.3.4 lämnas ett förslag på ett generiskt hjälpmedel för att omvandla en vald strategi för losshållning till konkreta borrh- och laddplaner.

4.3.2 Borrhplan

För att en borrhplan skall vara ”fullständig” erfordras specifikation av antal egenskaper hos den tilltänkta salvan, i första hand följande:

- Platsen, d.v.s. angivelse av på vilken arbetsplats i den aktuella verksamheten som det utarbetade konstruktionsunderlaget skall användas. Detta skall innefatta alla relevanta geografiska bestämmingar som erfordras för att arbetet skall utföras på den avsedda platsen.
- Resurserna, d.v.s. angivelse av med hjälp av vilka resurser det aktuella konstruktionsunderlaget skall utföras. Detta avser att det ibland kan vara nödvändigt att koppla vissa resurser till utförandet av vissa salvor, exempelvis beroende på om det finns särskilda kvalitetskrav.
- Resultatet, d.v.s. angivelse av de egenskaper hos den färdigborrade salvan som borrhplanen behöver specificera för att arbetet skall kunna utföras. Detta omfattar (i) hållplacering, (ii) håldimension, (iii) hållriktning samt (iv) hållängd.

Figur 4-1 redovisar en aktivitetsbaserad bild omfattande ovan beskrivna egenskaper. Bilden är en direkt fortsättning på en av grenarna från figur 3-2.



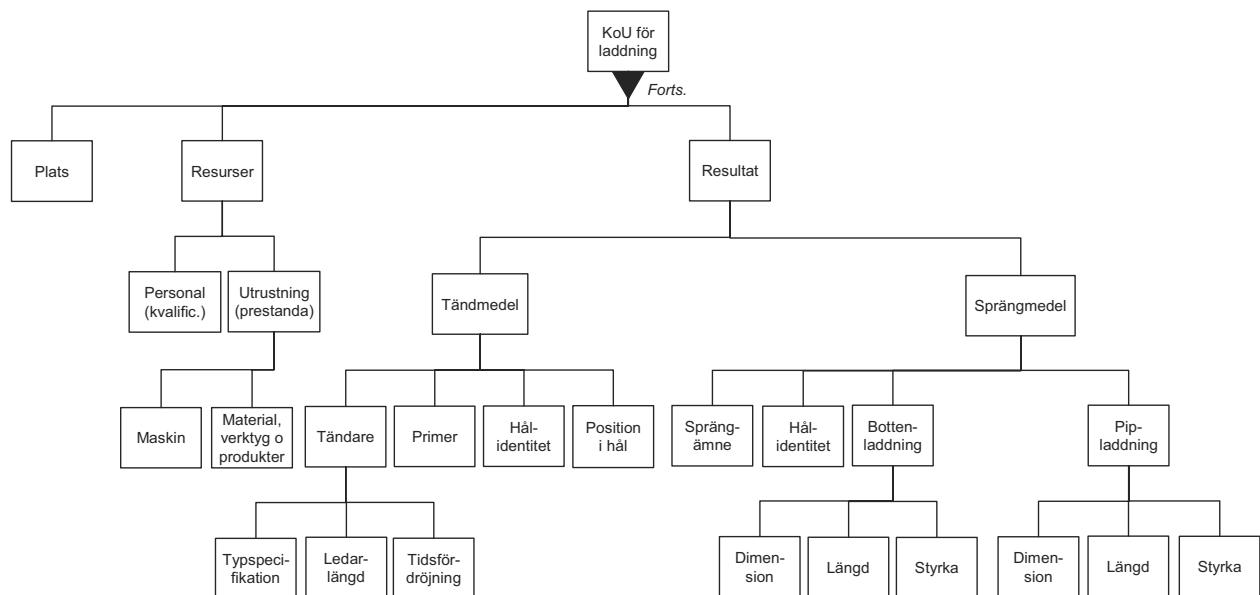
Figur 4-1: Egenskaper som erfordrar specifikation i samband med framtagning av borrhplan.

4.3.3 Laddplan

För att en laddplan skall vara ”fullständig” erfordras specifikation av antal egenskaper hos den tilltänkta salvan. Dessa överensstämmer med vad som anges i avsnitt 4.3.2 utom med avseende på resultat där även följande erfordrar angivelse, tillsammans med sina respektive ytterligare specifikationer:

- tändmedel, d.v.s. (i) tändare, (ii) primer, (iii) håldidentitet samt (iv) position i hål.
- sprängmedel, d.v.s. (i) sprängämne, (ii) håldidentitet, (iii) bottenladdning samt (iv) pipladdning. Såväl bottenladdning som pipladdning kan sedan delas upp i specifikation av (1) dimension, (2) längd samt (3) styrka.

I figur 4-2 redovisas en aktivitetsbaserad bild omfattande ovan beskrivna egenskaper. Bilden är en direkt fortsättning på en av grenarna från figur 3-2.

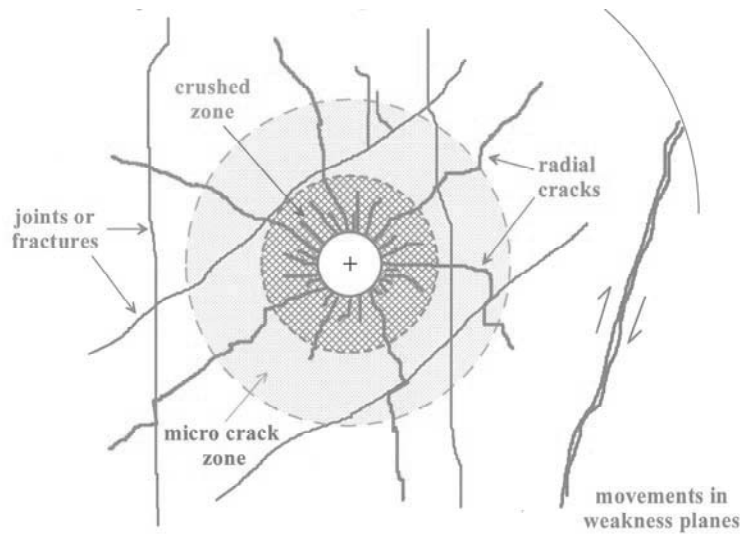


Figur 4-2: Egenskaper som erfordrar specifikation i samband med framtagning av laddplan.

4.3.4 Från strategi till plan – ett förslag

För att kunna utveckla en användbar strategi för loss hållning erfordras att det finns en vision om vad som resultatet skall bli. Med denna som grund kan en konceptuell modell för hur borring och laddning skall samverka och anpassas till varandra för att uppnå denna vision.

Grunden för strategin ges av det som illustreras i figur 4-3 d.v.s. den skadade zonen runt ett borrhål och i förlängningen runt den kvarvarande tunneln [10].

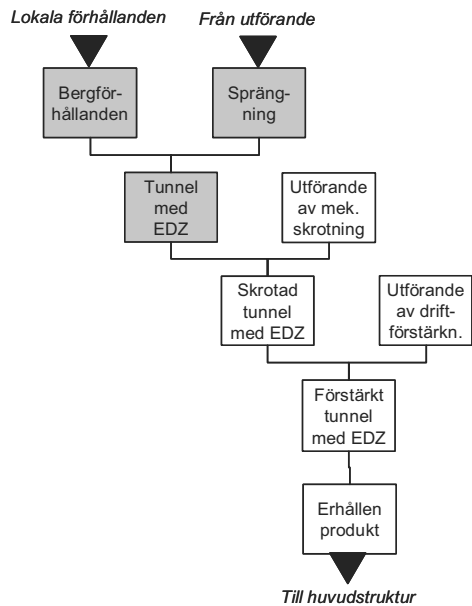


Figur 4-3: Semikvantitativ karaktärisering av avståndets betydelse för den resulterande skadezonen [10]

Genom att betrakta de olika aspekter av utförandet och förutsättningarna och dessas betydelse för skadezonens utbredning kan följande fråga ställas:

Till följd av vilka mekanismer kan en given tunnelkontur att skadas mer än vad den fastställda losshållningsstrategin anger?

Genom att ”fortsätta” den tidigare HTA-analysen kan en enkel trädstruktur för problemet tecknas, se figur 4-4. Notera hur den ”erhållna slutprodukten” ansluter till huvudmodellen, angiven i figur 3-2 samt hur såväl ”lokala förhållanden” som finns med som förutsättningar för den analys som påbörjades med systemdefinitionen i Etapp 1.



Figur 4-4: Övergripande modell för skadezonens utbredning (HTA-baserad)

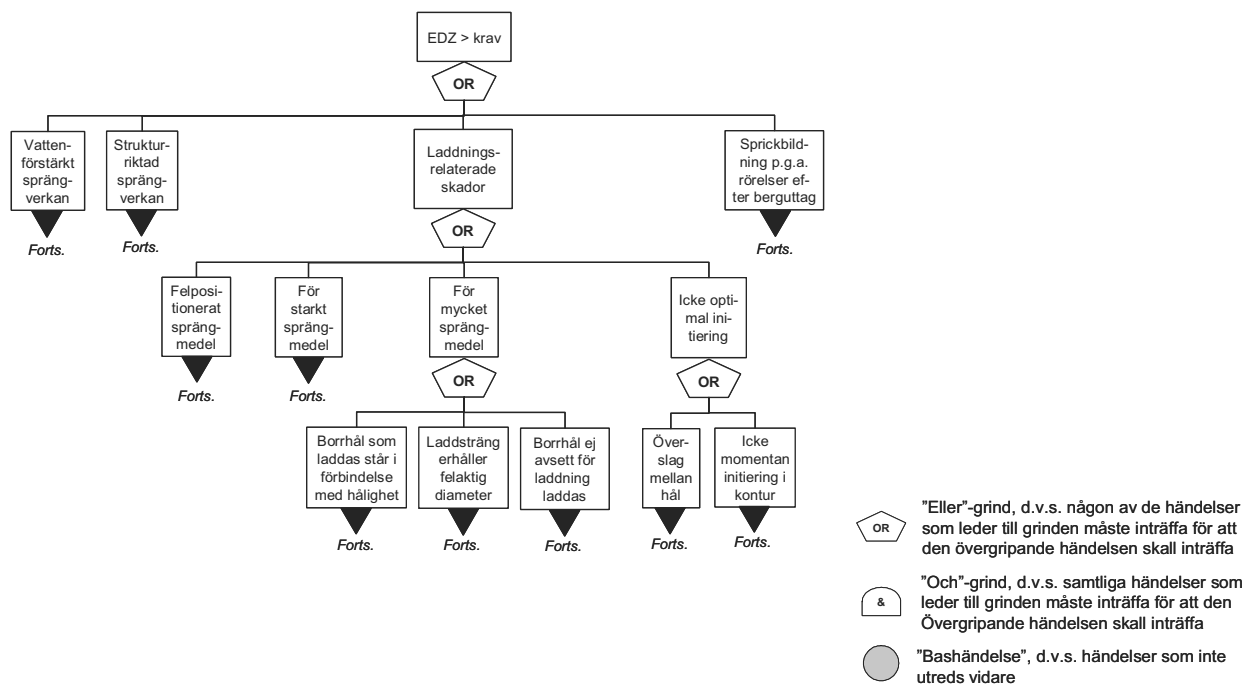
Med begreppet ”skadezon” avses den del av bergmassan runt en tunnels periferi som, till följd av utförda borrhings- och sprängningsarbeten, rådande geologiska, bergmekaniska och hydrogeologiska förutsättningar samt sekundära effekter till följd av rörelser runt det bildade hålrummet erhåller förändrade mekaniska egenskaper. Denna förändring kan vara positiv eller negativ och medför olika saker för det efterföljande säkerställandet.

Genom att utveckla ovanstående modell ytterligare m.h.a. av felträdsteknik (FTA), och där topphändelsen ”Skadezonen är större än kravet”, kan en kvalitativ neddelning av de olika problem som har potential att medföra att topphändelsen inträffar. Fyra huvudmekanismer har identifierats som bidrar till detta:

- vattenförstärkt sprängverkan
- strukturriktad sprängverkan
- laddningsrelaterade skador
- sprickbildning p.g.a. rörelser efter bergguttag.

Sistnämnda kan därefter delas ned ytterligare i de underliggande händelserna ”Felpositionerat sprängmedel”, ”För starkt sprängmedel”, ”För mycket sprängmedel” samt ”Icke optimal initi-ering”. Se figur 4-5, i vilken även ytterligare neddelning i underliggande problem gjorts.

För en översiktlig beskrivning av felträdsteknik hänvisas till Bilaga 2.



Figur 4-5: Huvudträd (FTA-baserad).

I Bilaga 3 redovisas de mer detaljerade kvalitativa FTA-analyser som utförts för att kunna identifiera samband och avgränsa problemställningar. Samtliga händelser har utretts ned till s.k. bashändelsenivå.

Analysresultaten kan användas som en systematisk och strukturerad checklista vid upp-rättande av borr- och laddplaner samt även vid diskussion i de s.k. förbättringsgrupper för förbättrade rutiner för utförande som behandlas senare i rapporten. I huvudsak utgör materialet ett kunskapsunderlag, med stöd av vilket frågeställningar, problem och möjligheter kan diskuteras och vägas mot varandra och erhållna resultat från verkliga uppföljningar tolkas. Ett enkelt exempel:

- så länge elektroniska sprängkapslar inte används i full skala i en viss verksamhet är denna verksamhet försäkrad om att aktuell huvudgren i FTA-trädet alltid bidrar till att topphändelsen inträffar ("EDZ > krav").

Ovanstående medför att möjligheten att minimera förekomsten av en särskild och urskiljbar orsak till att stabila och predikterbara processresultat inte kan erhållas valts bort. Detta bidrar således till svårigheterna att med säkerhet kunna fastställa i vilken utsträckning andra förbättringsmöjligheter har effekt eller ej [12]. Etc.

4.4 Säkerställande

4.4.1 Strategi

Ändamålsenliga underlag för driftförstärkningsarbetena kan endast utarbetas under förutsättning att det finns en strategi för losshållning som upprätthålls och till vilken det hör en strategi för säkerställande. Denna förutsätts även inkludera erforderliga skrotningsarbeten även om detta arbete inte styrs genom konstruktionsunderlag. Betydelsen av detta har indikerats i figur 3–2 genom införande av "Strategi för säkerställandet". Det bedöms som viktigt att en sådan finns, och som uttrycker ambitionen i säkerställandet med avseende på tunneldrivningsprocessen som helhet.

4.4.2 Driftförstärkning

4.4.2.1 Kriterier för val av förstärkningsmetod

I det arbete utfördes under Etapp 1 begränsades antalet möjliga driftförstärkningsutföranden till två, nämligen följande:

- mekaniserad bultning
- betongsprutning.

