

TEKNISKA KRAV VID DIMENSIONERING OCH UTFORMNING AV BERGANLÄGGNINGAR

RAPPORT 2020:668



VATTENKRAFTENS BERGFRÅGOR



Tekniska krav vid dimensionering och utformning av berganläggningar

Vägval för vattenkraftbranschens framtida
bergbyggande

HANS-ÅKE MATTSSON OCH TOMAS KARLBERG

ISBN 978-91-7673-668-5 | © Energiforsk maj 2020 | Omslagsfoto: Fortum

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Vattenkraften står för en mycket liten del av de berganläggningar som byggs i Sverige. Kravställningen inom området drivs därför av de stora aktörerna inom infrastruktur- och gruvområdet. Vattenkraftindustrins och de stora aktörernas krav sammanfaller visserligen inom vissa områden, men inom andra kan de leda till stora kostnader utan att bidra med nytta eller säkerhetsmarginaler i vattenkraftens kontext. I vissa frågor täcks inte heller vattenkraftindustrins krav av de stora aktörernas krav.

Vattenkraftens investeringsvolym motiverar inte framtagandet av egna heltäckande krav, men det är motiverat att ta fram riktlinjer för rimliga branschspecifika avsteg. I detta projekt belyses i vilken utsträckning som kravställning från dagens dominerande beställare av bergrelaterade investeringar inverkar kostnadsdrivande på vattenkraftens motsvarande investeringar. Målet är att utifrån en analys av regelverk och några exempel på senare års vattenkraftsinvesteringar ta fram rekommendationer om prioriterade problemställningar och teknikspår att arbeta vidare med genom FoU-programmet Vattenkraftens bergfrågor.

Projektet har utförts av Hans-Åke Mattsson och Tomas Karlberg, seniora konsulter på AFRY. Arbetet ingår i Energiforsks FoU-program Vattenkraftens bergfrågor, med intressenterna Vattenfall, Uniper/Sydkraft Hydropower, Fortum, Statkraft, Skellefteå Kraft, Jämtkraft, Mälarenergi, Umeå Energi och Karlstads Energi.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

En mycket stor del av Sveriges vattenkraftanläggningar byggdes för mer än 50 år sedan och vattenkraftindustrin var länge en betydande aktör inom byggande av tunnlar och bergrum. Idag domineras istället bergbyggnadsbranschen av väg, järnväg och gruvor. Framförallt inom väg och järnväg har Trafikverket drivit på utvecklingen och tunnelprojekt styrs med en uppsjö lagar, regelverk och handböcker. Ett motsvarande kravbibliotek anpassat för vattenkraftens behov finns inte idag. Vattenkraften är numera en liten beställare i bergbranschen, men med åldrande anläggningar finns ett löpande behov av projekterings- och byggrelaterade bergarbeten. Vilken påverkan har det att kravställning för vattenkraftens behov av bergrelaterade arbeten kan komma att tillgodoses utifrån andra aktörers regelverk?

Detta projekt syftar till att belysa i vilken utsträckning som kravställning från dagens dominerande beställare av bergrelaterade investeringar inverkar kostnadsdrivande på vattenkraftens motsvarande investeringar.

För att svara upp mot detta syfte har det inom projektet utförts olika delstudier. Inledningsvis har en övergripande kravhierarki beskrivits, från lagar till handböcker. Därefter har en övergripande studie utförts av några av de kravställande regelverk och handböcker som idag tillämpas inom huvudsakligen väg- och järnvägsprojekt för att beskriva och utföra bergrelaterad projektering och byggande. Tre regelverk har beskrivits djupare och analyserats utifrån ett vattenkraftperspektiv, dessa är Trafikverkets "Krav Tunnelbyggande", "AMA Anläggning 17" och "Tillämpningsdokument Bergtunnel och bergrum, IEG Rapport 5:2010".

En aspekt vattenkraftbranschen inte tagit ställning till är teknisk livslängd (TLK) för bergkonstruktioner, varför ett kapitel ägnas åt att beskriva detta begrepp. Vidare har en utblick mot kravhantering i gruvbranschen utförts. Som avslutande studie har ett antal referensprojekt gått igenom. Ambitionen med referensprojektet har varit att belysa hur utvecklingen av kravställning skett inom vattenkraftbranschen och jämföra detta med erfarenheter från andra branscher, samt beskriva vilka konsekvenser referensprojektens kravbild kan antas ha.

Det kan konstateras att utvecklingen inom exempelvis miljö-, arbetsmiljö- och beständighetsfrågor har utvecklats mycket sedan merparten av Sveriges vattenkraftverk byggdes, och att de regelverk som finns kopplat till detta idag inte är framtagna utifrån vattenkraftbranschens förutsättningar. Med välavvägda anpassningar är dock stora delar av befintliga handböcker och regelverk tillämpbara även inom vattenkraftbranschen. Rapporten avslutas med rekommendationer för hur vattenkraftbranschen kan gå vidare i fråga om branschanpassade regelverk för byggande i berg. Ambitionsnivån för detta bör anpassas till framtida projektvolym, men lämpliga vägar framåt, för att om möjligt utforma vattenkraftanpassade krav, skulle exempelvis kunna vara införande av en övergripande kravbild i RIDAS och framtagande av en "Vattenkraft-AMA".

Summary

Most of the hydropower plants in Sweden were built more than 50 years ago when the sector was a major force in constructing tunnels and rock caverns. As of today, rock engineering is dominated by projects relating to roads, railroads and mines. The Swedish Transport Administration (Trafikverket) is a major client of road- and railroad projects, and also a driver in the development of related rules and regulations. The hydropower industry is a minor client of rock related projects today, but their existing plants are getting older and need maintenance and upgrading. The question is how much other clients' rules and regulations are influencing the hydropower projects in an unnecessary and more expansive way.

To answer that question this study has been divided into several parts. Initially an overall description of current requirements hierarchy has been done. Then a more in-depth description covering rules, regulations and handbooks for tunnels mainly in road and railroad projects. Finally, three documents have been chosen for further study from the hydropower industry perspective, namely Trafikverket's "Krav Tunnelbyggnad", "AMA Anläggning 17" and "Tillämpningsdokument Bergtunnel och berggrum, IEG Rapport 5:2010".

One aspect where the hydropower industry has not taken a stand is technical lifetime (TLK) for rock structures, which is why a chapter is devoted to describing this concept. An outlook on requirements management in the mining industry and their handling of rock reinforcement has been carried out. Furthermore, a study of reference projects from various time periods have been performed with respect on how the requirements have changed over time. The ambition of the reference projects has been to elucidate how the development of requirements has occurred in the hydropower sector and compare this with experiences from other industries, and describe the consequences that the reference project's requirements can be assumed to have.

It can be ascertained that the development of requirements in the environmental, safety and healthy and sustainability areas has increased considerably since the majority of the hydropower plants were built. Today these requirements are necessities in Trafikverket's projects, but the hydropower industry might not need to fully comply with all these requirements. There could be a degree of adaptation between requirements for hydropower plants and Trafikverket's infrastructure projects.

The report outlines some possibilities for the hydropower industry to move forward with rules and regulations more adapted to its need. The level of ambition should be adopted to future project volumes, but it might be possible to introduce some overall requirements in RIDAS and preparation of a "Vattenkraft-AMA".

Innehåll

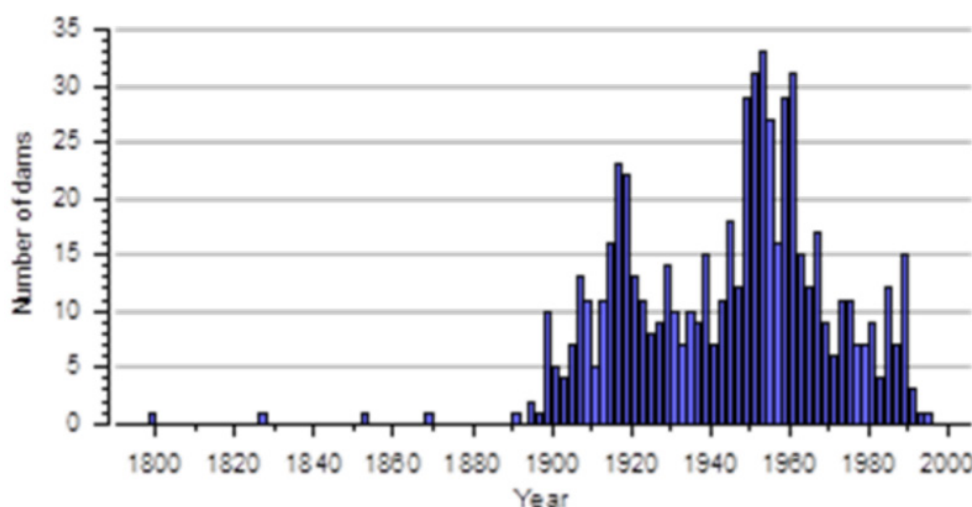
1	Inledning	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Syfte och mål	9
1.3	Beskrivning av uppdraget	9
1.4	Rapportens upplägg	10
1.5	Förkortningar	10
2	Projektbeskrivning	12
2.1	Projektorganisation	12
2.2	Genomförande och upplägg	12
2.3	Avgränsningar	13
3	Kravhierarki	14
3.1	Allmänt	14
3.2	Trafikverkets tekniska krav och råd	15
3.3	Energiföretagens tekniska krav och råd (RIDAS)	15
4	Genomgång av utvalda kravdokument	18
4.1	Krav Tunnelbyggande, TDOK 2016:0231	18
4.1.1	Giltighetsområde	18
4.1.2	Kravgenomgång	19
4.1.3	Råd Tunnelbyggande, TDOK 2016:0232	26
4.2	Eurokod och IEG Rapport 5:2010	26
4.3	AMA	30
4.3.1	Kostnadsdrivande kravställningar i AMA Anläggning	31
4.3.2	Potentiella nackdelar med AMA för vattenkrafttillämpning	35
4.4	Sammanfattning genomgång kravdokument	36
5	Andra relevanta Trafikverkspublikationer	38
5.1	Projektering av bergkonstruktioner, 2019:062	38
5.2	Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner (TK Geo 13), TDOK 2013:0667	39
5.3	Trafikverkets handbok för ovanjordssprängning, 2014:044	40
5.4	Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter, 2015:057	40
6	Anläggningars tekniska livslängd	42
6.1	Historisk översikt	42
6.1.1	Väg 94, 1 Gemensamma förutsättningar	43
6.1.2	ATB BRO 94, 1 Allmänt	43
6.1.3	ATB Tunnel 95	44
6.1.4	Vägar och gators utformning, VGU, 2004	46
6.1.5	Tunnel 2004	47
6.1.6	TRVK Tunnel 11	48
6.1.7	Krav för vägars och gators utformning, 2012 och 2015	49

6.1.8	Krav Tunnelbyggande (2016)	49
6.1.9	Råd Tunnelbyggande (2016)	50
6.2	Diskussion och kommentarer	50
7	Gruvbranschens tekniska krav och råd	52
7.1	Zinkgruvan	52
7.1.1	Bergförstärkning	53
7.2	LKAB	54
7.2.1	Division Norra (Kiruna)	54
7.2.2	Bergförstärkning	56
7.3	Sammanfattning om gruvorna	56
8	Analys av utvalda anläggningar	58
8.1	1960-talet	59
8.2	1970-talet	60
8.3	1980-talet	61
8.4	2000-talet	61
8.5	Internationell utblick	65
8.5.1	Norskt projekt	66
8.5.2	Panama	67
8.6	Reflektioner rörande referensprojektstudie	69
9	Diskussion och analys	73
9.1	Kravställning inom bergområdet	73
9.2	Krav som kan vara kostnadsdrivande	75
9.2.1	Inläckagekrav - MKB kopplat till miljödom	75
9.2.2	Materialkrav på bergförstärkning med hänsyn till avsedd livslängd	76
9.2.3	Provningar	76
10	Vägval för vattenkraftbranschens framtida bergbyggande	77
10.1	Övergripande krav	77
10.2	Krav för projektering av bergkonstruktioner	78
10.3	Kravdokument för utförande	79
10.4	Förslag på fortsatt arbete	80
11	Referenser	81

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Det finns ca 1000 vattenkraftverk i Sverige. Idrifttagningsår för anläggningarnas dammar framgår av diagrammet nedan. Investeringar i större skala påbörjades i början av 1900-talet, och därefter fortlöpande med två toppar 1918 och perioden 1950-1960, se Figur 1-1.



Figur 1-1. Idrifttagningsår för vattenkraftverk i Sverige (Bernstone, 2016).

En mycket stor del av vattenkraftens anläggningar är äldre än 50 år. Det saknas en motsvarande övergripande sammanställning av kraftverkens berganläggningar, men anläggningstillgångarna i berg är omfattande, och finns i många olika geologiska miljöer. Vattenfall Vattenkraft har t ex 52 storskaliga anläggningar som i varierande omfattning har anläggningsdelar i berg.

Vattenkraften var under tiden för den kraftiga utbyggnaden en stor aktör i den svenska bergbranschen, till skillnad mot dagens situation där vattenkraften är en relativt liten beställare av tjänster och entreprenader.

De största investeringarna i berganläggningar görs numera av infrastrukturutbyggnad (väg och järnväg), utbyggnaden av slutförvaret av utbränt kärnbränsle, och av gruvindustrin. Men mot bakgrund av att vattenkraftens berganläggningar har en relativt hög medelålder finns ett kontinuerligt behov av tjänster (projektering och förundersökningar) och bergentreprenader (underhåll, utbyggnader, förnyelser).

I takt med att dagens stora infrastrukturaktörer blir allt bättre på kravställning utifrån sina behov inriktas också projektering och byggande till sådan kravställning. Detta resulterar i att vattenkraftens behov kan komma att tillgodoses utifrån andra aktörers krav. Behoven sammanfaller delvis mellan infrastruktur- och vattenkraftsektorn. I vissa fall kan dock krav som är relevanta att ställa utifrån infrastrukt-

rens säkerhetskrav resultera i stora kostnader utan att bidra med direkt nytta utifrån vattenkraftens kontext.

Trafikverkets Krav Tunnelbyggande (TDOK 2016:0231) är ett trafikverksdokument som innehåller Trafikverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av tunnlar. Krav Tunnelbyggande är en del av Trafikverkets anläggningsstyrning.

Trafikverket hänvisar till att krav på material, utförande och kontroll återfinns i AMA Anläggning 17, men även här finns det egna ändringar och tillägg till dessa krav (Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning 17). Krav Tunnelbyggande anses av många i branschen vara branschstandard.

Detta projekt ska göra en genomgång av kravställningen i Krav Tunnelbyggande, och andra dokument av motsvarande dignitet, och göra en förutsättningslös analys av vilka avsteg från dessa kravställningar som är motiverade att göra i vattenkraftrelaterade berginvesteringar.

1.2 SYFTE OCH MÅL

Föreliggande projekt syftar till att belysa i vilken utsträckning som kravställning från dagens dominerande beställare av bergrelaterade investeringar inverkar kostnadsdrivande på vattenkraftens motsvarande investeringar.

Målet är att utifrån en analys av regelverk och några exempel på senare års vattenkraftsinvesteringar ta fram rekommendationer om prioriterade problemställningar och teknikspår att arbeta vidare med genom Vattenkraftens bergfrågor.

1.3 BESKRIVNING AV UPPDRAGET

Uppdraget omfattar enligt uppdragsbeskrivningen följande:

1. Göra en analys av den kravställning inom bergområdet som tillämpas av svenska aktörer (beställare, konsulter och entreprenörer) idag. Hänsyn tas till kravhierarki, dvs svensk lagstiftning ska alltid vara överordnad.
2. Efter avstämning med uppdragets referensgrupp görs en genomgång av enskilda krav som var för sig leder till kostsamma insatser i konsultled såväl som utförandeled/entreprenadled.
3. En genomgång görs av några på senare år genomförda investeringar i vattenkraftrelaterade bergprojekt. Urvalet av sådana projekt görs i samråd med projektets referensgrupp. Kartlägg vilken kravställning som har använts i dessa projekt. I de fall branschpraxis för infrastrukturanläggningar har använts – hur har dessa inverkat på genomförandet av projektet? En bedömning görs av eventuella möjliga avsteg från branschpraxis för infrastrukturprojekt i vattenkraftrelaterade bergprojekt.
4. I rapportform sammanfatta genomgången av i) kravställningar och ii) genomförda vattenkraftrelaterade bergprojekt, och utifrån en analys lämna rekommendationer på prioriterade utvecklingsaktiviteter som kan bedrivas i projektform inom ramen för Energiforsk Bergprogram Vattenkraft.

1.4 RAPPORTENS UPPLÄGG

I kapitel 1 redogörs för projektets bakgrund samt syfte och mål. Vidare beskrivs uppdraget. I kapitel 2 beskrivs projektorganisation samt projektets upplägg och genomförande.

Kravhierarki behandlas i kapitel 3 och i kapitel 4 görs en genomgång av utvalda kravdokument. Andra relevanta Trafikverkspublikationer redovisas i kapitel 5.

I kapitel 6 redogörs för anläggningars tekniska livslängdsklasser i Trafikverkets kravdokument. Erfarenheter från gruvbranschen beskrivs i kapitel 7.

Analys av utvalda anläggningar från 1960-talet till nutid behandlas i kapitel 8. Diskussion och analys av kravställningar inom bergområdet görs i kapitel 9.

Avslutningsvis redogörs i kapitel 10 för olika vägval för vattenkraftbranschen gällande framtida bergbyggande.

1.5 FÖRKORTNINGAR

Nedan listas förkortningar som används i rapporten.

AB 04	Allmänna Bestämmelser för utförandeentreprenader
ABT 06	Allmänna Bestämmelser för totalentreprenader
AF	Administrativa Föreskrifter (för entreprenader)
AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS), består av föreskrifter
AMA	Allmän material- och arbetsbeskrivning
ATB	Allmän Teknisk Beskrivning
BAS-P	Byggarbetsmiljösamordnare planering, projektering
BAS-U	Byggarbetsmiljösamordnare utförande
BFS	Boverkets författningssamling
EHS	Environment, Health, Safety
GK	Geoteknisk kategori
IEG	Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geotekniken
IP	Ingenjörsgelogisk prognos
MER	Mät- och ersättnings regler
MKB	Miljökonsekvensbeskrivning
RA	Råd och anvisningar
RIDAS	Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet
SK	Säkerhetsklass

TB	Teknisk Beskrivning
TK Geo	Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
TLK	Teknisk Livslängds Klass
TSFS	Transportstyrelsens föreskrift
VGU	Vägar och Gators Utformning
ÅDT	Årsmedeldygnstrafik

2 Projektbeskrivning

I detta kapitel presenteras projektets organisation samt genomförande och upplägg.

2.1 PROJEKTORGANISATION

Arbetet i projektet har utförts av AFRY Infrastructure med stöd av en referensgrupp som består av representanter från några av de större kraftbolagen.

Uppdragsledare: Hans-Åke Mattsson

Medförfattare: Tomas Karlberg

Referensgrupp

Anders Isander, Uniper

Andreas Karlstedt, Jämtkraft

Christian Bernstone, Vattenfall

Daniel Sjöstedt, Skellefteå Kraft

Kjell Nilsson, Statkraft

Magnus Svensson, Fortum

Mats Persson, Vattenfall

Monika Adsten, Energiforsk

Niklas Widenberg, Vattenregleringsföretagen

2.2 GENOMFÖRANDE OCH UPPLÄGG

Projektets ursprungliga omfattning, syfte och mål beskrivs i kapitel 1. Projektet har så långt det varit möjligt genomförts enligt ursprunglig uppdragsbeskrivning, men har anpassats enligt nedan.

Under projektets gång har det visat sig svårt att inhämta tillräckligt med relevant information från på senare år genomförda investeringar i vattenkraftrelaterade bergprojekt. De projekt som valts ut i samband med referensgruppsmöten är antingen genomförda före år 2000 eller inte färdigställda.

Från flertalet av tidigare genomförda projekt är i princip det underlag som gått att få fram huvudsakligen teknisk beskrivning (TB), vilket är naturligt då det är denna typ av handlingar som arkiveras. TB är dock bara en del i hur en kravställning för projekt ser ut. Exempelvis har det visat sig svårt att lyckas få fram vilka kravställningar som gällt för projekteringen.

För att säga något om kravställningars påverkan på genomförandet och utfallet behövs kontakt med personer som varit med i projekten, t ex byggledare eller pro-

jektledare som kan redogöra för projektets genomförande. Till att börja med om ställda krav följdes (vilket inte alls är självklart) och sedan hur projektet genomförts i övrigt, vad som varit kostnadsdrivande, etc. Denna typ av kontakter har varit svårt att etablera och har därför varit en begränsande faktor i utvärderingen av referensprojekten.

För att kompensera för ett smalare innehåll avseende referensprojekt från senare år har projektinnehållet anpassats och fått justerad inriktning till att även omfatta:

- Översiktlig genomgång av RIDAS.
- Fördjupning inom begreppet Teknisk livslängdsklass (TLK).
- Erfarenheter från gruvsektorn.
- Utblick mot internationella projekt (Norge och Panama).

Strategin för redovisning av referensprojekt har reviderats till att visa på utvecklingen av beskrivningsdokument från äldre projekt och framåt.

2.3 AVGRÄNSNINGAR

Projektet är avgränsat till tunnlar och berggrum i vattenkraftsanläggningar och berör således inte dammkonstruktioner.

Projektutförarna har i samråd med referensgruppen avgränsat dels vilka regelverk och kravdokument som ska analyseras djupare, dels vilka referensprojekt som ska studeras. Urvalet har gjorts baserat på ursprunglig projektbeskrivning, vilka regelverk som mest frekvent förekommer inom infrastruktursektorn och bedömd tillämpbarhet för vattenkraftsprojekt. Valda regelverk är:

- Krav Tunnelbyggande, TDOK 2016:0231 (Trafikverket).
- AMA Anläggning 17 (Svensk Byggtjänst).
- Tillämpningsdokument Bergtunnel och berggrum, IEG Rapport 5:2010 (Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geoteknik).

Referensprojekt som studerats närmare har valts baserat på tillgång på underlag och spridning i tid för utförande, för att skapa en bild av hur kravställandet har utvecklats över tid. Valda referensprojekt är anonymiserade i rapporten för att möjliggöra ett något mer kritiskt granskande av utförande och underlag.

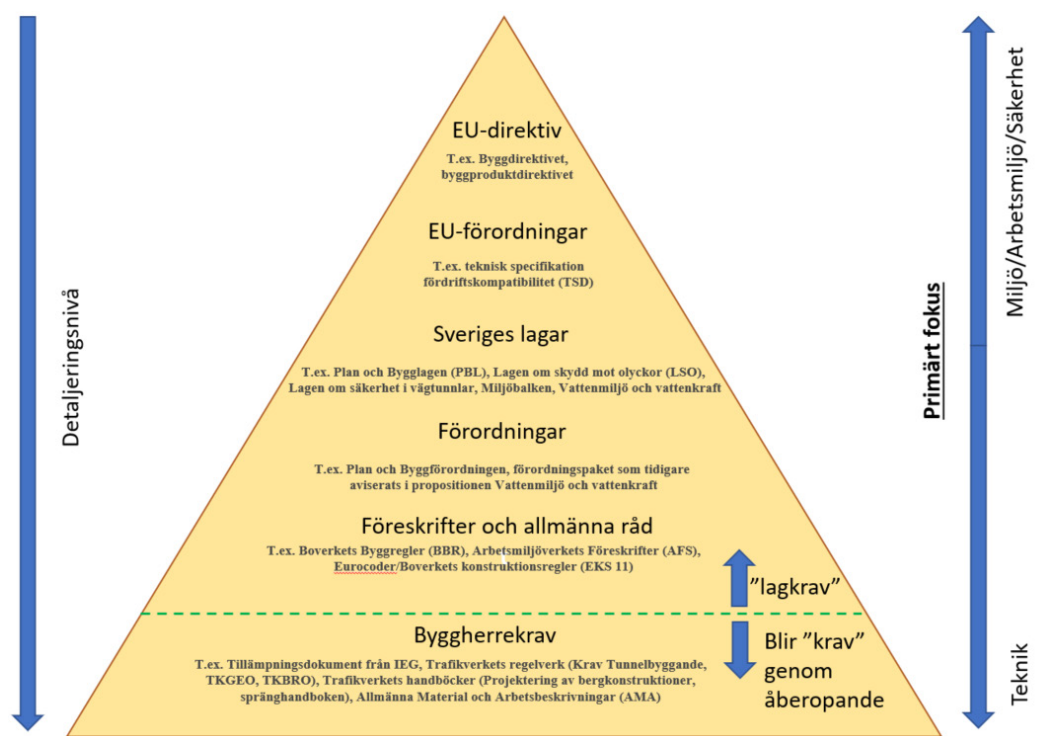
Regelverk som avser utbyggnaden av slutförvar för utbränt kärnbränsle (SKB) behandlas inte i denna rapport.

3 Kravhierarki

3.1 ALLMÄNT

Kravhierarkin som gäller för byggande i Sverige kan sammanfattas enligt Figur 3-1. Övergripande gäller lagstiftning på EU-nivå, där bestämmelser är på en mycket övergripande nivå. Detaljeringsnivån ökar sedan i Svenska lagar och förordningar ner till föreskrifter och allmänna råd som fastslås av Svenska myndigheter. Ner till denna nivå är kravställningarna lag och därmed allmänt gällande.

Byggherrekrav blir gällande när dessa återopas i exempelvis ett förfrågningsunderlag för en projektering eller en entreprenad. Byggherrekraven är generellt mer detaljerade och fokuserade på teknik, med syftet att de lagkrav som finns högre upp i pyramiden ska uppfyllas. Om exempelvis Trafikverkets regelverk Krav Tunnelbyggande tillämpas vid projektering och byggande av en väg- eller järnvägstunnel, säkerställs att alla lagar och regler för den typen av konstruktion längre upp i kravpyramiden innehålls. Byggherrekraven i sig har dock inte status som lag. Trafikverket har ingen föreskriftsrätt över tunnlar utformning, vilket medför att andra tunnelhållare och byggherrar inte per automatik omfattas av Trafikverkets regelverk (Lundin et al, 2016).



Figur 3-1. Schematisk figur som visar allmän uppbyggnad av kravhierarki.

Detta projekt fokuserar på nivån Byggherrekrav enligt Figur 3-1. Det återfinns mycket lite i överliggande nivåer som rör berg. I kapitel 2.3 avgränsas vilka kravdokument som denna rapport ska behandla mer ingående, vilka samtliga hamnar

på nivån ByggherrekraV. Genomgången av utvalda kravdokument presenteras i kapitel 3.3 till 4.3. Utöver valda kravdokument finns ett antal andra skrifter publicerade av Trafikverket och andra aktörer som ofta utgör kravdokument i väg- och järnvägsprojekt. Dessa är på byggherrekraVnivå enligt Figur 3-1, några exempel är:

- Aerodynamik i järnvägstunnlar, BVH 585.35.
- Banöverbyggnad - Infrastrukturprofiler "Krav på fritt utrymme utmed banan, BVS 1586.20.
- Geoteknisk Fälthandbok, SGF Rapport 1:2013.
- Krav brobyggande, TDOK 2016:0204.
- Personsäkerhet i järnvägstunnlar. Handbok för analys och värdering av personsäkerhet i järnvägstunnlar, TDOK 2015:0166.

För att ge en bild av hur kravställning kan fungera för andra typer av byggnadsverk och konstruktioner inom vattenkraftbranschen görs även en översiktlig genomgång av Energiföretagens tekniska krav och råd – RIDAS.

3.2 TRAFIKVERKETS TEKNISKA KRAV OCH RÅD

Trafikverket har ett stort antal styrande och stödjande dokument inom en rad områden. Trafikverkets regelverk för projektering, byggande och underhåll har delats upp i två huvudgrupper, Krav och Råd. För berg- och tunnelprojekt där Trafikverket är byggherre ska dessa regelverk normalt alltid tillämpas, med undantag när annat anges av Transportstyrelsens föreskrifter.

Syftet med Trafikverkets tekniska krav är att dessa ska kunna åberopas i kontrakt. Rådsdokument har till huvudsyfte att tydliggöra de rena kravdokumenten och ge exempel på godtagbara lösningar samt bidra till bättre kalkylerbarhet. Ofta publiceras regelverken parvis, som exempelvis Krav Tunnelbyggande (2016:0231) och Råd Tunnelbyggande (2016:0232). I vissa fall publiceras även rådsdokument fristående och benämns då vanligen Rapporter eller Handböcker, som exempel Projektering av bergkonstruktioner (2019:062).

3.3 ENERGIFÖRETAGENS TEKNISKA KRAV OCH RÅD (RIDAS)

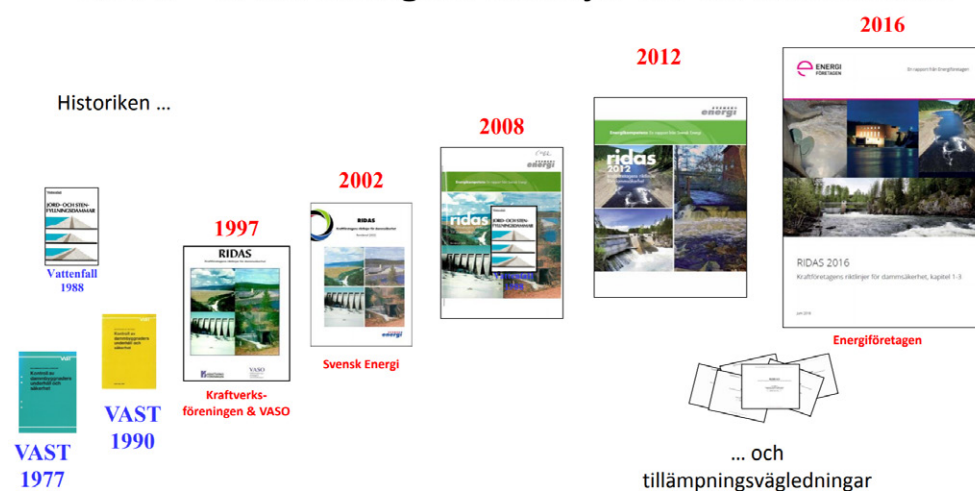
RIDAS publiceras av Energiföretagen Sverige (tidigare Svensk Energi), som är en branschorganisation som samlar nära 400 företag som producerar, distribuerar, säljer och lagrar energi. Ett av Energiföretagens målsättningar är att utveckla riktlinjer och vägledningar för dammsäkerhet och verka för en god dammsäkerhet i alla företag.

Baserat på erfarenheter som byggdes upp inom branschen under den kraftiga utbyggnaden av vattenkraften under 1900-talet samlades och dokumenterades dessa i olika publikationer, såsom "Kontroll av dammbyggnationers underhåll och säkerhet" (VAST 1977 och VAST 1990) och "jord- och stenfyllningsdammar" (Vattenfall 1998), se Figur 3-2.

Dokumentet "Anvisningar beträffande kontroll av dammbyggnaders underhåll och säkerhet, 1990" ersattes 1997 av "Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet" - RIDAS.

Nya utgåvor av RIDAS med revideringar och kompletteringar har utgivits 2002, 2008, 2012, 2016 och 2019. RIDAS utgör en grund för dammsäkerhetsarbete enligt god praxis för medlemsföretagen vad gäller arbetsmetoder och tekniklösningar och kan även utgöra stöd för myndigheter.

RIDAS – Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet



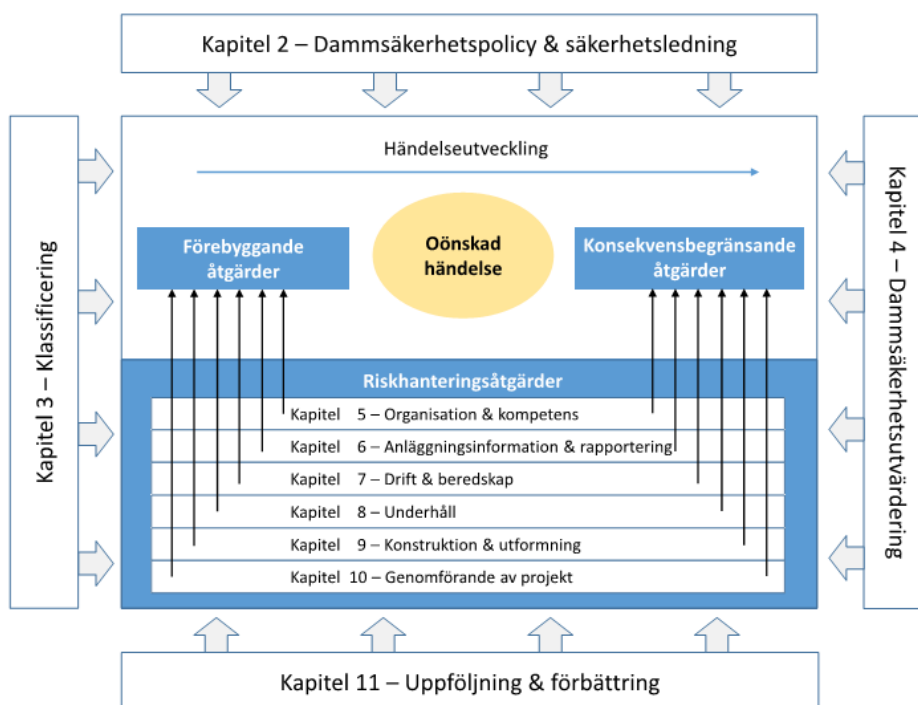
Figur 3-2. Figuren visa historiken för RIDAS utveckling (Brandesten, 2018). Efter år 2016 har även en ny version 2019 utgivits.

RIDAS uppfattas vara ett dokument av typen Byggherrekrav enligt Figur 3-1. Detta innebär att RIDAS i sig inte är ett per automatik gällande kravdokument, men att när det åberopas och följs innebär det att gällande lagar och övergripande regelverk följs. Utifrån att dammsäkerhetsarbetet utvecklas över tid med beaktande av nya och förändrade lagar, erfarenheter, forskning och utveckling är RIDAS ett levande regelverk som uppdateras vid behov.

RIDAS struktur och uppbyggnad redovisas i Figur 3-3. RIDAS berör i mycket liten utsträckning tunnlar och bergrum. Kapitel 9 i RIDAS, som handlar om konstruktion och utformning, skulle möjligtvis kunna utgöra en grund för tillämpning även inom bergbyggande. Här anges att:

"Detta kapitel gäller för befintliga dammanläggningar, ombyggnad av dessa samt vid nybyggnad."

Det finns ingen tydlig avgränsning om tunnlar och bergrum, i ett vattenkraftverk, kan anses vara del av en dammanläggning. Flera av kravställningarna inom RIDAS kapitel 9 skulle dock kunna vara tillämpbara, exempelvis rörande laster och dimensioneringsförutsättningar. På ett övergripande plan är dock RIDAS inriktad i huvudsak mot själva dammen och angränsande ovanjordskonstruktioner.



Figur 3-3. RIDAS 2019 – struktur och innehåll (RIDAS, 2019).

4 Genomgång av utvalda kravdokument

I detta kapitel görs en mer detaljerad genomgång av följande kravdokument:

- Krav Tunnelbyggande, TDOK 2016:0231 (Trafikverket).
- AMA Anläggning 17 (Svensk Byggtjänst).
- Tillämpningsdokument Bergtunnel och bergrum, IEG Rapport 5:2010 (Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geoteknik).

Avgränsning av utvalda kravdokument beskrivs under kapitel 2.3. En översiktlig genomgång av några ytterligare för bergbyggande relevanta kravdokument och handböcker beskrivs under kapitel 5.

4.1 KRAV TUNNELBYGGANDE, TDOK 2016:0231

För tunnelbyggande gäller idag "Krav Tunnelbyggande", med TDOK-beteckning 2016:0231. Kravdokumentet ska tillämpas för alla entreprenader med förfrågningsunderlag daterade från och med 2017-01-01, där Trafikverket är byggherre. Till Krav Tunnelbyggande finns ett tillhörande rådsdokument, "Råd tunnelbyggande", med TDOK-beteckning 2016:0232. Dessa kravdokument är omarbetade och uppdaterade versioner av de tidigare Trafikverkets tekniska krav tunnel (TDOK 2011:047), vanligen benämnd "TRVK Tunnel 11", och Trafikverkets tekniska råd tunnel (2011:088), vilka sammanställdes av Trafikverket efter att Vägverket och Banverket slogs samman år 2010. TRVK Tunnel 11 är i sin tur baserad på de äldre BV tunnel från Banverkssidan och ATB TUNNEL 95 från Vägverkssidan. Det nuvarande kravdokumentet Krav tunnelbyggande är inget statiskt regelverk, arbete pågår med en omarbetning av detta regelverk där en sammanslagning med kravdokumentet för broar (Krav Brobyggande, TDOK 2016:0204) har varit ute på remiss under hösten 2018. När det uppdaterade regelverket publiceras är inte klarlagt.

4.1.1 Giltighetsområde

Krav Tunnelbyggande anger krav för utformning och dimensionering vid nybyggnad och förbättring av vägtunnlar, järnvägstunnlar och undermarkstationer. I tillhörande rådsdokument Råd Tunnelbyggande anges att

"Kraven kan förutom kraven på bärförmåga inte direkt tillämpas för tunnlar för gångtrafik eller gång- och cykeltrafik. För sådana tunnlar upprättas en kravspecifikation beträffande t.ex. säkerhet vid användning, brandskydd, utformning med avseende på drift i varje projekt."

Det är här rimligt att anta att Krav tunnelbyggande inte direkt kan tillämpas heller för vattenkraftanläggningar, då grundsyftet är ett annat.

Kraven i Krav Tunnelbyggande finns samlade i del A-H enligt nedan. Delarna kompletterar varandra.

- A. Allmänna förutsättningar
- B. Vägtunnlar – generell utformning

- C. Järnvägstunnlar – generell utformning
- D. Verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet – allmänt
- E. Bergkonstruktioner
- F. Betong- och stålkonstruktioner
- G. Installationer och utrustningar i vägtunnlar
- H. Installationer och utrustningar i järnvägstunnlar

Av dessa kapitel antas C och H ligga helt utanför tillämpningsområdet för vattenkraftanläggningar. För övriga kapitel finns skrivelser som skulle kunna ha en relevans även för vattenkraftanläggningar, även om flera delar är starkt sammankopplat med Trafikverkets administrativa system och säkerhetssystem som syftar till att skapa en säker miljö för tredje man. I och med att vattenkraftanläggningar och därtill hörande tunnlar med vägar inte kan anses vara allmän väg kan flertalet krav kopplat till tredje man inte antas vara relevanta för vattenkraftanläggningar.

I kapitel 4.1.2 nedan görs en genomgång av Krav tunnelbyggande där kravrubriker enligt löpordning tas upp och beskrivs utifrån dess tillämpbarhet för vattenkraftsprojekt och vilka kostnadsdrivande konsekvenser kraven antas kunna ha. I vissa fall har underrubriker utelämnats.

Vissa rubriker antas vara ej tillämpbara. Dessa listas utan ytterligare kommentarer.

4.1.2 Kravgenomgång

A.1.2, A.1.2.2 Myndighetsföreskrifter med underrubrik A.1.2.2.2 Säkerhet vid användning

Tunnlar i en vattenkraftanläggning bör inte betraktas som en vägtunnel för allmän trafik.

A.1.2.3 Standarder och AMA

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraft.

A.1.3 Objektspecifika byggherreval

Trafikverkets regelverk öppnar under flera rubriker upp för att byggherren har möjlighet att införa specifika val kopplat till det enskilda projektet. Principen kan även tillämpas i vattenkraftsprojekt, men det kräver att beställaren är insatt i regelverkets utformning och uppbyggnad.

A.1.4 Teknisk lösning med särskild kravspecifikation

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraft.

A.1.8 Utredningar av en bergkonstruktions förutsättningar

I underrubriker beskrivs Förundersökningsrapport och Ingenjörsgelogisk Prognos (IP). IP är en handling som i projekteringsskedet ofta är mycket omfattande och som är både tids- och resurskrävande att ta fram. Att utföra förundersökningar och att tolka dessa är dock en viktig del i förberedelserna inför ett bergbyggnadsprojekt, men beroende på vattenbyggnadsprojektets karaktär finns risk att krav-

ställningen för IP i Krav Tunnelbyggande blir onödigt detaljerad. Se även kapitel 4.2.

A.1.9 Genomförande av säkerhetsanalys avseende säkerhet vid brand för vägtunnel

Tunnlar i en vattenkraftanläggning bör inte betraktas som en vägtunnel för allmän trafik, när säkerhetsanalysen utförs.

A.1.10 Genomförande av säkerhetsanalys avseende säkerhet vid brand för järnvägstunnel

Inte tillämplbart för vattenkraftanläggningar.

A.2 Administrativa rutiner

I underrubriker beskrivs Trafikverkets rutiner för kontroller och rutiner runt dimensioneringsarbetet. Dessa rutiner är relevanta i en stor myndighet som ska hantera och dokumentera ett stort antal projekt parallellt. För vattenkraftändamål är dessa rutiner i stort att betrakta som allt för omfattande. I praktiken bör respektive byggherre ha egna rutiner som ska följas.

A.3 Konstruktionsredovisning; A.3.1 Allmänt; A.3.2 Redogörelse för förutsättningar och metoder för dimensionering

Kravställningar avseende konstruktionsredovisning för bergkonstruktion (A.3.2.2 *Bergkonstruktion*) är i sig lämpliga att tillämpa, men de administrativa delarna är anpassat för Trafikverkets system och struktur och är inte direkt tillämplbart i andra sammanhang.

A.3.3 Utredningar och beräkningar; A.3.3.2 Bärförmåga i bergtunnel

Denna kravställning är rimligen tillämplbar även för vattenkraft.

A.3.3 Utredningar och beräkningar; A.3.3.3 Skydd mot inläckning av vatten (inkl. underrubriker)

Arbeten med tätning av berg, injektering, är en av de mer kostnadsdrivande arbetena i samband med tunnelbyggnad. Styrande för omfattning av injektering är både funktionskrav för den färdiga tunneln samt en juridiskt bindande miljödom. Trafikverkets kravställningar i detta kapitel är anpassade för att kunna hantera komplexa tunnelprojekt i tätbebyggd miljö där tredje man ska vistas och där tredje man riskerar att påverkas genom omgivningspåverkan. Förutsättningarna för byggande av vattenkraft är ofta helt annorlunda och Trafikverkets kravställningar riskerar därför bli för omfattande. Likväl måste omgivningskrav preciserade i miljödom uppfyllas och med i detta kapitel angiven omfattning på utredning säkerställs att miljödomskraven kan uppfyllas.

A.3.3.4 Säkerhet mot skador på grund av frysning

Att skydda tunnlar från frysande inläckande vatten utförs vanligen med olika typer av inklädnadssystem. Åtgärder i väg och järnvägstunnlar är antagligen viktigare i väg- och järnvägsanläggningar, där exempelvis istappar och svallis riskerar ge en farlig påverkan för trafik i tunneln. Påverkan är sannolikt inte lika stor i en vattenkraftanläggning, men inte desto mindre – det är inte ovanligt att underhållsprojekt i tillfartstunnlar till vattenkraftverk är relaterade till vatten- och isproble-

matik. Att spara in på inklädnad i ett byggskede kan te sig lockande, men innebär i ett livscykelperspektiv en betydande risk för mer underhåll. Här behöver risken vägas från projekt till projekt.

A.3.3.5 Installationer (inkl. underrubriker)

Här beskrivs bl. a. krav gällande dimensionering av ventilationsanläggning. Här bör det åter beaktas att trafiksituationen är en helt annan än för t ex en vägtunnel. Om Trafikverkets krav ska beaktas avseende installationer sker det rimligtvis med tydliga avgränsningar av vad som är tillämplbart, då dels projekteringsarbetet blir omfattande enligt Trafikverkets metodik, samt att byggkostnaderna riskerar bli betydande för en ventilationsanläggning som sannolikt inte behövs. Krav på ventilation beskrivs i övrigt i Arbetsmiljöverkets föreskrifter, se exempelvis AFS 2010:1 "Berg- och gruvarbete".

A.3.4 Arbetsritningar (inkl. underrubriker)

Krav på redovisning bör anpassas från projekt till projekt och det är troligt att flera handlingar som kravställs under denna rubrik inte är nödvändiga att redovisa på ritning, speciellt för mindre omfattande projekt. Exempelvis kan Bergteknisk prognos och bergmekaniska kontroller redovisas i textform med mindre arbetsinsats. Det bör även beaktas att projektering ofta utförs i 3D, vilket gör att ritningar som redovisar geometrier (planer/sektioner/profiler) eventuellt inte behövs.

A.3.5 Beskrivningar

Här beskrivs underförstått att krav ska beskrivas i en Teknisk beskrivning enligt AMA, se kapitel 4.3.

B. Vägtunnlar - Generell utformning; B.1 Allmänt

Kravställningar i detta kapitel riskerar att bli onödigt kostsamma - "En yta i ett trafikutrymme ska tåla rengöringsmedel och högttrycksspolning och vara tät vid tvättning. Väggytor i dessa utrymmen ska dessutom tåla tvättning med borste." Sannolikt finns inte något sådant rengöringsbehov i ett vattenkraftverk. Även kravet att "En tunnel ska färgsättas så att den visuella ledningen och belysningens verkan är god. Väggar i ett trafikutrymme ska ha ett högsta glansvärde 50 mätt vid lutningen 60° enligt SS-EN ISO 2813. För tak i ett trafikutrymme ska motsvarande värde vara 30." är sannolikt onödigt för en tillfartstunnel till ett kraftverk.

B.1.1 Avsedd teknisk livslängd och beständighet

Val av teknisk livslängd på bärande huvudsystem och installationer har en betydande påverkan på projektering och framförallt utförande. Under denna rubrik ställs allmänna krav som ska tillämpas för Trafikverkets tunnlar, bl a att bärande huvudsystem ska dimensioneras med teknisk livslängd (TLK) 120 år. Något officiellt fastställt livslängdskrav för vattenkraftanläggningar i övrigt finns inte i dagsläget. Ytterligare diskussion kring teknisk livslängd, se kapitel 6.

B.1.2 Utformning med hänsyn till exceptionella dimensioneringssituationer

Generell tillämpning av detta kapitel är troligen onödigt med hänsyn till att trafiksituationen inte är samma som en vägtunnel. Vissa delar är dock relevanta att beakta, t ex fortskridande ras, vilket har skett vid flera tillfällen i olika vattenkraftsprojekt. Både under bygg- och förvaltningsfas.

Några kända fall av ras i svenska vattenkraftstunnlar är rasen i Tåsan kraftverk 1957 (Värmland), Stensjöfallet kraftverk 1970 (Jämtland), Norränge kraftverk 1989 (Arbrå) och Gidböle kraftverk 1991 (Örnsköldsvik).

B.1.3 Utformning med avseende på drift och underhåll

Av de underhållsarbeten som utförs i kraftverkstunnlar är det inte ovanligt att dessa försvåras då krav i detta kapitel generellt inte tillämpats historiskt när Sveriges vattenkraftverk byggdes. Ofta är krav på arbetsmiljö och åtkomlighet begränsade eller otillfredsställande i befintliga kraftverk, vilket fördyrar underhållsåtgärder. Det rekommenderas därför att detta kapitel särskilt bör beaktas. En tunnel ska utformas så att inspektion, drift och underhåll av alla ingående delar underlättas. Se även kommentarerna under D.1.2.

B.1.4 Utformning med hänsyn till skydd mot inläckning av vatten

"Flödet från ett inläckningsställe i vägg eller tak i ett trafikutrymme får inte vara större än eller lika med 3 ml/h (0,05 ml/min)" Detta kan vara ett mycket kostnadsdrivande krav, då det kan leda till hårda krav på injektering och inklädnad, som kanske inte alls behövs med hänsyn till tunnelutrymmens funktion i ett vattenkraftverk. Åtgärder för hantering av vatten bör dock behandlas även i tunnlar i vattenkraftsprojekt, då stora inläckage kan ha betydande påverkan på både kvalitet och framtida underhåll. Vad som är rimliga åtgärder bör dock beslutas från fall till fall, snarare än ett fixt flöde per inläckageställe.

B.1.4 Omgivningspåverkan

Maximalt tillåtet inläckage kan även styras av krav uppställda i en miljödom. Detta beskrivs ytterligare under kapitel 9.2.

B.1.5 Utformning med hänsyn till frysning

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraftanläggningar.

B1.6 Utformning av infästning av inklädnader

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraftanläggningar.

B.2 Säkerhet vid användning, samt underrubriker

Krav Tunnelbyggande hänvisar här till Transportstyrelsens föreskrift TSFS 2019:93 som beskriver hur "lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar" ska tillämpas. I lagen finns angivet att det här avser att en tunnel "allmänt används för trafik med motorfordon". En tunnel i ett kraftverk är inte avsedd för allmän trafik. Att tillämpa kraven enligt B.2 i en kraftverkstunnel skulle antagligen bli orimligt kostsamt, men därmed kan inte säkerhetsfrågor bortses ifrån. Även kraftverkstunnlar behöver vara

säkra att arbeta i för driftpersonal, men nivån på säkerhetsåtgärder måste rimligtvis vara anpassad till detta.

B.3 Brandskydd, samt underrubriker

Kravställningen gäller tunnlar där ÅDT (genomsnittligt antal fordon per dygn) är över 100, vilket inte gäller för kraftverkstunnlar. Kravställningar gällande brandskydd är dock relevanta för att säkerställa arbetsmiljön, och inte minst tunnlaras bärrighet. Att inte bygga in brandfarligt material eller riskera kollaps av det bärande huvudsystemet är rimliga krav att uppfylla, samtidigt som anläggningens syfte och användningsområde bör beaktas. Exempelvis kan omfattande åtgärder för rök-gasevakuering, nödutrustning, nödutgångar och räddningsrum mm avsett för evakuering av ett stort antal människor eller människor med funktionshinder i en vägtunnel bli onödigt kostsamma att utföra för en kraftverkstunnel.

B.4 Miljö, B.4.1 Allmänt, B.4.2 Kemikalier, B.4.3 Buller och vibrationer

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar.

B.4.4 Luft, B.4.5 Vatten

Krav avser huvudsakligen säkerställande av luft- och vattenkvalitet med hänsyn till trafik i tunnlar. Att installera ett ventilationssystem eller VA-system anpassat för en vägtunnel i ett vattenkraftverk är sannolikt mycket kostsamt.

B.5 Väg förlagd i tunnel

Kravet innebär bl.a. att vägytor alltid ska utföras med beläggning och i övrigt följa Trafikverkets kravdokument för Vägkonstruktion (VGU – Vägar och Gators Utformning). Här krävs även att risken för tjällyftning ska beaktas om tunneln är utsatt för frost, vilket riskerar bli mycket kostsamt då underbyggnad inte får innehålla finmaterial. Samtidigt är många vägytor i befintliga kraftverkstunnlar idag i dåligt skick, trots begränsad trafikering. Det kan därför vara lämpligt att se över vad som är lämplig väguppbyggnad, även om Trafikverkets krav antagligen är väl strikta.