Den följande redovisningen utgår från denna begränsning och beaktar således inte heller det potentiella behovet av att använda dessa båda metoder tillsammans, i en kombinerad åtgärd. Oavsett vad som gäller i en godtycklig verksamhet kan dock förutsättas att någon form av kriterier för val av driftförstärkningsmetod i olika situationer finns. Betydelsen av detta har indikerats i figur 3–2 genom införande av "Kriterier för val av driftförstärkningsmetod".

4.4.2.2 Konstruktionsunderlag för driftförstärkning

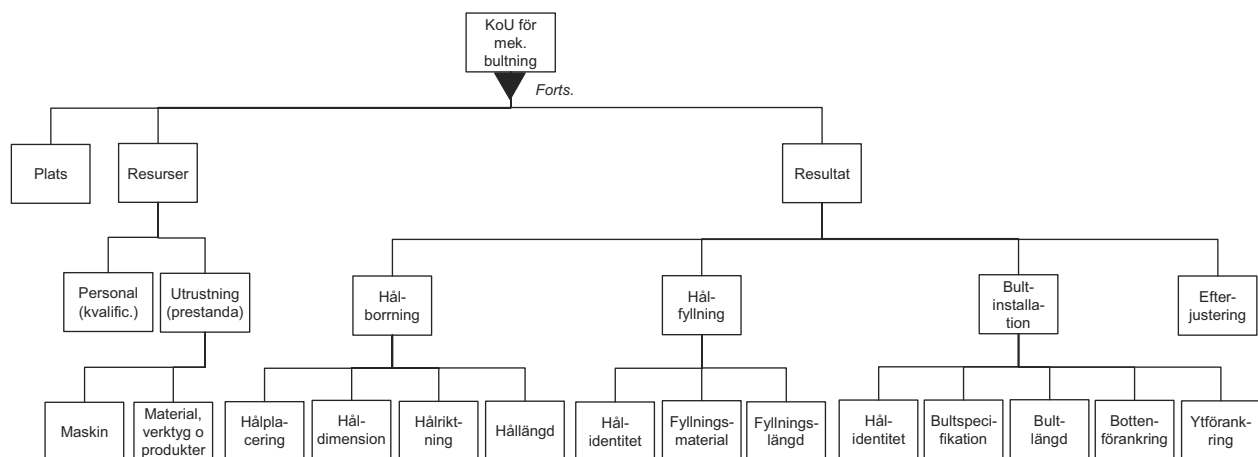
Allmänt

Konstruktionsunderlagen för driftförstärkning erfordrar indelning i de två förstärkningsutföranden som beaktats i föreliggande arbete, nämligen mekaniserad bultning respektive betongsprutning.

Mekaniserad bultning

Se över modell (preliminär)

Text som baseras på modell analogt med borring – laddning ovan

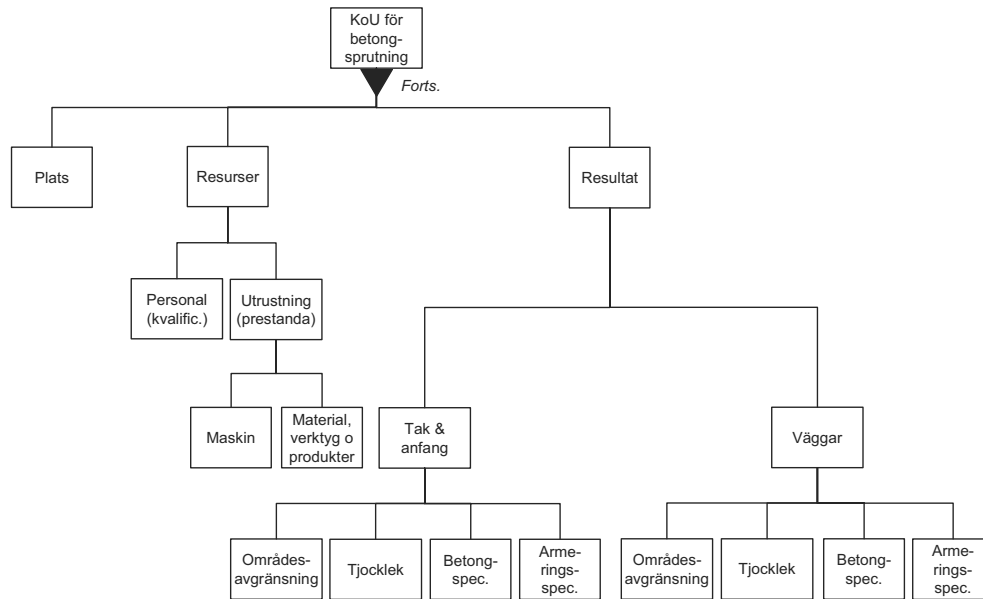


Figur 4-6: Egenskaper som erfordrar specifikation i samband med framtagning av plan för mekaniserad bultning.

Betongsprutning

Se över modell (preliminär)

Text som baseras på modell analogt med borring – laddning ovan



Figur 4-7: Egenskaper som erfordrar specifikation i samband med framtagning av plan för betongsprutning.

5 Processtyrning genom aktivitetsstyrning

5.1 Allmänt

Grunden för att uppfylla förväntade produktkrav styrs i huvudsak genom konstruktionsunderlagen och hur ändamålsenliga utföranderutinerna är och hur väl de fungerar. Varje verksamhet har som regel också en förväntan på sig att uppfylla ett visst volymkrav, d.v.s. det sammantagna arbetet framme vid tunnelfronterna behöver utföras med en viss effektivitet. Denna effektivitet upprätthålls via mer eller mindre avancerade besluts- och prioriteringsstöd genom s.k. aktivitetsstyrning eller driftledning, d.v.s. styrning av resurser i tid och rum med hänsyn till verksamhetens kort- och långsiktiga behov.

Aktivitetsstyrning utförs med utgångspunkt från arbetsplats- och resursrelaterad information, tillsammans med kunskap om verksamhetens kort- och långsiktiga produktionsmål. I likhet med framtagning av konstruktionsunderlag är det således nödvändigt att beakta både

- produktionskrav
- produktionsförutsättningar.

Dessa båda aspekter måste stå i harmoni med varandra och är helt avgörande för i vilken utsträckning det efterföljande arbetet kommer att förmå att leva upp till ställda förväntningar. En mindre väl fungerande aktivitetsstyrning kan exempelvis förväntas medföra små effekter av arbete som avser kvalitetsförbättringar, d.v.s. den tid som frigörs till följd av ett successivt mindre behov av korrigerande åtgärder tas inte till vara.

Nedan redovisas grunden för det synsätt som, baserat på Bolidens erfarenheter av FSP, bedömts svara mot de krav som ställs på tunneldrivning från SBT-projektets synvinkel.

5.2 Kortsiktigt förbättrat tidsutnyttjande

5.2.1 Övergripande begränsningar av tillgänglig tid

Tid är en ändlig resurs, likväl som personal, maskinutrustningar och arbetsplatser. Att uthålligt kunna styra dessa begränsade resurser mot planerad produktion per tidsenhet kan

förväntas medföra ett minskat behov av maskinutrustningar, personal och arbetsplatser. Resultatet blir en verksamhet som ständigt ligger ”på topp” med ett minimum av investeringar och rörliga kostnader.

Den övergripande faktor som begränsar möjligheterna till produktion avser i vilken utsträckning tillgänglig kalendertid utnyttjas enligt följande:

- ej är schemalagd produktionstid: ej möjlig produktion
- schemalagd produktionstid: möjlig produktion
- antal skjuttillfällen per schemalagd produktionstid.

5.2.2 Maskinrelaterade begränsningar

Nedan har förutsatta att maskinutrustningar endast nyttjas under schemalagd produktionstid, även om det också är möjligt att förlägga exempelvis underhållsarbeten till ”Ej schemalagd produktionstid”.

Inom den schemalagda produktionstiden kan de olika maskinutrustningarnas tid användas till någon av följande två saker:

- produktion
- ej produktion.

Med utgångspunkt från projektavgränsningen med ”borra-spräng”-konceptet samt att endast relativt kortsiktiga förbättringsmöjligheter ska beaktas kan dagens mobila, hjulburna, utrustningar antas utgöra den utgångspunkt för ytterligare indelning av tiden för produktion enligt följande:

- utförande (innehållande det effektiva arbetet)
- transport (till och från arbetsplatser).

Förstnämnda omfattar i praktiken frågan om hur det kan ställas i utsikt att förmå utrustningar att utföra sin arbetsuppgift på kortare tid. Sistnämnda omfattar transporthastighet och där även säkerhetsaspekter måste beaktas (exempelvis avseende frågan om höga hastigheter i trånga utrymmen). Båda faktorerna avser således utrustningars utformning och tekniska prestanda, faktorer som är svåra att förbättra på kort sikt i en pågående verksamhet.

Däremot kanske det kan ställas i utsikt att bättre nyttja den tid som *inte* utgörs av produktion.

Denna avser följande:

- väntan på personal eller arbetsplats
- bristfällig funktionssäkerhet, i praktiken maskinhaveri ¹
- bristfällig underhållsmässighet, i praktiken oönskat lång reparationstid ²
- bristfällig underhållssäkerhet, i praktiken oönskat lång väntan på reparation ³
- korrigerande åtgärd, d.v.s. tid för att åtgärda ett kvalitetsfel från redan utfört arbete.

¹ Funktionssäkerhet: förmåga hos en enhet att utföra krävd funktion under givna förhållanden under ett givet tidsintervall. Funktionssäkerheten är inbyggd i utrustningen, genom dess utformning. System som har lågt behov av reparation och underhåll har hög funktionssäkerhet.

² Underhållsmässighet: den tid det tar att utföra ett visst underhållsarbete. Underhållsmässigheten är inbyggd i utrustningen, genom dess utformning. En utrustningsdel kan exempelvis vara mer eller mindre lättåtkomlig för reparation och underhåll.

³ Underhållssäkerhet: den tid det tar att påbörja det faktiska underhållsarbetet. Underhållssäkerheten omfattar organisation, bemanning och kompetens inom den aktuella underhållsorganisationen. Väntan på reservdel eller ditkallad specialist, i avsaknad av egen kompetens, är typiska frågor.

Med avseende på ”Väntan på personal eller arbetsplats” samt ”Korrigerande åtgärd” är det uppenbart att det föreligger möjligheter till förbättringar även med relativt små insatser i en pågående verksamhet. Detta är dock inte fallet med avseende på övriga tider som omfattar såväl utformning av utrustning som förändringar med avseende på den aktuella underhållsorganisationen. I båda dessa fall kan det förväntas erfordras väsentliga arbetsinsatser innan varaktiga förbättringar kan påräknas. Resonemanget illustreras i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Översiktlig analys av den maskintid som bedöms realistisk att påverka i en pågående verksamhet.

MASKINUTRUSTNINGARNA							
ENHETS- OPERATION	PRODUKTION		EJ PRODUKTION				Korri- gerande åtgärd
	Ut- förande	Tran- sport	Väntan på personal eller arbets- plats	Bristfällig funk- tions- säkerhet	Bristfällig under- hålls- mässighet	Bristfällig under- hålls- säkerhet	
Borning	Ej enkelt påverkbar		Påverkbar	Ej enkelt påverkbar			Påverkbar
Laddning	Ej enkelt påverkbar		Påverkbar	Ej enkelt påverkbar			Påverkbar
Sprängn/vent	Ej relevant		Ej relevant	Ej relevant			Ej rel.
Lastning	Ej enkelt påverkbar		Påverkbar	Ej enkelt påverkbar			Påverkbar
Skrotning	Ej enkelt påverkbar		Påverkbar	Ej enkelt påverkbar			Påverkbar
Rensning	Ej enkelt påverkbar		Påverkbar	Ej enkelt påverkbar			Påverkbar
Driftförst	Ej enkelt påverkbar		Påverkbar	Ej enkelt påverkbar			Påverkbar
SUMMA	-		Minimeras	-			Minimeras

Med avseende på maskinutrustningarna är således följande av intresse för kortsiktiga förbättringar:

1. Väntan på personal eller arbetsplats
2. Väntan i samband med korrigerande åtgärd.

5.2.3 Arbetsplatsrelaterade begränsningar

Inom den schemalagda produktionstiden kan det som sker på de olika arbetsplatserna utgöras av något av följande: (i) avsett arbete utförs på arbetsplatsen eller (ii) arbetsplatsen väntar på att avsett arbete ska utföras.

Att maximera den vid vilken arbete utförs är det alternativ som bör eftersträvas, varvid den tid som utgörs av väntan på arbete i motsvarande grad bör minimeras. För att erhålla en tydligare bild av möjligheterna att ”flytta” tid från ”väntan” till arbete görs ytterligare en tidsmässig neddelning av väntetiden. Denna består då av:

- väntan på ledig maskin
- väntan på servad och hel maskin
- väntan på härdning (driftförstärkning).

De förbättringsmöjligheter som kan antas stå till förfogande med avseende på ”Servad och hel maskin” respektive ”Härdning” kan på goda grunder anses som relativt arbetskrävande att påverka på generella grunder. Däremot bedöms möjligheten att minimera ”Väntan på ledig maskin” som mera realistisk att påverka i ett kortare tidsperspektiv. Se Tabell 5-2.

Tabell 5-2: Översiktlig analys av den arbetsplatstid som bedöms realistisk att påverka i en pågående verksamhet.

ARBETSPLATSERNA				
NR	Tidsförbrukning			
	I arbete	I väntan på		
		Ledig maskin	Servad och hel maskin	Härdning
	Ej enkelt påverkbar	Påverkbar	Ej enkelt påverkbar	Ej enkelt påverkbar
SUMMA	-	Minimeras	-	-

Med avseende på arbetsplatser är således följande av intresse för kortsiktiga förbättringar.

- ledig maskin

5.2.4 Sammanställning

De kortsiktigt tillgängliga möjligheter som står till buds med avseende på förbättrat tidsutnyttjande avser enligt ovan i första hand:

- förändrad schemalagd produktionstid
- förändrat antal skjuttillfällen per schemalagd produktionstid.

Möjligheterna att förändra en eller båda dessa varierar inom olika verksamheter varför dessa fortsatt antagits vara opåverkbara. Däremot kan följande bedömas vara av kortsiktigt intresse för en godtycklig verksamhet:

- minimering av all maskinutrustnings väntan på utförande av korrigerande åtgärd.
- minimering av all maskinutrustnings väntan på personal eller arbetsplats
- minimering av alla arbetsplatsers väntan på ledig maskin.

Den första av dessa tre hanteras enklast genom förbättringar i utförandekvaliteten medan de två återstående kan bedömas vara de parametrar som är av primärt intresse att arbeta med inom aktivitetsstyrning.

5.3 Flaskhalsteori

5.3.1 Optimeringsproblem

Enligt den översiktliga analysen i avsnitt 5.2 omfattar problemställningen med förbättrat tidsutnyttjande (i) minimering av alla maskiners totala väntetid på arbetsplats eller personal respektive (ii) minimering av alla arbetsplatsers totala väntetid på ledig maskin, d.v.s. ett optimeringsproblem.