B.6 Förläggning av installationer som inte ingår i tunnelns installationer

Inte tillämplig för vattenkraftanläggningar.

D Verifiering av bärförmåga och beständighet, D.1 Grundläggande dimensioneringsregler, D.1.1. Allmänt

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar.

D.1.2 Bärande huvudsystem

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar. Framförallt är följande stycke av specifik relevans:

"För en konstruktionsdel som inte är åtkomlig för inspektion och underhåll ska särskild vikt läggas på utformning och dimensionering med avseende på beständighet."

I befintliga vattenkraftstationer är tunnlar och bergutrymmen ofta inklädda med plåtar, skivor och andra typer av innerväggar. Dessa konstruktioner har sällan

någon betydande bergförstärkande funktion i ett fall där exempelvis större block rasar, men döljer bergytor och sprutbetongytor effektivt och gör dem svåra att inspektera och underhålla. Detta resulterar idag till kostsamma underhållsprojekt när åtgärder behöver utföras. Kravtexten under *D.1.2* är därför extra viktig att beakta vid framtida projekt, trots att den sannolikt kan vara kostnadsdrivande i utförandeskedet.

D.1.3 Inredning och installationer

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar.

D.1.4 Hydrauliskt upplyft, D.1.5 Bärighetsberäkning av byggnadsverk utsatta för trafiklast

Inte tillämpligt för vattenkraftanläggningar.

D.1.7 Dimensionering genom provning

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar.

D.2 Säkerhetsklass och geoteknisk kategori

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar. Ett bärande huvudsystem för ett trafikutrymme och för en utrymningsväg ska hänföras till säkerhetsklass 3. Vattenkrafttunnlar har inte samma trafik som vägtunnlar. En tunnel för en vattenkraftanläggning bör kunna utföras i säkerhetsklass 2, vilket innebär en något lägre säkerhetsmarginal i det bärande huvudsystemet. Se vidare kommentarer under *B.2*.

D.3 Laster

I stort är denna kravställning rimlig att tillämpa även för vattenkraftanläggningar. Flertalet av lastsituationerna är dock inte relevanta, exempelvis lufttryck, temperaturpåverkan och lastsituationer med betongtunnlar.

D.4 Exceptionella dimensioneringssituationer

Dessa olyckslaster är påkörning av fordon, oavsiktlig stöt, brand, explosion, överksam förankring, extrem blocklast, överksam grundvattensänkning och övriga exceptionella dimensioneringssituationer.

Dessa olyckslaster är i de flesta fall sannolikt inte relevanta att beakta fullt ut för en vattenkraftanläggning. Beroende på situation kan de från fall till fall ändå vara aktuella att ta hänsyn till, men detta måste bedömas från projekt till projekt.

E Bergkonstruktioner, E.1 Utformning, E.1.1 Allmänt

Denna kravställning är rimligen tillämplig även för vattenkraftanläggningar.

E.1.2 Utformning med hänsyn till inläckning av vatten

Här tas åter livslängdsklass upp som en faktor vid val av inklädnadssystem. Se rubrik *B.1.1*.

E.1.3 Bergbult, E.1.3.1 Bärförmåga

I stort är dessa krav rimliga att tillämpa även för vattenkraftsprojekts. Ett möjligt krav som kan vara kostnadsdrivande är att bergbultar ska ha minst 20 mm stångdiameter. I vissa fall, exempelvis vid underhållsprojekt av äldre vattenkraftstationer, är utrymmet litet och möjligheten att enkelt borra tillräckligt stora hål för bultförankring begränsad. I dessa fall kan det vara kostnadseffektivt att använda bultar med mindre stångdiameter om bärförmågan hos dessa är tillräcklig för syftet.

E.1.3.2 Beständighet

I infrastrukturprojekt idag leder ofta beständighetskravet på bultar till att stål med dubbelt korrosionsskydd (duplexbehandling) eller i vissa fall att rostfritt stål används. Studier har dock visat att bultar av obehandlat stål är väl så beständiga så länge dessa har utförts med en korrekt ingjutning (Cederholm, 2020). Så länge inget krav framställs på exceptionellt lång livslängd, eller att byggande företas i berg med extremt aggressivt grundvatten, bör ingjutna obehandlade bultar vara fullt tillräckliga för tillämpning inom vattenkraftsprojekt.

E.1.4 Sprutbetong

Kravställningens kärna är att betongkvalitet ska väljas utifrån den exponeringsklass som kan förväntas i en tunnel. I speciellt vägtunnlar styr ofta klorider från vägsalt valet av exponeringsklass, samt att det krävs täcksikt på sprutbetong, vilket möjligen kan vara kostnadsdrivande och antagligen inte nödvändigt för en vattenkraftanläggning.

E.2 Verifiering genom beräkning och provning, E.2.1 Förutsättningar, E.2.1.1 Allmänt

I stort är de krav som tas upp här rimliga att tillämpa även för vattenkrafttunnlar. Ett krav som möjligen kan vara kostnadsdrivande är kravet att tak i tunnlar alltid ska vara ytförstärkta (dvs i normalfallet insprutade med sprutbetong). I många äldre vattenkraftanläggningar är tunnlar i stort oförstärkta och storskaligt är bärförmågan hos berget helt klart tillräcklig i många fall. Jämfört med en vägtunnel i Trafikverkets regi är användningsområdena mer skiftande och risken för påverkan på personal i en vattenkraftanläggning dessutom mindre, beroende på att det vistas färre människor vid endast enstaka tillfällen i tunnarna. Det skulle därför kunna vara relevant att i vissa fall, exempelvis vid mycket bra berg eller tunnlar med liten spännvidd, vara mer restriktiv med bergförstärkning. Ur ett arbetsmiljöperspektiv, som utvecklats mycket sedan merparten av Sveriges vattenkraftverk byggdes, kan det dock vara relevant att ändå alltid ytsäkra tunnars tak. Entreprenören har alltid ett arbetsmiljöansvar för sin personal, vilket innebär att han ska utföra driftförstärkning. Se även kapitel 8.6.

E.2.1.2 Materialvärden, E.2.1.3 Sprutbetong

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraftanläggningar.

E.2.2 Bärförmåga

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraftanläggningar.

E.2.3 Skydd mot inläckning av vatten och säkerhet mot frysning

Kravställningen baseras delvis på att det förekommer frost i tunnlar, vilket det i de flesta fall inte gör i vattenkrafttunnlar då undermarksdelar av en kraftstation vanligtvis skärmas av via en port. I övrigt, samt i de fall frost faktiskt förekommer, är kraven relevanta att tillämpa även för vattenkraftanläggningar.

F Betong- och stålkonstruktioner, F.2 Utformning, F.2.1 Allmänt

Denna kravställning är rimligen tillämpbar även för vattenkraftanläggningar.

G Installationer i vägtunnlar, inkl underrubriker

Kraven är anpassade till en trafiktunnel, i stort är G-rubrikerna därför inte tillämpbara för vattenkraftanläggningar, eller onödigt kostsamma. Det finns dock anledning att fundera kring vissa av kravställningarna och eventuellt hitta någon form av lägstanivå som kan vara aktuellt även för vattenkraftanläggningar. Exempel kan vara belysning, informationsskyltar, ventilation, VA-system m m.

4.1.3 Råd Tunnelbyggande, TDOK 2016:0232

Råd tunnelbyggande utgör ett komplement till Krav tunnelbyggande och ska tillämpas för samtliga entreprenader från 2017-01-01 där Trafikverket är byggherre. Syftet är att förtydliga hur kravställningarna i Krav Tunnelbyggande ska tillämpas i praktiken. Rubrikindelningen i Råd Tunnelbyggande är samma som i Krav Tunnelbyggande och någon separat genomgång av rubrikerna i Rådsdokumentet görs därför inte i denna rapport. Till skillnad från Krav Tunnelbyggande finns dock endast rubriker med ett textinnehåll medtagna i Råd Tunnelbyggande.

Utformningar och dimensioneringsmetoder som anges i Råd tunnelbyggande anses vara accepterade tillämpningar av kraven i Krav tunnelbyggande.

Råd tunnelbyggande innehåller även ett antal bilagor, bland annat innehållande råd för upprättande av handlingar där typsektioner för konventionella järnvägstunnlar beskrivs, samt hur inläckagekrav i en tunnel kan verifieras med hjälp av observationsmetoden.

4.2 EUROKOD OCH IEG RAPPORT 5:2010

Eurokod 7 del 1 (Allmänna regler) och del 2 (geotekniska utredningar och provningar) blev Svensk standard med implementeringsstart under åren 2005-2006. Tillämpning av Eurokoder för byggande av tunnlar och bergrum är omtvistat och det är svårt att fullt greppa hur tillämpning ska göras. I Boverkets författningssamling BFS 2011:10 EKS 8, där Boverket anger föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder), anges att:

”Föreskrifterna gäller inte bergtunnlar och bergrum”

I samband med att Eurokod 7 introducerades utförde Lindström (2006) en sammanställning av Eurokod 7:s innehåll och dess tillämpbarhet för byggande i berg. Lindström (2006) konstaterar i sin rapport att Eurokoderna, trots Boverkets formulering om att inte vara tillämpbar för bergtunnlar och bergrum, ska kunna tilläm-

pas för dimensionering genom hävdvunna åtgärder, dimensionering genom beräkningar och observationsmetoden. Tolkningen har gjorts att Boverkets invändning endast berör dimensionering genom beräkningar där det inte går att skilja mellan last och bärförmåga. Detta är nämligen ofta fallet inom bergmekaniken, där själva berget normalt utgör belastning på en tunnel, men att bergmassan samtidigt bär upp det skapade bergutrymmet. Bergmassa och bergförstärkning benämns vanligen sammantaget som det "bärande huvudsystemet". Senare tolkningar, som i Trafikverkets "Projektering av bergkonstruktioner", rapport 2019:062 (se kapitel 5.1) förtydligar att Eurokoderna kan användas i den mån de är tillämpliga och att detta främst gäller då det går att skilja mellan last och bärförmåga, exempelvis vid bultförankring av block. Rapport 2019:062 redovisar även hur Eurokoderna kan tillämpas vid beräkningar med partialkoefficientmetoden.

Som vägledning för användning av Eurokod i projekteringsarbetet av bergtunnlar och bergrum har Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geoteknik (IEG) tagit fram tillämpningsdokument IEG Rapport 5:2010. I föreliggande rapport behandlas specifikt IEG Rapport 5:2010, men det bör påpekas att tillämpningsdokumentet är tänkt att användas tillsammans med andra relevanta Eurokoder samt övriga tillämpningsdokument som tagits fram av IEG, exempelvis Tillämpningsdokument Observationsmetoden (IEG rapport 9:2010) och Tillämpningsdokument Förankringar (IEG rapport 7:2010).

I inledningen av IEG Rapport 5:2010 anges att:

"Detta tillämpningsdokument är endast rådgivande om inget annat anges av byggherren."

Det bör därmed vara enkelt för en byggherre att lyfta upp detta dokument till ett kravdokument i exempelvis en upphandling av ett projekteringsuppdrag.

IEG Rapport 5:2010 kan ses som en kokbok för hur en projekteringsprocess för en bergtunnel eller bergrum ska genomföras. Från insamling av underlag i form av fältdata, via analyser till presentation av slutsatser. Tillämpningsområdet är samtidigt ganska smalt och behandlar i princip bara verifiering av själva bergkonstruktionen och i viss mån inklädnad och injektering. IEG Rapport 5:2010 innehåller 7 huvudrubriker, varav 4 innehåller rapportens själva substans. Innehållet i dessa 4 relevanta rubriker och kostnadsaspekter kopplat till detta redovisas nedan.

Underlag för projektering

Kapitlet är endast en sida långt och hänvisar i princip rakt av till Eurokoderna SS-EN 1997-1:2005 (Dimensionering av geokonstruktioner – Del 1: Allmänna regler) och SS-EN 1997-2:2007 (Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Marktekniska undersökningar). I och med detta finns de verktyg som behövs för att välja metoder och genomföra fältundersökningar för undersökning av bergets egenskaper på ett korrekt sätt.

Den kritiska frågan blir sedan att välja rätt metoder och rätt omfattning av undersökningar med hänsyn till förutsättningarna för det projekt som ska utföras. Av alla kostnadsdrivande faktorer är denna en av de absolut mest kritiska och ständigt återkommande i bergbyggnadsprojekt. Av tänkbara skäl till fördröjning av projekt är avvikande geologiska/bergtekniska förhållanden mycket vanligt. Samtidigt som

fler undersökningar kan ge bättre information kan för mycket undersökningar i sig vara fördyrande och tidskrävande. Även val av entreprenadform och möjligheten till anpassningar och kompletterande undersökningar under byggskedet har påverkan på hur strategin för undersökningar i planeringsskedet ska läggas upp.

Projektering

I detta kapitel konstateras att dimensionering ska utföras enligt någon av metoderna nedan:

- *"dimensionering genom beräkningar,*
- *införande av hävdvunna åtgärder,*
- *en observationsmetod."*

Det konstateras även att de i Eurokod SS-EN 1997-1 beskrivna metoderna modellförsök och provbelastningar inte är tillämpbara för bergtunnlar.

Vidare beskrivs beräkning av laster och hur de olika metoderna kan tillämpas. Likt kapitel *Underlag för projektering* gäller att val av metod/metoder väljs utifrån karaktären hos aktuellt projekt.

I kapitlet tas även begreppen geoteknisk kategori (GK) och säkerhetsklass (SK) upp. Geoteknisk kategori är en beskrivning av en geoteknisk konstruktions komplexitet, där GK1 utgör den enklaste nivån och GK3 är den mest komplexa nivån. För en bergtunnel i GK3 är det byggherrens ansvar att ange vilka föreskrifter och regler som ska gälla. Tillämpningen av Geoteknisk kategori enligt Eurokod har varit omdebatterad. Bakgrunden är att SS-EN 1997-1 anger att GK3 ska omfatta alla

"tunnlar i sprucket berg och/eller med krav på vattentäthet eller andra speciella krav".

I praktiken skulle detta innebära att alla bergtunnlar i svensk berggrund klassas som GK3, då bergmassan där tunnlar och bergrum byggs i princip alltid är uppsprucken och belägen under grundvattenytan. Detta skulle vara kraftigt kostnadspåverkande och är en huvudanledning till att det funnits en stor skepsis mot införandet av Eurokoder. För att komma runt denna problematik anger IEG Rapport 5:2010 en alternativ inriktning för hur geoteknisk kategori ska väljas och lämpliga kriterier för avgränsning av GK3-fall.

Kontroll av geotekniska förhållanden, utförande och det bärande huvudsystemets beteende samt det bärande huvudsystemets tillstånd

I detta kapitel beskrivs kontroller av bergtekniska förhållanden, utförande och bärande huvudsystemets beteende. Kontrollerna delas upp i grundkontroller och tilläggskontroller, där grundkontroll avser material, produkter och arbetsutförande – dvs den typ av kontroller som normalt föreskrivs i en teknisk beskrivning enligt AMA, se kapitel 4.3. Tilläggskontroller avser speciella konstruktionsdetaljer och kontroll av omgivningspåverkan. Här finns alltså en koppling till tätning och injektering. När det gäller kontroll av bergtekniska förhållanden kan det antas att löpande kartering av tunnlar och bergrum i samband med drivning är en grundkontroll, medan en tilläggskontroll är en mer specifik åtgärd för kontroll av bergets beteende, såsom olika typer av bergmekaniska mätningar.

Vid kontroll av utförande ingår även kontroll av utförd bergförstärkning. Här hänvisas till en rad standarder som i princip är motsvarande standarder som återopas i AMA-Anläggning. Värt att notera här är en hänvisning till standard SS-EN 14487-1:2005 som beskriver krav för sprutbetong. I SS-EN 14487-1:2005 anges tre olika kontrollkategorier, varav den hårdaste är avsedd för väg- och järnvägstunnlar med höga beständighetskrav. Detta kan sedan jämföras med de krav på provning av sprutbetong som ställs i AMA Anläggning, (kod EBF.3, se kapitel 4.3), där provningen som utgångspunkt motsvarar en blandning av kontrollkategori 2 och 3 enligt SS-EN 14487-1:2005. Provning av materialegenskaper kan i stora projekt innebära en betydande kostnad och det är här tydligt att det finns en kostnadsdrivande risk med att följa Anläggnings AMA utan kunskap om bakgrunden till ställda krav. Vid tillämpning av IEG rapport 5:2010 ges via hänvisade standarder en bättre förståelse för kravnivån och möjligheten att välja mindre omfattande och enklare provning av exempelvis sprutbetonegenskaper.

Slutligen tas även kontroll och uppföljning i förvaltningsskedet upp. Detta ska

"dokumenteras i en Drift och underhållsplan, där omfattningen av uppföljning av det bärande huvudsystemets tillstånd utgör en liten del.

Kontrollerna kan till exempel utgöras av:

- visuella inspektioner,
- skrotningsinsatser och
- bomknackning."

I praktiken arbetar redan de flesta anläggningsägare inom vattenkraft redan efter denna metodik. Utifrån att flertalet av de svenska vattenkraftverkens tunnlar och berggrum är byggda utan hänsyn till någon specifik avsedd livslängd (se kapitel 8), blir dessa kontroller extra viktiga att genomföra.

Dokumentation

I detta kapitel beskrivs hur redovisning av bergtekniska utredningar kan framställas med tillämpning utgående ifrån Eurokoderna. De handlingar som tas upp är:

- Förundersökningsrapport berg.
- Geoteknisk dimensioneringsrapport berg.
- Ingenjörsgelogisk prognos.

I förundersökningsrapporten presenteras förenklat sett råa data från de undersökningar som utförs inför utförande av ett bergprojekt. När dessa data analyseras och tolkas för en tunnel eller ett berggrum sammanställs resultatet i en prognos för förväntade geologiska och bergtekniska förhållanden, ingenjörsgelogisk prognos (IP). Den ingenjörsgelogiska prognosen är i väg- och järnvägsprojekt en mycket viktig handling, eftersom det är utifrån de förhållanden som beskrivs i prognosen som en entreprenör prissätter sitt arbete. Stora avvikelser i de geologiska förutsättningarna jämfört med prognosen är en mycket vanlig orsak till kostnadsförändringar i bergbyggnadsprojekt. Att utföra tillräckligt med förundersökningar och säkerställa ett bra underlag för arbetet med en ingenjörsgelogisk prognos kan därför vara mycket väl motiverat att ta kostnaden för i tidiga skeden.

Den geotekniska dimensioneringsrapporten är till skillnad från Förundersökningsrapport berg och ingenjörsgelogisk prognos inte avsedd att vara en styrande handling för utförande, utan endast ett PM som beskriver utfört dimensioneringsarbete och kontroller. Med detta avses att de förstnämnda normalt ingår i ett förfrågningsunderlag, vilket dimensioneringsrapporten inte gör. Innehållet i en Geoteknisk dimensioneringsrapport berg anpassas lämpligen utifrån respektive projekts komplexitet och behov, men en lämplig mall att utgå ifrån finns exempelvis i Trafikverkets handbok Projektering av bergkonstruktioner, se kapitel 5.1. De tekniska lösningar som framställs i en dimensioneringsrapport utgör normalt underlag för handlingar i ett förfrågningsunderlag, exempelvis en teknisk beskrivning och ritningar.

4.3 AMA

AMA – Allmän material- och arbetsbeskrivning, är ett referensverk med ett antal olika delar, exempelvis Anläggning, Hus och El, som ges ut av Svensk Byggtjänst. Tanken är att tekniska krav som anses vara praxis, beprövad teknik och fackmässigt utförande beskrivs i referensverket, och att i samband med upprättande av tekniska beskrivningar för unika projekt åberopas ett kodsysteem (BSAB 96) med allmänna tekniska krav för olika arbeten. Fördelen med detta är ett standardiserat system för kravställning med kvalitetssäkrade kravtexter som inte behöver upprepas i en teknisk beskrivning. En fördel är även att de kravställningar som finns i AMA följer övergripande lagar och regler (se kapitel 3). Tekniska beskrivningar baserade på AMA utgör vanligtvis en del av kontraktet i en utförandeentreprenad och är det system som i dag i princip uteslutande används för teknisk kravställning i den entreprenadformen. AMA är här till samordnat med de allmänna bestämmelseverken för entreprenadupphandling, AB 04 (utförandeentreprenad) och ABT 06 (totalentreprenad).

Första utgåvan av AMA-skrifter publicerades 1950, därefter har systemet efter hand renodlats för olika syften och tekniker och utgivningstakten av nya versioner har intensifierats så att nya versioner i nuläget ges ut vart tredje år. Bergarbeten beskrev första gången i Mark AMA 72. Mark AMA utgavs i en ny version 1983 för att 1998 sedan byta namn till Anläggnings AMA. I samband med att Anläggnings AMA lanserades 1998 hade även delar av Trafikverkets ATB:er (Allmänna Tekniska Beskrivningar) inarbetats, vilket ökade AMA Anläggnings omfång jämfört med Mark AMA 83 med nästan 200 % (Svensk Byggtjänst, 2000). För bergbyggnads syften är det fortsatt specifikt skriften AMA Anläggning som tillämpas, där senaste utgåva är 2017. Uppdateringarna av AMA Anläggning leds av Svensk Byggtjänsts sektorutredare som till sin hjälp har en referensgrupp från anläggningsbranschen. En ny version av AMA Anläggning kommer att ges ut under 2020.

Trafikverket har som tillägg till AMA Anläggning tagit fram en kompletterande handling, *Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning 17, TDOK 2017:0441* ("Trafikverks-AMA"), som innehåller specifika kravställningar som Trafikverket vill ska gälla i deras upphandlingar. Trafikverks-AMA innehåller dock få ändringar eller tillägg för koder som tillämpas i samband med kravställning för tunnlar och bergrum.

Kopplat till AMA Anläggning finns även MER Anläggning ("Mät- och ersättnings regler") och RA ("Råd och anvisningar"), som innehåller samma kodsystém som AMA. MER används för upprättande av mängdförteckningar och har normalt en högre juridisk status än en teknisk beskrivning. Förenklat anger den tekniska beskrivningen enligt AMA kvalitet medan mängdförteckningen enligt MER anger kvantitet. Utifrån MER och därtill hörande mätregler regleras sedan ersättningen till entreprenör som utför ett arbete. RA anger förslag på kompletterande kravställningar för respektive kod som beroende på ett projekts förutsättningar ska skrivas in i teknisk beskrivning.

4.3.1 Kostnadsdrivande kravställningar i AMA Anläggning

Vattenkraftanläggningar i berg kan antas karakteriseras av att ofta vara belägna skilt från tätorter (i vissa fall otillgängligt) med få omgivande byggnader och anläggningar, ha få människor som vistas regelbundet i tunnarna och låg risk för omgivningspåverkan på grund av uttag av bergutrymmen. Utifrån dessa förutsättningar kan krav som kopplas till behov av att externa parter utför kontroller, krav på färdig tunnelyta och övriga kontroller, samt tunnelmiljö antas vara kostnadsdrivande på ett övergripande plan, då förutsättningarna för vattenkraftanläggningar här skiljer sig från många andra typer av infrastruktur.

De koder i AMA Anläggning som i huvudsak omfattar krav för byggande i berg och som potentiellt är förenade med stora kostnader kan antas vara följande:

- BBC Undersökningar o d
 - o BBC.113 Vibrationsmätning m m
- CBC Bergschakt
 - o CBC.6 Bergschakt för tunnel, bergrum, o d
- CD Markförstärkningsarbeten
 - o CDC Bergförankring
 - o CDD Tätning och infiltration av berg kring tunnlar, bergrum o d
- DEQ Anläggningskompletteringar i tunnel, bergrum och övrig bergschakt o d
 - o DEQ.1 Tak- och väggdränering i tunnel, bergrum och övrig bergschakt
- EBF Sprutbetong i anläggning
 - o EBF.3 Sprutbetong i tunnel eller bergrum
- Y Märkning, kontroll, dokumentation m m

AMA är ett omfattande referensverk och för de ovan angivna koderna finns ett antal underkoder som beroende på tillämpning används för att förfina beskrivningen. Beroende på enskilda projekts specifika förutsättningar finns även andra ko-

der som kan tänkas ge stor kostnadspåverkan. Ovan kan dock anses vara de övergripande koder som i det närmaste alltid ingår i ett bergprojekt.

För de koder/arbeten som listas ovan anges i kapitlen nedan exempel på olika kravställningar och val, där kravtexten i AMA riskerar att bli onödigt kostsam.

Vibrationsmätning

I samband med bergschaktarbeten brukar i normalfallet arbetena anpassas till gränsvärden för tillåtna vibrationer, baserat på vilken omgivningspåverkan som kan accepteras. Den tekniska beskrivningen brukar oftast hänvisa till en fristående riskanalys avseende vibrationer.

Utifrån att ett vattenkraftverk ofta har mycket vibrationskänslig utrustning finns här risken att mätprogram för vibrationsövervakning i byggskedet blir kostsamma. Samtidigt som övertramp riskerar skada anläggningen och påverka driften finns det anledning att vara noggrann med vilka mätpunkter som väljs. En nyckelfaktor här är en anläggningsägare som är väl förtrogen med sin anläggning och har möjlighet att avgränsa vilka installationer som är relevanta att mäta på. I vissa fall är dock omfattande vibrationsmätning ofrånkomligt, framförallt där tredje man påverkas av arbetena.

Bergschakt

Under bergschaktkoderna kravställs bergschaktningsklass och bergrensningssklass. Nivån på bergschaktningsklass och bergrensningssklass ska anges i den tekniska beskrivningen, förutom i vissa specifika fall där kraven står direkt i AMA (exempelvis koden bergschakt för bergrum, CBC.62).

Bergschaktningsklassen styr hur kvarvarande kontur i tunneln får variera i förhållande till teoretisk kontur, samt hur hårt entreprenören tillåts spränga. Hårt ställda krav resulterar i behov av mer borrhning och mer komplicerad styrning av salvor. Det krävs här ofta en avvägning, då för löst ställda krav istället kan ge stora volymer överberg och ökat förstärkningsbehov. Generellt finns en tendens att det för tunnlar i tätortsmiljö ställs allt hårdare krav på omgivningspåverkan, och då är bergschaktningsklassen en del i detta. Även önskemål om minskat överberg och en inom branschen pågående diskussion kring hur ökad kvalitet på bergkonturen kan uppnås (se SBUF-rapport 12773) resulterar sannolikt i att hårda krav på bergschaktningsklass i allmänhet blir mer accepterat.

Bergrensningssklassen styr vilken utrustning som krävs för skrotning av utsprängda ytor. Hårt ställda krav här innebär arbete med tunga maskiner, som i vissa fall med sämre bergkvalitet kan resultera i överskrotning. Det finns dock arbetsmiljöaspekter kopplat till skrotning, dels då en för dåligt utförd skrotning kan leda till blockutfall och även att de enklare bergrensningssklasserna innebär mer manuellt arbete. Liksom med bergschaktningsklass krävs ett väl övervägt val av klass. Det är även värt att poängtera att Arbetsmiljöverket i AFS 2010:1 anger att mekaniserad skrotning i första hand alltid ska eftersträvas. Detta är ett arbetsmiljökrav som innebär att den som utför skrotning är mer skyddad i en maskin jämfört med att skrota för hand.

Bergschaktkoderna i RA är mycket omfattande och innehåller ett stort antal möjliga krav som kan kompletteras i en teknisk beskrivning. Det är ofta här det är lätt att lockas in i att införa en omfattande komplettering av AMAs krav som kanske inte är nödvändiga. Exempel kan vara omfattande dokumentation av utförda arbeten, begränsningar i metodval och tillåten utrustning och olika krav på dokumentation som ska utföras av beställaren (t ex bergkartering) och som hindrar produktionen.

Bergförstärkning

Bergförstärkning av berg består vid nyproduktion av tunnel idag till stor del av ingjutna bultar utan förspänning och fiberarmerad sprutbetong. Denna kombination har fördelen att kunna utföras med mycket lång livslängd och litet underhållsbehov. Platsarmerade sprutbetongkonstruktioner, andra typer av bultar och bergnät är exempel på andra typer av förstärkningselement som förekommer.

En faktor som har kostnadsdrivande påverkan gällande bergförstärkning är vilka krav som ställs på förstärkningens kvalitet avseende beständighet. En stål- eller betongkonstruktion som utsätts för en nedbrytande aggressiv miljö riskerar att förlora sin bärförmåga i förtid, medan en konstruktion utförd med onödigt höga materialkrav riskerar att bli onödigt dyr. Här beskrivs inte kravställningarna på beständighet i Anläggnings AMA, men det är likväl en faktor som enligt RA ska införas i den tekniska beskrivningen. Att för given miljö och avsedd livslängd välja lämpliga materialegenskaper för bergförstärkning blir därför en mycket viktig del av en projektering.

Bergbultning

Bergbultning beskrivs under AMA-kod CDC med tillhörande underkoder beroende på bulttyp. Den typ av bultar som idag är dominerande är olika typer av ingjutna bultar utan förspänning, vilket beskrivs under kod CDC.14 "Bergförankring med ingjutna bultar utan förspänning".

Några exempel på kostsamma AMA-krav för bultning som skulle kunna bortses ifrån eller lösas med andra metoder är:

- *Bult som ska gjutas in får inte monteras i vattenförande borrhål.*

Detta krav resulterar i behov av injektering av bulthål och ny borrhålning. Problemet med läckande bulthål kan ofta hanteras med andra bulttyper som injekteras i samband med installation. Denna alternativa typ av bultar har Trafikverket generellt varit tveksamma att godkänna för teknisk livslängd TLK 120 av beständighetsskäl, men med moderna materialval bör detta vara rimligt att bortse ifrån i ett vattenkraftsprojekt.

- *För ingjutna, ej förspända, bultar ska icke förstörande provning genom analys av mekaniska vågor som sänds genom bulten utföras.*

Detta krav kan innebära att en extern part behöver kopplas in som gör denna provning, vilket dels blir kostsamt när det ska utföras vid flera tillfällen (AMA ställer krav på att minst 2 % av alla bultar ska provas) på eventuellt avlägsna byggplatser, samt att det riskerar hindra övrig tunnelproduktion. Provdrawing av bultar är en

annan potentiellt kostsam provmetod för bultar som föreskrivs i AMA. Rimlig omfattning bör avvägas från projekt till projekt.

Sprutbetong

Sprutbetong utförs i det närmast uteslutande som stålfiberarmerad i modernt tunnelbyggande, vilket beskrivs under kod EBF.31 "Bergförstärkning med sprutbetong". Nät- eller slakarmerade sprutbetongkonstruktioner förekommer, men oftast endast i specialfall.

Sprutbetong har historiskt varit känslig för kvalitetsvariationer, där brister i material eller utförande kan ge en avsevärt sämre beständighet och kvalitet än avsett. Detta är en av anledningarna till att kravställningen i AMA Anläggning för just sprutbetong utökats rejält, kanske framförallt till den senaste utgåvan 2017, där ett detaljerat program för fortlöpande provning av sprutbetongens kvalitet ingår. Samtidigt är tillverkning och utförande mer standardiserat idag och kvalitetsvariationerna avsevärt mindre än de historiskt varit, speciellt gällande sprutbetongens kvalitet. Det är exempelvis mycket ovanligt att sprutbetongs hållfasthet inte blir tillräcklig.

Ett exempel på ett kostsamt AMA-krav för sprutbetong som skulle kunna skalas ner eller lösas på annat sätt är:

- *Tabell AMA EBF.31/1. Fortlöpande provning av sprutbetong*

Här kravställs provmetoder, omfattning, provfrekvens och provstandarder. Programmet för provning är mycket ambitiöst och innebär en metodik för att säkerställa att kvaliteten på bergförstärkningen blir jämn och hög. Ambitionsnivån framstår dock som tydligt anpassat till projekt i större skala, där kostnaden för provning kan fördelas på en stor volym. För ett mindre projekt, exempelvis mindre underhållsåtgärder i en vattenkraftkontext, blir dessa kravställningar för provning snabbt kostnadsdrivande. Se även kapitel 4.2.

Tätning (Injektering)

Injektering är ett arbetsmoment som i tunnelbyggnadsprojekt idag är en betydande kostnadsdrivare, dels beroende på stor materialåtgång och dels beroende på att aktiviteten är tidskrävande. Injektering utförs regelmässigt som förinjektering, dvs bergmassan framför tunnelfronten tätas. Förinjektering utförs i det närmaste uteslutande med cementbaserade injekteringsmedel. I Anläggnings AMA är injektering, till skillnad från exempelvis sprutbetong, mycket mer löst beskrivet. Däremot är RA-delen för injekteringskoderna i AMA Anläggning betydligt mer omfattande, dvs det krävs ett betydande beskrivningsarbete i en teknisk beskrivning för att få en komplett kravställning för injekteringsarbete.

Kostnadsdrivande aspekter ligger utifrån detta sannolikt inte i de kravtexter som står i AMA Anläggningen, utan uppstår mer troligt i de tekniska beskrivningstexter som upprättas för respektive projekt. Omfattning på injektering beror i huvudsak på vilken volym inläckage som kan tillåtas, samt till viss del vilken tunnelmiljö som eftersträvas. Tillåtet inläckage styrs av en juridiskt bindande miljödom, här gäller det att säkerställa att miljödomen baseras på en korrekt miljökonsekvensbeskrivning (MKB) anpassad till den omgivning där projektet ska byggas.

Det är inte själva inläckaget som är det centrala utan påverkan på omgivningen. Det finns många olika villkor i miljödomarna, från inläckage (byggande och drift), bortledning av vatten, avsänkning av grundvattennivå, influensområde, skadlig påverkan. Gemensamt för samtliga miljödomar är att typen av villkor väldigt ofta sätts av beställaren i ansökan. Dvs det finns goda möjligheter för beställaren att skapa lämpliga villkor – men det måste ske väldigt tidigt i projektet.

Många tunnelprojekt idag byggs i tätbebyggda områden där kraven på tillåtna inläckage ofta är hårda. Det bör därför beaktas att injekteringsarbeten för en vattenkraftanläggning sannolikt har andra förutsättningar gällande omgivningspåverkan. Det är en hypotes att både miljödomar och förinjekteringsbeskrivningar för vattenkraftanläggningar delvis färgas av kravställningar på maximalt tillåtet inläckage som gäller för helt andra typer av projekt.

Möjligheten finns även att istället för förinjektering tillämpa så kallad efterinjektering, dvs inrikta tätningsinsatser till efter att berguttaget är klart. Denna typ av injektering är mindre effektivt för att täta till en nivå där mycket små inläckage kan tolereras, men för att minska större lokala läckage kan det vara en effektiv metod.

Tak och väggdränering (inkludnad)

Dränerande åtgärder i tunnel och bergschakt förutsätts i AMA Anläggning utföras med dränmattor. Dränmattor har förutom funktionen att avleda vatten även en frostskyddande funktion, dvs undvika isbildning i tunnel. Texterna i AMA Anläggning är relativt begränsade, men det finns betydande delar i RA som beskriver vilka krav som behöver specificeras. Vid eventuellt användande av dränmattor i ett vattenkraftsprojekt bör det övervägas om den isolerande funktionen är nödvändig. Ofta är tillfartstunnlar till kraftverk slutna utrymmen där frysning inte sker. Det är därför tveksamt om den isolerande funktionen har någon betydelse, samt att behovet av dränmattor antagligen är mindre då inläckande vatten inte kommer frysa och mindre dropp därför kan tolereras. Det bör även beaktas att dränmattor är ett brandbenäget material och att de i en trafikmiljö i väg- eller järnvägstunnlar normalt brandskyddas med sprutbetong.

Utifrån ovan kan det vara en onödigt kostsam lösning att föreskriva dränmattor för tillämpning i vattenkraftstunnlar. Andra typer av dränerande åtgärder, exempelvis dränpottor eller inklädnadsdukar, som båda är vanliga i kraftverkstunnlar, krävstalls inte i AMA utan måste beskrivas explicit i teknisk beskrivning i de fall de ska tillämpas.

Märkning, kontroll, dokumentation m m

Under de olika Y-kapitlen i Anläggnings AMA krävstalls olika typer av kontroller och dokumentation. För bergarbeten krävstalls inget kontroversiellt gällande dokumentation, utan det är här upp till respektive projekt att besluta vilken typ av information och i vilken omfattning som ska sparas.

4.3.2 Potentiella nackdelar med AMA för vattenkrafttillämpning

Den referensgrupp som dels rekommenderar sektorutredare till Svensk Byggtjänst och dels utgör stöd vid framtagande av nya versioner utgörs av branschrepresen-

tanter från entreprenörer, beställare och konsulter, samt juridisk expertis. Mot bakgrund av senaste årtiondenas byggprojekt inom tunnel och bergtrum, som i stort domineras av annan infrastruktur än vattenkraftanläggningar, kan det hållas för sannolikt att de personer som ingår i AMAs referensgrupp har en tendens att utgå från förutsättningar som skiljer sig från vattenkraftens behov. Detta då deras egna erfarenheter kan antas utgå från projekt med fokus mot väg och järnväg.

Detta innebär naturligtvis inte att referensgruppen inte är kompetent eller att kravställningar enligt AMA är felaktiga, men det finns helt enkelt för få aktuella erfarenheter från vattenkraftsprojekt för att få genomslag i en referensgrupp likt denna. Detta skulle kunna innebära att kravställningarna i AMA är onödigt omfattande med hänsyn till vattenkraftens behov.

Även i de fall där vattenkraftrelaterade bergprojekt ska beskrivas och upphandlas är det troligt att de konsulter som får ansvar för upprättande av den tekniska beskrivningen har en bakgrund inom annan infrastruktur än vattenkraftanläggningar. Även här finns en risk att erfarenheter och innehåll från tekniska beskrivningar enligt AMA från andra typer av infrastruktur tas med utan att kritiskt granskas. Detta leder inte nödvändigtvis till att den tekniska beskrivningen blir fel, men det riskerar ge en onödigt hård nivå på kravställningar. Ett typiskt exempel är injektering, där beskrivningstexterna ofta är omfattande och krav på maximalt tillåtet inläckage baseras på en nivå som gäller i storstadsmiljö. Det är utifrån detta möjligt att det finns en tendens att krav på tätning ställs onödigt hårt i andra miljöer.

Det är även i en teknisk beskrivning möjligt att skriva bort kravtext från AMA, "text i AMA utgår". Med denna metod går det att på ett juridiskt korrekt sätt skriva bort krav som anses överflödiga, exempelvis för ett vattenkraftsprojekt. Nackdelen med detta är att om många krav skrivs bort blir den samlade handlingen, Teknisk beskrivning och AMA Anläggning, mer svårläst. Uppbyggnaden av kodsystelet är dessutom komplext och det finns risk att fel fortplantar sig i en teknisk beskrivning, exempelvis om krav skrivs bort på fel kodnivåer.

En ytterligare risk med användandet av AMA Anläggning för vattenkraftsprojekt är att konsulter som arbetar med vattenkraft sällan ställs inför behovet att använda AMA, då antalet projekt inom bergbyggnad under senare år varit relativt få. Av vattenkraftkunniga är det få som är kunniga inom AMA och av AMA-specialister (som främst hittas inom infrastrukturbyggande av väg/järnväg) är det få som är kunniga inom vattenkraft. Att sätta samman en projektgrupp med kunskaper från båda områdena är därför antagligen en mycket viktig framgångsfaktor.

4.4 SAMMANFATTNING GENOMGÅNG KRAVDOKUMENT

De kravdokument som här gått igenom har alla relevans för tillämpning i projekt som innefattar byggande i berg. Det bör dock poängteras att det inte är ett val mellan kravdokumenten som behöver göras, utan att de har olika syften för olika moment och skeden i ett projekt. "Krav Tunnelbyggande" ligger på en mer övergripande nivå och berör mer breda aspekter som kanske inte direkt har med själva berget att göra, men som ger en påverkan på hur själva bergkonstruktionen ska

utformas. IEG Rapport 5:2010 riktar in mot projekteringen av bergkonstruktionen och hur en projekteringsprocess kan genomföras för att verifiera en tunnels bärförmåga. AMA - Anläggning med tillhörande teknisk beskrivning är sedan det system som används för att kanalisera krav från exempelvis "Krav Tunnelbyggande" och slutsatser från ett projekteringsarbete till konkreta krav på utförande, material och kontroller för ett utförande.

Respektive kravdokument som beskrivits ovan kan läsas och analyseras var för sig, men för att få en fungerande byggprocess i sin helhet bör kravdokumenten användas tillsammans.

5 Andra relevanta Trafikverkspublikationer

Utöver den mer detaljerade genomgången av Krav och Råd Tunnelbyggande i kapitel 4.1 finns ytterligare Trafikverkspublikationer som anses relevanta att lyfta fram. Detta omfattar handböcker som sammanfattar branschpraxis för bergbyggande och regelverk för nära relaterad verksamhet inom exempelvis geoteknik. De publikationer som här lyfts fram är:

- Projektering av bergkonstruktioner, Rapport 2019:062.
- Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner, TK Geo 13, TDOK 2013:0667.
- Trafikverkets handbok för ovanjordssprängning, Rapport 2014:044.
- Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter, Rapport 2015:057.

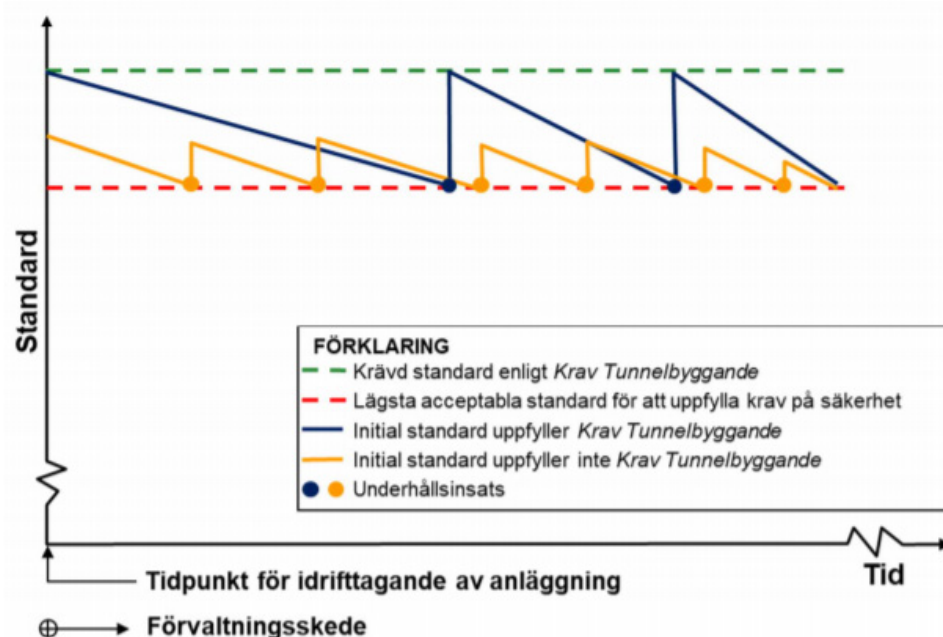
Dessa dokument och dess innehåll beskrivs översiktligt enligt nedan.

5.1 PROJEKTERING AV BERGKONSTRUKTIONER, 2019:062

I handboken "Projektering av bergkonstruktioner" ges riktlinjer för projektering av bergkonstruktioner vid anläggning av väg eller järnväg. Handboken syftar till att ge stöd och vara ett hjälpmedel för byggherre, projektör och entreprenör avseende projektering av bergkonstruktioner. I handboken ges rekommendationer för hur projektering bör utföras för att uppfylla de krav som regelverket anger. Dvs "Projektering av bergkonstruktioner" kan följas för att uppfylla kravställningarna i Krav Tunnelbyggande, framförallt kapitel D – "Verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet – allmänt". "Projektering av bergkonstruktioner" ska därmed inte ses som en komplett handledning som kan tillämpas rakt av, utan är avsedd att användas i valda delar beroende på ett projekts karaktär och förutsättningar. Vidare är "Projektering av bergkonstruktioner" inte komplett avseende exempelvis dimensionering av bergslänter, och täcker inte in varken injektering eller vatten- och frostskydd av tunnlar.

Projektering av bergkonstruktioner är uppbyggt av ett huvuddokument och 16 bilagor som mer i detalj behandlar olika aspekter av bergprojekt, främst avseende planering, dimensionering och uppföljning i byggskedet. För ett vattenkraftsprojekt kan "Projektering av bergkonstruktioner" utgöra ett referensverk där valda delar kan tillämpas. Exempelvis bör bilagorna som berör förundersökningsmetoder, karaktärisering och klassificering av berg och bergmekaniska analysmetoder vara tillämpbara oavsett vilken typ av verksamhet som avses för bergkonstruktionen.

I "Projektering av bergkonstruktioner" förklaras även hur Trafikverkets regelverk är uppbyggt och hur kravställningar är tänkta utifrån ett livscykelerspektiv, se Figur 5-1.



Figur 5-1. Illustration av kopplingen mellan initial standard och underhållsbehov (Projektering av bergkonstruktioner, Trafikverkets publikation 2019:062)

Trafikverket har uppdaterat "Projektering av bergkonstruktioner" i flera omgångar och ambitioner om att utöka handboken ytterligare finns, t ex rörande dimensionering av slänter och injektering.

5.2 TRAFIKVERKETS TEKNISKA KRAV FÖR GEOKONSTRUKTIONER (TK GEO 13), TDOK 2013:0667

TK Geo 13 anger Trafikverkets krav vid nybyggnad och förbättring av geokonstruktioner för väg och järnväg. TK Geo 13 är för Trafikverket på motsvarande kravnivå som "Krav tunnelbyggande" och det finns även ett tillhörande rådsdokument – TR Geo 13 (Tekniska Råd). Tanken är också att TK Geo 13 ska kunna användas som ett komplement till "Krav Tunnelbyggande" och "Krav Brobyggande".

TK Geo 13 omfattar dimensionering av olika typer av geotekniska konstruktioner och grundläggningsmetoder, såsom pålar, plattor, fyllning, stödkonstruktioner och stabilisering. För bergrelaterade tillämpningar behandlar TK Geo 13 även grundläggning på berg och slänter i berg. Kravställningarna är här dock på en ganska övergripande nivå och några egentliga projekterings- och dimensioneringsmetoder beskrivs inte. Till skillnad från "Krav tunnelbyggande" har TK Geo 13 en tydligare koppling till AMA Anläggning, med hänvisningar till hur relaterade koder i AMA ska tillämpas.

5.3 TRAFIKVERKETS HANDBOK FÖR OVANJORDSSPRÄNGNING, 2014:044

Denna handbok benämns i branschen allmänt som "spränghandboken" och innefattar en grundlig teknisk genomgång av bergsprängning och de delmoment som ingår i ett sprängningsarbete. Handboken behandlar huvudsakligen bergsprängning ur ett ovanjordsperspektiv, men även tunnlar i viss mån och teknik och metoder för ovanjordssprängning är till stor del applicerbara även under jord.

Handboken kan vara till god hjälp för att få en allmän förståelse för hur bergsprängning fungerar och riktar sig till både beställare, entreprenörer och konsulter. Inriktningen på texterna är mer allmänt hållna och mindre Trafikverksspecifika än många andra kravdokument och handböcker och bör därmed vara ett gott stöd även för vattenkraftrelaterade projekt.

Gällande rena kravställningar ger handboken en bra sammanfattning av vilka regler som ska efterföljas med koppling till arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFSar). Det finns även en koppling till AMA och hur sprängningsarbeten kravställs för en entreprenad. Handboken har dock inte uppdaterats sedan 2014 och hänvisningar, till exempel till AMA och AFSar, är kopplade till äldre versioner av dessa dokument. Detta kan innebära en viss risk för felskrivningar och hänvisningar till regelverk som inte längre gäller, vilket bör beaktas vid användande av handboken.

5.4 TRAFIKVERKETS HANDBOK FÖR HANTERING AV SULFIDFÖRANDE BERGARTER, 2015:057

Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter, eller "sulfidhandboken", är under senare år en högaktuell skrift i många av de infrastrukturprojekt inom väg och järnväg som är under planering eller utförande. Bakgrunden till sulfidhandboken är ett antal projekt i främst Västsverige där problem med sulfidförande berg uppstått. Problematiken består i att sulfider i bergmassan reagerar med syre och vatten och en oxideringsprocess sätts igång. Resultatet blir svavelsyrabildning som har en försurande effekt på omgivningen och även riskerar att ge en urlakning av metaller. I en orörd bergmassa är eventuella sulfider stabila, men vid sprängning fragmenteras berget och nya kontaktytor skapas där oxidationsprocessen kan starta.

För att systematisera hanteringen av frågeställningarna kring sulfidförande berg har Trafikverket tagit fram sulfidhandboken. Handboken beskriver dels byggprocessen och de juridiska aspekterna kring planprocessen, dels kemin som leder till problematiken och ett förslag till konkret hantering i projektering och produktion.

Frågan rörande sulfider i berg och dess påverkan på miljön är högt uppe på agendan i ett flertal stora infrastrukturprojekt inom väg- och järnväg. Miljöfrågor och omgivningspåverkan är frågor som generellt har prioriterats upp och därigenom tas frågan om sulfider i berg allt mer plats i de projekt där förundersökningar visar på att risken för förekomst kan finnas. Hantering av sulfidförande berg har dessutom ur flera synvinklar potential att bli en mycket kostsam fråga att hantera, exempelvis om bergmaterial från schakter inte kan läggas på upplag eller användas som fyllningsmaterial utan speciella åtgärder. Problematiken skulle även kun-

na vara aktuell för större vattenkraftrelaterade projekt där större volymer berg ska schaktas, och därigenom skulle handboken kunna vara aktuell att beakta.

I och med att frågeställningen är relativt ny pågår löpande en teknikutveckling och förfining av de analysmetoder som beskrivs i sulfidhandboken. I vissa fall har även tydliga brister i provmetoder som föreslås i sulfidhandboken uppdagats och en uppdatering av handboken är därför planerad att genomföras under 2020.

6 Anläggningars tekniska livslängd

Teknisk livslängd är en tidsperiod under vilken en byggnad, anläggning eller del av den med normalt underhåll kan utnyttjas för avsedd funktion.

Det finns ett tydligt beroende mellan teknisk livslängdsklass (TLK) och hur kravställningen ska formuleras. Som exempel är Trafikverkets kravdokument tydligt kopplat mot olika TLK för olika delar i en tunnelkonstruktion. För att bedöma ett regelverks tillämpbarhet för en vattenkraftsanläggning behövs en uppfattning om avsedd förväntad teknisk livslängd.

I detta kapitel redovisas Trafikverkets (f.d. Vägverket) tekniska livslängdsklasser (TLK) för deras olika typer av konstruktioner och anläggningar.