5.3.2 Maskinorienterad prioritering

Att säkerställa ett minimum av total väntetid för maskiners tillträde till arbetsplatser kan innebära att det erfordras en förhållandevis stor mängd arbetsplatser för att minimera risken för arbetsplatsbrist. Detta är ett exempel på maskinorienterad prioritering av verksamheten, d.v.s. ”De dyra maskinerna får inte stå stilla”, och detta medför följande konsekvenser:

- för att säkerställa att maskiner inte ska behöva vänta kan ett betydande antal arbetsplatser behöva finnas till hands som ”reserver”. Detta medför att kapital binds upp vid en tidigare tidpunkt än som kan vara befogat m.h.t. vad som erfordras enligt plan genom att det accepteras att arbete utförs i positioner där inget arbete egentligen erfordras m.h.t. till de övergripande planerna
- genom acceptans av ”reservarbetsplatser” visar verksamheten att man accepterar en viss oförmåga att inte driva precis enligt plan, vilket redan på relativt kort sikt kan förväntas medföra att olika frontlägen inte överensstämmer med planerat. Detta medför, och som är allvarligt, behov av omplanering och omprioritering p.g.a. ett oönskat tillredningsläge.

5.3.3 Villkorad maskinorienterad prioritering

Då det är rimligt att anta att det är meningsfullt att sträva efter att hålla maskinparken sysselsatt inses att denna ”ständiga sysselsättning” måste ”villkoras”, d.v.s. det är inte effektivt ständigt betala ett pris som innebär ständiga omprioriteringar och omplaneringar. Detta villkor ges av principen om flaskhalsar i komplexa system som förenklat kan beskrivas med tillämpning på aktivitetsstyrning i ett tunneldrivningssammanhang på följande sätt:

- Vid tunneldrivning enligt ”borra-spräng”-konceptet utförs varje enhetsoperation, enkelt uttryckt, en gång per cykel. Detta innebär att den maskin som tar längst tid i anspråk för att utföra sitt arbete kommer att bli flaskhalsresurs i systemet och att därmed blir den resurs som i praktiken bestämmer hur många salvor som kan tas ut under en viss tidsperiod på vissa, i förväg definierade, fronter.
- Den enda möjligheten att kunna utföra något ytterligare arbete under tidsperioden ifråga utgörs av att någon av icke-flaskhalsmaskinerna utför arbete antingen
 - vid någon av de i förväg definierade fronterna. Detta medför att frontstatus förr eller senare kommer att avvika mot planerat genom att oplanerat arbete utförs. Detta leder till att flaskhalsmaskinen inte alltid kan garanteras sysselsättning vilket endast kan resultera i färre antal salvor än planerat inom det definierade området under den angivna tidsperioden

- vid någon icke i förväg definierad front. Detta medför att frontstatus förr eller senare kommer att avvika mot planerat genom att det uppstår väntetid för att at icke-flaskhalsmaskinen skall slutföra sitt icke planerade men påbörjade arbete. Detta leder till att flaskhalsmaskinen inte alltid kan garanteras sysselsättning vilket endast kan resultera i färre antal salvor än planerat inom det definierade området under den angivna tidsperioden

”Ytterligare arbete”, inom eller utanför planerat område, skall inte eftersträvas då det endast leder till färre antal salvor inom det planerade området.

- Flaskhalsresursen skall alltid tillåtas ligga ”på topp”, som den produktionskritiska resursen är samt, i den mån övriga maskiner behöver vänta, skall de vänta.

Att omsätta ovanstående praktiskt har dock visat sig vara allt annat än enkelt då det många gånger leder till prioriteringar som står i strid med rådande praxis.

5.4 *Praktikfall: erfarenheter av flödesstyrd produktion*

Allmänt

Bolidens produktionsstyrningskoncept ”Flödesstyrd Produktion” (FSP) bygger på flaskhals-teorin. Målet för produktionsstyrningen inom FSP är att maximera produktionen från gruvans befintliga produktionssystem. Flaskhals-teorin beskriver också hur man kan höja ett produktionssystem maximala produktionskapacitet.

Applicerad på projektet ”Snabbare och bättre tunneldrivning” (SBT) kan detta produktionsstyrningskonceptet bidra till att maximera det totala antal tunnelmeter som kan drivas under en period i fall med drivning på flera gavlarna. Konceptet är inte anpassat för att maximera drivningstempot i en enskild tunnel. Det går att hantera olika prioriteter eller önskat salvtempo på gavlarna.

Flaskhals-teorin

Den centrala punkten i flaskhals-teorin är att produktionen begränsas av kapaciteten hos en enda resurs/aktivitet i produktionssystemet. Denna begränsande resurs kallas flaskhalsen.

Flaskhalsresursen är densamma över tid så vida man inte gör ändringar i produktionssystemet som påverkar salvcykel, operationstider eller tillgänglig maskinkapacitet. Det finns aldrig mer än en flaskhals i ett produktionssystemet.

Om man har en flaskhals i ett produktionssystem måste denna resurs nyttjas maximalt för att maximera hela produktionssystemets produktion. Ingen andra resurser kan nyttjas 100 %. Att försöka aktivera en resurs som inte är flaskhalsen till 100% ger inte högre produktion, men bygger endast upp ”varor i arbete” som inte kommer vidare i salvcykeln.

Flaskhalsteorin förutsätter inte ett störningsfritt produktionssystem. Konceptet kan användas med framgång även på system med osäkra operationstider och oplanerade maskinhaverier.

Flaskhalsen måste skyddas från produktionsstörningar i andra operationer i salvcykeln. Flaskhalsresursen ska aldrig behöva vänta på jobb, t.ex. vänta på att föregående operation i gaveln ska bli klar. Flaskhalsen skyddas genom att bygga upp ”slack” (glapp) framför flaskhalsen i varje gavel och en buffert av gavlar som är klara för flaskhalsoperationen. Samtidigt måste vi se till att vi har tillräcklig överkapacitet på operationerna framför flaskhalsen så vi hinner återuppbygga bufferten efter en störning. Det går att räkna på buffertstorleken, men man kan också prova sig fram.

När flaskhalsen nyttjas 100 % producerar systemet med maximal kapacitet. Om man önskar öka produktionen utöver detta måste flaskhalsens kapacitet höjas. Höjd kapacitet på flaskhalsen kan åstadkommas genom att sätta in en extra maskin, utöka arbetstiden för flaskhalsen eller vid att lyfta jobb från flaskhalsoperationen till andra operationer i cykeln m.m. Exempelvis kan man lägga mera tid på borrning och laddning för att få mindre behov av förstärkning. Om man väljer att höja flaskhalsens kapacitet finns risk för att flaskhalsen flyttas till en annan resurs. Detta måste bevakas och produktionsstyrningen anpassas till den nya situationen.

Flödesstyrd tunneldrivning

Vi måste känna salvcykel och operationstider i varje gavel samt tillgänglig maskinkapacitet (antal, bemannad produktionstid och serviceschema). Då kan vi bestämma var vi har

kapacitetsbegränsningen = flaskhalsen genom att jämföra erforderlig kapacitet med tillgänglig kapacitet.

När vi har bestämt var flaskhalsen är, låter vi den styra tempot i produktionen. Flaskhalsresursen ska ha prioritet både vid service, haverireparation och bemanning. Flytande byten vid mat och skiftbyte rekommenderas.

Om vi har fasta skjuttider läggs de in i schemat tillsammans med eventuella skiftbytestider.

Schemalägg ut flaskhalsoperationerna med minimal glapp mellan gavlarna (använd genomsnittlig operationstid för aktuell gavel). Schemalägg även planerad underhåll för flaskhalsresursen.

Lägg på varje gaveln in de andra aktiviteterna i salvcykeln (med medellängder) så tidigt som möjligt. Sprid ut aktiviteterna så vi inte får överlapp på resurserna, men lägg alla aktiviteter så tidigt som möjligt så vi får tillräckligt med glapp direkt framför flaskhalsen. Om det ser ut att bli för lite glapp (säkerhet mot förseningar) utökas antal gavlar.

Den dagliga produktionsstyrningen kan lösas med två alternativa tekniker beroende på antal gavlar och maskiner som ska styras.

Om vi har ett litet produktionssystem räcker det att vi vet vilka gavlar flaskhalsen ska rotera mellan och i vilken ordning. Maskinerna får enbart röra sig mellan dessa gavlar. Principen är att när det finns arbete åt maskinen arbetar man så fort man kan för att bibehålla säkerhetsmarginalen framför flaskhalsen (i fall vi får störningar och längre operationstider). När man inte har jobb så väntar maskinen. Icke-flaskhalsmaskiner får absolut inte börja arbeta på andra gavlar även om det finns tid över. Har man ingen gavel som är klar för maskinens operation parkerar man och väntar, eller flyttar operatören till en annan maskin. Så snart flaskhalsoperationen är klar på en gavel följer man på med de övriga aktiviteterna i salvcykeln. Maskiner som har fler gavlar att välja mellan åker till den gavel som först kommer att få flaskhalsen dit.

Det enda man behöver veta är vilken ordning flaskhalsen kommer att flytta mellan gavlarna samt var i salvcykeln varje gavel står. Detta kan hanteras mer eller mindre manuellt med hjälp av en skiftrapport och en veckoplan för flaskhalsens rörelser. Det svåra är att undvika att maskiner med överkapacitet påbörjar nya gavlar för att ha något att göra.

Om vi har ett mer komplext produktionssystem kan man använda samma system som i Boliden, där varje aktivitet tillordnas en resurs och läggs ut i tid. Flaskhalsen måste schemaläggas minimum en vecka i taget (egentligen ska perioden motsvara en full rotation av flaskhalsen mellan de aktiva gavlarna). Övriga resurser schemaläggs 1 - 3 dygn fram i tid. Schemalagt underhåll ska finnas i samma system. En driftscentraloperatör håller översikt över status på alla gavlar och maskiner och delar ut nästa jobb när en maskin är klar enligt samma princip som beskrivits ovan. Operatörerna rapporterar till driftscentralen vid start och slut av en aktivitet, samt vid avbrott.

6 Processtyrning genom utföranderutiner

6.1 Allmänt

Oavsett hur bra konstruktionsunderlag som utarbetas, hur ändamålsenliga maskinutrustningar som används eller hur välutbildade operatörer än är styrs de praktiskt uppnådda resultaten i slutänden av vad som i realiteten utförs framme vid tunnelfronten. Det finns två delar av detta ”utförande”, nämligen: (i) handhavandet av den aktuella utrustningen och att detta sker i enlighet med hur konstruktören avsett att detta skall tillgå samt (ii) den del av utförandet som skapar gränssnittet för efterföljande enhetsoperation.

6.2 Allmänt om utföranderutiner

Följande anges i [1] avseende ”Människan och organisationen - goda utföranderutiner”:

”De avvikelser i utförandet som, så gott som alltid, föregår alla problem är inte entydigt identifierade eller definierade och det saknas gemensamt överenskomna, i förväg utarbetade och fastställda, rutiner för att fånga upp dem innan de utvecklas till problem.”

Sett i ett längre perspektiv tillhandahålls, genom detta, grunden för varje verksamhets egen fortlöpande utveckling, något som kan uttryckas tydligare på följande sätt:

För att kedjan av aktiviteter skall fungera på avsett sätt erfordras att följande övergripande villkor i samband med övertagande, utförande och överlämnande av de olika enhetsoperationerna i salvcykeln uppfylls:

- *det ligger i varje verksamhets eget intresse att i samråd med berörda utarbeter erforderliga definitioner av vad som utgör avvikelser, hur de skall hanteras samt av vem. I egenintresset ligger även att efterleva och ständigt förbättra systemet.*

Det ”praktiska arbetet” att definiera vad som utgör ”avvikelser” och att internt komma överens om hur de skall hanteras samt av vem kan bedömas vara ett omfattande, men genomförbart, åtagande. Den stora utmaningen utgörs i stället troligen av att:

skapa och/eller sprida insikten om att detta sätt att arbeta är nödvändigt för den verksamhet som är intresserad av att som främst medel för att uppnå de satta målen styra tunneldrivningsprocessen.

Detta arbete tar i praktiken aldrig slut, främst p.g.a. att de förutsättningar det syftar till att ta, eller bibehålla, kontrollen över ständigt ändras. Det är således en mycket övergripande och attitydberoende aspekt av verksamheten och dess utveckling varför värdet av ”det goda ledarskapet” inte nog kan betonas utifrån följande:

Om arbetet med ”Rutiner för utförande” skall ha någon möjlighet att medföra någon reell skillnad i en verksamhet erfordras inte enbart ledningens stöd utan även dess engagemang. Detta uttrycks i [1] på följande sätt:

- det är organisationens ansvar att hitta en lämplig avvägning mellan förväntningarna på resultaten, den använda maskinparkens egenskaper och utföranderutinernas utformning, efterlevnad och fortlöpande utveckling*
- en viktig del av ledningsprocesserna...[utgörs av]...organisationens långsiktiga incitament för vidmakthållande av en god moral avseende utföranderutiner.*

6.3 Fungerande rutiner för utförande

6.3.1 Allmänt

Enligt [13] kan begreppet ”rutin” definieras till följande:

”[En rutin är ett]...angivet sätt att utföra en aktivitet eller en process...”.

Bl.a. mot bakgrund av ovanstående diskuteras ibland frågan om en verksamhet ”har” rutiner eller ej. Detta är dock en irrelevant fråga med avseende på syftet med föreliggande projekt, d.v.s. snabbare och bättre tunneldrivning. Definitionen är adekvat men den är inte tillräcklig då det är *tillämpningen* som är det centrala. Vad som är relevant är således hur verksamheten fungerar framme vid tunnelfronten med avseende på utförandet av arbetet. Med utgångspunkt från det inom SBT-projektet utförda arbetet kan följande sägas med avseende på fungerande rutiner för utförande:

Fungerande rutiner för utförande kan endast erhållas utifrån samsyn i varje enskild verksamhet. Denna samsyn måste omfatta såväl syftet med det aktuella arbetet samt mera exakt när en avvikelse övergår från att vara tolerabel till att bli icke tolerabel, d.v.s. ett problem som måste hanteras, samt på vilket sätt problemet skall hanteras.

Det bör noteras att den process som ligger bakom den resulterande samsynen är viktigare än det dokument på vilket rutinen beskrivs. Utförs processen på ett mindre bra sätt, exempelvis alltför forcerat m.h.t. till behovet av att diskutera olika aspekter av ett visst problem eller med utgångspunkt från en verklighetsuppfattning som inte speglar situationen framme vid tunnelfronten, kan även de resulterande rutinerna förväntas bli ”mindre bra”.

6.3.2 Formuleringsprocess

Det finns inte något exakt och allmängiltigt ”facit” med avseende på utföranderutiner. Processen för att formulera och implementera fungerande rutiner för utförande baseras på den mänskliga responsen på en gemensam process, i vilken flera olika personers erfarenhet och kompetens nyttiggörs och bringas att samverka mot ett gemensamt mål med utgångspunkt från ett gemensamt problem.