6.1 HISTORISK ÖVERSIKT

En historisk översikt görs av Trafikverkets kravtext för TLK i några styrande dokument från 1994 och till nutid, se Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Teknisk livslängdsklass (TLK) i några styrande dokument.

Dokument	Avser	Kommentar
Väg 94	Vägar	TLK för vägar 20-40 år.
ATB BRO 94	Broar	TLK för träbroar anges första gången.
ATB TUNNEL 95	Vägtunnlar	TLK för tunnlar anges första gången. Definierar TLK 20, 40, 80 och 120.
VGU 2004		TLK för väg, bro och tunnel
Tunnel 2004	Vägtunnlar	För betongkonstruktioner gäller: TLK 40 motsvarar livslängdsklass L 20, TLK 80 motsvarar L 50 och TLK 120 motsvarar L 100.
TRVK Tunnel 11	Tunnlar	TLK väg- och järnvägstunnlar. TLK 10 tillkommer.
Krav Tunnelbyggnad (2016)	Tunnlar	Avsedd teknisk livslängd och beständighet.

Dokumenterna i tabellen ovan har ofta getts ut i samband större händelser:

- I början av 1990-talet genomgick Vägverket en omorganisation och skulle bli mer av en renodlad beställare. De 24 vägförvaltningarna (ett för varje län) lades ner och istället bildades sju väghållningsregioner. Vägverket delades in i en beställardel (Vägverket) och en utförardel (Vägverket Produktion). Dessutom påbörjades arbetet med datasystemet SAFE BRO (säkra, funktionella ekonomiska broar).
- 1994 utgavs Vägverkets inspektionshandbok för broar och SAFE BROs planeringsmoduler började användas. Väg 94 och ATB BRO 94 ges ut.
- I samband med byggande av Norra Länken i Stockholm blev det aktuellt att ange teknisk livslängdsklass för de tunnlar som byggdes. ATB TUNNEL 95 ges ut i samband med detta.

- 2004 driftsattes BaTMan (Bridge and Tunnel Management System), ett bro- och tunnelförvaltningssystem där användaren loggar in via Internet. VGU 2004 och Tunnel 2004 ges ut.
- 2010 bildas Trafikverket. Vägverket och Banverket avvecklas. Trafikverkets TRVK Tunnel 11 ges ut.

6.1.1 Väg 94, 1 Gemensamma förutsättningar

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

1.3.1 Livslängd och standardklass, 1.3.1.1 Teknisk livslängd

Teknisk livslängd skall väljas lägst enligt Tabell 6-2. Belagda vägar konstruerade och utförda enligt VÄG 94 kan förväntas uppnå avsedd teknisk livslängd.

Tabell 6-2. Teknisk livslängd i Väg 94.

Konstruktionsdel	Teknisk livslängd, år	
	Nationell och regional väg	Lokal väg
Betongbeläggning	40	-
Bundet bärlager i vägöverbyggnad som inte är betongöverbyggnad	20	-
Underbyggnad: Bärförmåga och beständighet ¹⁾	40	40
Förstärkt undergrund: Bärförmåga och beständighet ¹⁾	40	40
Trummor	40	20 ²⁾

1) Se 1.3.2.1

2) 40 år för konstruktioner med läggningsdjup större än 3,0 m under vägytan.

Av tabellen ovan framgår att teknisk livslängd för vägar är 20-40 år.

6.1.2 ATB BRO 94, 1 Allmänt

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

13. Teknisk livslängd, 13.1 Bro

En bro ska utformas med en teknisk livslängd av 40, 80 eller 120 år. Vald teknisk livslängd anges i den byggnadstekniska beskrivningen.

För träbroar beskrivs endast krav för en teknisk livslängd av 40 år. Längre tekniska livslängder har inte beskrivits i BRO 94 då träskyddets miljömässiga konsekvenser har prioriterats framför de tekniska kraven.

En teknisk livslängd ska uppnås, t.ex. 120 år för underbyggnad, 80-120 år för överbyggnad av stål eller betong samt 40 år för träöverbyggnad.

6.1.3 ATB Tunnel 95

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

2.3 Teknisk livslängd

Bärande huvudsystem i tunnel, som utförs enligt TUNNEL 95 kan förväntas få en teknisk livslängd på 80 till 120 år. Inredning och installationer kan förväntas få en livslängd på 20 till 40 år beroende av byggnadsdelens funktion.

Krav på teknisk livslängd för olika byggnadsdelar och installationer specificeras i Tabell 6-3. Krav på teknisk livslängd avser helt system.

Med teknisk livslängd avses den förväntade tid under vilken en konstruktion med normalt underhåll uppvisar erforderlig funktionsduglighet.

Med normalt underhåll avses åtgärder för att återföra egenskaper hos konstruktioner, anläggningar och anordningar mot den nivå som avsetts vid byggande eller förbättring.

Krav på teknisk livslängd uttrycks som TLK X där TLK avser Teknisk livslängdsklass och X anger krav på teknisk livslängdsklass uttryckt i år som förväntas uppnås med minst 90% sannolikhet. Medelvärde av teknisk livslängd antas vara minst 25% större än X.

Förväntad medellivslängd är således 150 år för TLK 120, 100 år för TLK 80, 50 år för TLK 40 och 25 år för TLK 20.

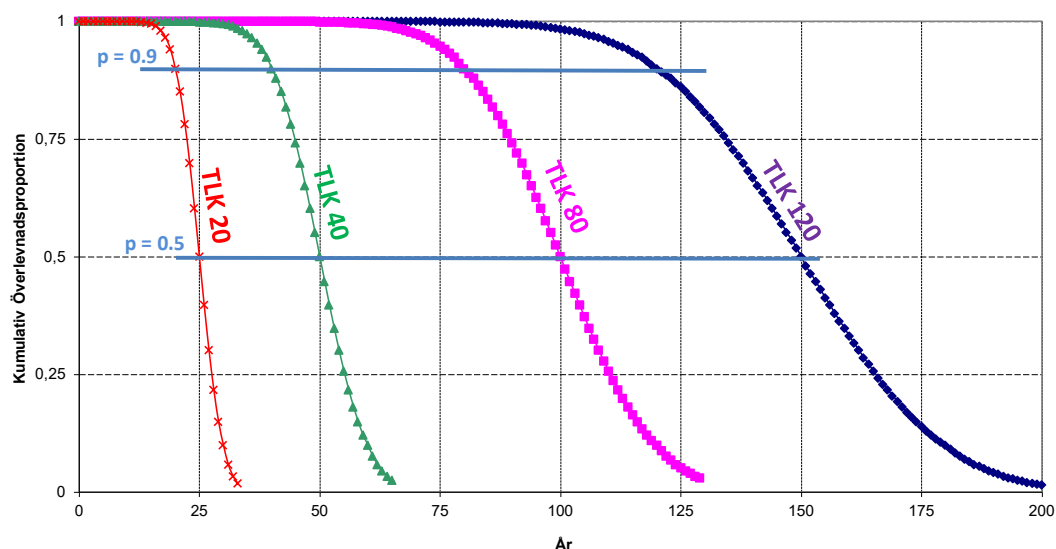
Tabell 6-3. Teknisk livslängd i ATB Tunnel 95.

Byggnadsdel/Installation	TLK
<i>Tunnel längre än 1000 m</i> Bärande huvudsystem, undergrund	120
<i>Tunnel kortare än 1000 m</i> Bärande huvudsystem, undergrund	80
Inredning exklusive inklädnad	80
Inklädnad enligt avsnitt 5.5 Ventilationsanläggning, huvudfläktar enligt avsnitt 6.4 Vatten och avloppsledningar, brunnar etc enl. avsnitt 6.5 Dräneringsledning enligt avsnitt 6.5	40
Säkerhetsutrustning enligt avsnitt 6.2 Ventilationsanläggning, övrigt enligt avsnitt 6.4 Belysningsanläggning Mekanisk utrustning för vatten och avlopp såsom pumpar m.m enl avsnitt 6.5	20

Ett förtydligande av ovanstående tabell görs nedan, se Tabell 6-4 och Figur 6-1 .
Observera att man skiljer på om tunneln är större eller mindre än 1 000 m.

Tabell 6-4. Förtydligande av teknisk livslängd i ATB Tunnel 95.

Klass	Min ($p = 0.9$)	Median ($p = 0.5$)
TLK 120	120 år	150 år
TLK 80	80 år	100 år
TLK 40	40 år	50 år
TLK 20	20 år	25 år



Figur 6-1. TLK20, 40, 80 och 120 samt Min ($p = 0.9$) och Median ($p = 0.5$) enligt Tunnel 95 (efter Mattsson, 2008).

6.1.4 Vägar och gators utformning, VGU, 2004

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

DIMENSIONERINGSGRUNDER, 9 Livslängd

Tre livslängdsbegrepp används:

- användningstid
- teknisk livslängd
- ekonomisk livslängd.

Användningstid/korridorlivslängd är den tid vägförbindelsen är avsedd att användas (vara i funktion) i samma korridor.

Den användningstid ett objekt bör ha bör bedömas från fall till fall beroende tillgång till mark, möjligheter att leda trafik i framtiden på andra leder, trafiktillväxt, markexploateringar m.m.

Teknisk livslängd är den tid under vilket byggnadsverket/vägen eller del därav, uppfyller avsedd funktion med "normalt underhåll".

Krav på teknisk livslängd ges i Tabell 6-5.

Den trafiktekniska funktionen för nybyggnadsobjekt dimensioneras för det 20:e året efter trafiköppning. Dimensionerande livslängd för förbättringsåtgärder bestäms från fall till fall – normalt 10 – 20 år.

Beträffande ekonomisk livslängd se Effektsamband 2000 Nybyggnad och förbättring, Handledning Publ. 2001:80.

Tabell 6-5. Normal teknisk livslängd på olika delar av investeringsprodukter i VGU 2004.

KLASS	MEDIAN (ÅR)	MINST (ÅR)	ANLÄGGNINGSDEL
TLK 120	150	120	bro med spännvidd > 200 m eller längd > 1000 m tunnel med längd > 1000 m
TLK 80	100	80	övriga broar och tunnlar vägundergrund vägunderbyggnad
TLK 40	50	40	vägoöverbyggnad vägutrustning typ betongfundament och betongbarriärer
TLK 20	25	20	trafikteknisk funktion (kan vara kortare vid förbättringsåtgärder) vägbeläggning övrig vägutrustning

6.1.5 Tunnel 2004

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

***Teknisk livslängd.** Den förväntade tid under vilken en konstruktion med normalt underhåll uppvisar erforderlig funktionsduglighet. Krav på teknisk livslängd uttrycks som TLK X där TLK avser Teknisk livslängdsklass och X anger krav på teknisk livslängd uttryckt i år som förväntas uppnås med minst 90 % sannolikhet. Medelvärde av teknisk livslängd antas vara minst 25 % större än X. Förväntad medellivslängd är således 150 år för TLK 120, 100 år för TLK 80, 50 år för TLK 40 och 25 år för TLK 20.*

Kraven på teknisk livslängd för olika anläggningsdelar och installationer i tunnlar specificeras i Tabell 6-6. För andra anläggningsdelar än bärande huvudsystem kan annan teknisk livslängd tillämpas om denna motiveras med livskostnadsberäkning och anges i den tekniska beskrivningen.

Tabell 6-6. Teknisk livslängd i Tunnel 2004.

Anläggningsdel/Installation	TLK
Bärande huvudsystem, undergrund ¹⁾	120
Inredning exklusive inklädnad	80
Inklädnad Ledningar, brunnar etc.	40
Säkerhetsutrustning Ventilationsanläggning inklusive huvudfläktar Mekanisk utrustning för vatten och avlopp såsom pumpar m m	20

- 1) För tunnlar av betong eller stål med jordövertäckning mindre än 10 m kan bärande huvudsystem utföras i TLK 80 förutsatt att tunnarna inte ligger under vatten eller att marken över tunnarna inte avses att bebyggas.

För betongkonstruktioner gäller att

- TLK 40 motsvarar livslängdsklass L20
- TLK 80 motsvarar livslängdsklass L50
- TLK 120 motsvarar livslängdsklass L100.

Krav på teknisk livslängd avser helt system av anläggningsdelar eller installationer. Det får förutsättas att vissa komponenter, exempelvis slitdelar, kan behöva renoveras eller bytas under den angivna tekniska livslängden.

För betongkonstruktioner översätts TLK till det system med livslängdsklasser (L) som används i BBK, se Bro 2004 kap. 41.311.

Boverkets handbok om Betongkonstruktioner (BBK 94), avsnitt 1.2: "Med livslängd avses den vid dimensioneringen förväntade tid under vilken konstruktionen med normalt underhåll uppvisar erforderlig funktionsduglighet. Om inte annat kan påvisas vara riktiga, bör livslängden för konstruktioner i säkerhetsklass 2 och 3 väljas till minst

- 50 år för bygnadsdelar som är åtkomliga för inspektion och underhåll och
- 100 år för bygnadsdelar som inte är åtkomliga för inspektion och underhåll".

6.1.6 TRVK Tunnel 11

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

B. Vägtunnlar - generell utformning, B.1.1 Teknisk livslängd och beständighet

En tunnel ska utformas, dimensioneras och utföras så att skadlig nedbrytning förhindras under den tekniska livslängd som anges i Tabell 6-7. Med skadlig nedbrytning avses även skador på grund av biologiska angrepp samt urlakning av injekteringsmedel.

Vid tillämpning av de nationella valen får L 20, L 50 och L 100 i SS-EN 1992-1-1 anses motsvara en teknisk livslängd lika med 40, 80 respektive 120 år.

Anordningar och åtgärder som förhindrar inläckning av vatten och som inte är åtkomliga och utbytbara ska ha samma livslängd som det bärande huvudsystemet.

Krav på teknisk livslängd avser ett helt system av anläggningsdelar eller installationer. Det får förutsättas att vissa komponenter, exempelvis slitdelar eller datorkomponenter, kan behöva renoveras eller bytas under den angivna tekniska livslängden.

C. Järnvägstunnlar - generell utformning, C.1.1 Teknisk livslängd och beständighet

Samma krav som för vägtunnlar.

Tabell 6-7. Krav på teknisk livslängd uttryckt som teknisk livslängdsklass (TLK) i TRVK Tunnel 11.

Anläggningsdel	TLK (år)
Bärande huvudsystem inklusive i detta ingående inklädnad och undergrund	120
Bärande konstruktion som inte ingår i tunnelns bärande huvudsystem Inredning exklusive inklädnad	80
Inklädnad som inte ingår i ett bärande huvudsystem Ledningar, brunnar etc. Skyddsanordningar av betong	40
Säkerhetsutrustning Ventilationsanläggning inklusive huvudfläktar Mekanisk utrustning för vatten och avlopp såsom pumpar m.m. Dörrar och luckor inklusive anordningar för stängning och låsning. Övrig utrustning	20
Serverar och datorer	10

TLK 10 för serverar och datorer har tillkommit. Däremot har definitionen av Min ($p = 0.9$) och Median ($p = 0.5$) tagits bort från texten.

6.1.7 Krav för vägars och gators utformning, 2012 och 2015

I dessa dokument finns krav på teknisk livslängd inte med.

6.1.8 Krav Tunnelbyggande (2016)

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

B. Vägtunnlar - generell utformning. B.1.1 Avsedd teknisk livslängd och beständighet

En tunnel ska utformas, dimensioneras och utföras så att skadlig nedbrytning förhindras under den avsedda tekniska livslängd som anges i Tabell 6-8. Med skadlig nedbrytning avses även skador på grund av biologiska angrepp samt urlakning av injekteringsmedel.

Vid tillämpning av de nationella valen får L 20, L 50 och L 100 i SS-EN 1992-1-1 anses motsvara en avsedd teknisk livslängd lika med 40, 80 respektive 120 år.

Anordningar och åtgärder som förhindrar inläckning av vatten och som inte är åtkomliga och utbytbara ska ha samma avsedda tekniska livslängd som det bärande huvudsystemet.

Krav på avsedd teknisk livslängd avser ett helt system av anläggningsdelar eller installationer. Byte av slitdelar får anses ingå i normalt underhåll.

Tabell 6-8. Krav på avsedd teknisk livslängd i Krav Tunnelbyggande.

Anläggningsdel	År
Bärande huvudsystem inklusive i detta ingående inklädnad och undergrund	120
Bärande konstruktion som inte ingår i tunnelns bärande huvudsystem Inredning exklusive inklädnad	80
Inklädnad som inte ingår i ett bärande huvudsystem Ledningar, brunnar etc. Skyddsanordningar av betong	40
Säkerhetsutrustning Ventilationsanläggning inklusive huvudfläktar Mekanisk utrustning för vatten och avlopp såsom pumpar m.m. Dörrar och luckor inklusive anordningar för stängning och låsning. Övrig utrustning	20
Serverar och datorer	10

C. Järnvägstunnlar - generell utformning, C.1.1 Avsedd teknisk livslängd och beständighet

Samma krav som för vägtunnlar.

6.1.9 Råd Tunnelbyggande (2016)

Valda delar av dokumentet som behandlar teknisk livslängd:

B. Vägtunnlar - Generell utformning, B.1.1 Avsedd teknisk livslängd och beständighet

I ett beslutsunderlag för val av installationer med snabb teknikutveckling ingår lämpligen en LCC-analys.

För serverar och datorer kan kravet på avsedd teknisk livslängd uppnås genom avtal om att felaktiga komponenter byts ut på leverantörens bekostnad.

C. Järnvägstunnlar - Generell utformning, C.1.1 Avsedd teknisk livslängd och beständighet

Samma råd som för vägtunnlar.

6.2 DISKUSSION OCH KOMMENTARER

Från de tidigare avsnitten ser vi hur kraven och förståelsen av en anläggnings eller konstruktions tekniska livslängd förändras med tiden t ex:

- Vägverkets krav på teknisk livslängd innehöll både minimum ($p = 0.9$) och median ($p = 0.5$), se Tabell 6-3, Tabell 6-4 och Figur 6-1 för TUNNEL 95.
- Trafikverkets krav på avsedd teknisk livslängd är "bara" en ålder, t ex TLK 120 i Krav Tunnelbyggande, se Tabell 6-8.

Byggherrarna behöver reflektera över vilken teknisk livslängd de faktiskt avser ha på sina anläggningar och tillämpa ett livscykel tänk vid beslutsfattande. Kravställningar på god beständighet kan vara fördyrande i ett byggskede, men sett över en längre tid minskas behovet av underhåll.

Vattenkraft företagen har idag inga officiella tekniska livslängdsklasser för sina värdefulla och samhällsviktiga anläggningar. Vi föreslår att de i ett första steg införlivar Trafikverkets krav på avsedda tekniska livslängder, se Tabell 6-9.

Tabell 6-9. Förslag på Teknisk Livslängdsklass för vattenkraftens berganläggningar.

Anläggningsdel	TLK (år)
Bärande huvudsystem inklusive i detta ingående inklädnad och undergrund	120 år
Bärande konstruktion som inte ingår i tunnelns bärande huvudsystem.	80 år

Teknisk Livslängdsklass för tunnel- och bergutrymmen i vattenkraftanläggningar, uppdelas förslagsvis med olika livslängdskrav för vattenvägar, driftutrymmen och övriga utrymmen. Om det är aktuellt att sammanfoga regelverk med RIDAS är det även viktigt att avgränsa och särskilja vad som gäller vid nybyggnad respektive underhållsprojekt i äldre vattenkraftstationer.

7 Gruvbranschens tekniska krav och råd

Vad skulle vattenkraftbranschen kunna lära av gruvbranschen var en fråga som kom upp på ett referensgruppsmöte. Hur jobbar gruvsidan med bergförstärkning? Vilka krav följs inom gruvbranschen? I detta kapitel redogörs översiktligt om verksamheten vid Zinkgruvan och LKAB.

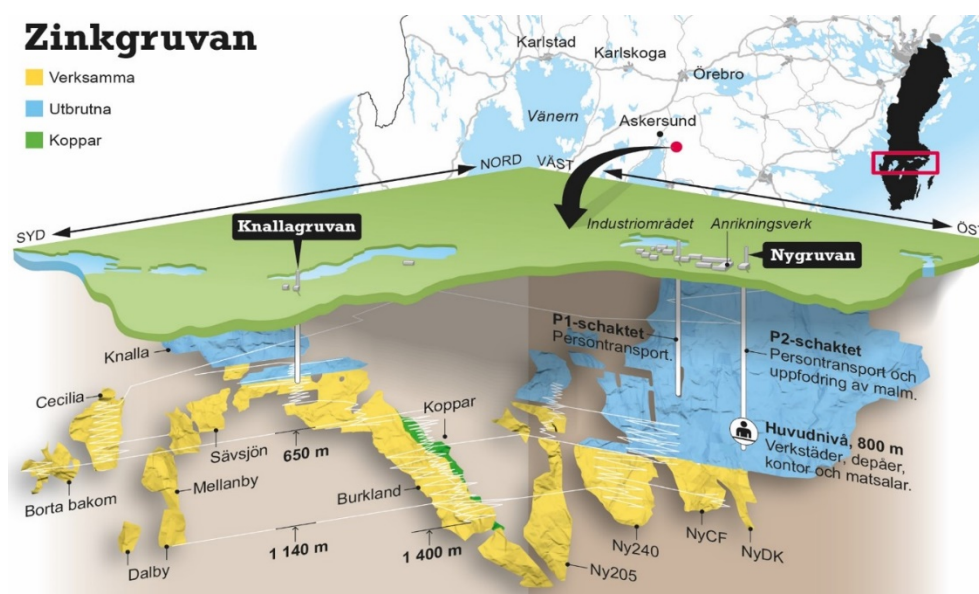
7.1 ZINKGRUVAN

Zinkgruvan är Sveriges sydligaste underjordsgruva, belägen i Askersunds kommun, och har varit i kontinuerlig drift sedan 1857.

Zinkgruvan Mining ingår sedan 2004 i den svensk-kanadensiska gruvkoncernen Lundin Mining och företaget bryter och anrikar i huvudsak zink, bly och kopparmalm.

Zinkgruvan Mining prospekterar både ovan och under jord i Zinkgruvan. På 1980-talet satte företaget som mål att alltid ha minst 10 års malmreserv. Ända sedan dess har det målet uppnåtts, det vill säga att varje år har lika mycket ny malm hittats som det har brutits under året.

All brytning i Zinkgruvan sker under jord på mellan 350 och 1 350 m nivå, se Figur 7-1. Huvudnivån, där verkstäder, kontor och matsal finns, hittas idag på 800 m djup. För att kunna bryta malmen drivs orter, det vill säga tunnlar, till och inuti malmen. Tak och väggar i orterna förstärks genom bergbultning och betongsprutning. Malmen sprängs loss och efter att ha krossats underjord, fraktas malmen upp till marknivå med hiss.



Figur 7-1. Översikt av Zinkgruvan (från www.zinkgruvanmining.com).

7.1.1 Bergförstärkning

Gruvan är byggherre (beställare), projektör (har egen bergmekanikavdelning) och oftast utförare (egna arbetslag), dvs det mesta av arbetet med bergförstärkning av orterna sker i egen regi. Men ibland behöver dock gruvan ta in underentreprenör på bergarbeten och konsulter för bergförstärkning.

Fokus ligger huvudsakligen på "bultar i berget" snarare än "papper i bokhyllan". Det är viktigt med en snabb och säker förstärkning, dvs en hög produktion i gruvan prioriteras. Kort livslängd på orter – oftast ca 10-20 år.

Inom gruvan arbetas kontinuerligt med att öka säkerheten.

Zinkgruvan har tagit fram ett antal egna interna dokument som reglerar hur bergförstärkning och skrotning ska utföras samt kontrolleras. Förstärkningen ökar generellt med gruvans djup. Inga kravdokument (typ Trafikverkets Krav tunnelbyggande), AFSar gäller. Personalutrymmen har mer bergförstärkning än tunnarna.

Bergbultning sker med bultsättningsriggar som sätter bultar som gjuts fast med antingen resin eller cementslurry. Nätning sker i vissa fall med riggarna. Bultning sker huvudsakligen som systematisk bultning 1,2 x 1,2 m, bultlängd L = 2,3 m. Bulttyp $\Phi 25$ mm kamstål.

För sprutbetong används robotriggar. Sprutning sker nästan uteslutande från sula (tunnel golv) till sula med tjocklek minst 35 mm. Mekaniserad skrotning sker huvudsakligen.



Figur 7-2. En ort som har förstärkts med minst 35 mm sprutbetong och systematisk bultning c/c 1.2 m.



Figur 7-3. Personalutrymme som har förstärkts med sprutbetong och systematisk bultning.

7.2 LKAB

LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara AB) är en högteknologisk gruv- och mineral-koncern som bryter och förädlar Norrbottens unika järnmalm för den globala stålmarknaden. LKAB är ett av Sveriges äldsta industriföretag och ägs till 100 % av svenska staten.

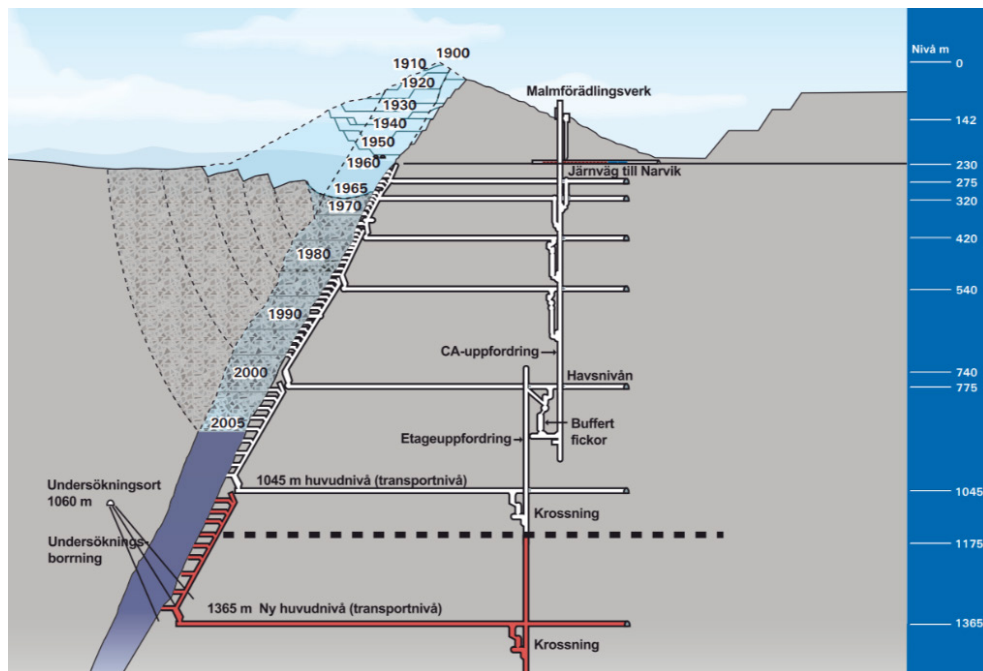
LKABs gruvverksamhet är uppdelad på två divisioner. Division Norra bryter och förädlar järnmalmprodukter i Kiruna (underjordsgruva). Division Södra bryter och förädlar järnmalmprodukter i Malmberget (underjordgruva) och Svappavaara (dagbrott).

Att säkerställa tillgången på järnmalmsråvara är avgörande för LKAB:s framtida utveckling. LKAB arbetar med en framförhållning om 20 år för att trygga utvecklingen av produktionen och framtiden för de omgivande samhällena.

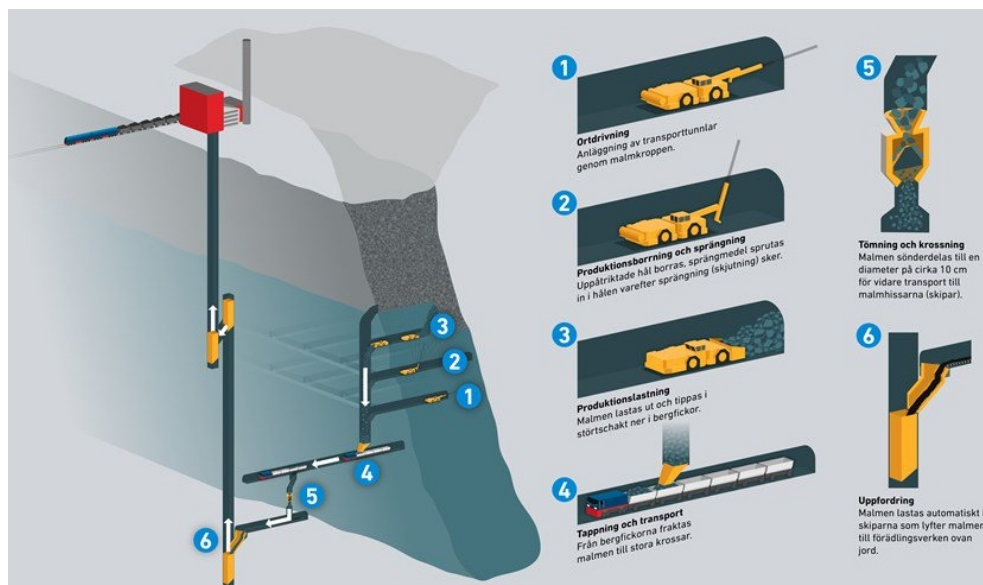
7.2.1 Division Norra (Kiruna)

Malmkroppen i Kirunas underjordsgruva är världens största. Fyra kilometer lång, 80 m bred och minst 2000 m djup. Nuvarande huvudnivå, KUJ1365, är på 1365 meters djup och togs i drift 2013, se Figur 7.4. Den brutna malmen transporteras från bergfickor till krossanläggningar med fjärrstyrda eldrivna tåg, se Figur 7.5.

Med ökat brytningsdjup ökar spänningarna i berget. Förstärkningsinsatserna, som dimensioneras efter hur berget påverkas, utökas succesivt för att säkra arbetsplatsen och planerad produktion.



Figur 7-4. Skiss som visar brytningen av Kiirunavaara (från LKAB).



Figur 7-5. Schematisk skiss som visar skivrasbrytning i LKABs gruvor (från www.lkab.com). 1 = ortdrivning, 2 = produktionsbörning och sprängning, 3 = produktionslastning, 4 = tappning och transport, 5 = tömning och krossning och 6 = uppföring.

7.2.2 Bergförstärkning

För att kunna bryta malmen under jord måste transportvägar byggas, tunnlar i berget som kallas ortar. Tillredning innebär alltså förberedelse för brytning. En tillredningsort sprängs rätt genom malmkroppen och vid behov förstärks väggar och tak med bultar, nät och sprutbetong, se Figur 7-6.

LKAB har egna interna riktlinjer för bergförstärkning. Det finns fördefinierade typförstärkningar som är indelade i statisk förstärkning och dynamisk förstärkning. Systematisk bultning används generellt.

De statiska förstärkningarna består vanligtvis av Kirunabultar ($\Phi 20$ mm, $L = 3$ m) installerade med c/c 1,5 m och 70 mm fiberarmerad sprutbetong.

Den dynamiska förstärkning som vanligen används består i huvudsak av D-bultar ($\Phi 20$ mm, $L = 3$ m eller längre) med c/c 1,0 m, 100 mm fiberarmerad sprutbetong och nätarmering, dvs bergförstärkningen är deformationstålig.



Figur 7-6. Exempel på bergförstärkning i en ort (från www.lkab.com). Här syns sprutbetong, armeringsnät och systematisk bergbultning i tak och vägg.

7.3 SAMMANFATTNING OM GRUVORNA

Både Zinkgruvan och LKAB tillämpar endast lokalt framtagna riktlinjer för bergförstärkning utifrån egna utredningar. Något gemensamt regelverk inom gruvbranschen har inte påträffats i studien, därtill är bergförhållanden, djup och geometrier alltför platsunika.

Framförhållningen i produktionen är ca 10 år för Zinkgruvan och ca 20 år för LKAB. Det är korta livslängder på orterna. En snabb och säker produktion prioriteras. Därför utförs som regel systematisk bergförstärkning med bultar och sprutbetong.

Det har blivit allt vanligare med ett systematiskt tänkande kring arbetsmiljö och bergförstärkning.

8 Analys av utvalda anläggningar

Analys av bergprojekt i vattenkraftbranschen har utförts för ett urval av genomförda investeringar. Analysen har i så stor utsträckning som möjligt följt uppdragsbeskrivningens inriktning och frågeställningar, vilka har varit:

- Genomgång av investeringar i vattenkraftrelaterade bergprojekt som genomförts under senare år.
- Kartläggning av vilka kravställningar som har använts.
- I de fall branschpraxis för infrastrukturanläggningar har använts – hur har dessa inverkat på genomförandet av projektet?
- Bedömning av eventuella möjliga avsteg från branschpraxis för infrastrukturprojekt i vattenkraftrelaterade bergprojekt.

Det har i praktiken visat sig svårt att göra ett urval av relevanta projekt som utförts under de senaste tjugo åren. Tillgången på underlag har varit en begränsande faktor, vilket bedöms ha flera orsaker:

- Antalet genomförda bergprojekt i vattenkraftbranschen är få under de senaste åren (se Figur 1-1).
- Arkivsök för att hitta något äldre projekt, men som ändå skulle vara relevanta (uppskattningsvis 10-30 år sedan) är svårt då bergdelar från projekt ofta är mycket små i förhållande till andra typer av projekt i vattenkraftbranschen. Att söka relevant material blir därför mycket tidskrävande. Tidigare involverad personal är dessutom ofta inte kvar på företaget som genomförde projekten. I flera fall har även anläggningar bytt ägare varför spårbarheten i arkiven blivit svårare.
- Arkiverade handlingar från bergprojekt utgörs i allmänhet av relationshandlingar från utförda entreprenader i form av ritningar, tekniska beskrivningar och liknande. För att få en bredare och mer nyanserad bild av kravställningar behövs andra typer av dokumentation, såsom förfrågningsunderlag för konsultupphandlingar och entreprenader, där krav på projektering och genomförande redovisas. Sådana handlingar har i stort inte varit möjligt att finna i projekt som är arkiverade och avslutade.
- För att utröna vilka krav som sedan faktiskt uppfyllts och vilka krav och arbeten som varit kostsamma behövs ett underlag med projekterade mängder och uppföljning av faktiska mängder och kostnader från byggskedet. Ett sådant underlag kan möjligen erhållas från pågående projekt, eller möjligen från nära i tiden avslutade projekt med väl pålästa projektledare och/eller byggledare. Från arkivsök eller andra källor har dock denna information inte varit möjlig att finna.

Mot denna bakgrund bedöms frågeställningen i uppdragsbeskrivningen inte vara möjlig att fullt besvara inom ramen för detta projekt. Möjligen kan relevant information finnas, men den är i så fall avsevärt mer tidskrävande att ta fram än vad som ryms inom detta projekt. Projektets inriktning har därför justerats en aning och i stället för att fokusera enbart på referensprojekt genomförda under de senaste åren, har underlag som gått att finna för fyra olika referensprojekt från olika tidsperioder från 1960-talet och framåt analyserats.

Analysen får snarast ses som stickprov då omfattningen på underlag är starkt skiftande och möjligheten att följa upp vad som faktiskt kostat pengar kontra vilka krav som ställts inte är möjlig. Målsättningen med analysen är att det i den mån det är möjligt bedöma vilka kravställningar som tillämpats för entreprenadutföranden, hur kravställningen utvecklas med tiden och vilka konsekvenser detta kan antas ha i praktiken.

För att undvika att utmåla enskilda projekt och kraftstationsägare har valda referensprojekt anonymiserats. De fyra projekt som valts refereras som "1960-talet", "1970-talet", "1980-talet" och "2000-talet". Projekten beskrivs och redogörs för i separata avsnitt nedan.

Utöver de svenska projekten görs en kort utblick mot övriga världen där information ifrån ett vattenkraftsprojekt i Norge och ett i Panama belyses översiktligt.

8.1 1960-TALET

Studerat projekt från 1960-talet utgörs av ett nybyggnadsprojekt av en komplett vattenkraftstation i berg. Det underlag som finns tillgängligt från projektet är en "Material och arbetsbeskrivning" som utgör bilaga 5 i projektets entreprenadkontrakt. Material och arbetsbeskrivningen hänvisar till Bygg AMA 1960. Detta projekt är alltså beskrivet innan bergarbeten blev inkluderade i AMA (se kapitel 4.3). Material och arbetsbeskrivningen för bergrelaterade arbeten omfattar totalt 7 st A4-sidor.

Beskrivning innehåller i stort liknande kravställningar och arbeten som en modern AMA-beskrivning, men tonen är mer mot beskrivning av utförande i ord utan exakta mått och måttsatta begränsningar. Som exempel anges att:

"all sprängning ska utföras med försiktighet så att begränsningsytor blir så släta, jämna och täta som möjligt"

Samt ett annat exempel:

"Efter sprängning skola alla fria bergytor noggrant skrotas".

Liknande kravställningar finns även idag, men kompletteras normalt även med krav på mått som begränsar maximal avvikelse från teoretisk kontur, krav på maximalt hålavstånd, krav på utrustning för skrotning m m. Även om krav på exempelvis maximal borrhålsavvikelse finns beskrivet är bedömningen att utvecklingen har gått från ett större förtroende för entreprenörens kunnande till att snarare beskriva exakt vad som ska utföras för att uppnå en mer detaljstyrd kravställning. Ett exempel på att förtroendet för entreprenören var större på 60-talet är skrivelser likt:

"Kontursprängning skall ske efter en väl utarbetad metod och med hänsynstagande till bergsprängningsteknikens senaste rön."

En liknande skrivelse idag skulle anses vara inte kalkylerbar och inte AMA-mässig. Huruvida projektet verkligen utfördes enligt senaste rön och om dessa drev upp kostnaden är svårt att bedöma.

Bergförstärkning i projektet är beskrivet med endast ett fåtal meningar på mindre än en halv sida av beskrivningen.

”Omfattningen och utformningen av dylika arbeten bestämmas av byggherren”.

Beskrivningens omfattning avseende injektering är aningen mer omfattande än den för förstärkning, men andemeningen är att mycket beslutades på plats i samråd mellan entreprenör och byggherre. Det kan antas att detta krävde både god samverkan och teknisk kompetens närvarande på byggarbetsplatsen från båda parter.

Vissa kravställningar kopplat till förstärkning, injektering och inklädnad som är vanliga idag saknas helt i Material och arbetsbeskrivningen. Detta inkluderar bl a materialegenskaper för förstärkningsmaterial, samt provning och kontroll av egenskaper.

En av författarna till denna rapport har utfört besiktning av den studerade kraftstationen i närtid och utifrån detta kan det konstateras att bergutrymmena antagligen utfördes med mycket liten insats gällande bergförstärkning och injektering. Storskaligt har stabiliteten varit mycket god under de snart 60 år som anläggningen varit i drift, men underhållsprojekt har utförts i flera omgångar för att dels utföra förstärkningsarbeten för att säkra fria bergytor, främst från mindre blockutfall. I stort är flera stora bergytor fortfarande oförstärkta. Dels finns områden i anläggningen som har mycket inläckage av vatten, vilket lösts under åren med ett lapptäcke av olika metoder för lokal vattenavledning. Dessa system behöver underhållas och kompletteras löpande, och trots detta underhåll uppstår skador på golv och väggtor.

8.2 1970-TALET

Studerat projekt från 1970-talet utgörs av ett utbyggnadsprojekt i ett befintligt kraftverk, där befintliga aggregat kompletterades med ett ytterligare. Det underlag som finns tillgängligt från projektet är en teknisk beskrivning som totalt omfattar drygt 6 st A4-sidor med bergrelaterade kravställningar. Projektet är utfört i början av 70-talet och den beskrivningstext som studerats är därmed upprättad just innan bergarbeten blev inkluderade i AMA (se kapitel 4.3).

Eftersom projektet utfördes nära en befintlig anläggning finns krav på begränsning av vibrationer beskrivet. Åtgärder finns beskrivna i ett separat dokument med sprängningsanvisningar (ej återfunnet i arkiv), vilka troligen innebar åtminstone någon form av begränsning vid utförandet.

Andemeningen i beskrivningen är i övrigt mycket lik den från 1960-talet. Exempelvis:

”All sprängning skall ske enligt bergsprängningsteknikens senaste rön”.

Även i övrigt anges snarare beskrivande än i kontrollerbara mått och avgränsningar.

Gällande förstärkning anges även i detta projekt att förstärkningsval ska bestämmas av byggherren i samråd med kontrollanten. Det är oklart vad som avses med

”kontrollanten”, men troligen en sakkunnig oberoende part motsvarande det som idag skulle kallas teknikstöd i byggskedet. Förstärkningsarbetena är i övrigt något mer detaljerade jämfört med projektet från 1960-talet. Ett krav som anges på minsta sprutbetongtjocklek på 20 mm. Just detta är ett krav på ett allt för tunt sprutbetonglager, som idag påvisats orsaka beständighetsproblem (Nordström & Holmgren, 2009) i sprutbetongkonstruktioner.

Tekniska beskrivningen innehåller även materialkrav på bultstål, men likt projektet från 1960-talet saknas fortsatt krav på provning och kontroll för både förstärkning och injektering.

8.3 1980-TALET

Studerat projekt från 1980-talet utgörs av ett utbyggnadsprojekt i ett befintligt kraftverk, där befintligt aggregat kompletterades med ett ytterligare, dvs projektet är snarlikt exemplet från 1970-talet. Det underlag som finns tillgängligt från projektet är en ”Beskrivning avseende byggnadsarbeten” som utgör bilaga 01:6 i projektets entreprenadkontrakt. Beskrivningen hänvisar till AMA 83, vilket innebär att det nu finns tekniska krav i AMA som kan åberopas genom att koder för relevanta arbeten anges. Beskrivningen omfattar totalt 19 A4-sidor, varav endast ca 3 sidor beskriver bergrelaterade arbeten.

I och med att det nu finns ett referensverk (AMA 83) att hänvisa till anges inte alla krav i beskrivningen, utan endast de krav som behöver preciseras eller som är utöver AMA 83 anges. Grundtanken är att stommen ska finnas i referensverket och att relativt få tillägg ska behöva göras, något som med tanke på beskrivningens smala omfattning verkar ha fungerat väl. Vilka krav som framställs i referensverket AMA 83 är dock oklart (referensverket AMA 83 har ej studerats inom ramen för detta projekt).

I beskrivningen finns inte längre skrivelser av typen ”enligt senaste rön”, istället förekommer kravställningar som är mer lika dagens kravställningar, såsom bergrensningsklass.

Gällande bergförstärkning finns i princip liknande nivå på kravställning som 1970-talets projekt. Det anges kvalitetskrav på sprutbetong och bultar, men kravställning gällande kontroller och provning av egenskaper finns fortfarande inte. Gällande både förstärkning och injektering anges att

”Omfattning av förstärkningsarbeten/injektering bestäms i samråd mellan beställare och entreprenör under sprängningens utförande”.

Beslut kring faktiskt utförande lämnas med andra ord i stort till att beslutas på plats under byggskedet.

8.4 2000-TALET

Från 1980-talet och framåt är antalet bergprojekt i vattenkraftbranschen få. Det projekt som använts som senast aktuella för denna studie är ett pågående projekt med tillbyggnad av ett befintligt kraftverk. Eftersom projektet är pågående finns avse-

värt mer underlag att analysera jämfört med projekten från 1960-talet till 1980-talet. Följande material har studerats:

- Förfrågningsunderlag konsultuppdrag
- Designrapport bergförstärkning
- Tekniska krav injektering
- MKB inklusive bilaga teknisk beskrivning
- Brandskyddsbeskrivning
- Kontraktsförslag entreprenad
- AF-del (baserad på AMA AF 12)
- Teknisk beskrivning
- Kontrollprogram bergarbeten
- EHS-krav

Utöver studerade handlingar har även kontakter med projektledare, byggledare och projektörer i projektet tagits, vilket gett en del ytterligare förklaringar och insikter.

Utifrån förfrågningsunderlaget för konsultuppdraget framställs inga krav på att projekteringen ska följa något specifikt regelverk gällande bergprojekteringen. Det ställs heller inget specifikt krav på vilka delar bergprojekteringen ska omfatta, vilket märks i designrapport bergförstärkning där exempelvis injekteringsarbeten helt saknas. Därav finns en separat komplettering av projekteringen där Tekniska krav injektering beskrivs.

I designrapport bergförstärkning bygger den tekniska lösningen i stort på design kopplat till ett antal olika scenarion av geologiska förhållanden, där utförandet verifieras och anpassas under produktionen. Sammantaget kan förfarandet klassas in under dimensionering genom beräkningar och hävdvunna metoder, med observationsmetoden som komplement (enligt IEG rapport 5:2010, se kapitel 4.2). Förstärkningslösningar beskrivs med ett antal typförstärkningsklasser. Här kan noteras att även den förstärkningsklass som avses för bästa tänkbara bergförhållanden innebär att 50 mm sprutbetong och systematisk bultning utförs i tak. Detta kan anses som en minimiförstärkning, ett begrepp som förekommer inom väg- och järnvägsprojekt som genomförts under de senaste 20 åren. Det som avses är en förstärkning som utförs för att minska underhållsbehovet av tunneltak, samt ett minsta skydd mot nedfallande sten av arbetsmiljöskäl. Designsituationer som helt eller delvis hamnar utanför typförstärkningslösningarna behandlas inte alls och lämnas till produktionsskedet att lösas på plats.

Dokumentet tekniska krav injektering framställer likt designrapport bergförstärkning en typlösning för hur injekteringsarbetet ska genomföras, men lämnar öppet för anpassningar på plats i mer komplicerade passager. Tekniska krav injektering baseras i princip uteslutande på att uppnå krav ställda i projektets miljödöm, vilken är juridiskt bindande. Miljödomen baseras i sin tur på upprättad MKB (Miljökonsekvensbeskrivning) och därtill hörande teknisk beskrivning. I MKBn finns ett för projektet fördyrande antaganden som överförs till krav genom miljödomen. Det anges att små inläckage kan förväntas då bergytor i befintlig anläggning är relativt torra. Med grund i detta resonemang görs en jämförelse med en tunnel i ett infrastrukturprojekt i tätbebyggt storstadsområde där konsekvenserna av en

grundvattensänkning är mycket stora. Tunneln i storstadsområdet utförs med kontinuerlig förinjektering och det bedöms att det studerade vattenkraftsprojektets troligen får ett mindre inläckage än storstadstunneln. Detta har resulterat i ett förhållandevis hårt inläckagekrav som är hämtat från en omgivning som egentligen inte är relevant. I MKBn anges att inläckaget antas vara 5 l/min, 100 m tunnel. Detta har sedan förts vidare till injekteringskoden i den Tekniska Beskrivningen och blir således ett krav för entreprenaden. I förlängningen riskerar detta leda till onödigt höga kostnader för injektering. Vidare konstateras att själva miljödomen ingått som en bilaga till förfrågningsunderlaget, vilket normalt inte är fallet i entreprenader inom väg- och järnvägsbyggande.

Kontraktet med entreprenör för projektet är uppbyggt utifrån att entreprenaden ska utföras i samverkan, ett så kallat samverkanskontrakt. I övrigt framgår inga specifika kravställningar i kontraktet. AF-delen (Administrativa Föreskrifter) för upphandlingen visar däremot tydligt att det är mängdförteckning och teknisk beskrivning (dvs enligt AMA) som utgör kravdokument för entreprenören att förhålla sig till.

En intressant aspekt som bör kommenteras är beställarens EHS – krav (Environment, Health, Safety), som också ingår som en del i kontraktet. EHS-kraven i sig är ett område där kravbilden ändrats avsevärt sedan merparten av Sveriges vattenkraftverk byggdes. Utvecklingen har gått mot att förtydliga arbetet med miljö- och arbetsmiljöfrågor. Exempelvis har rollen byggarbetsmiljösamordnare (BAS-U/P) introducerats, vilket genomfördes så sent som 2009 (Regeringskansliet, 2008). Även miljöfrågor har ett generellt högre fokus. Denna typ av mjukare frågor grundas i lagkrav som inte kan förbises. Det krävs givetvis resurser och arbetsinsats för att uppfylla de krav som ställs även inom detta området, men med den goda ambitionen att minimera arbetsplatsolyckor och skadlig miljöpåverkan.

Den tekniska beskrivningen för projektet är upprättad enligt AMA Anläggning 13, AMA Hus 14, AMA VSS & Kyl 16 och AMA El 16. Bergrelaterade arbeten beskrivs uteslutande enligt AMA Anläggning 13. Det kan här betonats att den tekniska beskrivningen delvis setts som ett underlag för upphandling och att det utifrån samverkansmålet i projektet har ansetts enkelt att ändra krav i teknisk beskrivning under entreprenadens gång utan att det föranleder stora kostnader. Utifrån detta utfördes inga slutrevideringar i den tekniska beskrivningen inför uppstart av byggarbetena.

Ett exempel på ändring under projektets gång är kontroll och provning. I och med att AMA-koder för bergförstärkning med bultar och sprutbetong åberopas ska ett omfattande program för provning av egenskaper utföras, dels som förundersökning och dels som fortlöpande provning (jämför Kopplingen till Eurokod, se kapitel 4.2). Den tekniska beskrivningen har en lite större brist i att inte behandla injektering i tillräcklig omfattning. Krav kopplade till injektering framlades därför i ett separat PM "Tekniska krav injektering" som kompletterades till förfrågningsunderlaget i ett sent skede. Sammantaget innebär detta att krav kopplade till bergarbeten framställs i ett flertal dokument; AMA Anläggning 13, Teknisk Beskrivning, PM Tekniska krav injektering och även designrapport bergförstärkning. Kravställningen för kontroller upplevdes under inledningen av projektet därför som både spretig och för omfattande. Ett beslut togs därför att sammanfatta all

provning i ett kontrollprogram, samt även dra ner ambitionsnivån och omfattningen på vissa provningar. Viss provning ströks helt, t ex provning av ingjutning av bultar med boltometer.

En del i arbetscykeln vid tunneldrivning är kontroll av bergförutsättningar (bergkartering), som ska utföras löpande allt eftersom berg schaktas ut. Baserat på karteringen beslutas omfattningen av bergförstärkning i tunneln. Kravställningen avseende bergkartering som beskrivs i Teknisk Beskrivning är mycket omfattande och är troligen hämtade från rutiner vid infrastrukturprojekt för väg och järnväg. Rutinen för bergkartering riskerar att bli kostsam om förberedelser och ställtid vid arbetet blir omfattande, samt problematiken och kostnaden för att ha rätt kompetens för att utföra karteringen kontinuerligt tillgänglig på byggarbetsplatsen. I praktiken har rutinen i Teknisk beskrivning inte följts. Bergkartering har utförts, men inte alltid under optimala förhållanden och ibland har merkostnaden för en något konservativ förstärkningsdesign accepterats i stället för den ställtid det skulle kräva att kartera och sedan optimera förstärkningsvalet.