Med en väl utförd process kommer de som deltar i arbetet att bli en del av de rutiner de formulerar tillsammans. Detta innebär att de rutiner som en grupp formulerar inte med automatik kan överföras direkt till en annan grupp, med mindre än även denna andra grupp måste tillåtas ha *sin* formuleringsprocess. Behovet av omfattning i denna sekundära process beror av flera faktorer, bl.a. i vilket sammanhang den primära processen vuxit fram (individens egna krav på relevans), vana vid liknande verksamhetsgemensamt förbättringsarbete samt erfarenheter av detta. I ett längre perspektiv omfattar förbättringsarbete enligt ovan en del av vardagsdialogen på arbetsplatsen, men som görs med ett specifikt syfte och med utgångspunkt från vissa innehållsmässiga hållpunkter.

De grupper av människor som bör engageras i arbetet bör omfatta, förutom de som driver arbetet framåt och svarar för dokumentationen, de som närmast är berörda av de problem som behandlas. Grupperna benämns ”förbättringsgrupper” och att driva arbetet förutsätter goda förkunskaper avseende hittills utfört arbete inom projektet.

De rutiner som skall utarbetas måste anpassas till varje problems unika karaktär. I vissa fall bedöms problem kunna elimineras, i andra fall bedöms ”endast” samsyn kunna skapas och i andra fall bedöms vissa orsaker kunna elimineras medan andra är svårare att åtgärda. Arbetet kan även medföra att förslag på tekniska förbättringsmöjligheter identifieras. Dessa bör tas om hand, men inte ingå i gruppens vidare arbete som endast avser rutiner. Grundtanken är att de uppenbara möjligheter som enkelt kan åtgärdas, skall åtgärdas i enlighet med Demings tankar om ”orsaker till speciell variation” (se bl.a. rapport från Etapp 1).

6.3.3 Tillvägagångssätt - preliminärt förslag

Arbetet drivs av en liten grupp personer och det är dessa som tillser att arbetet förs framåt och att inkomna synpunkter, frågor och erfarenheter analyseras och dokumenteras. De operatörer och övriga som deltar i arbetet i gruppen är de som svarar för erfarenhetsmässig ”input”, frågor, synpunkter etc. Arbetet föreslås utföras i följande steg:

1. Val av problem som arbetet skall omfatta (ett eller flera) samt tillsättande av förbättringsgrupp, d.v.s. personer som besitter erfarenhet av när problemet uppkommer samt när dess negativa följdverkningar blir tydliga
2. Genomgång och fastställande av mera exakt vad de ingående problemen egentligen avser för något, vad de beror på samt vilka följdverkningar de medför. Syftet är att gruppen skall erhålla en förbättrad förståelse för problemens existens, orsaker och konsekvenser (begreppsmässig spårbarhet)
3. Fastställande av kriterium för när ”tolerabel avvikelse” övergår till att bli ”icke tolerabel avvikelse”. Den gräns när detta inträffar varierar mellan olika verksamhet beroende av naturliga förutsättningar, verksamhetsinriktning etc. Valet är viktigt och skall utgå från vad som är möjligt att uppnå med de resurser som (i) redan finns på plats eller (ii) bedöms kunna uppnås givet att identifierade, tillkommande, resurser införskaffas. Kriterierna måste anpassas till de olika problemens unika karaktär och kan erfordra stöd från expertis, exempel geologi, bergmekanik etc.
4. Formulering av rutin för utförande, d.v.s ett övergripande beslutsstöd formulerat för olika konkreta problem. Följande riktlinjer för arbetet kan användas:
 - a. Beakta verksamhetens krav på färdig tunnels kvalitet, produktionstid samt kostnad. Detta innebär som regel att en rutin inte bör medföra ökad produktionstid,

- försämrad kvalitet eller ökade kostnader för processen som helhet. Notera dock att avsteg mot detta kan vara nödvändiga om gällande krav inte speglar verkligheten
- b. Beakta vad de olika utrustningarna är konstruerade för. En rutin bör bidra till att den använda utrustningen kan nyttjas på det sätt och med den kapacitet de är byggda för att tillhandahålla
 - c. Beakta möjligheter till förbättringar av arbetsmiljön eller minskad omgivningspåverkan. Nya rutiner får dock inte medför några försämringar i något av dessa avseenden.
 - d. Beakta befintliga sätt att hantera olika problem i den aktuella verksamheten, exempelvis de utföranden som dokumenterats i befintliga ”rutinbeskrivningar”, utföranden som redan tillämpas i verksamheten i viss utsträckning, idéer från redan utförda utredningar etc.
 - e. Använd kunskapen om de olika problemens frekvens och konsekvens i den aktuella verksamheten till att lägga mer kraft på de problem som svarar för de största störningarna, i jämförelse med andra, mindre, problem
 - f. Använd den kompetens som finns på plats som stöd i arbetet, exempel inom geologi, bergmekanik etc. och kom ihåg att förslagen i slutänden skall förankras hos och fastställas av ledningen
5. Avslutande diskussion till vilken vid vilken olika problem- och lösningsrelaterade frågor tas upp, i den mån de inte behandlats under arbetets gång, exempel:
- vilka motiv till efterlevnad finns?
 - hur ska rutinen få genomslag hos alla?
 - hur kan organisationen veta att en rutin följs eller inte, samt om det är viktigt?
 - operatörens agerande om rutinen inte kan tillämpas?
 - operatörens agerande om ledningspersonal ger direktiv i strid med rutin?
 - erfordras fortsatt arbete för att en rutin skall fortsätta leva?
 - tillför den föreslagna rutinen nya problem (sådana rutiner bör undvikas)?
 - hur kan ”det-som-funkar-där-funkar-inte-här”-syndromet övervinnas?
6. Beredningsmöte. Utanför den grupp av personer som svarat för att formulera rutinerna finns en större grupp av människor som på olika sätt kommer att beröras av den. Som en
-

avslutande del av arbetet bör därför det utförda arbetet och dess resultat redovisas och diskuteras i denna grupp som exempelvis kan bestå av personer i arbetsledande eller ledande ställning, tekniker etc. Vissa av dessa personer kan även ha deltagit i arbetet i någon omfattning. Resultatet av mötet blir något av följande:

- a. Alla anser att förslaget bra och ledningen kan fastställa förslaget för prov
 - b. Förslaget anses bra, om vissa korrigeringar och/eller kompletteringar behöver göras. Med dessa justeringar gjorda, kan ledningen fastställa förslaget för prov
 - c. Förslaget är inte bra och bör omarbetas med avseende på flera väsentliga punkter.
7. Sammanställning av utfört arbete och fortsatt arbete med nya rutiner (om tillämpligt).
 8. Uppföljning och utvärdering av försöksimplementerade förslag.

6.3.4 Beaktande av problemens karaktär

I det följande avsnittet har de olika prioriterade problemen från Etapp 1 inordnats i olika grupper, varvid de respektive grupperna byggs upp av problem med snarlika grundläggande karaktärsdrag som övriga problem i samma grupp. Detta har gjorts för att underlätta för användaren att formulera kriterier och de rutiner som ska utarbetas. Problemen har inordnats i följande grupper:

- bedömningsrelaterade problem
- underhållsrelaterade problem
- problem relaterade till överlämnande och övertagande
- utföranderelaterade problem
- utrustningsrelaterade problem
- övriga problem.

6.3.5 Förslag

6.3.5.1 Allmänt

Nedan redovisas framtagna förslag med avseende på rutiner för utförande. Beskrivningarna är mer inriktade mot att bygga upp förståelsen för hur förbättringsarbetet bör bedrivas samt med vilken inriktning, tillsammans med övrig text i detta kapitel, än att i detalj redogöra för vad som är de ”bästa” rutinerna. Sistnämnda självfallet mot bakgrund av att det inte finns några ”bästa” rutiner.

I tillägg kan nämnas att den i avsnitt 4.3.4 redovisade FTA-modellen för formulering av strategi för konstruktionsunderlag för loss hållning med fördel kan användas som stöd i arbetet med att formulera rutiner för utförande. Detta omfattar även arbetet med rutiner för säkerställande, även om denna strategi inte är formulerad lika tydligt m.h.t. till att utföranderutinen för skrotning ingår däri samt de bristfälliga möjligheterna att kunna utföra kvalitetssäkrade konstruktioner med dagens utrustningar.

6.3.5.2 Bedömningsrelaterade problem

Följande bedömningsrelaterade problem har endast en ”problemdimension” i jämförelse med övriga, d.v.s. huvudproblemet omfattar endast att identifiera den egenskap som bedömningen avser:

SKR51	”Ej löst” sittande bergpartier som borde lämnas kvar, skrotas ned
SKR100	Det tar väldigt lång tid att bli klar
SKR104	Skrotarens preliminära bedömning av erforderlig driffförstärkning är felaktig och måste göras om
MEK10	Bedömning avseende erforderligt förstärkningsbehov felaktig eller av otillräcklig kvalitet
BET10	Bedömning avseende erforderligt förstärkningsbehov felaktig eller av otillräcklig kvalitet

De två första två fallen avser hur olika skrotningssituationer skall bedömas. Denna bedömning kan sedan ligga till grund för på vilket sätt skrotningsarbetet bör utföras. Detta innebär att problemet bör lösas i följande steg:

1. Identifiera, beskriv och klassificera de mest frekventa skrotningssituationerna i verksamheten. Även om varje skrotningssituation är unik kan de klassificeras i ett begränsat antal ”skrotningsklasser” baserat på olika ”karaktäristiska egenskaper” som är gemensamma inom respektive klass.
2. Identifiera och beskriv hur de olika skrotningsklasserna bäst hanteras från ett skrotningsperspektiv.

3. Säkerställ att involverade personer tror på och kan använda det framtagna hjälpmedlet, d.v.s. att de förmår göra klassificeringen och även kan utföra erforderligt skrotningsarbetet på det överenskomna sättet. "Körkort" som bevis på detta kan övervägas.

Det bedöms nödvändigt att göra underjordsbesök påminnande om exempelvis "läkarronder" där olika skrotningssituationer diskuteras och fastställs. Stöd från bergmekanisk kompetens kan behöva utnyttjas. Modellen utvecklas lämpligen i takt med att verksamheten förändras och/eller kunskaperna förbättras.

Följande bedömningsrelaterade problem påminner om ovanstående men har svagare koppling till utförandet av ett specifikt arbete utan är mer av säkerhetskaraktär:

BOR106	Ras på utrustningen
LAD106	Ras på utrustningen
LAS102	Lastaren bedömer att området inte är säkert att arbeta i
SKR102	Ras på utrustningen
MEK108	Ras på utrustningen
BET103	Ras på utrustningen

Teoretiskt sett kan en snarlik modell som avseende skrotning användas, men föreslås i stället baseras på riktad kunskapsöverföring från rätt kompetens. Denna kunskap bör dock anpassas till den enskildes vardagsbehov med avseende på de aktuella problemen och även här bör vikt läggas vid att säkerställa att mottagarna kan tillämpa kunskaperna. Del av utbildningen föreslås förläggas under jord. Problemen kan utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av "körkort" för utförande av viss enhetsoperation.

Även följande bedömningsrelaterade problem har endast en ”problemdimension”:

LAD103	Kraftigt vattenflöde ur ett hål
LAS100	Lastningsarbetet tar för lång tid p.g.a. hög skutfrekvens
LAS101	Lastningsarbetet tar, trots betydande mängder skut, förvånansvärt kort tid att utföra. Detta kan medföra följdproblem i efterföljande bergahantering (tappar, krossar, transportband)

I detta fall omfattar problemet ”endast” att fastställa vad som menas med ”kraftigt vattenflöde” respektive ”skut” samt vilka åtgärder detta bör medföra. I båda fallen är det viktigt att goda kunskaper om de konsekvenser problemförekomst kan medföra. Problemen kan utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av ”körkort” för utförande av viss enhetsoperation. Det bör noteras att det kan behöva övervägas att anmälan till driftledning eller liknande skall göras. Detta bör dock övervägas mot bakgrund av intresset av att kunna förebygga problemet om det är vanligt förekommande, inte söka ”syndabockar”.

Följande bedömningsrelaterade problem har flera ”problemdimensioner” i jämförelse med övriga:

LAD111	Laddaren misstänker att det sprängmedel som används är defekt
MEK111	Operatören misstänker att den använda betongen har något fel och behöver överväga hur detta skall hanteras
BET100	Operatören misstänker att den använda betongen har något fel och behöver överväga hur detta skall hanteras

Problemen avser först att fastställa vilka defekter med avseende på sprängmedel (exempel: ”blött”, kristalliserat) respektive betong som enkelt kan identifieras av operatören. Det föreslås inte att omfattande system för mätning och kvalitetskontroll byggs upp, detta förutsätts fungera med utgångspunkt från gällande rutiner för beställning, leverans, lagerhållning och märkning.

Sedan tänkbara defekter som är möjliga att upptäcka med enkla medel identifierats, inklusive beskrivning av hur, återstår ”endast” att komma överens om lämpliga handlingsalternativ samt beskrivning av vad dessa innebär. Det kan utgöras av ett förfarande i steg enligt följande: (1) försök åtgärda själv, exempel: byt tändare vid defekt tändare, (2) Avbryt arbetet och kontakta driftledning/arbetsledning. Problemen kan utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av ”körkort” för utförande av viss enhetsoperation.

Också följande problem har flera ”problemdimensioner”:

BOR102	Borraren konstaterar ett utförandefel från föregående salva eller aktivitet och behöver veta hur han ska hantera detta (ex: sönderskjuten gavel, kvarstående borrhålor eventuellt med sprängmedel kvar)
--------	---

Analogt med föregående problem avser frågan att först fastställa vilka de utföranderelaterade problemen är som är möjliga att upptäcka, varefter överenskommelse om lämpliga handlingsalternativ kan träffas. Det bör noteras att det även här kan behöva övervägas att anmälan till driftledning eller liknande skall göras. Detta bör dock övervägas mot bakgrund av intresset av att kunna förebygga problemet om det är vanligt förekommande, inte söka ”syndabockar”. Problemet kan utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av ”körkort” för utförande av viss enhetsoperation. Nedanstående problem påminner om föregående och föreslås hanteras på ett snarligt sätt, d.v.s. inga oklarheter bör föreligga avseende om en nyskjuten salva detonerat som planerat eller om oönskade avvikelser uppkommit.

LAS103	Bomsalva, hel- eller delvis
--------	-----------------------------

6.3.5.3 Underhållsrelaterade problem

Följande underhållsrelaterade problem har identifierats:

BOR10	Otillräckligt underhållen utrustning (ex: krokiga balkar, glapp, trasiga borrstöd)
BOR11	Otillräckligt underhållna rikthjälpmedel (givare och riktutrustning)
LAD10	Otillräckligt underhållen mätutrustning (ex: mätare fungerar inte eller är ej kalibrerade)

Även i dessa fall erfordras kriterier för vad som menas med ”otillräckligt underhållna rikthjälpmedel”, ”otillräckligt underhållen utrustning” respektive ”otillräckligt underhållen mätutrustning” och i likhet med tidigare angrips problemet enklast genom att det delas in i mindre problem, vilka sedan kan hanteras var för sig.

Arbetet börjar med att upprätta en checklista där problemtyper och omfattningar beskrivs för att kriterier skall kunna fastställas. Förteckning över problemarter upprättas genom systematisk genomgång av aktuella utrustningars utformning och kriterier baseras inledningsvis på den problemomfattning som karakteriserar den aktuella verksamheten.

Förslag för BOR10:

PROBLEMART	OMFATTNING	ANM.
Krokig matarbalk	Hur krokig?	
Läckande borrstöd?	Hur mycket får det läcka?	
Glapp (vad glappar?)	Hur glappt?	

Valet av kriterier torde i de flesta fall vara mer eller mindre uppenbart, exempelvis om matarbalken är så krokig att det kan uppfattas med blotta ögat bör salvbörning över huvud taget inte övervägas etc.

Förteckning över problemarter bör tas fram och vidareutvecklas av den berörda verksamheten själv, i takt med att utrustningarnas utformning förbättras (kan även utgöra utgångspunkt för samarbetsprojekt med leverantör eller verksamhetens egen förbättring). På samma sätt kan

kriterierna successivt skärpas av den berörda verksamheten själv, i takt med att kunskapen om hur processen påverkas förbättras.

För BOR11 kan följande modell övervägas:

KRITERIER	JA	NEJ	ANM.
Rutin för UH av rikthjälpmedel har följts			Hänvisa till rutin ¹
Arbetet utfört av godkänd serviceman			Ange namn
Godkända hjälpmedel har använts			Hänvisa till rutin ¹
Krav för intervall uppfyllt			Ange datum. Hänvisa till rutin ¹

Anm. 1: rutin för underhåll av rikthjälpmedel utgör stödfunktion till utförande av salvcykeln och ligger därmed utanför föreliggande arbetes omfattning. Sådan rutin har förutsatts finnas men bör vara lokalt utarbetad och vara i harmoni med verksamhetens egna krav med avseende på produkt, processeffektivitet respektive produktionskostnad.

Att ovanstående kriterier är uppfyllda bör kunna kontrolleras av operatören i särskild loggbok som följer med utrustning, alternativt förvaras på annan överenskommen plats. På sikt kan rutinen medföra behov av följande:

- förbättrade rutiner för underhåll av rikthjälpmedel
- insikt om att en annan typ av rikthjälpmedel behöver köpas in
- övervägande av om borrharen själv enkelt ska kunna kontrollera rikthjälpmedlens underhållsstatus.

Problemet LAD10 kan bearbetas på ett snarlikt sätt som BOR11. Notera att flera olika typer av mätutrustningar behöver ingå i detta (exempel: flödesmätare, tryckgivare, håldjupsmätare).

För att säkerställa att operatör har erforderlig kompetens för att avgöra arten och omfattningen av olika problem bör de utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av "körkort" för utförande av viss enhetsoperation.

6.3.5.4 *Problem relaterade till överlämnande och övertagande*

Hantering av följande problem som relaterar till överlämnande och övertagande föreslås bli föremål för bearbetning:

BOR30	Gavelbesiktning av otillräcklig kvalitet
BOR70	Rapportering av utfört arbete av otillräcklig kvalitet
LAD109	Laddaren upptäcker ett utförandefel från borrning

Analogt med tidigare erfordras en inledande identifiering av vilka aspekter av en tunnelgavel inför respektive efter borrning samt inför laddning som erfordrar specifikation. I huvudsak avser problematiken en jämförelse mellan vad planeraren tänkt sig och hur verkligheten ser ut. Varje skillnad däremellan och som har potential att påverka kvalitets- eller tidsaspekter av tunneldrivningen som helhet bör beaktas. Exempel på problem som laddaren kan ställas inför, och därmed har att ta ställning till hur han skall hantera:

- igenrasade borrhål
- för få borrhål
- för många borrhål
- för korta borrhål
- borrhål i fel position
- fel borrhålsdiameter
- ej framgrävda sulhål
- ihopborrade borrhål.

Med avseende på BOR70 kan en lämplig utgångspunkt diskussion och överenskommelse utgöras av vad som är viktigt för laddaren att veta innan påbörjande av arbetet.

För att säkerställa att operatör har erforderlig kompetens för att avgöra arten och omfattningen av olika problem bör de utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av "körkort" för utförande av viss enhetsoperation.

Följande problem utgör specialfall av ovanstående, mer generella, problem:

BOR110	Operatören glömmer/underlåter att rensa sulan och säkra sulhålén inför laddning
LAD105	Borraren har inte rensat sulan och säkrat sulhålén
LAS106	Lastning avslutas trots att det ej är klart
REN100	Rensningsarbetet avslutas i förtid

I grunden avser problemen om att komma överens om vad som ska gälla på arbetsplatsen, d.v.s. är det borrarrens eller laddarens ansvar att rensa sulan och säkra sulhålén och vad som är kriteriet för *exakt när* lastning respektive rensningsarbete kan anses vara slutfört. Sistnämnda kan tyckas betydelselösa men de *kan* inträffa och de flesta verksamheter har sannolikt också erfarenhet av dem. I enlighet med Demings tankar och speciella och urskiljbara orsaker till problem är det därmed också en skyldighet att vidta erforderliga mått och steg för att minimera risken för problemuppkomst.

6.3.5.5 *Utföranderelaterade problem*

Hanteringen av nedanstående problem förbättras enklast genom att verksamheten överväger att införskaffa sådana utrustningar som definierats som "BAT" i rapporten "Utrustningar och andra tekniska hjälpmedel". Detta är dock inte nog, utan oavsett vilka utrustningar en verksamhet disponerar erfordras även att användningen av dem sker på ett sådant sätt att verksamhetintressena gagnas. Således erfordras arbete med avseende på rutiner för utförande oavsett tekniknivå. Den praktiska skillnaden avser främst vad som är möjligt att åstadkomma med den aktuella utrustningen m.h.t. dess utformning.

BOR51	Borrhål erhåller felaktig inriktning (även via BAT)
BOR31	Fel inriktning och uppställning av borrhåll (positionering), (även via BAT)
BOR56	Felaktig kompensation vid medveten förändring av borrhållplan (även via BAT)
BOR50	Påhugg utförs i en felaktig position (även via BAT)

Analogt med tidigare erfordras först en definition av vad som avses med "fel". Sådana fel kan exempelvis formuleras på strikt teoretiska grunder, d.v.s. vad som är önskvärt. Detta är ett dock önsketänkande och utgör ett misstag. Frågan som ska besvaras avser i stället vad som är

möjligt att utföra med den utrustning som finns tillgänglig och med de stödsystem som finns på plats. Verkligheten styr och om det finns erfarenhetsstatistik eller annan användbar data bör denna användas. Om resultatet blir ”för dåligt” skall varje förbättring av erhållna kriterier knytas till särskilda och urskiljbara åtgärder som medför att kraven kan sättas hårdare än vad erfarenheten visar.

De flesta problemen är till sin karaktär sådana att det kan antas vara svårt för den enskilde operatören att med säkerhet kunna avgöra om eller när ett problem uppstått. De aktuella problemen bör i stället bearbetas med utgångspunkt från att de inte ska kunna inträffa. Detta innebär i praktiken att den procedur som skall användas vid utförandet blir helt avgörande för resultatet och arbetets huvudfokus kommer därigenom att omfatta en detaljerad genomgång av hur denna procedur bör vara utformad för att minimera problemuppkomst. Problemlösningen baseras sedan fortsättningsvis på tilliten till den definierade proceduren.

Problemen kan utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av ”körkort” för utförande av viss enhetsoperation, d.v.s. teoretiska kunskaper respektive praktiska färdigheter avseende de aktuella procedurerna.

Det finns även ett antal laddningsproblem vilka enklast erhåller förbättrad hantering genom att verksamheten överväger att införskaffa sådana utrustningar som definierats som ”BAT” i rapporten ”Utrustningar och andra tekniska hjälpmedel”. Till skillnad mot de borrhingsproblem som avhandlas ovan bedöms det dock som svårt att i någon större utsträckning förbättra hanteringen av dessa genom att lägga alltför stor tyngd vid förbättrade rutiner. Dessa problem har därför inordnats under ”Utrustningsrelaterade problem” och redovisas i avsnitt 6.3.5.6.

I allt väsentligt ansluter nedanstående problem till vad som anges ovan avseende ”procedurer”:

BOR103	Borraren konstaterar ett eget utförandefel och behöver veta hur han ska hantera detta
LAD110	Laddaren upptäcker ett eget utförandefel som han behöver veta hur han ska hantera
MEK110	Operatören konstaterar ett eget utförandefel och behöver veta hur han skall hantera detta
BET106	Operatören konstaterar ett eget utförandefel och behöver veta hur han skall hantera detta

Förts erfordras identifiering av vad som avses med ”eget utförandefel”. Dessa ”fel” identifieras enklast genom en jämförelse mellan vad planeraren tänkt sig och hur verkligheten faktiskt kan se ut. Varje skillnad däremellan och som har potential att påverka kvalitets- eller tidsaspekter av tunneldrivningen som helhet bör beaktas. Resultatet av arbetet blir förteckningar över olika problem som teoretiskt eller erfarenhetsmässigt kan eller brukar inträffa. Genom att gå igenom befintliga beskrivningar över procedurerna för de aktuella enhetsoperationerna kan nya procedurer som är mer robusta överenskommas och dokumenteras.

Problemen kan utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av ”körkort” för utförande av viss enhetsoperation, d.v.s. teoretiska kunskaper respektive praktiska färdigheter avseende de aktuella procedurerna.

Hanteringen av följande problem som relaterar i hög grad till utförandet av olika aktiviteter:

LAD51	Hål som ska laddas, laddas ej (ex: ej framgrävda sulhål)
LAD53	Laddning utförs med ingen, fel eller felaktig, tändare eller primer
LAD102	Slangen kan ej föras in till hålbotten (ex: p.g.a. ras)

Analogt med tidigare erfordras en inledande identifiering orsakerna till uppkomsten av olika problem, exempel med avseende på LAD51: glömmer ladda hål, sprängämnet tar slut, slut på skiftet, hål har förbindelse med varandra, sprängämnet försvinner i håligheter etc. samt med avseende på LAD53: ej tillräckligt med tändare eller primers, fel tändare eller primer används

etc. Med orsakerna klarlagda föreligger möjligheter att förebygga problemuppkomst som exempelvis kan avse bättre eller tydligare märkning.

6.3.5.6 Utrustningsrelaterade problem

Utrustningsrelaterade problem är sådana som bedömts vara mindre meningsfulla att arbeta med avseende på rutiner för utförande. Detta innebär dock inte att det inte är helt meningslöst, men att påtagliga förbättringar inte kan emotes med mindre än att tekniken utvecklas. Vissa förslag lämnas därför även i detta avsnitt.

Följande utrustningsrelaterade problem kan karaktäriseras som ”klassiska”:

BOR107	Fel på borrhög (mekaniska, elektriska, hydrauliska)
LAD107	Fel på laddrigg (mekaniska, elektriska, hydrauliska)
LAS104	Fel på lastmaskin (mekaniska, elektriska, hydrauliska)
SKR101	Fel på skrotare (mekaniska, elektriska, hydrauliska)
MEK105	Fel på riggen (mekaniska, elektriska, hydrauliska)
BET101	Fel på använd utrustning (mekaniska, elektriska, hydrauliska)

Den enda kortsiktigt tillämpliga förbättringsmöjlighet som kan tillföras med utgångspunkt från rutiner för utförande avser att säkerställa att aktuella operatörer uppfyller följande krav:

- erforderliga färdigheter för att framföra och använda den aktuella utrustningen
- erforderliga kunskaper om olika fel som kan uppträda
- erforderliga kunskaper om vilka mått och steg som är lämpliga att överväga vid olika fel.

Genom uppfyllandet av ovanstående minimeras inflytandet från problem med handhavandet och med avbrottstider orsakade av enklare fel. Arbetet omfattar således att identifiera vad som menas med ”erforderliga färdigheter och kunskaper” och för att i slutänden säkerställa detta bör de identifierade färdigheterna och kunskaperna utgöra del av vad operatör skall ha visat sig behärska för erhållande av ”körkort” för utförande av viss enhetsoperation.

Den faktiska grundproblematiken, d.v.s. att utrustningar går sönder alltför ofta och tar alltför lång tid att laga då de går sönder, kan dock antas ligga i den aktuella utrustningens utformning. Dessa förbättringsmöjligheter bedöms inte vara kortsiktigt tillgängliga och avser främst:

- upprättande av driftsäkerhetskrav i kravspecifikation inför upphandling. Detta innebär bl.a. nyttiggörande av driftstatistik, avbrottsstatistik, beskrivning av aktuella driftmiljöer m.m.
- upprättande av krav på underhållsmässighet i kravspecifikation inför upphandling. Även här bör statistik från verksamheten nyttiggöras som underlag
- upphandla utrustningar på LCC-basis.

Följande problem bedöms endast kunna hanteras på ett effektivt och ändamålsenligt sätt genom användning av BAT för laddning. Problemen är således i huvudsak tekniskt och behandlas därför ej vidare:

LAD55	Det införda sprängmedlet erhåller fel styrkegrad (även via BAT)
LAD52	Tändare och primer erhåller felaktig position i borrhålet (ex: p.g.a. ras i hålet), även via BAT)
LAD56	Det införda sprängmedlet erhåller fel diameter (även via BAT)
LAD54	Sprängmedlet börjar ej där det ska (vid hålbotten), (även via BAT)
LAD59	Felaktig sprängmedelsmängd (ex: sprängmedel pumpas in i hålighet i berget), (även via BAT)

Vissa, enklare, tekniska hjälpmedel kan eventuellt övervägas som längdmätningssystem vid laddning etc.

Följande problem bedöms endast kunna hanteras på ett effektivt och ändamålsenligt sätt genom användning av s.k. elektroniska sprängkapslar. Problemet är således i huvudsak tekniskt och behandlas därför ej vidare:

LAD60	Alltför låg noggrannhet hos använda tändare (tändarspridning)
-------	---

Även följande problem bedöms enklast kunna hanteras mest effektivt och ändamålsenligt genom tillgång till förbättrade utrustningar. Se dokumentet ”Utrustningar och andra tekniska hjälpmedel”:

MEK31	Bulthål borrar med fel inriktning
MEK33	Bulthålet fylls ej med tillräcklig mängd cement
MEK100	Det tar onödigt lång tid att borra bulthålen
MEK101	Det tar onödigt lång tid att fylla de borrarade hålen med betong
MEK102	Det tar onödigt lång tid att installera bult, inkl. efterdragning
MEK103	Ställtid mellan borrning och betongfyllning är för lång
MEK104	Ställtid mellan betongfyllning och bultinstallation är för lång

Eventuellt kan vissa förbättringar avseende problemen MEK31 respektive MEK33 vara möjliga med avseende på rutiner för utförande, alternativt att vissa, enklare, tekniska hjälpmedel utvecklas som stöd tills bättre utrustningar för mekaniserad bultning finns på marknaden. I övrigt kan problemen bearbetas som bedömningsproblem, se avsnitt 6.3.5.2.

Även följande problem bedöms enklast kunna hanteras mest effektivt och ändamålsenligt genom tillgång till förbättrade utrustningar och behandlas därför ej vidare. Se dokumentet ”Utrustningar och andra tekniska hjälpmedel”:

BET30	Rengöring av bergyta av otillräcklig kvalitet
BET33	Felaktig tjocklek på påförd sprutbetong
BET104	Tagit med för lite betong
BET105	För mycket betong läggs på

6.3.5.7 Övriga problem

Följande problem löses bäst genom att delar av erforderlig utrustning ”tillhör” aktuell maskinutrustning, varvid det inte kan glömmas. Ett alternativ till detta är standardiserade salvor från planeringen och där exempelvis paketering och märkning av tändare arrangerats för att stödja detta standardiserade utförande. Standardisering bör dock avvägas mot verksamhetens behov av olika typer av salvor. Ett annat alternativ, som dock ej bör väljas i första hand, är att verksamheten har ett system för transporter av glömda eller borttappade arbetsverktyg.

BOR109	Tagit med fel eller för lite borrverktyg
LAD104	Tagit med för få, fel tändare eller för lite sprängmedel
MEK109	Tagit med fel eller för lite borrverktyg eller betong

Följande är ett typiskt planeringsproblem, d.v.s. beroende på hur frekvent problemet är i en viss verksamhet kan det föreligga ett behov av att designa sprutbetongutförandena så att dessa tolererar att vidhäftningen är otillräcklig, exempelvis genom tjockare och/eller förankrade konstruktioner för överbrygning av förekommande laster.

BET34	Otillräcklig vidhäftning för påförd betong p.g.a. geologi eller vatten över hela eller på delar av det område som sprutas
-------	---

Nedanstående problem hanteras enklast genom en väl fungerande aktivitetsstyrning. Grundproblematiken, d.v.s. att erforderlig härdningstid är så kort som möjlig, hanteras bäst i kons-

truktionsunderlagen och de materialval som specificeras där. Däremot bör övervägas att utarbeta övergripande rekommendationer för *när* betong har härdat, rekommendationer som bör vara utformade till praktisk nytta för verksamheten ifråga.

MEK112	Tidsförlust till följd av att verksamheten tvingas vänta på att betongen skall härda
BET107	Tidsförlust till följd av att verksamheten tvingas vänta på att betongen skall härda

Följande problem kan förväntas minska i frekvens givet att övriga borrhåll- respektive laddproblem hanteras, men de är inte meningsfulla att arbeta med på generella grunder:

LAD67	Kvarvarande väggar eller tak runt den utförda salvan skadas i oönskad omfattning
LAD66	Sulan under den utförda salvan erhåller otillräcklig kvalitet (ex: gaddar, sprängskador)
LAD64	Den utförda salvans indrift avviker från planerat
LAD65	Den utförda salvans botten, d.v.s. nästföljande gavel, erhåller otillräcklig kvalitet
BOR55	Ett eller flera utförda borrhål har förbindelse med varandra (geologiskt betingat)
LAD57	Den införda sprängmedelssträngen har avbrott (ex: till följd av brist i utförandet, ras, vibrationer och/eller vid tryckvåg vid sprängning)
LAS105	Bevattningsavsalvning fungerar ej

7 Referenser

1. "Snabbare och bättre tunneldrivning - Etapp 1: Problemidentifiering och preliminära förslag till förbättringar", Malmtorp, Olsson, Ekefjärd, Fjellborg 2004
2. "Snabbare och bättre tunneldrivning: Projektdefinition - Etapp 2: Förslag för fullskaligt försök", 2005
3. "Variabler ger nya perspektiv", artikel i Kvalitetsmagasinet nr 4, Tomas Öberg 1994
4. "Styrdiagram", artikel ur IVF-skrift 93 816 baserad på "Kvalitet från behov till användning", B Bergman och B Klefsjö 1990
5. "Sju kvalitetsverktyg för bättre kunskap", H Södersved 1999
6. "Tio dagar med W E Deming för ledarskap", H Södersved 2000
7. "BV Tunnel", Banverkets Standard BVS 585.40, Banverket 2005
8. SveMin:s hemsida, www.mining.se
9. "Uppgiftsanalys och användbarhetskrav", Uppsala Universitet, Institutionen för informationsteknologi, S Blomkvist, www.it.uu.se
10. "Blast damage in rock contours – theory, norms and examples", ABT029, lecture 3, Swebrec, Finn Ouchterlony 2005
11. Material hämtat från <http://extra.ivf.se>
12. "Tio dagar med W E Deming för ledarskap", H Södersved 2000
13. "Ledningssystem för kvalitet – Principer och terminologi", Svensk Standard SS-EN ISO 9000, Standardiseringsgruppen STG 2000

Bilaga 1: Hierarkisk uppgiftsanalys

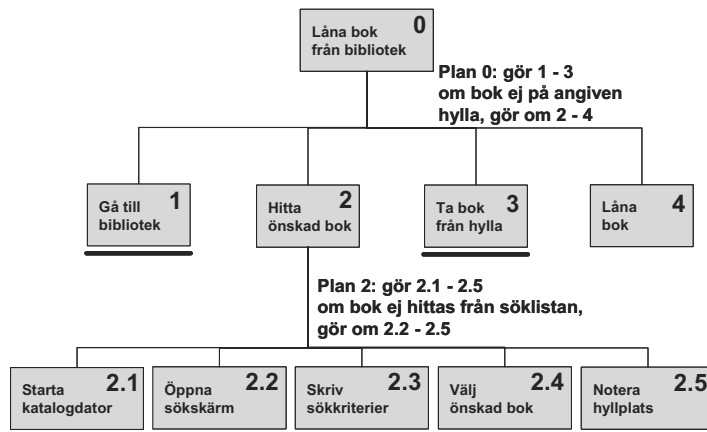
Nedanstående exempel är hämtat från "Uppgiftsanalys och användbarhetskrav", Uppsala Universitet, Institutionen för informationsteknologi, S Blomkvist, www.it.uu.se

Hierarkier är viktiga strukturer ur ett kognitivt perspektiv. Vår problemlösning är ofta hierarkiskt ordnad med uppgifter som kan delas upp i mindre uppgifter, för att slutligen nå en mer eller mindre odelbar handling, som att trycka på en knapp. Målet med hierarkisk uppgiftsanalys (hierarchical task analysis, HTA) är att beskriva användarnas uppgifter i en hierarki av mål, uppgifter, operationer och planer.

- Mål (goals) – önskvärt tillståndet i systemet.
- Uppgifter (tasks) – hur målet kan uppnås
- Operationer eller handlingar (actions) – vad som görs för att utföra uppgiften, den minsta
- beskrivningsnivå av användarens handlingar
- Hierarkier av uppgifter och deluppgifter
 - Plan – beskriver under vilka villkor som en...
 - ...deluppgift (subtask) ska utföras
 - Stoppkriterier – hur långt en uppgift ska delas upp i deluppgifter.

Tänk dig in i att du vill låna en bestämd bok på biblioteket, det är ditt mål. För att uppnå målet behöver du utföra ett antal uppgifter, som att "Gå till biblioteket", "Hitta önskad bok", "Låna" o.s.v. "Hitta önskad bok" kan i sin tur kan delas upp i "Aktivera datorn med bibliotekskatalogen", "Sök bok" etc.

Figuren visar hur uppgiften kan struktureras hierarkiskt med HTA. Planerna anger i vilken ordning uppgifterna görs och under vilka villkor. Uppgifter som inte delas upp ytterligare, markeras med en streck under boxen. Deluppgift 4, "Låna bok", kan däremot delas upp ytterligare, som att "Dra lånekort i kortläsare", "Ta lånekvitto" etc.



Som du märker, är det i princip möjligt att dela upp en uppgift i nästan hur små bitar som helst. Men till slut når man en gräns när det inte längre är meningsfullt att beskriva deluppgifter. Var den gränsen går är olika från fall till fall. I biblioteksexemplet räcker det med nivån 2.1 – 2.5. Det ger inte någon större mervärde att ange hur varje tangent ska tryckas in. I andra fall, när det finns hårda krav på att användaren ska göra absolut rätt och på kort tid, t.ex. en processoperatör, kan det vara viktigt att analysera knapptryckningar i detalj.

Bilaga 2: FTA-felträdsanalys

FTA-felträdsanalys är en "top-down"-metod, det vill säga man utgår från ett bestämt fel, en huvudhändelse, och söker sedan orsakerna, eller delhändelser, till felet. Dessutom klarläggs de logiska kopplingarna mellan orsaker, delhändelser och fel.

Beskrivningen är hämtad från IVF-skrift 93816 på <http://extra.ivf.se>.

Användningsområden

Felträdsanalys används då man söker orsaker till en händelse definierad i förväg. Metoden används oftast för komplicerade logiska system där samverkan mellan feltyper kan vara svår att beskriva. Klara likheter finns med fiskbensdiagram som beskrivs under en egen rubrik på sidan 30. Fiskbensdiagram saknar dock de logiska kopplingarna. Observera även skillnaden mot FMEA där man utgår ifrån en produkt eller process för att identifiera felen.

Resultat

Resultatet av en felträdsanalys är ett så kallat felträd. Felträdet kartlägger vilka orsaker som kan leda till en kritisk händelse samt vilka logiska kopplingar som finns mellan olika orsaker och en huvudhändelse. Med hjälp av felträdets logiska kopplingar kan man sedan beräkna sannolikheten för att en viss händelse inträffar.

Tillvägagångssätt

För att bygga upp en felträdsanalys kan man följa nedanstående arbetsgång.

1. Definiera huvudhändelse. Man utgår från en kritisk huvudhändelse eller fel vars påverkansfaktorer man vill kartlägga. Rita upp huvudhändelsen.
2. Finn orsaker. Genom t ex "brainstorming" kan tänkbara felorsaker ritas upp. Försök att gå en "nivå" i taget.

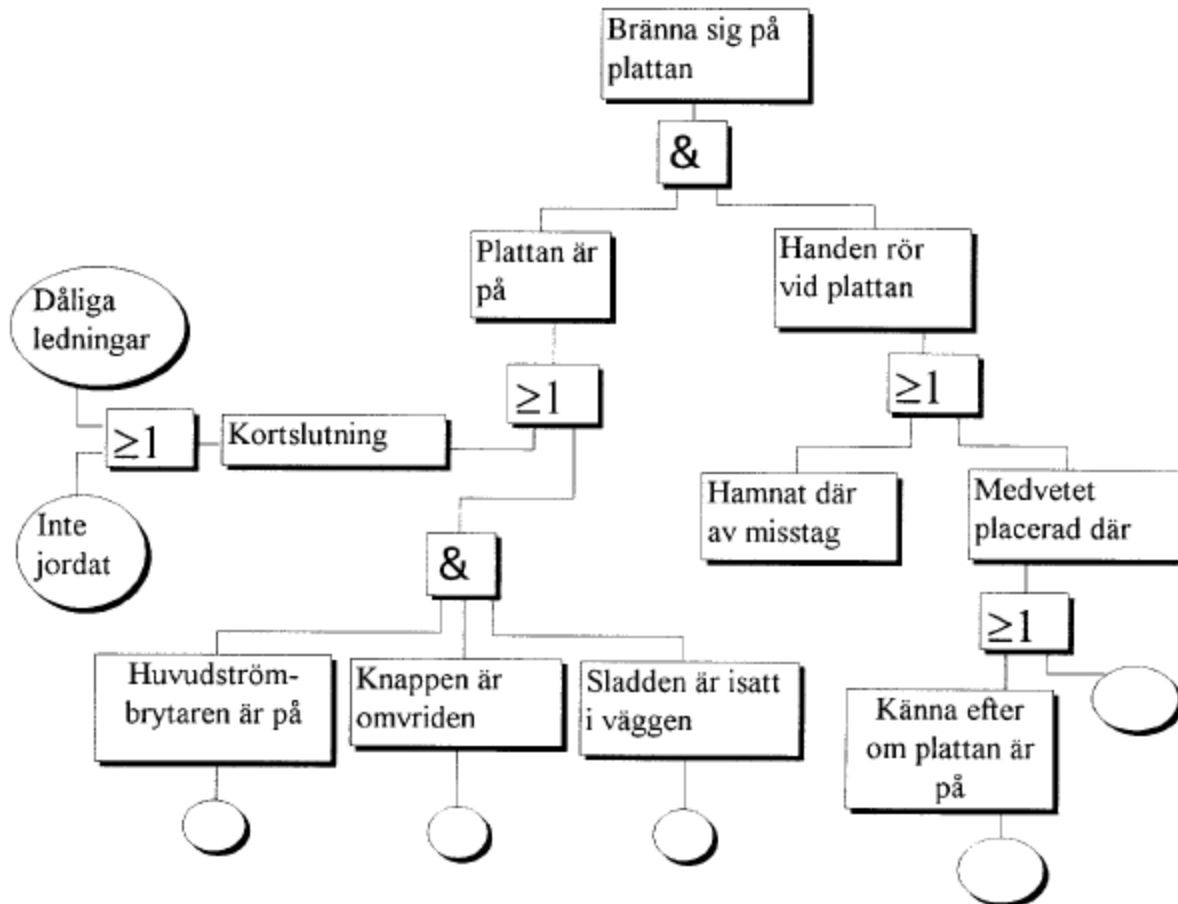
3. Koppla ihop orsaker och händelser. Orsakerna eller händelserna kopplas till huvudhändelsen med olika logiska symboler. Vanligtvis används symbolen som betyder och, samt den som betyder eller.

Och-symbolen (&) innebär att endast samverkan mellan en eller flera orsaker kan ge upphov till huvudhändelsen. Exempel: Endast om både ugnen är på och kakan står inne blir den bakad. Ellersymbolen (>) innebär att alla anknutna orsaker kan ge upphov till huvudhändelsen. Exempel: Ficklampa lyser inte för att batteriet är slut eller för att lampan är trasig.

4. Fortsätt nedbrytningen. Nedbrytningen fortsätter tills man nått oberoende händelser, bashändelser.
5. Beräkna sannolikheter. Med hjälp av Boolesk algebra och sannolikhetsvärden för varje händelse, eller orsak, kan man räkna ut sannolikheten för att en bestämd händelse skall orsaka en bestämd kritisk huvudhändelse.

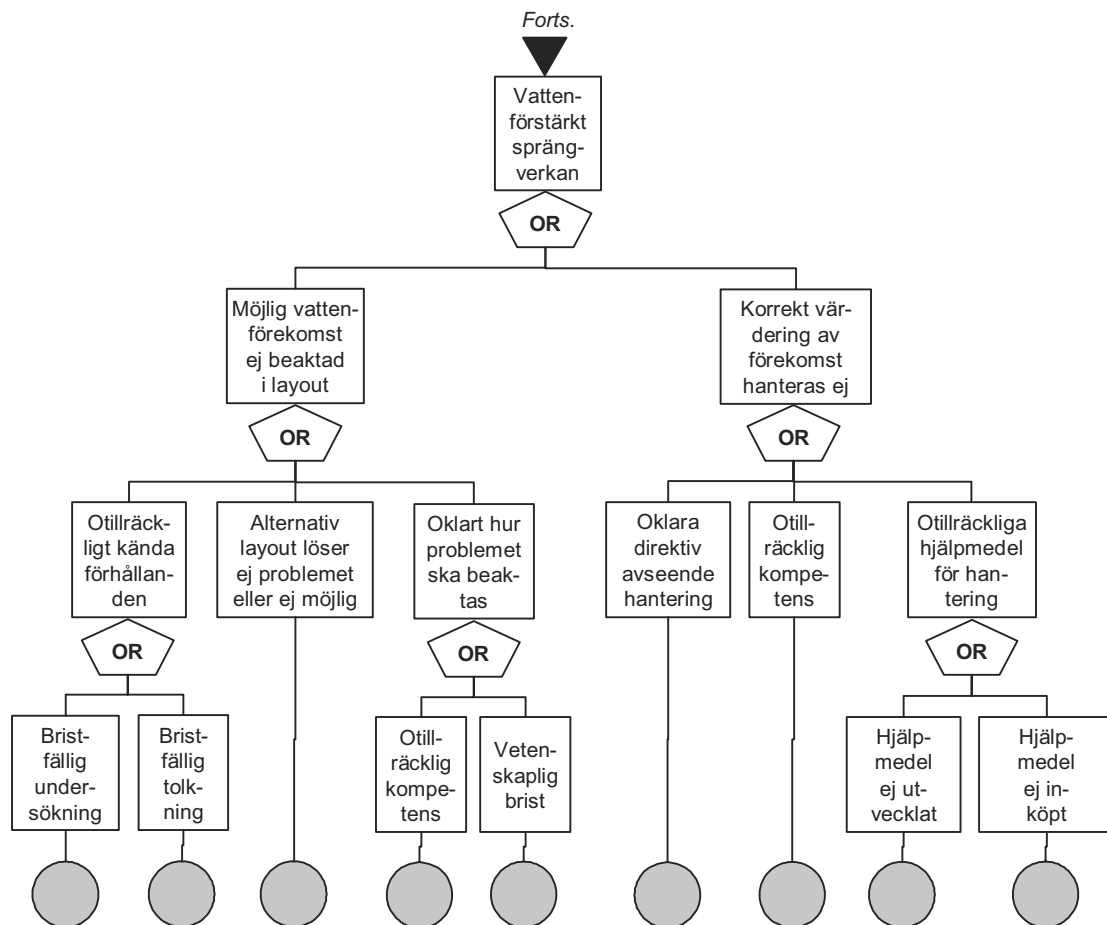
Felträden kan bli ganska stora och överskådliga och därför har datorprogram tagits fram för att rita felträden och för att räkna ut sannolikheter.

Exempel på felträd för det enkla exemplet att bränna sig på en spisplatta.

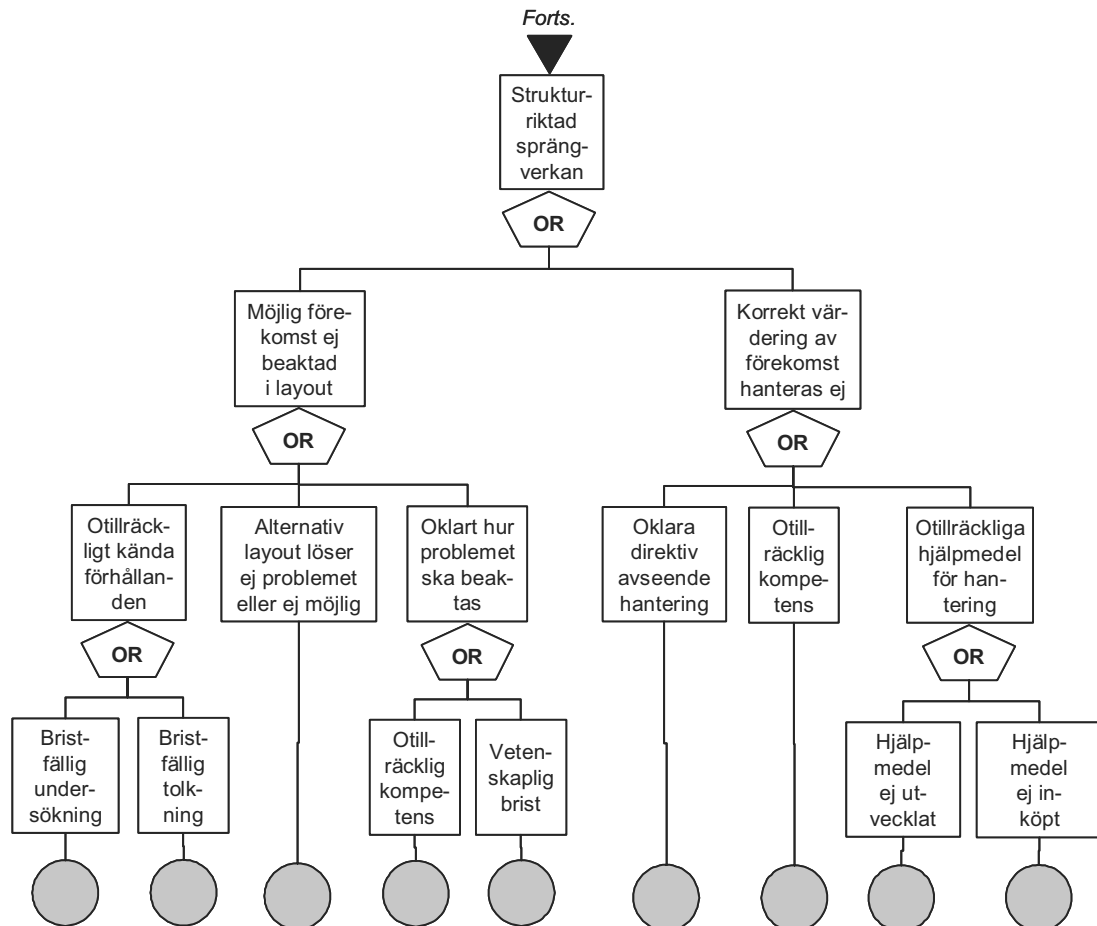


Bilaga 3: Strategi för losshållning, detaljer

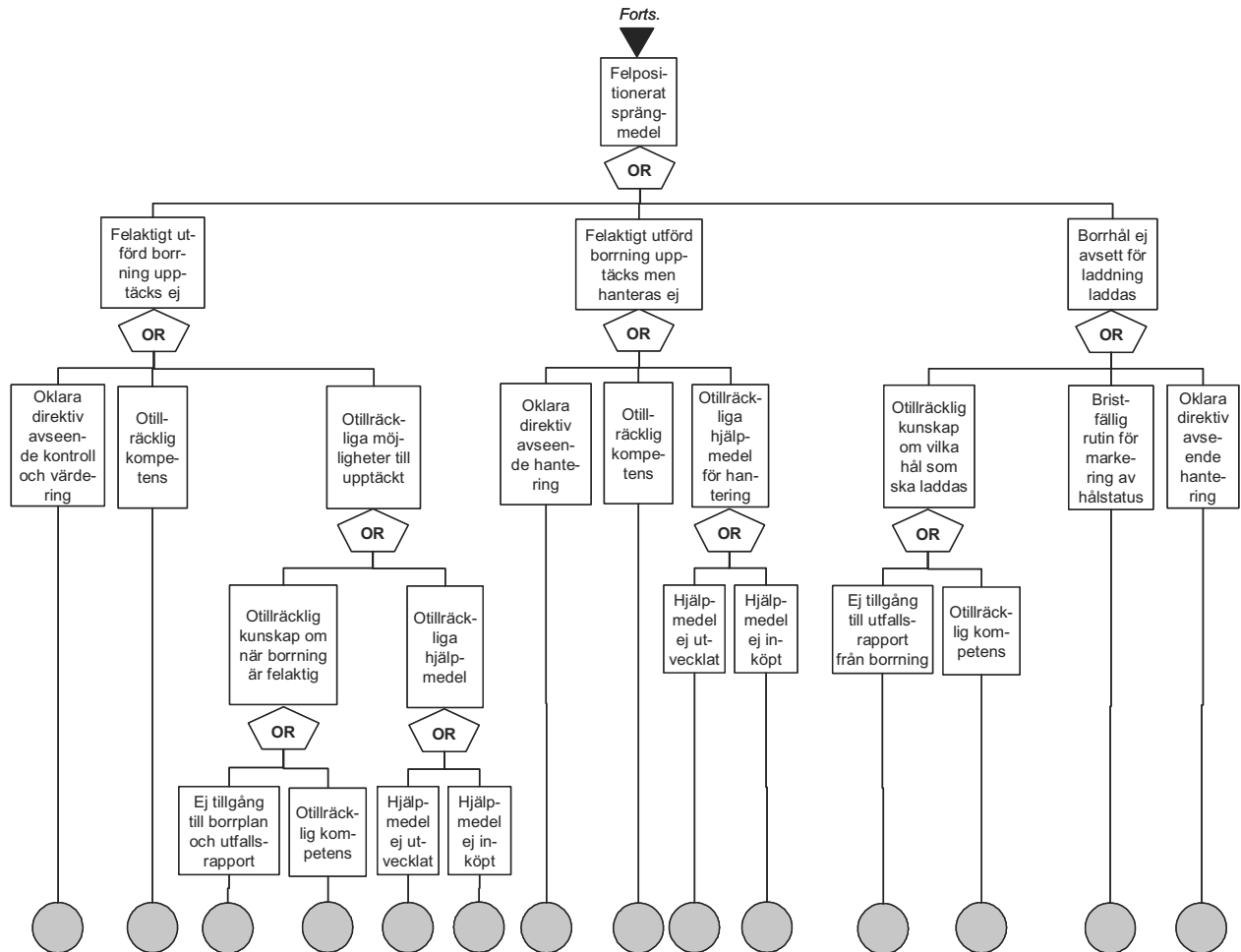
FTA-träd: "Vattenförstärkt sprängverkan", 1(1).



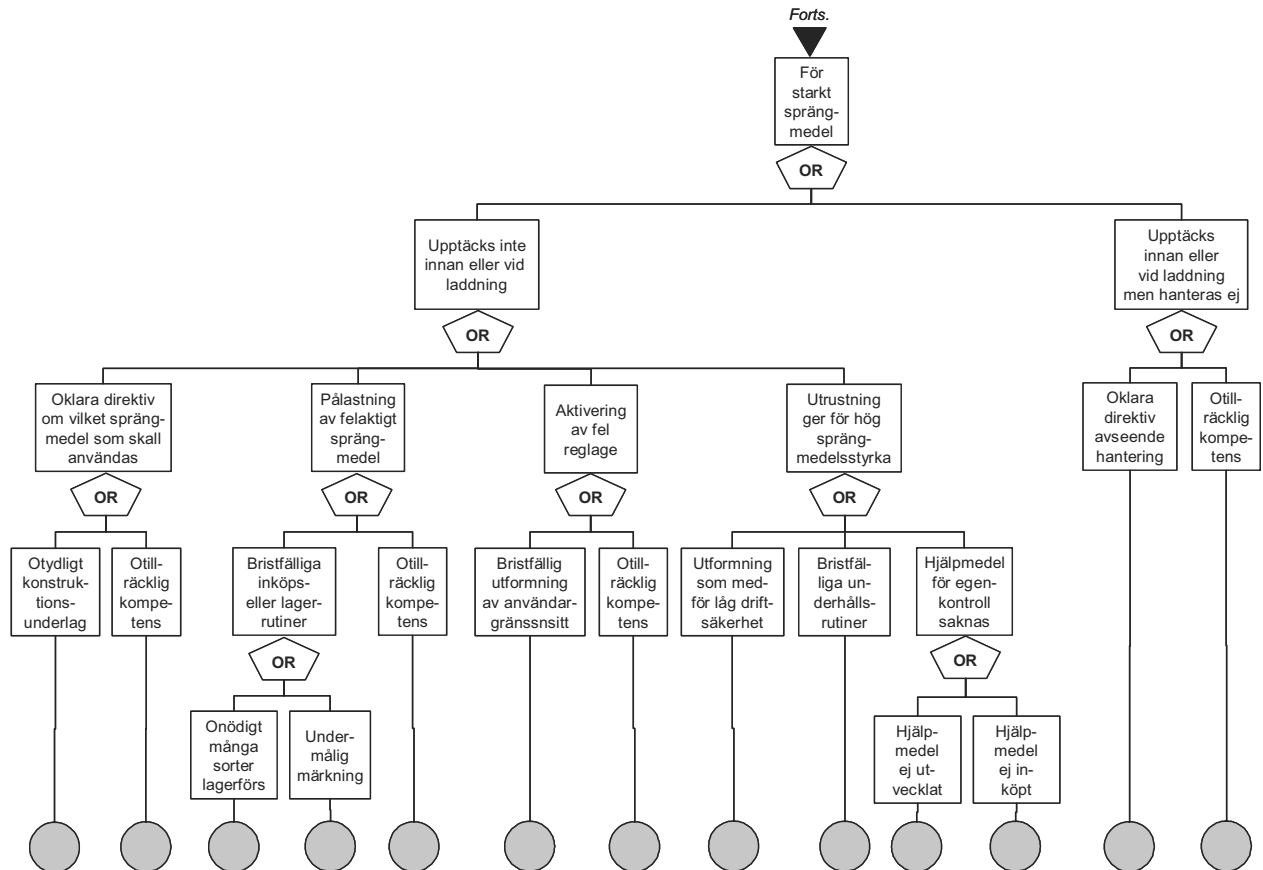
FTA-träd: "Strukturriktad sprängverkan", 1(1).



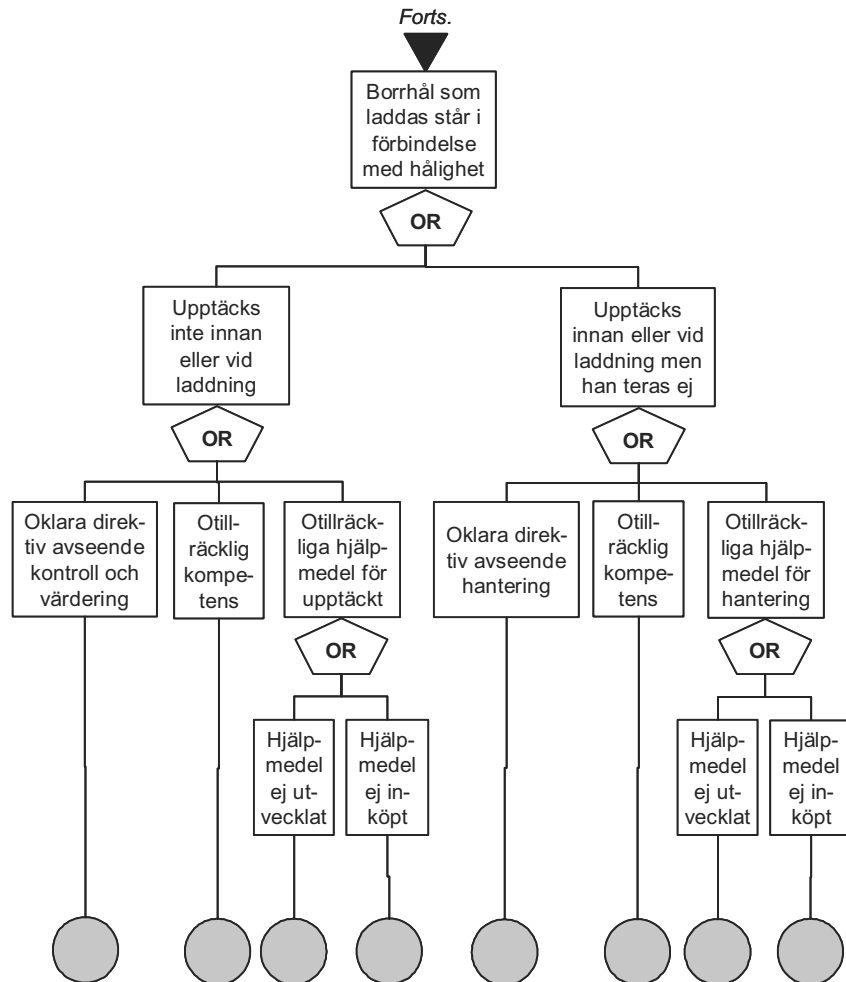
FTA-träd: "Felpositionerat sprängmedel", 1(1).



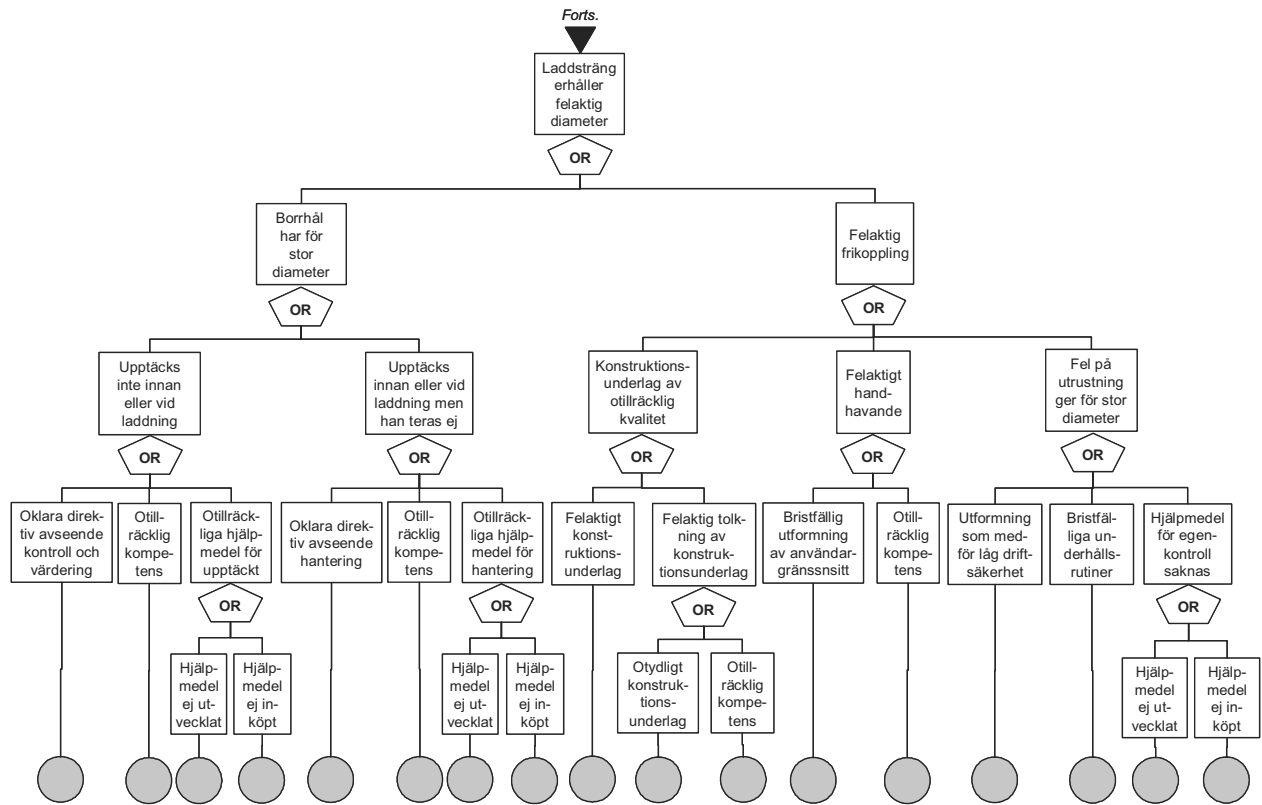
FTA-träd: ”Sprängmedelsstyrka”, 1(1).



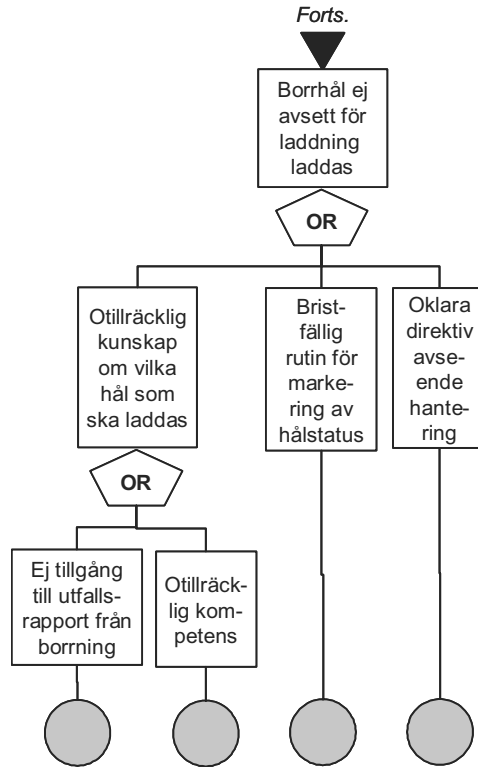
FTA-träd: "Sprängmedelsmängd", 1(3).



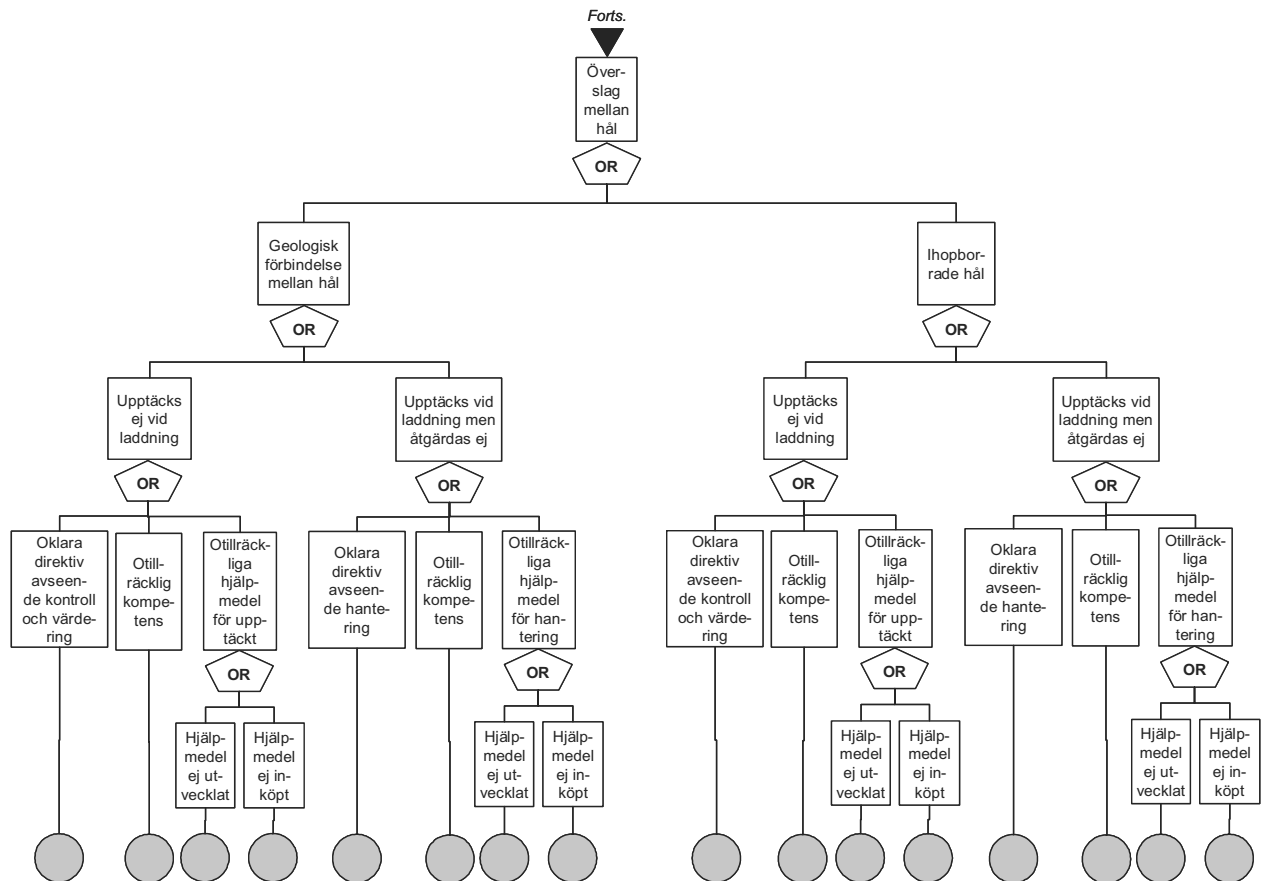
FTA-träd: "Sprängmedelsmängd", 2(3).



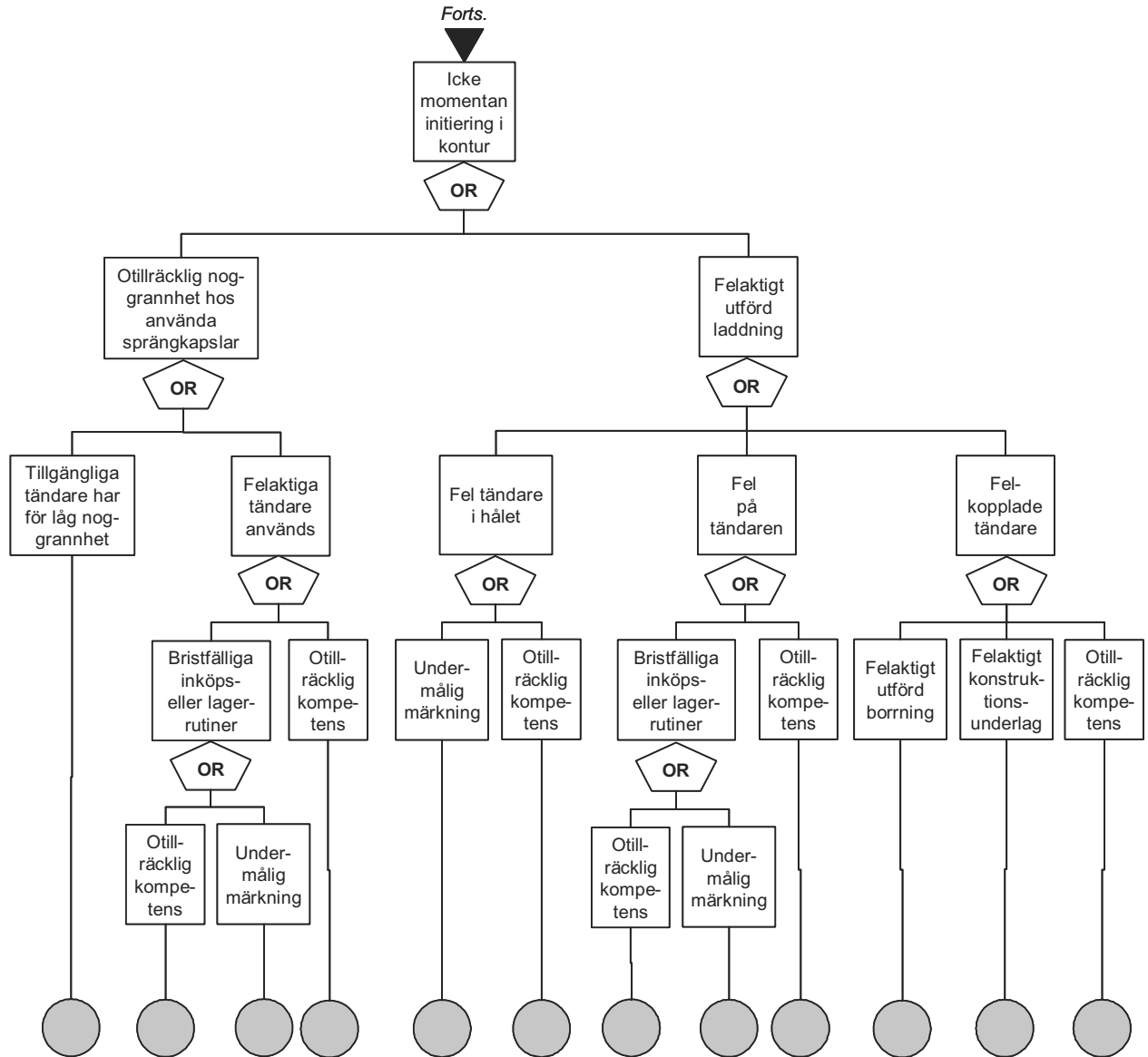
FTA-träd: "Sprängmedelsmängd", 3(3).



FTA-träd: "Icke optimal initiering", 1(2).



FTA-träd: "Icke optimal initiering", 2(2).



FTA-träd: "Sprickbildning av bergrörelser", 1(1).