Under kod CDC i Teknisk Beskrivning anges krav på bergförankring. Här anges att förstärkningen ska utföras med teknisk livslängd motsvarande TLK 120 år enligt TRVK Tunnel 11. Detta krav är relativt ambitiöst, men kostnadsmässigt för projektet bedöms det inte ha någon stor påverkan. I praktiken har bultning utförts med vanligt obehandlat stål, med tillägget att bultbrickor täcksprutas för att uppnå livslängdskravet. Detta utförande tillämpas vanligen inte i dagens väg- och järnvägsprojekt, där den vanligaste lösningen är duplexbehandlade bultar. Den lösning som trots allt valts i projektet har dock goda förutsättningar att få en mycket god beständighet och klara uppsatt krav, förutsatt att ingjutningarnas kvalitet blivit bra. I praktiken har många bulthål varit vattenförande, vilket gör att injektering och omborrning krävs enligt AMA Anläggning. För att komma runt detta problem har beslut att använda Thorbolt (injekteringsbara bultar) tagits, vilket förenklar hanteringen av läckande bulthål avsevärt. Thorbolt är dock inte en bulttyp som uppfyller Trafikverkets krav för att uppnå 120 års livslängd, dvs ett avsteg görs jämfört med kraven på livslängd enligt Teknisk Beskrivning.

Under kod CDC anges även att tekniska konstruktioner ska utföras och kontrolleras i geoteknisk kategori (GK) 2 eller 3 enligt TRVK Tunnel 11 samt områden angivna i designrapport bergförstärkning. GK3 tillämpas för komplexa och "icke standardmässiga" geotekniska arbeten, och innebär i praktiken en mer detaljerad projektering, utökad kontroll av tekniska lösningar och utökad omfattning på uppföljning och kontroller, se även kapitel 4.2. TRVK Tunnel 11 anger dock bara att GK2/3 ska anges för ett Trafikutrymme, vilket projektet i fråga inte bör klassas som. I praktiken har följaktligen inte rutiner för GK3 tillämpats i projektet, vilket troligtvis varit kostnadsbesparande.

Slutligen har projektets brandskyddsbeskrivning studerats. Detta dokument har tagits fram med beaktande av en lång rad regelverk:

- Plan- och bygglag (2010:900), PBL.
- Plan- och byggförordning (2011:338), PBF.
- Boverkets Byggregler, BBR 24 (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2016:13).
- Boverkets Allmänna råd om analytisk dimensionering BBRAD 3 (BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12).
- Boverkets Allmänna råd (2013:11) om brandbelastning BBRBE.
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktions-standarder (eurokoder) EKS 9 (BFS 2011:10 med ändringar t.o.m. 2013:10).
- Krav Tunnelbyggande, TDOK 2016:0231, Trafikverket.
- Råd Tunnelbyggande, TDOK 2016:0232, Trafikverket.
- TSFS 2015:27, Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar m m.
- Lag (2003:778) om skydd mot olyckor.
- Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning (AFS 2009:2 med ändringar t.o.m. 2013:03).
- AFS 2008:13 Arbetsmiljöverkets föreskrifter om skyltar och signaler.

Flera av regelverken är av status lagar och måste följas, men en intressant aspekt är att tunneln betraktats som en vägtunnel och därmed har Trafikverkets krav och råd tillämpats. I och med att det är bilar och fordon som kommer att trafikera tunneln i detta fall, även om det inte är en allmän väg, kan det möjligen anses rimligt att Trafikverkets regelverk tillämpas. Därigenom säkerställs att gällande lagstiftning uppfylls, oavsett om tunneln är en vägtunnel eller ej. Möjligen skulle det gå att betrakta tunneln som något annat än en vägtunnel och bortse från Trafikverkets krav. Med ett sådant tillvägagångssätt skulle det möjligen gå att förenkla branddimensioneringen och tekniska lösningar för brandskydd, men kravuppfyllnad med hänsyn till gällande lagar skulle bli betydligt svårare att påvisa då dessa likväl måste följas.

8.5 INTERNATIONELL UTBLICK

Utöver de svenska referensprojekten har en kort utblick mot bergrelaterade vattenkraftsprojekt i andra länder utförts. De projekt där det varit möjligt att inhämta underlag har utförts i Norge och Panama. Ambitionen vid studien av de icke svenska projekten har varit att se vilka betydande likheter och skillnader som finns jämfört med svenska projekt. När det gäller kravställningar i Sverige är det oftast enklare att förstå och spåra bakgrunden till dessa, medan bakgrunden till beslut och krav i andra länder kan vara mer svårtolkad.

8.5.1 Norskt projekt

Studerat projekt i Norge utgörs av ett tillbyggnadsprojekt i ett befintligt kraftverk. Den tillbyggda delen planeras att tas i drift under 2020. Det material som har kunnat insamlas och studeras är:

- Arbetsomfang och del av Arbetsbeskrivelse som berör bergarbeten (8 sidor).
- Översiktliga skisser av planerad anläggning.
- Mengdeliste, som även innehåller teknisk specifikation (44 sidor)

Utöver erhållet underlag har en del ytterligare uppgifter kring projektet delgivits via diskussion med projektets byggherre.

Dokumentet Arbetsomfang och de översiktliga skisserna ger en allmän orientering av projektet och innehåller egentligen inga tekniska kravställningar, utan mer bestämmelser av praktisk karaktär.

I Arbetsbeskrivelsen förtydligas ytterligare kring en del praktikaliteter såsom etableringsytor och upplagsytor, men den innehåller även en del intressanta kravställningar som normalt inte tillämpas i Sverige. Här anges för olika delar av de planerade tunnelanläggningarna en minsta fri area, alternativt fri bredd och höjd, i de bergutrymmen som ska sprängas ut. Därutöver har entreprenören möjlighet att anpassa berguttaget till den maskinpark och metodik som finns till dennes förfogande. Motsvarande gäller i praktiken även i Sverige, dvs att entreprenören inom vissa gränser har möjlighet att ta ut en större tunnel än vad som föreskrivs. I Sverige läggs dock mer projekteringstid på att projektspecifikt beskriva de planerade tunnelarnas layout med uppritade sektioner i modeller eller på ritning. Den norska varianten skulle här möjligen kunna vara en kostnadsbesparande metod i främst projekteringsskedet.

Projektets Mengdeliste kan jämföras med det som i Sverige kallas "Mängdförteckning med beskrivande text", dvs ett dokument som anger både tekniska krav och mängder. I Mengdelisten tas berg- och förstärkningsarbeten upp och på det stora hela är många av kravställningarna likartade med vad som anges i Sverige. Nedan är exempel som avviker från ett mer typiskt svenskt förfarande, eller som på annat sätt är värda att belysa.

"Opplysninger som er gitt om geologi er kun av orienterende art og gir ikke grunnlag for justeringer av pris eller tid."

Att föra över kostnaden och risken för avvikelser i de geologiska förhållandena är en mycket svår avvägning. I vissa fall, där de geologiska förhållandena är mycket väl undersökta, eller där den geologiska miljön i allmänhet är känd som homogen, kan detta vara ett rimligt övervägande att göra i en upphandling. Det vanliga vid byggande i svensk berggrund är dock att avvikelser ofta förekommer trots väl undersökt berggrund, och att en entreprenör i så fall måste ta höjd för denna risk i sin kalkyl, alternativt spekulera. Efter kontakt med beställaren för projektet har det klargjorts att denna skrivelse inte borde ha funnits med och att det i praktiken inte var förenligt med den norska standarden för kontraktssupprättande (NS8405).

"Entreprenøren er ansvarlig for å sette opp vibrationsmålere og for driften av disse."

I Sverige är det oftast på beställarens ansvar att upphandla vibrationsmätning, i regel från en oberoende part som inte i övrigt är inblandad i projektering eller entreprenad. Att överlåta ansvaret till entreprenören gör att kontrollen av vibrationer snarare blir en egenkontroll än en oberoende kontroll, vilket under vissa omständigheter antagligen är både ett enklare och mer kostnadseffektivt förfarande än extern upphandling.

Jämfört med en svensk Teknisk Beskrivning framställs inte lika detaljerade krav avseende materialkrav, utförande och provning i den norska Mengdelisten. Det generella intrycket är att metodiken till viss del mer liknar de lite äldre svenska projekten som studerats ovan – att utförande ska anpassas och överenskommas mellan beställare och entreprenör på plats. Alternativt hänvisas till externa standarder eller regelverk. Ett exempel på detta gäller provning av sprutbetong:

"Prøving og kontroll skal generelt tilfredstille kravene beskrevet i Norsk Betongforenings Publikasjon nr 7."

För motsvarande provning av sprutbetong i Sverige är kraven på provning beskrivna direkt i AMA Anläggning. Om den norska varianten är kostnadsbesparande eller inte är svårt att säga då Norsk Betongforenings Publikasjon nr 7 inte har studerats, men det upplägg som valts med hänvisning till en extern källa ger i alla fall en större frihet att tillämpa en metodik för provning som är projektspecifik.

8.5.2 Panama

Det underlag som vi har fått ta del av är Owner's Technical Requirements (OTR) för ett Hydroelectric Project:

- Part B – Design Requirements and Criteria (175 sid).
- Part C – Construction Requirements (121 sid).

Dokumentet är skrivna på engelska, vilket indikerar att byggherren har vänt sig till den internationella marknaden med förfrågan, då det officiella språket i Panama är spanska.

The EPC Contractor shall prepare the Basic and Detailed Design of the Hydroelectric Project in accordance with international criteria and standards as outlined in this Part B and the Environmental Impact Assessment (EIA) for the Project. The EPC Contractor shall perform all additional field and laboratory investigations needed to fulfill the design and construction requirements given in Parts B and C.

All design and construction work, including the materials used and methods applied, shall be in accordance with one or more internationally recognized standards of practice. By definition, such standards comprise organizations such as the ASTM (American Society for Testing and Materials), ASME (American Society of Mechanical Engineers), IEEE (International Institute of Electrical and Electronic Engineers), AWS (American Welding Society), ANSI (American National Standards Institute), IEC (International Electrotechnical Commission), AISC (American Institute of Steel Construction), ACI (American Concrete Institute), ASCE (American Society of Civil Engineers), DIN (Deutsches Institut für Normung), BS (British Standard), EN (European Standard), UBC (Uniform Building

Code), Building Officials and Code Administrators International (BOCA), Panamanian Building Code, or equivalent.

The system of measurement to be used in the Project shall be in SI units. Angles shall be given in the 360-degree system.

Part B- Design Requirements and Criteria är indelat i följande elva kapitel:

- 1. Introduction.*
- 2. Capacity, Efficiencies and other Guarantees*
- 3. Geology and Geotechnical Design Criteria*
- 4. Hydrologic and Hydraulic Design Criteria*
- 5. Civil and Structural Design Criteria*
- 6. Access Road and Bridge Design Criteria*
- 7. Mechanical Equipment Design Criteria*
- 8. Electrical System Design Criteria*
- 9. Control and Communications Systems Requirements*
- 10. Transmission and Interconnection Requirements*
- 11. Environmental Works*

De olika Design Criteria och ingående material beskrivs väldigt detaljerat samt vilka olika lastfall som ska tas hänsyn till m m. Anledningen till detta är att det räknas på olika sätt i olika delar av världen. I detta projekt är förmodligen ambitionen att de potentiella anbudsgivarna ska räkna på samma sätt oavsett var i världen de kommer ifrån.

Part C- Construction Requirements är indelat i följande fjorton kapitel:

- 1. General Construction Requirements*
- 2. Diversion and Control of Water during Construction*
- 3. Foundation Preparation*
- 4. Drilling and Grouting*
- 5. Excavation Work*
- 6. Rock Reinforcement*
- 7. Shotcrete*
- 8. Fills*
- 9. Road Work*

- 10. *Concrete Work*
- 11. *Steel Work*
- 12. *Masonry Work*
- 13. *Mechanical Fabrication and Installation*
- 14. *Electrical Installations*

The construction requirements stated in this Part C are the minimum requirements for the construction of the Project. The EPC Contractor may propose changes to the requirements stated herein, but all changes proposed by the EPC Contractor must be fully documented and approved by the Owner prior to their implementation.

Även i denna Part C beskrivs arbete, material, tester, provningar och maskiner väldigt detaljerat.

Det blir så här många sidor när det inte har tillämpats något liknande det svenska AMA-systemet. Fördelen med ett standardiserat system för kravställning med kvalitetssäkrade kravtexter är att det inte behöver upprepas i en teknisk beskrivning.

8.6 REFLEKTIONER RÖRANDE REFERENSPROJEKTSTUDIE

Även om de projektunderlag som kunnat inhämtas från 1960-, 1970-, och 1980-talet är klart smalare än det från 2000-talet framstår skillnaderna som betydande. Skillnaderna speglas i stort i utvecklingen i tekniska beskrivningar enligt AMA (se kap 4.3), där en snabb utveckling av omfattningen sker under framförallt 1990-talet. I många aspekter speglar också den tekniska mognaden hur omfattande handlingar och kravställning som framställs. Detta gäller t ex materialkrav och krav på materialens livslängd (se kap 5.3). Med ökad förståelse för byggmaterials egenskaper över tid har även behov av provmetoder, kontroller och tester utvecklats. Även provmetoderna i sig har utvecklats och i många fall även byggmaterialen.

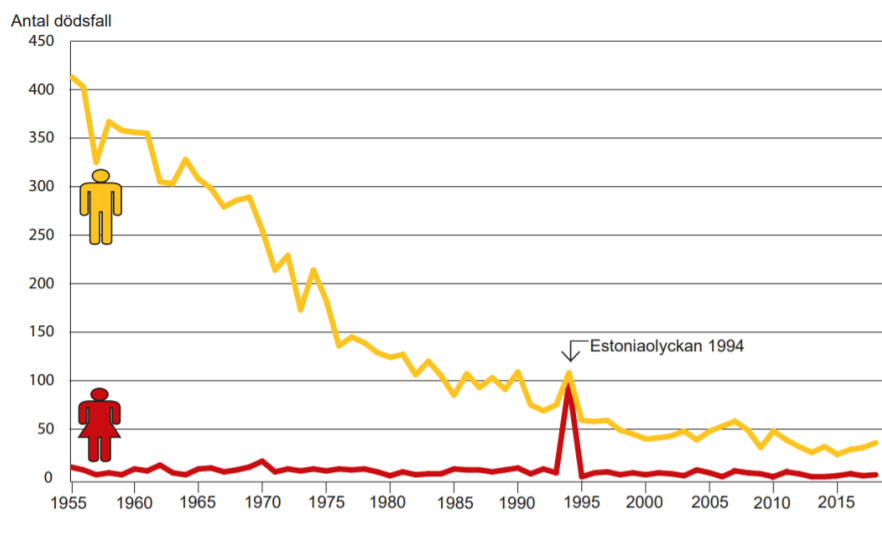
Den idag kraftigt dominerande fiberarmerade sprutbetongen introducerades exempelvis under 1970-talet (Hoek, 2007) och följaktligen är få kraftverk i Sverige förstärkta med den metoden. Materialegenskaper, provningar och utförandekrav för fiberarmerad sprutbetong är därför något som tillkommit och även ändrats och utvecklats väsentligt de senaste 30-40 åren.

Den generella medvetenheten om miljöpåverkan och arbetsmiljö har också förändrats kraftigt. Synen på ett människolivets värde har ändrat sig avsevärt de senaste 100 åren och även kunskapen och värderingen av miljön har ändrats. I kravperspektivet har begreppet MKB – Miljökonsekvensbeskrivning etablerats under 1990-talet, vilket i förlängningen lett till en mer omfattande kravställning för att uppnå ställda miljökrav, något det studerade projektet från 2000-talet tydligt visar. Även de ökade kraven på arbetsmiljön märks tydligt i kravställningarna från studerat projekt från 2000-talet, som exempelvis krav på brandskydd.

De krav som tillkommit kan så klart anses kostnadsdrivande, men det måste även vägas mot vad det i praktiken resulterar i. Arbetsmiljön har förbättrats avsevärt och exempelvis dödsolyckor i arbetet har minskat kraftigt sedan mitten av 1900-

talet, se Figur 8-1. För att uppnå den minskningen har krav i olika former införts som minskar de risker som finns förknippat med bygga i berg.

Dödsolyckor i arbetet 1955-2018 efter kön. Arbetstagare



Figur 8-1. Utveckling av dödsolyckor i arbetet. Källa: Arbetsmiljöverket (<https://www.av.se/global-assets/filer/statistik/arbetsmiljostatistik-dödsolyckor-i-arbetet-kon-1955-2018.pdf>).

För de tunnlar som byggdes under 1980-talet och tidigare är utförande av bergförstärkning start kopplat till observationer och överenskommelser på plats. I många fall är förstärkning endast utförd som selektiv bultning, efter att tunnlar handskrotats. Maskinell skrotning och ytförstärkning med fiberarmerad sprutbetong är exempel på metoder som inte fanns tillgänglig för de första kraftverken som byggdes i Sverige och kompletteringar i efterhand har huvudsakligen utförts med nät snarare än sprutbetong. Det kan utifrån detta ses som en onödig kostnad att tillämpa en minimiförstärkning, likt vad som beskrivs i referensprojektet för 2000-talet. Tunnlarna som byggdes för snart 100 år sedan står upp ändå – utan maskinskrötning, rostskyddade bultar och sprutbetong.

Landvinningarna inom arbetsmiljöarbete och förståelsen för underhållskonsekvenser är dock annorlunda idag. I väg- och järnvägstunnlar accepteras idag inte risken att sten kan falla ner ur taket, hur liten den risken än må vara. I ett vattenkraftverk vistas betydligt färre människor, möjligen kan en högre risknivå accepteras utifrån detta? Det är dock en svår avvägning att göra då risken för bergutfall är svår att kvantifiera, samtidigt som gällande arbetsmiljölagstiftning (AFS 2010:1) är tydlig med att förstärkning ska utföras för att förhindra ras och att mekanisk skrotning ska eftersträvas.

Även injekteringsarbeten har utvecklats mycket från tiden då huvuddelen av Sveriges vattenkraftverk byggdes. Exempelvis antogs under 1970-talet att den minsta sprickvidd som kunde tätas var 500 µm, men med dagens teknik är det möjligt att täta sprickor som är ca 10 ggr mindre – ner till 50 µm (Erikson & Stille, 2005).

Miljödomar med begränsningar av hur många liter grundvatten per minut som får läcka in togs antagligen inte fram för de vattenkraftverk som byggdes i Sverige under 1900-talet. Injektering utfördes snarare av byggbarhetsskäl för att reducera lokalt kraftiga grundvattenflöden. Under 1900-talets första hälft utfördes antagligen ingen eller väldigt lite injektering, beroende på att tekniken inte var tillräckligt utvecklad och etablerad.

En reflektion från projektet från 2000-talet är att vissa kravställningar bortses ifrån när det väl kommer till kritan. I ett samverkansprojekt där inblandade parter kör med öppna böcker kan det fungera att löpande stryka och justera krav, men i en mer traditionell generalentreprenad eller totalentreprenad skulle det sannolikt vara avsevärt viktigare att kravbilden framställs på en mer rätt och rimlig nivå från start för att undvika omfattande ÄTA (Ändringar Tillägg Avgående). Ett symptom som framgår är att många kontroller, metoder och krav hämtats från projekt inom Trafikverkets försorg och har troligen delvis kopierats utan eftertanke. Väl inne i produktionsskedet har nödvändigheten i flera av kraven sedan ifrågasatts och ändrats.

Tillämpning av geoteknisk kategori är en frågeställning som dykt upp under 2000-talet. Hanteringen är svårtolkad, det är oklart om tillämpning av geoteknisk kategori (GK) är något som måste tillämpas i ett bergbyggnadsprojekt, se kapitel 4.2. Att hänföra delar av projekt till GK3 kan vara högst rimligt, speciellt då de geotekniska riskerna är stora. Det kräver dock en beställare som är van vid frågeställningen och som tillsammans med projekteringsorganisationen för respektive projekt kan definiera vad detta rent praktiskt innebär. Att endast hänvisa till Trafikverkets regelverk är i detta fallet långt ifrån tillräckligt, då det dels är snårigt att bedöma hur regelverk ska tillämpas och dels finns en avsikt att beställare och projektör ska samverka i att framställa en rimlig avgränsning av GK3-områden.

I vissa fall kan det vara fördel att följa ett regelverk likt krav tunnelbyggande TRVK Tunnel 11 i vissa frågor, exempelvis brandskydd. För brandskydd ger Trafikverkets kravbild en slags vägledning för vad som krävs för att uppfylla gällande lagstiftning. Om alternativet är att bryta ner respektive lag inom området för att skapa en kravbild som ska gälla specifikt för ett projekt kan det bli tidsödande och kostsamt, även om den slutliga brandskyddslösningen skulle kunna bli enklare.

Brandskyddsbeskrivningen från projektet från 2000-talet visar tydligt de många lagar och förordningar som behöver tillgodoses för detta syfte. Motsvarande gäller exempelvis även åberopande av AMA-koder i Tekniska Beskrivningar. AMA-koder innehåller ofta hänvisade standarder och beprövade lösningar, vilka i vissa fall kan vara kostsamma. Men att stryka koder eller texter i AMA för att förenkla och spara pengar kan vara riskfyllt i och med att det ofta är svårt och komplext att förstå hela innebörden av hänvisningar till exempelvis standarder. För många ändringar av AMA-texter gör det till slut svårtolkat att veta vad som faktiskt gäller och risken finns att krav som krävs för uppfyllande av gällande lagar faller bort.

Studerat projekt i Norge ger en bild av att kravställningarna är något förenklade jämfört med det svenska projektet från 2000-talet. Exempelvis avseende krav på fri area, där det i Norge föreskrivs en enklare form av projektering där endast minimimått anges. Även norska projekt på infrastruktursidan riktade mot väg- och järn-

väg är ofta enklare beskrivna än projekt i Sverige. Som exempel tillämpas vanligen standardiserade typsektioner för bergtunnlar för väg och järnväg i avsevärt större omfattning i Norge jämfört med Sverige. I övrigt är många kravställningar kopplat till bergarbeten snarlika kravställningarna i Sverige. Det erhållna underlaget från det norska projektet är dock inte lika omfattande som det svenska projektet från 2000-talet och det är därför svårt att fullt ut kunna jämföra. Det bedöms även att det norska projektet är mindre och har lägre komplexitet än det svenska projektet från 2000-talet.

9 Diskussion och analys

Det finns inga kravdokument eller andra sammanställningar som behandlar alla för bergbyggande relevanta frågeställningar ur ett perspektiv som inte är vinklat mot en specifik verksamhet. Dagens projekt inom väg- och järnväg utgörs av ett nätverk av frågeställningar som vävs samman. Olika typer av arbeten har olika kravdokument och regler att förhålla sig till.

Centralt för en bergbyggare finns bergteknik och bergmekanik, men för ett bergtunnelprojekt ska en rad andra frågor beaktas. Tätning och injektering med koppling till miljö och omgivningspåverkan, tunnelinklädnad, klimatfrågor, säkerhet vid användande, brandskydd, tekniska installationer och underhållsaspekter är några av de områden som har stor påverkan på hur en berganläggning ska planeras och utföras, och har därigenom även stor påverkan på kostnadsbilden. Många av dessa frågor fanns inte på agendan under större delen av 1900-talet, då merparten av Sveriges vattenkraftverk byggdes.

Denna rapport gör inte anspråk på att med säkerhet peka ut vilka de kostnadsdrivande faktorerna för ett bergbyggnadsprojekt i vattenkraftbranschen är, därtill är de projektspecifika förutsättningarna allt för avgörande. Men förhoppningsvis ger rapporten ett flertal ledtrådar till områden att vara vaksam kring baserat på erfarenheter av andra kravställare och projekt inom väg- och järnväg. Förhoppningsvis ges också en förklaring till varför dagens bergbyggande framstår som kostsamt och komplicerat jämfört med alla de undermarksutrymmen som redan finns för vattenkraftsyften i Sverige.

9.1 KRAVSTÄLLNING INOM BERGOMRÅDET

Bortsett från gruvindustrin är den idag dominerande byggherren för bergtunnlar i Sverige Trafikverket. Trafikverket planerar och bygger anläggningar på stora områden mark som de ursprungligen inte äger. Detta innebär att Trafikverket behöver utreda behov av markanspråk, motivera detta och även beskriva konsekvenser för omgivningen i samband med byggnation mycket grundligt. Som statlig byggherre lyder dessutom Trafikverket under offentlighetsprincipen och LOU (Lagen om Offentlig Upphandling). Detta gör att nivån på utredningar och projektering, samt i förlängningen upphandling och genomförande måste vara väl dokumenterat, motiverat och kontrollerat. Mot denna bakgrund ter sig tillämpning av ett kravdokument som Krav Tunnelbyggande som rimligt.

För en vattenkraftanläggning där exempelvis en ombyggnad eller tillbyggnad ska uppföras sker istället arbete sannolikt inom ett område som byggherren redan äger. Detta kräver sannolikt en mindre projekteringsinsats då nyttjande av mark inte behöver motiveras i samma omfattning. Detta måste rimligen beaktas om kravdokument som Krav Tunnelbyggande ska användas. Flera delar av Krav Tunnelbyggande kan dock vara relevant att tillämpa även för vattenkraftbranschen. Exempelvis kravställningar rörande val av dimensioneringssituationer och metoder och hur verifiering ska utföras av bergkonstruktioner. Det gäller bara att det finns insikt att kraven ska tillämpas för ett annat syfte än väg och järnväg.

Exempelvis är vägar som finns i vattenkraftanläggningar, såsom tillfartstunnlar, inte att betrakta som allmän väg, vilket gör att t ex krav på tunnelmiljö, säkerhet och installationer i Krav Tunnelbyggande inte är rimliga att tillämpa rakt av. Krav Tunnelbyggande ska även täcka in dimensioneringssituationer där komplexa tunnelsystem ska byggas i tätbebyggt område, vilket gör att kraven på dokumentation och omfattning av utredningar blir avsevärt större än vad som är relevant för ett vattenbyggnadsprojekt.

En påläst beställare och konsult har möjlighet att peka ut tillämpbara delar av Krav Tunnelbyggande och avgränsa dessa till en för vattenkraftändamålet rimlig nivå. Risken finns dock att en mindre påläst beställare åberopar att Krav Tunnelbyggande ska följas i sin helhet och att en konsult med bakgrund inom infrastrukturbyggande inom väg och järnväg skjuter över målet i designarbetet, alternativt att viktiga aspekter som är specifika för vattenkraftanläggningar förbises. Detta riskerar leda till dels en dyr projektering, dels ett dyrt utförande och en överdimensionerad anläggning. Kopplat till detta finns en ytterligare potentiell begränsning med de regelverk, kravdokument och handböcker som tas upp i denna rapport. Eftersom de skrivits för väg- och järnväg omfattar de inte den begreppsvärld som normalt gäller i en vattenkraftanläggning. En tänkbar uppdelning i exempelvis ett vattenkraftverk är tillfartsvägar, driftutrymmen och vattenvägar. Det hålls för sannolikt att kravbilden för dessa olika delar bör vara olika, exempelvis bör kraven för en utloppstunnel vara lägre än en maskinsal. Hur exempelvis Krav Tunnelbyggande skulle tillämpas för att särskilja olika utrymmen i ett vattenkraftverk är inte självklart. Det kan även tänkas finnas belastningsfall och bergmekaniska frågeställningar som inte behandlas i Trafikverkets regelverk. Exempelvis effekter av vattentryck och strömmande vatten.

I Trafikverkets publikation 2019:062 "Projektering av bergkonstruktioner" förklaras Trafikverkets ambition att genom sitt kravställande få så kostnadseffektiva berganläggningar som möjligt sett över anläggningarnas livstid, se Figur 5-1. Trafikverket har här under en lång tid insett kostnaden av omfattande underhåll och har anpassat sin kravnivå i förhållande till avsedd livslängd. Skillnaden i vattenkraftbranschen jämfört med Trafikverket är att det inte finns någon branschstandard för vad den avsedda livslängden för ett vattenkraftverk ska vara. Många vattenkraftverk är dessutom byggda långt innan begreppet Teknisk Livslängsklass (TLK) etablerades. Detta är problematiskt för branschen, både för underhållsprojekt av befintliga vattenkraftverk och ny- och tillbyggnad.

I de äldre tekniska beskrivningarna som studerats i detta projekt anges i flera fall att utförande ska vara "enligt senaste tekniska rön". De senaste tekniska rönen har sedan 1980-talet dels utvecklats och dels dokumenterats. Mycket av det som tidigare samråddes på plats mellan byggherre och entreprenör finns idag beskrivet i detalj. Praxis motsvaras idag exempelvis av krav i AMA Anläggnings, som i och med att den kommer ut i ny version ca vart tredje år löpande uppdateras enligt de senaste rönen. Ett annat exempel på praxis är Trafikverkets "Projektering av bergkonstruktioner" där kunskap och erfarenheter om projektering av bergkonstruktioner finns samlad.

En annan kraftig påverkan på byggandet i sin helhet är Sveriges medlemskap i EU och den regelflora och standardisering som vi därigenom ska tillämpa i Sverige.

Häri innefattas t ex Eurokoderna, vilka för bergbyggande fortfarande ses med viss skepsis. IEG Rapport 5:2010 är dock ett steg mot att praktiskt tillämpa Eurokoderna även inom bergbyggande och en framtidsspaning är att Eurokoderna sannolikt kommer att bli än mer relevanta.

Byggandet i berg måste utöver de rena bergbyggnadsfrågorna idag även ta i beaktande en rad andra frågor som tidigare haft avsevärt mindre betydelse. Exempelvis miljöfrågor av olika slag och arbetsmiljöfrågor. Kopplat till detta finns en mängd lagar och regler där flera av de kravdokument som studerats i denna rapport kan ses som ett hjälpmedel för att uppfylla dessa. Problematiken framstår likväl allt tydligare att det är svårt att utan eftertanke tillämpa dessa regelverk för vattenkraftbranschen utan att riskera onödig kostnadspåverkan.

9.2 KRAV SOM KAN VARA KOSTNADSDRIVANDE

Det kan diskuteras när ett krav blir kostnadsdrivande. I många av Sveriges vattenkraftanläggningar har förstärkningsmaterial använts som har dåligt motstånd mot korrosion, vilket idag i vissa anläggningar ger ett stort behov att ersätta och förnya tidigare utförd bergförstärkning. Att detta sker är inte märkligt, på den tiden anläggningarna byggdes fanns inte andra material att tillgå och förstärkningsåtgärdernas livslängd var antagligen inte en prioriterad fråga. Idag finns däremot möjligheten att välja material som har en avsevärt bättre beständighet, framförallt gällande olika typer av stål.

Nedan diskuteras några specifika områden där kostnadspåverkan i ett bergbyggnadsprojekt kan vara betydande beroende på hur frågorna behandlas.

9.2.1 Inläckagekrav - MKB kopplat till miljödom

En betydande kostnad vid tunnelbyggande är tätning med hjälp av injektering. Om det är möjligt att motivera ett stort eller obegränsat inflöde till tunneln är detta något som avsevärt kan minska injekteringsbehovet och kostnaden för injektering. Samtidigt måste det övervägas vilka övriga konsekvenser ett ökat inflöde får. Kan inläckande vatten hanteras rationellt? Vilken blir påverkan på bergschakt och kvalitet på bergförstärkningen – fler sprutbetongsläpp, urspolning av bultbruk och sprängämne, mer dräner? Försämrar arbetsmiljön? Det bör därför undersökas hur stora inflöden som kan tänkas uppstå baserat på undersökningar innan beslut fattas. I längden bör det även övervägas vilket underhållsbehov som uppstår. Erfarenheten från exempelvis järnvägstunnlar med insprutade dränmattor för vattenavledning är att ca 70 % av underhållskostnaden har sitt ursprung i olika åtgärder för vattenhantering.

I ett projekteringsskede är det viktigt att faktorerna ovan tas hänsyn till, men även att den omgivningspåverkan som beskrivs är välutredd och rimlig, och att påverkanskrav inte ställs hårdare än nödvändigt. Förutsättningarna för ett utförande sätts i och med miljödomen tidigt i ett projekt och möjligheterna till att kostnadsoptimera i senare skeden kommer att vara begränsade av miljödomen. En nyckel för att lyckas med detta är exempelvis att relevanta förundersökningar utförs och analyseras som underlag till en väl underbyggd MKB.

Faktum är dock att det egentligen inte finns något som säger att kraven på inläckage för entreprenaden måste vara exakt enligt miljödomen. Ett strategiskt val för en byggherre kan vara att välja att ställa upp ett något hårdare krav på inläckage jämfört mot entreprenören för att ha en viss buffert jämfört mot miljödomen, och därmed ha lite marginal. Det förutsätter dock att miljödomen från början inte är för hård.

9.2.2 Materialkrav på bergförstärkning med hänsyn till avsedd livslängd

I väg och järnvägstunnlar tillämpas idag normalt Teknisk Livslängdsklass (TLK) 120 år. Detta innebär exempelvis duplexbehandlade bergbultar, vilka är dyrare än obehandlat stål. För vattenkraftindustrin finns idag inte motsvarande livslängdskrav. Det är dessutom visat genom provning i äldre tunnelanläggningar att bultar har en mycket god korrosionsbeständighet, förutsatta att dessa är korrekt ingjutna. Att välja ett för respektive projekt lämpligt material för förstärkning kan därför ha en stor kostnadspåverkan, speciellt om stora mängder bultar installeras.

Kravställningar på god beständighet kan här vara fördyrande i ett byggskede, men sett över en längre tid minskas behovet av underhåll. Här behöver byggherrarna reflektera över vilken livslängd de faktiskt avser ha på sina anläggningar och även om inte regelrätta livscykelanalyser behöver utföras så i alla fall försöka tillämpa ett livscykel tänk vid beslutsfattande.

9.2.3 Provningar

Vilka provmetoder som ska tillämpas och omfattning av provning och kontroll under byggskede styrs i stort av krav i AMA Anläggning, ofta kompletterad med en teknisk beskrivning. AMA Anläggning har gått mer mot standardisering av provmetoder och provintervall, med hänvisning till standarder som i vissa fall passar bättre för Trafikverksprojekt med tunnlar avsedda för persontrafik snarare än Vattenkraftanläggningar.

Verifiering av egenskaper och kravuppfyllnad som utförs i samband med bergbyggnadsprojekt innebär i vissa fall provningar och kontroller som kräver att externa parter gör mindre insatser, ofta med specialutrustning. Sådana insatser kan bli kostsamma för projekt på avlägsna platser, med långa resor och höga omkostnader.

10 Vägval för vattenkraftbranschens framtida bergbyggande

Kravställningar för byggande i berg kan beskrivas tillhöra tre olika kategorier, övergripande krav, krav gällande projektering av bergkonstruktioner och krav gällande utförande. I denna rapport kan Krav tunnelbyggande likställas med övergripande krav, IEG Rapport 5:2010 likställas med krav gällande projektering av bergkonstruktioner och AMA Anläggning likställas med krav gällande utförande. Vilka vägar framåt finns inom de tre kategorierna för tillämpning inom bergbyggande i vattenkraftbranschen? Följande är förslag på möjliga vägar för fortsatt arbete och några tänkbara för- och nackdelar med respektive förslag.

10.1 ÖVERGRIPANDE KRAV

1. Tillämpa Trafikverkets Krav/Råd tunnelbyggande rakt av i sin helhet – låta kravverket styra hela processen från projektering till utförande.
 - Fördelar – Enkelt att klargöra vad som gäller, väletablerat, minimal ytterligare insats för framställning av krav.
 - Nackdelar – I grunden ej avsett för vattenkraftanläggningar, kostnadsdrivande, betydande risk för överdimensionering.
2. Tillämpa Trafikverkets Krav/Råd tunnelbyggande i valda delar som beslutas från projekt till projekt.
 - Fördelar – Enkelt att utgå från ett väletablerat regelverk. Kravbild anpassad till det unika projektet.
 - Nackdelar – Ställer höga krav på byggherrens kompetens att göra relevanta avgränsningar. Ingen branschgemensam standard erhålls – inga gemensamma riktlinjer för vattenkraftbranschen. Svårare att återvinna erfarenheter och kunskap till framtida projekt.
3. Ta fram ett för vattenkraftbranschen specifikt kravdokument som motsvarar Trafikverkets Krav/Råd tunnel, för inkludering i RIDAS. Dokumentet skulle lämpligen fastslå en miniminivå och kunde tas fram genom att delvis bryta ut relevanta krav från Trafikverkets krav och råd.
 - Fördelar – Regelverk anpassat till vattenkraftbranschens förhållanden och behov. Finns en etablerad organisation kring RIDAS för finansiering och administrativ hantering. Bra genomslag i branschen då RIDAS är allmänt etablerad.
 - Nackdelar – Tveksamt om berganläggningar passar in i RIDAS, som i stort är inriktad mot dammar. Oklart hur Energiföretagen ställer sig till idén. Arbetskrävande att ta fram ett eget regelverk från grunden.

4. Ta fram ett för vattenkraftbranschen specifikt kravdokument motsvarande punkten 3 ovan, men ej inkludera detta i RIDAS, utan ett fristående regelverk. Detta skulle exempelvis kunna vara ett regelverk framtaget inom Energiforsks försorg.
 - Fördelar – Regelverk anpassat till vattenkraftbranschens förhållanden och behov. Ökade frihetsgrader och enklare hantering utan koppling till Energiföretagen och RIDAS.
 - Nackdelar – Risk att det blir en bokhylleprodukt som inte sprids och används i vattenkraftbranschen. Behov att finansiera och organisera uppdateringar för att hålla regelverket relevant – svårigheter att skapa kontinuitet.

Vilket av ovan förslag som är att föredra har viss koppling till förväntat antal framtida bergbyggnadsprojekt inom vattenkraftbranschen, samt hur omfattande dessa projekt kan antas bli. Om endast ett fåtal projekt förväntas genomföras är antagligen alternativ 1 eller 2 att föredra, medan för en större projektvolym kan förmodligen alternativ 3 eller 4 vara att föredra. För alternativ 3 och 4 införs lämpligen även begreppet Teknisk Livslängsklass för tunnel- och bergutrymmen i vattenkraftanläggningar, förslagsvis uppdelat med olika livslängdskrav för vattenvägar, driftutrymmen och övriga utrymmen. Om det är aktuellt att sammanfoga regelverk med RIDAS är det även viktigt att avgränsa och särskilja vad som gäller vid nybyggnad respektive underhållsprojekt i äldre vattenkraftstationer.

10.2 KRAV FÖR PROJEKTERING AV BERGKONSTRUKTIONER

1. Följ Eurokoderna och tillämpningsdokument IEG 5:2010.
 - Fördelar – Mer frikopplat från Trafikverkets regelverks- och handbokssamlingar, framtidssäkert – Eurokoderna är här för att stanna och uppdateringar kommer följa övrig utveckling av teknik och praxis i stort. Flexibelt – möjligt att anpassa nivån på projektering till projektens förhållanden.
 - Nackdelar – Ställer högre krav på byggherre och konsulter att klargöra tillämpning för respektive projekt då Eurokoderna är allmänt hållna och inte fungerar som handbok.
2. Tillämpa Trafikverkets handbok "Projektering av bergkonstruktioner".
 - Fördelar – Väl etablerad handbok som täcker in konkret hantering av många relevanta frågeställningar. Uppdateringar sköts av Trafikverket för ajourhållande kopplat till senaste rön, lagar m m.
 - Nackdelar – Handboken är anpassad till Trafikverkets verksamheter, risk för överdimensionering och behov att avgränsa vilka delar som är relevanta för ett vattenkraftsprojekt. Kräver en påläst byggherre för att avgränsa tillämpningen. Handboken behandlar inte injektering och inklädnad.

3. Ta fram egna projekteringsanvisningar för berganläggningar i vattenkraftbranschen. Detta skulle kunna vara ett helt fristående dokument, alternativt i delar hänvisa till innehåll i regelverken i punkterna 1 och 2 ovan.
 - Fördelar – En vattenkraftspecifik handbok som tar hänsyn till vattenkraftens begreppsvärld. Möjlighet att avgränsa mellan exempelvis vattenvägar och driftutrymmen. Säkerställer en rimlig nivå på projektering, enkel för byggherrarna att tillämpa. Möjlighet att ta tillvara metodik och synsätt från andra länder.
 - Nackdelar – Det krävs omfattande arbete för att ta fram regelverket och antagligen en kontinuitet för att behålla aktualiteten. Risk att det blir en bokhülleprodukt som inte sprids och används i branschen.

Likt rekommendationen för övergripande krav, se kapitel 9.4.2, är vägval beroende av hur många bergprojekt som kan förväntas genomföras i vattenkraftbranschen under de kommande åren. Om endast ett fåtal projekt förväntas genomföras är antagligen alternativ 1 eller 2 att föredra. Om en större projektvolym förväntas skulle alternativ 3 kunna vara ett lämpligt alternativ som vattenkraftbranschen som helhet skulle kunna ha nytta av.

10.3 KRAVDOKUMENT FÖR UTFÖRANDE

1. Tillämpa AMA Anläggning utan speciella ändringar eller tillägg.
 - Fördelar – Etablerat system som utan ändringar är enkelt att tillämpa för byggherrar.
 - Nackdelar – Risk för överdimensionering på grund av onödigt hårda krav. För optimal tillämpning krävs goda kunskaper i både vattenbyggnad, AMAs uppbyggnad och beskrivningsteknik.
2. Ta fram ett nytt system för teknisk beskrivning och kravställning av anläggningsarbeten specifikt för vattenkraftbranschen.
 - Fördelar – Alternativet skulle resultera i ett system som är välanpassat till just vattenkraftsprojekt.
 - Nackdelar – Mycket kostsamt och juridiskt riskabelt att försöka etablera ett nytt system. Troligen svårt att avgränsa vilka delar som ska ingå och inte då detta system skulle beröra även andra teknikområden än berg. I och med att ett system för beskrivning inte kan göras obligatoriskt finns risk för begränsad spridning och tillämpning i branschen. Nytt system innebär osäkerhet och otydlighet mot entreprenörer.
3. Ta fram en "vattenkraft-AMA" på motsvarande vis som Trafikverket har en Trafikverks-AMA, se kapitel 4.3, där ändringar och tillägg utifrån ett vattenkraftbehov till AMA Anläggning beskrivs. Texterna i vattenkraft-AMA kan sedan kopieras i den omfattning som krävs vid projektering av tekniska beskrivningar enligt AMA Anläggning.

- **Fördelar** – Alternativet skulle ge en bra anpassning av krav till vattenkraftbranschens förutsättningar utan att behöva riskera helheten. I och med att Trafikverks-AMA redan finns är det ett beprövat tillvägagångssätt att införa justeringar i AMA Anläggning. Förenklar för byggherrar och konsulter att avgöra vilka avsteg och tillägg som behövs i AMA Anläggning avseende vattenkraftsprojekt.
- **Nackdelar** – Det krävs en relativt stor arbetsinsats för att ta fram en vattenkrafts-AMA. Dokumentet kommer att behöva uppdateras regelbundet i samband med att nya versioner av AMA-Anläggning ges ut, för närvarande vart tredje år. I och med att ett system för beskrivning inte kan göras obligatoriskt finns risk för begränsad spridning och tillämpning i branschen.

Likt rekommendationen för övergripande krav och krav för projektering av bergkonstruktioner, se kapitel 9.4.1 och 9.4.2, bör val av strategi för kravdokument för utförande anpassas till trolig framtida projektvolym. Alternativ 2 är antagligen endast rimligt om en mycket stor projektvolym planeras under kommande år och är antagligen ett svårgenomfört alternativ i praktiken. Om antalet projekt antas bli få är alternativ 1 att föredra, då det omfattande arbete som krävs för att åstadkomma alternativ 3 sannolikt inte är värt den tid och insats det skulle kräva. Med en något större projektvolym skulle dock alternativ 3 kunna vara rimligt att genomföra och resultera i ett värdefullt verktyg och ett lämpligt alternativval för att förenkla framtida projekt för vattenkraftbranschens byggherrar.

10.4 FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE

En fördjupad studie och analys rekommenderas för de alternativ i detta kapitel som vattenkraftbranschen anser mest lämpliga. Studien kan förslagsvis bedrivas i projektform inom ramen för Energiforsk Bergprogram Vattenkraft.

11 Referenser

- AFS 2010:1, Berg- och gruvarbete, Arbetsmiljöverket.
- AMA-nytt Anläggning, (2000), Vägen till Anläggnings AMA, AMA-nytt nr 1/2000, Svensk Byggtjänst. http://static.byggtjanst.se/amadocs/any_anl_1_2000_4-10.pdf.
- Bernstone, C. (2006). Automated performance monitoring of concrete dams, Doktorsavhandling, Lunds Universitet, ISBN 91-628-6982-5, 202 p.
- Brandesten, C-O (2018), RIDAS – nytgåva 2019, PowerPoint-presentation på SwedCOLD 2018-10-23, Stockholm.
- Brandesten, C-O & Westerberg, P (2019), RIDAS 2019 – Anläggningsinformation och rapportering, PowerPoint-presentation på SwedCOLD 2019-04-09, Stockholm.
- BFS 2019:1 EKS 11, (2019), Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder).
- Cederholm, B., Pahverk, H., (2020), Korrosionsprovning av olika typer av bergbultar i tunnlar, Bygg&Teknik 2020-02, sida 53-55.
- Erikson, M., Stille, H. (2005). Cementinjektering i hårt berg, SveBeFo, ISBN: 91-631-6632-1.
- Hoek, E. (2007). Practical Rock Engineering. <https://www.rocscience.com/assets/resources/learning/hoek/Practical-Rock-Engineering-Full-Text.pdf>.
- Hoffman, L (2015). Rekommenderade förstärkningsklasser för bergbultning i Zinkgruvan. Examensarbete. Luleå Tekniska Universitet.
- Håkansson, W (2013). Kraftverkstunnlars beständighet. En studie om åldringsfenomen och nedbrytningsprocesser. Examensarbete. Lunds Tekniska Högskola.
- IEG (2008), Tillämpningsdokument, EN1997-1 kapitel 6, Plattgrundläggning, Rapport 7:2008.
- IEG (2010), Tillämpningsdokument, Bergtunnel och bergrum, Rapport 5:2010.
- Lindström, B. (2006). Eurokod 7 – Hur påverkas dimensionering av bergkonstruktioner?, SveBeFo Rapport 78, ISSN 1104 – 1773.
- Lundin, S et al (2016). Brandmotstånd för bergrum och tunnlar – utredning av regelverk och sprutbetongförstärkning. BeFo rapport 148. Stockholm 2016.
- Mattsson, H-Å (2008). Integrated Bridge Maintenance, Evaluation of a pilot project and future perspectives. Doktorsavhandling, KTH, TRITA-BKN. Bulletin 95, 2008.

- Nordström, E., Holmgren, J. (2009). Sprutbetonghandboken reparation, Elforsk rapport 09:74.
- Regeringskansliet, (2008), Bättre genomförande av EG:s byggplatsdirektiv, Ds 2008:24, Edita Sverige AB, ISBN 978-91-38-22954-5.
- RIDAS, Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, 2019, Energiföretagen Sverige, ISBN: 978-91-985291-0-4.
- Sandberg, S (2017). Utvärdering av tvärgående samt längsgående skivrasbrytning i malmkroppen Hoppet vid LKABs gruva i Malmberget. Examensarbete. Luleå Tekniska Universitet.
- SS-EN 1997-1:2005, Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 1: Allmänna regler, Swedish Standards Institute.
- SS-EN 1997-2:2007, Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Marktekniska undersökningar, Swedish Standards Institute.
- SS-EN 14487-1:2005, Sprutbetong – Del 1: Definitioner, specifikationer och kriterier för överensstämmelse, Swedish Standards Institute.
- Trafikverket (2011), TRVK Tunnel 11, Trafikverkets tekniska krav Tunnel, Trafikverkets publ nr 2011:087.
- Trafikverket (2012), Krav för Vägars och gators utformning, VGU, Publ 2012:179.
- Trafikverket (2014), Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13, TDOK 2013:0667, Version 1.0, 2014-05-01.
- Trafikverket (2014), Trafikverkets handbok för ovanjordssprängning, Rapport 2014:044, ISBN: 978-91-7467-566-5.
- Trafikverket (2015), Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter, Rapport 2015:057, ISBN: 978-91-7467-713-3.
- Trafikverket (2015), Krav för Vägars och gators utformning, VGU, Publ 2015:086.
- Trafikverket (2016), Krav Tunnelbyggande, TDOK 2016:0231, Version 1.0, 2016-10-03.
- Trafikverket (2016), Råd Tunnelbyggande, TDOK 2016:0232, Version 1.0, 2016-10-03.
- Trafikverket (2017), Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning 17, TDOK 2017:0441, Version 3.0, 2019-07-01.
- Trafikverket (2019), Projektering av bergkonstruktioner, Version 1.1, Publ nr 2019:062, 2019-02-05.
- Trafikverket (2020), KRAV, VGU, Vägars och gators utformning, Publ 2020:029.
- Thyni, F (2014). Design of Shotcrete for Dynamic Rock Support by Static Testing. Master Thesis. Luleå University of Technology.
- Vägverket (1994), Väg 94, 1 Gemensamma förutsättningar, Publ 1994:21.

Vägverket (1995), Allmän teknisk beskrivning TUNNEL 95, Publ 1995:32.

Vägverket (1999), Allmän teknisk beskrivning för broar BRO 94, 1 Allmänt, Publ 1999:98.

Vägverket (2004), Vägverkets allmänna beskrivning för nybyggande och förbättring av tunnlar Tunnel 2004, Publ 2004:124.

Vägverket (2004), Vägar och gators utformning, VGU, Publ 2004:80.

www.lkab.com (2019)

www.zinkgruvanmining.com (2019)

Zinkgruvan Mining (2019), Bultning med resinpatroner.

Zinkgruvan Mining (2019), Skrotning, Bergförstärkning, Kontroll.

TEKNISKA KRAV VID DIMENSIONERING OCH UTFORMNING AV BERGANLÄGGNINGAR

Vattenkraften står för en mycket liten del av de berganläggningar som byggs i Sverige i dag. Kravställningen inom det här området drivs därför av de stora aktörerna inom infrastruktur- och gruvområdet.

Vattenkraftindustrins och de stora aktörernas krav sammanfaller inom vissa områden, men inom andra kan de leda till stora kostnader utan att bidra med ökade säkerhetsmarginaler eller annan nytta inom vattenkraften.

Rapporten visar i vilken utsträckning de dominerande beställarnas kravställning på bergrelaterade investeringar inverkar på kostnaderna för vattenkraftens motsvarande investeringar.

Resultaten visar att investeringsvolymerna inom vattenkraften inte motiverar att heltäckande krav tas fram enbart för vattenkraft, men att man bör ta fram riktlinjer för rimliga branschspecifika avsteg.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk