



BRANDMOTSTÅND FÖR BERGRUM OCH BERGTUNNLAR

Samuel Lundin

Robert Jansson McNamee

David Winberg

Emma Bergqvist

Robert Jönsson

**BRANDMOTSTÅND FÖR BERGRUM OCH
BERGTUNNAR
– UTREDNING AV REGELVERK OCH
SPRUTBETONGSFÖRSTÄRKNING**

**Fire resistance in rock shelters and rock tunnels
– Study of rules and regulations and shotcrete
(sprayed concrete)**

Samuel Lundin, WSP (nuv. egen verksamhet)
Robert Jansson McNamee, SP
David Winberg, SP
Emma Bergqvist, WSP
Robert Jönsson, Brandexperten Robert Jönsson (nuv. Sweco)

FÖRORD

Transporttunnlar och berggrum där människor vistas ska vara säkra för de som använder anläggningarna och för räddningspersonal som rycker ut i samband med olyckor. Brand i tunnlar är inte vanligt, men förekommer och då är det viktigt att konstruktionen klarar brandbelastningen.

Det saknas idag tydliga föreskrifter, allmänna råd och regelverk för hur bärförmåga vid brand i berggrum och transporttunnlar ska uppnås. Här finns ett behov att inventera de befintliga reglerna och utreda vilken kravnivå som gäller för konstruktionens bärighet vid brand för att skapa en samsyn inom branschen.

Eftersom tunnlar oftare bedöms förläggas i en kombination av hårda och lösa bergarter så är det angeläget att öka kunskapen om tunneldrivning i heterogena förhållanden. Det finns idag också relativt lite forskning i Sverige kring att bygga med sådana geologiska förhållanden. Den storskaliga stabiliteten i bergtunnlar förväntas berget upprätthålla och utgör inte problemet. Huvudfrågan är istället säkerheten de första 60 till 90 minuterna som är kritiska tills personer kunnat utrymmas och hur tunnlar och berggrum ska utformas för att säkerställa denna.

Föreliggande utvecklingsprojekt redovisas i denna rapport och omfattar inledningsvis en redovisning av gällande regelverk och jämförelse internationellt. Vidare beskrivs använda tekniska lösningar för bärverk med bakomliggande forskning och provning.

Utvecklingsprojektet leddes av Pontus Skogetun (WSP) och i arbetsgruppen medverkande Samuel Lundin (WSP – nuv. egen verksamhet), Emma Bergqvist (WSP), Veronica Sjödin (WSP), Marie von Matérn (WSP), Magnus Westerblom (WSP), David Winberg (SP), Robert Jansson McNamee (SP) och Robert Jönsson (Brandexperten Robert Jönsson – nuv. Sweco). Under projektets olika delar har värdefulla synpunkter kommit från en referensgrupp som bestod av Per Vedin (Transportstyrelsen, nuv. Trafikverket), Mattias Roslin (Trafikverket), Henrik Modig (Trafikverket), Ulf Lundström (Trafikverket), Erik Egart (MSB), Fredrik Söderholm (Stockholm Parkering), Daniel Mann (Stockholm Parkering), Samuel Bäckman (Boliden) repr gruvnäringen och Per Tengborg (BeFo). Projektets huvudfinansier är BeFo (Stiftelsen Bergteknisk Forskning) som tillsammans med WSP och SP skjutit till medel för att möjliggöra utvecklingsprojektet.

Stockholm i december 2016

Per Tengborg

SAMMANFATTNING

Denna rapport är resultatet av ett samarbetsprojekt mellan WSP och SP som finansierats tillsammans med Stiftelsen Bergteknisk Forskning, BeFo. I rapporten studeras regelverk och krav på bärförmåga vid brand i bergtunnlar och bergrum samt användning av sprutbetong.

Vid brand i bergrum eller bergtunnlar som är förstärkt eller brandskyddat med sprutbetong föreligger risk för spjälkning av sprutbetongen. I extrema fall kan hela tvärsnittet skjutas loss i en snabbt tillväxande process. Detta innebär att konstruktionens stabilitet kan påverkas och risken för lokala ras ökar i anläggningen. Det är svårt att förutse exakt hur brandspjälkning av sprutbetong kan komma att ske och om spjälkning undviks eller minimeras blir det enklare att beräkna hur mycket brandskydd som krävs. För att begränsa spjälkning används sprutbetong med inblandning av polypropylenfibrer (PP-fibrer) och i de flesta större tunnelbyggsprojekt som pågår för närvarande används sprutbetong med PP-fibrer som brandskydd för någon del av anläggningens konstruktion. Generellt används PP-fiber (polypropylen-fibrer) i hela Norden som brandskydd i sprutbetong. I rapporten sammanställs resultat från inträffade bränder, forskningsläget, variationer mellan olika betongrecept och relevanta brandprovningar. Tester visar ofta att den dimensionerade kompositionen av sprutbetong klarar påfrestningar över de värden som valts nationellt i Sverige. Internationellt pågår arbete med att revidera Eurokoden 1992-1-2, Dimensionering av betongkonstruktioner, där speciellt fokus läggs på rekommendationerna kring brandspjälkning. Inom organisationen RILEM (International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures) har det utsetts en särskild teknisk kommitté, ”256-SPF, Spalling of concrete due to fire: testing and modelling” som arbetar med att utveckla testmetoder och modeller för sprutbetong.

I rapporten kartläggs och utreds vilken kravnivå som gäller för konstruktionens bärlighet vid brand. I Plan- och bygglagen (2010:900) och Plan- och byggförordningen (2011:338) ställs de grundläggande kraven på brandmotstånd för tunnlar och bergrum. Av lagen och förordningen framgår tydligt att nivån på säkerheten ska vara densamma oavsett typ av byggnadsverk. Mer detaljerade krav på utformning och brandmotstånd meddelas av Boverket genom föreskriftsserien EKS (BFS 2011:10). Föreskrifterna gäller för alla byggnadsverk och byggnadsverksdelar och är ej begränsade till endast byggnader. I EKS anges att föreskrifterna inte gäller bergtunnlar och bergrum och ingen enskild föreskrift eller allmänt råd ges om hur just bergkonstruktioner ska beräknas. Där emot ska riskerna bedömas lika oberoende om det är en tunnel i berg eller en betongtunnel intill andra byggnadsverk. Ett sätt att uppnå jämförbara krav mellan olika sorters tunnlar är att dela in bergtunnelns byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser och brandsäkerhetsklasser på samma sätt som för betongtunneln.

Utöver kraven i EKS (BFS 2015:6) tillkommer krav på brandmotstånd för tunnlar som utgör sänktunnlar och överdäckningar vilka återges i Transportstyrelsens föreskrifter

(TSFS 2015:27) om säkerhet i vägtunnlar och EU-förordning (EU/1303/2014) om driftkompatibilitet inom det transeuropeiska järnvägsnätet även kallad TSD tunnel. Kraven på brandmotstånd har tillkommit för att undvika att kollaps av tunnel som medför stora samhällsekonomiska konsekvenser, exempelvis att hela tunneln måste byggas om eller att andra fastigheter tillhörande tredje part påverkas.

Stora, allvarliga, bränder i tunnlar inträffar sällan och ingen nämnvärd sådan olycka har hittills inträffat i Sverige. Förhållandet kan exemplifieras med siffror från Storbritannien där det sker mellan 60–90 bränder i tunnlar per år. Detta motsvarar 0,1 % av alla fordonsbränder, mellan 0,3 och 0,45 % av alla fordonsbränder med motorn igång och mellan 6,7 och 10 % av alla bränder som uppkommer som resultat av en trafikolycka. Ofta är skadorna efter tunnelbränder mycket begränsade men det har visat sig vid ett antal större tunnelbränder att skadorna kan bli mycket stora. Det orsakar både direkta kostnader för återställande av tunneln och andra samhällskostnader under den tid tunneln är tagen ur drift. De totala kostnaderna vid större tunnelbränder går i flera fall upp mot miljardbe-lopp.

I denna studie har inte några fall där personskador uppstått som direkt följd av brandspjälkning påträffats. Enligt ”World road association” PIARC (2006) har inga tillbud med nedfallande betong till följd av spjälkning rapporterats, dock framgår inte hur omfattande undersökning som gjorts. Det viktigaste när det gäller spjälkning är att undvika snabb och kraftig spjälkning. Ytflagnig och mindre nedfall av grus sker ofta vid brand i betongkonstruktioner men detta bedöms ej leda till personskada eller i större omfattning påverka brandmotståndet.

Där berget utgör det bärande huvudsystemet ställs inga krav på skydd mot kollaps eller ras av sten. En slutsats från studien är att bergets egen bärighet utgör tillräckligt skydd mot ras och kollaps vid brand. I det fall en tunnel utförs med inklädnadssystem ska inklädnadssystemet skyddas mot brandspjälkning i minst 60 minuter (avser främst tunnelduk med sprutbetong). För bergytor som förstärks med sprutbetong och ej omfattas av kraven ovan bör dessa uppfylla kraven som är gällande för en byggnad med motsvarande förutsättningar. Områden med svagt berg där förstärkningar görs med infästning av byggnadsverksdelar ska dessa värderas mot risken för personskador och kan med fördel hänföras till säkerhetsklasser i enlighet med EKS 10 (BFS 2015:6).

Räddningstjänsterna ansvarar för insats i tunnlar inom deras respektive geografiska upptagningsområde. Enligt regelverken för säkerhet i vägtunnlar (TSFS 2015:27) och järnvägstunnlar (EU/1303/2014) förutsätts livräddning ske inom 60 minuter. För att klara insatser ställs krav på att de ska öva regelbundet och vara involverade i projekteringsprocessen.

Nyckelord: Bergrum, tunnlar, brandmotstånd, konstruktionsbrandskydd, bärverk, sprutbetong, spjälkning, regelverk.

SUMMARY

This report is the result of a joint venture between WSP and SP, and financed in part by the Rock Engineering Research Foundation¹. The report studied regulations and requirements for fire resistance of rock tunnels, caverns and the use of shotcrete.

Fire in caverns or rock tunnels which have been treated with shotcrete is subjected to the risk of cleavage. In extreme cases, the entire cross section is pushed away in a rapid succession. Consequently, the facility construction stability could be affected and subjected to collapse. It is however, difficult to predict exactly how fire cleavage of shotcrete may occur and if digestion can be avoided or minimized, hence it is easier to calculate how much fire protection is required. To limit the risk of cleavage, it is often practiced to mix shotcrete with polypropylene (PP fibers). This method is currently practiced in most major tunnel constructions, and is used throughout Scandinavia as fire protection for shotcrete application.

The report also includes compiled results from; research studies, past fires, variations between different concrete recipes and relevant fire tests.

Tests often show that the designed composition of the shotcrete can handle pressures of the values selected nationally in Sweden. In an international perspective, work is underway to revise the Eurocode 1992-1-2; design of concrete structures, specifically a review regarding the recommendations of cleavage fire protection. Furthermore, within the organization RILEM², a special technical committee has been appointed which is working on developing testing methods and models for shotcrete³.

The report also identifies and examines the level of requirements that apply to the carrying capacity in case of fire. According to the Swedish legislation, the fundamental requirements of fire resistance for rock tunnels and caverns are stipulated in the following laws; Planning and Building Act (2010:900) and the Planning and Construction Regulation (2011: 338)⁴. These two legislations clearly state that the level of fire resistance should be the same regardless what type of construction design is applied. Further specifications regarding design and fire resistance is stated in the Swedish prevision series EKS, BFS 2011:10⁵.

The regulation applies to all buildings and structural elements, and is not limited to buildings. However, the EKS regulation states that the prevision do not apply to rock tunnels and caverns, and no single regulation or general advice is given about how to calculate on rock structures. Further, risks should be assessed equally as independently if a tunnel is made of rock or concrete situated to other nearby structures. One way to

¹ Stiftelsen Bergteknisk Forskning, BeFo

² International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures

³ 256 - SPF, Spalling of concrete due to fire : testing and modeling

⁴ Plan- och bygglagen (2010:900) och Plan- och byggförordningen (2011:338)

⁵ Boverket, föreskriftserien EKS (BFS 2011:10).

achieve comparable requirements of different kinds of tunnel structures is to divide rock tunnel's structural elements into safety and fire-safety classes in the same approach as for the concrete tunnel.

In addition to the requirements of the EKS⁶, fire resistance requirements are applied to immersed tunnels and enclosed deck structures, which are specified in the Swedish Transport Agency's regulations⁷, safety in road tunnels and EU Regulation⁸ concerning the interoperability of the trans-European rail network, TSI tunnel. Fire resistance requirements have been added, to prevent the collapse of the tunnels which could result in large socioeconomic consequences i.e. rebuilding tunnels or the effects of third party property.

In Sweden, extensive and serious fires in tunnels rarely occur and no significant accident has occurred so far. In contrary to the UK (United Kingdom) there are 60 to 90 tunnel fires a year, which represents 0.1% of all vehicle fires, between 0.3 to 0.45 % of all vehicle fires where the engine was running, and between 6.7 to 10% of all fires that arise as a result of a traffic accidents.

Often, fires in tunnels results in limited damages, but in some cases it has shown that major tunnel fires results in extensive damages. These damages results in both direct expenses; restoring the tunnel and indirect; socioeconomic consequences during the time the tunnel is out of commission, hence some of the major tunnel fires reach financial expenses up to a billion SEK⁹. However, our study has not been able to identify personal injuries which are a direct result of fire cleavage. According to PIARC¹⁰ research study of 2006, there aren't any incident linking falling concrete to cleavage, though it is not immediately clear how extensive the PIRAC research study was conducted.

Surface peeling and smaller deposition of gravel occurs normally during a tunnel fire, but these factors are not considered to lead to injuries or significantly reduce the overall fire resistance of the tunnel. On the other hand, the most important factor is to avoid rapid and excessive cleavage. Currently, where the rock is the main structural system component, there are no requirements for protection against collapse or falling rock. One conclusion from the study is that the rock's own structural integrity is a sufficient protection against collapse or falling rock.

In the case where a tunnel is equipped with a sheeting system (shotcrete or canvas) the protection shall be rated to withstand cleavage for no less than 60 minutes. For rock surfaces which are reinforced with shotcrete and not covered by the above requirements,

⁶ BFS 2015 : 6

⁷ SJÖFS 2015 : 27

⁸ EU / 1303/2014

⁹ SEK, Swedish Crown (currency) where 9.50 is roughly equivalent to 1 EUR.

¹⁰ *The World Road Association-PIARC, association of road administrations in over 140 countries.*

the surfaces should meet the requirements that apply to a building with the same circumstances. In the case of areas or surfaces with a weak rock structure, where reinforcements are made with the attachment of structural elements, the consequential risk assessment should take in account of measured taken against the risk of injury and attributed to safety classes in accordance with EKS 10⁶.

In Sweden, the rescue services are responsible for all tunnel insertions within their respective geographical area of operation. According to the regulations for safety in road ¹¹ and railway tunnels⁸, rescue operation shall commence within 60 minutes. Because of the strict time requirement, the rescue services are required to exercises tunnel rescue insertions on a regular basis and participate in the planning construction process of all tunnels.

Keywords: Rock tunnels, fire resistance, structural fire protection, grid systems, shotcrete, cleavage regulations, fire resistance, structural fire protection, shotcrete, rock tunnels, and regulations.

¹¹ TSFS 2015 : 27

FÖRKORTNINGAR /ABBREVIATIONS

AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
AML	Arbetsmiljölagen
AMF	Arbetsmiljöförordningen
AMV	Arbetsmiljöverket
ATB	Allmän teknisk beskrivning
BFS	Boverkets författningssamling
BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets byggregler för allmänna råd om analytisk dimensionering
BVFS	Banverkets författningssamling
BVH	Banverket Handbok
DS	Departementsserien
EKS	Europeiska konstruktionsstandarder
FSO	Förordning om skydd mot olyckor
JTF	Järnvägsstyrelsens trafikföreskrifter
JVS	Järnvägsstyrelsen
JvSFS	Järnvägsstyrelsens författningssamling
LSO	Lag om skydd mot olyckor
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
MSBFS	Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps författningssamling
PBL	Plan- och bygglagen
PBF	Plan- och byggförordningen
PP-fiber	Polypropylen-fiber
RTJ	Kommunal och regional räddningstjänst eller räddningstjänstförbund
SBF	Svenska Brandskyddsföreningen
SFS	Svensk författningssamling
SKL	Sveriges Kommuner och Landsting

SK	Säkerhetsklass på byggnadsverksdelar
SRVFS	Statens räddningsverks allmänna råd och kommentarer om systematiskt brandskyddsarbete
STFS	Svensk trafikföreskriftssamling
TNC	Terminologicentrum
TSD	Teknisk specifikation för driftkompatibilitet (EU)
TSFS	Transportstyrelsens författningssamling
TRVR	Trafikverkets tekniska råd (handbok)
TRVK	Trafikverkets tekniska krav (byggherrekrav)
VGU	Vägars och gators utformning
VVFS	Vägverkets författningssamling

INNEHÅLL

INNEHÅLL	x
1. INLEDNING	1
1.1. BAKGRUND	1
1.2. SYFTE & MÅL	3
1.3. PROJEKT- & REFERENSGRUPP	4
1.4. GENOMFÖRANDE	5
1.5. AVGRÄNSNINGAR	8
1.6. BEGRÄNSNINGAR	9
2. INTRÄFFADE BRÄNDER	11
3. SPRUTBETONG OCH SPJÄLKNING	15
4. REGELVERK	19
4.1. ALLMÄNT OM LAGAR & REGELER	19
4.2. KARTLÄGGNING AV REGELVERK, KRAV OCH DEFINITIONER	22
4.3. JÄMFÖRELSE MELLAN REGELVERK	29
5. DISKUSSION	33
6. SLUTSATSER	39
7. FORTSATT ARBETE	41
8. REFERENSER	43

Bilaga A – Inventering av regelverk

Bilaga B – Definitioner

Bilaga C – Enkätundersökning

Bilaga D – Intervjuer

1. INLEDNING

Utredning av brandmotstånd i bergtrum och bergtunnlar syftar till att kartlägga och utreda gällande kravnivå för brandskydd av bärverk, sammanställa resultat från forskning och relevanta brandprovningar samt att studera olika betongrecept för sprutbetong som brandskydd av bärverk i berg.

Nedan ges de frågeställningar som varit utgångspunkt för projektet och denna rapport.

Frågeställningar

1. Hur utförs brandskydd med sprutbetong i bergtunnlar och bergtrum idag?
2. Vad är skillnaden mellan bergtrum och bergtunnlar?
3. Vilka regelverk gäller för brandskydd under mark/berg, i tunnlar och bergtrum?
4. Hur tillgodoses säkerheten för räddningstjänstens personal?

Projektet är finansierat av BeFo (80 %) tillsammans med WSP och SP (resterande 20 %). Arbetstiden för referensgruppsmedlemmar och personer som blivit intervjuade har bekostats av deras respektive arbetsgivare.

1.1. BAKGRUND

I Sverige, Europa och runt om i hela världen kan man i storstäderna se en tydlig utveckling mot att bygga på höjden, det som inte syns lika tydligt är att det i allt snabbare takt även byggs under mark. Det byggs djupt under mark, i berg och under vatten, ibland med helt nya tillämpningar att förhålla oss till. Utformning av brandsäkerhet i tunnlar, bergtrum och andra typer av undermarksanläggningar innebär flera utmaningar.

I tunnlar och bergtrum är anläggningens utformning avseende brandskydd och utrymningssäkerhet av stor vikt för att uppnå den nivå som är samhällets lägsta acceptansnivå. Våra erfarenheter av bränder i anläggningar placerade i berg är mycket små jämfört med bränder i byggnader eller i det fria.

Idag saknas en del tydliga föreskrifter, allmänna råd och regelverk för hur bärförmågan i bergtrum och bergtunnlar ska uppnås. Det åligger byggherren att se till att kraven i Plan- och bygglagen, PBL (2010:900) och plan- och byggförordningen, PBF (2011:338) uppfylls. Detta leder till att lagen i vissa fall tolkas på ett sätt som gör att konstruktionen i anläggningar under jord skyddas för att motstå brand i 60 eller 90 minuter medan de i andra fall inte skyddas utifrån några krav alls. Detta resulterar i en osäkerhet vid byggande av bergtrum, bergtunnlar och andra undermarksanläggningar för alla inblandade.

Bergytan kan brandskyddas med ett lager sprutbetong. När en brand uppstår i ett bergtrum eller en tunnel finns det risk för spjälkning av sprutbetong, vilket innebär att delar eller i extrema fall hela tvärsnittet kan skjutas loss i en progressiv process. Detta innebär att konstruktionens stabilitet kan påverkas och risken för ras kan öka i anläggningen.

Om då bara vissa anläggningar är skyddade mot brand blir det osäkrare och svårare att utföra räddningsinsatser.

För att säker självutrymning och släckinsats ska kunna genomföras till följd av en inträffad olycka krävs att bärverket säkerhetsställs under en viss tid samt att block av berg eller betong ej faller ner och skadar de rökdykare som ska släcka en brand eller utföra räddningsinsats. I skarpt läge kan tunneln mycket väl vara rökfylld och med rökdykarmask och släckutrustning går det inte att förvänta sig att brandmännen ska vara uppmärksamma på ras. I värsta fall kan fortskridande ras eller kollaps inträffa och skada utrymmande eller insatspersonal. Även om ett ras eller en kollaps inte sker kan samhällets infrastruktur utsättas för allvarlig störning och avbrott på grund av branden och tiden det tar att återställa anläggningen. Det är inte bara kostnaden att återställa tunneln som kan bli stor utan det uppstår även en rad indirekta kostnader vid stillestånd, bland annat på grund av de ersättande transportvägarna som måste ske samt den tid som går förlorad för resenärer, godstransporter etc. och vilka följd effekter det leder till.

I rapporten kartläggs regelverken i syfte att beskriva och utforska gällande kravnivåer på brandskydd av bärande konstruktioner i bergrum och bergtunnlar så att lagstiftningen uppfylls och säkerheten för räddningstjänstens personal i händelse av räddningsinsats tillgodoses. Förhoppningen är att öka samsyn kring kravnivån i branschen och därigenom bidra till jämnare brandskydd mellan olika projekt. För att uppnå en fördjupad förståelse för konstruktionsbrandskydd i bergrum och bergtunnlar har en inventering av metoder med sprutbetong som lämpar sig för skyddande av bärverk utförts.

Konstruktionsbrandskydd med sprutbetong med inblandning av PP-fiber (polypropylen-fibrer) har studerats. En anledning till detta är att det i de flesta större tunnelbyggprojekt som pågår för närvarande används sprutbetong med PP-fibrer som brandskydd för någon del av anläggningens konstruktion och/eller bergkonstruktionen. I rapporten studeras sprutbetongens brandbeständighet, funktionalitet och påverkan på kostnader för utförande av bergrum och bergtunnlar.

Denna rapport omfattar i huvudsak tre delar; kartläggning och studie av gällande regelverk, sammanställning av utförd forskning och provning samt att undersöka de tekniska lösningar som finns för brandskydd av bärverk.

1.2. SYFTE & MÅL

Avsaknaden av tydlig vägledning för hur den bärande konstruktionen ska dimensioneras mot brandpåverkan medför att variationen i förekommande lösningar är stor. Variationen och bristen på vägledning medför också att det uppstår en stor osäkerhet hos både byggherrar, konsulter och berörda myndigheter huruvida de tekniska egenskapskraven i PBL är uppfyllda. Många projektörer anser att regelverken och tillhörande vägledningar inte är tydliga.

Projektet syftar till att klargöra vilka lagar och regler som är tillämpliga för bergum och bergtunnlar, identifiera luckor eller andra otydligheter i lagstiftningen som kan leda till missförstånd. På så sätt identifieras vilka rättsliga områden som behöver kompletteras för att förtydliga och förenkla regelverken. Syftet är även att undersöka vilka brandskyddsmetoder som idag är tillämpliga för skyddandet av sprutbetong, hur dessa påverkar kostnader för uppföranden av bergum, samt dess beständighet och funktionalitet.

Målsättningen är att förtydliga de regelverk och krav som gäller, nå ökad samsyn mellan berörda parter och ge vägledning vid dimensionering och utförande av brandskydd. Genom förtydliganden och samsyn i kraven blir skyddsnivån jämnare mellan olika anläggningar i olika delar av landet. Mindre osäkerheter och ett brandskydd som är riktat mot där det gör mest nytta skapar högre kostnadseffektivitet för så väl uppförandet som brukandet av anläggningen.

Målgruppen för rapporten utgörs av brandkonsulter, bergtekniker, byggherrar, granskande myndigheter, lagstiftare och branschorganisationer och andra verksamheter som är delaktiga i projekt med bergutrymmen.

1.3. PROJEKT- & REFERENSGRUPP

Projektet utfördes av WSP Brand & Risk tillsammans med SP Fire Research. Projektgruppens medlemmar redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Projektgruppens medlemmar /Members of the project team

Namn	Roll
Pontus Skogetun, WSP Brand & Risk	Projektledare
Samuel Lundin, WSP Brand & Risk – nuv. egen verksamhet	Författare, handläggare, bitr. projektledare
Emma Bergqvist, WSP Brand & Risk	Författare, handläggare
Veronika Sjödin, WSP Brand & Risk	Handläggare
Marie von Matérn, WSP Bergteknik	Expert
Magnus Westblom, WSP Bergteknik	Handläggare
David Winberg, SP Fire Research	Författare, handläggare, projektledare SP
Robert Jansson McNamee, SP Fire Research	Författare, expert
Jonathan Gethandler, SP Fire Research	Handläggare
Robert Jönsson, Brandexperten Robert Jönsson – nuv. Sweco	Författare, expert

En referensgrupp har bistått och väglett projektet i rätt riktning. Organisationer representerade i referensgruppens visas i Tabell 2.

Tabell 2. Referensgruppens medlemmar och representerade organisationer / Members and represented organisations in the reference group

Organisation/ Företag	Representant/ -er
BeFo	Per Tengborg
Transportstyrelsen – nuv. Trafikverket	Per Vedin
Trafikverket	Mattias Roslin, Henrik Modig & Ulf Lundström
MSB	Erik Egart
Stockholm parkering	Fredrik Söderholm & Daniel Mann
Boliden (Gruvnäringen)	Samuel Bäckman

1.4. GENOMFÖRANDE

I Tabell 3 nedan åskådliggörs, i fallande ordning, arbetsgången för genomförandet av projektets A-del som resulterat i denna rapport. Till varje delmoment ges en kort beskrivning samt hänvisning till var i rapporten tillhörande analys, resultat etc. finns.

Tabell 3. Arbetsgång och delmoment /Workflow and work elements

Moment	Beskrivning
Projektsbeskrivning	<p>Syfte och mål preciseras utifrån vilka problemuppställningar konkretiseras.</p> <p>Projektet utgör en övergripande studie med syfte att förtydliga oklarheter kring gällande regelverk, identifiera kunskapsluckor och problem utifrån vilka behov av fortsatt arbete specificeras och listas.</p>
Referensgruppsmöten	<p>Avstämning, lägesrapport och utökad diskussion sker i samband med referensgruppsmöten där representanter från berörda organisationer deltar som referenspersoner. Frågeställningar och diskussioner från dessa träffar har använts som underlag till rapporten. Tre referensgruppsmöten genomfördes under denna del av projektet (A-delen).</p> <p>Referensgruppens medlemmar återges i kapitel 1.4.</p> <p>Referensgruppen har bistått projektet genom utbyte av erfarenheter och diskussioner under referensgruppträffar som utgjort ett forum för att identifiera knäckfrågorna och på så sätt rikta projektet att mynna i användbara resultat. Referensträffarna har varit en viktig del av projektet för att skapa en bred samsyn med flera infallsvinklar och förståelse för berörda organisationers egna mål och hur regelverken och beröringspunkterna påverkar dem.</p>
Enkätundersökning	<p>För att få en samlad bild av kunskapsläget utfördes en enkätundersökning riktad mot de nyckelpersoner och organisationer som bedömdes betydelsefulla för projektet. Enkäten togs fram av arbetsgruppen i samråd med referensgruppen.</p> <p>I samband med enkätundersökningen utnyttjades tillfället för ytterligare faktainsamling kring regelverk, metoder och utförande av konstruktionsbrandskydd med sprutbetong samt erfarenheter kring produktionsmetoder, beständighet, hållbarhet, funktionalitet och kostnader.</p> <p>Sammanställning av enkätundersökning och intervjuer ges i bilaga C.</p>

Fördjupande intervjuer	<p>Vid sammanställningen av enkätsvaren framkom flera intressanta vinklingar på problem och flera nya frågor uppstod. Detta hanterades genom att välja ut vissa personer för vidare intervju med mer anpassade frågor efter de tillfrågades expertområde för att skapa fördjupning i ämnet.</p> <p>De anpassade intervjuerna riktade sig främst mot:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Representanter från kravställande myndigheter i Sverige, • Kontaktpersoner i Norge och Finland där bergförhållanden likartade de svenska, • Företag som använder, säljer eller på annat sätt arbetar med sprutbetong vid utförande av brandskydd i bergtunnlar och bränder. <p>Sammanställning av intervjuer ges i bilaga C.</p>
Litteraturstudie över inträffade bränder	<p>Några exempel på bränder i bergtunnlar innehållande gjuten betong ges som bakgrund samt en sammanställning av bränder i bergtunnlar skyddade med sprutbetong. Litteraturstudien sammanfattas i kapitel 2.</p>
Forskning, brandprovningar och brandskyddsmetoder.	<p>Då det görs omfattande forskning inom området branddynamik i tunnlar och berggrum. Många brandprovningar/-tester har utförts och fortsätter utföras har en sammanställning över läget. Resultat från forskning, brandprovningar och brandskyddsmetoder sammanfattas i kapitel 4.</p>
Kartläggning av regelverk	<p>Inventering av gällande regelverk för brandsäkerhet i tunnlar och berggrum i Sverige utfördes med hjälp av intervjuade personer samt genom vägledning från experter inom projektering av brandsäkerhet i tunnlar och berggrum.</p> <p>Kapitel 3 i denna rapport samt bilaga B och C redovisar resultaten av kartläggningen.</p>
Jämförelse mellan olika regelverk och olika länder	<p>Utifrån enkätsvar och intervjuer utfördes jämförelser mellan de olika regelverken för berggrum och järnvägs- och vägtunnlar samt jämförelse mellan olika länder. Fokus för dessa studier var:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jämförelse mellan Sveriges, Norges och Finlands gällande krav på bärverk i bergtunnlar och berggrum. • Översikt och erfarenheter av skyddsmetoder, regelverk och allmänt om brandskydd av tunnlar och berggrum i Europa och till viss del andra delar av världen. <p>Jämförelse mellan de olika regelverken redovisas i kapitel 4.</p>

Diskussion och slutsatser	<p>Diskussionen utgår från frågeställningar som diskuterats vid referensgruppsmöten samt vid arbetsgruppens möten. Diskussionen behandlar till viss del även fortsatt arbete och utgör med slutsatserna grund för ansökan till projektets B-del.</p> <p>Diskussion ges i kapitel 5 och slutsatser sammanfattas i kapitel 6.</p>
Fortsatt arbete	<p>Fortsatt arbete konkretiseras utifrån de resultat och slutsatser som arbetet med A-delen lett fram till. Kapitlet utgör underlag till projektets fortsättning och är förslag på vad som bör utföras i den efterföljande B-delen. Kapitel 7 beskriver konkreta mål och förslag till hur dessa ska uppnås.</p>

1.5. AVGRÄNSNINGAR

Huvudfokus i detta projekt har varit bärförmåga och brandmotstånd. Utrymningssäkerhet, räddningstjänstens insats och andra delar kopplade till brandskydd behandlas utifrån hur de påverkas av konstruktionsbrandskyddet, i övrigt har andra delar än de som berör bärverk endast behandlats ytligt.

Projektet avgränsar sig till bergrum och tunnlar i berg där berget med sin förstärkning utgör den bärande konstruktionen. Undermarksanläggningar icke belägna i berg och andra typer av tunnlar har endast berörts översiktligt eftersom dessa är relevanta att referera till. Flera olika definitioner av tunnlar och bergrum ges med källa i bilaga B, följande punkter beskriver vad som avses med tunnlar och bergrum i denna rapport.

- Tunnlar avser trafiktunnlar för väg-, järnvägs- och spårvägstransporter.
- Bergrum avser anläggningar i berg som innefattar verksamheter där människor vistas, t ex parkeringsgarage, buss- och tågterminaler, museer, utställningslokaler eller liknande.

Främst har metoder för brandskydd med sprutbetong studerats. Sprutbetong utgör idag den mest vanligt förekommande metoden vid brandskydd av bergets bärande huvudsystem.

Avgränsningar för enkäter och intervjuer utgörs av dess omfattning så som antal frågor, urvalsgrupp, längd, tid o.s.v. Till denna rapport valdes att göra en mindre enkätundersökning i syfte att få en översiktlig bild av kunskapsläget för att sedan utföra riktade intervjuer och följa upp de intressanta frågeställningarna som uppstod. Frågorna i enkäten är få, enkelt ställda och riktade till personer med olika kompetenser, från olika organisationer och från flera länder för att skapa en bredd utöver referensgruppens kompetensområden. Intervjuerna utfördes sedan som en fördjupning utifrån enkätsvaren och de diskussioner som fördes vid referensgruppsmöten och arbetsmöten. Avgränsningarna valdes främst på grund av den korta tidsramen men även då mer omfattande intervjuer ej ansågs nödvändig för de inriktningar och den lägesbild de resulterade i.

1.6. BEGRÄNSNINGAR

I detta kapitel beskrivs de begränsningar som uppkommit under arbetets gång och hur dessa har hanterats.

Med tanke på den mängd som utgör dagens regelverk är det en stor utmaning att försöka kartlägga alla regelverk. Krav ställs på internationell nivå genom multilaterala och bilaterala nationsavtal, EU, branschorganisationer och försäkringsgivare. Beroende på hur tunneln definieras, dess längd och typ av tunnel gäller olika regler som varierar mellan de olika kravnivåerna. I Sverige ställs krav på nationell nivå men också på regionala nivåer beroende på vem som är byggherre och tunnelhållare eller olika räddningstjänsters varierande förutsättningar, kunskap och delaktighet i beslutsprocessen. För många projekt tillkommer även objektsspecifika krav, anvisningar och råd som ställs av byggherren. Vid inventeringen och kartläggningen av regelverken har sannolikt inte alla regelverk som berör brandsäkerhet identifierats.

För att få en helhetsbild av regelverken har identifierade regelverk endast kommenterats översiktligt i korthet och de mest betydande lagkraven och viktigaste regelverken rörande brandmotstånd prioriterats.

I och med att Sverige likt andra länder ställer krav genom lagar och regler i flera skikt av hierarkiska nivåer så som EU-direktiv, EU-förordningar, svenska lagar och förordningar, myndigheters föreskrifter och allmänna råd, andra myndighetskrav och råd och så vidare har det varit svårt att identifiera vilka regelverk som är jämförbara på detaljkravnivå. Detta i kombination med svårigheter med översättning till svenska och tolkning av regelverken har gjort att det inte varit möjligt att få en tydlig överblick och direkt jämförbara krav mellan olika länder. Jämförelsen med andra länder begränsas i projektet till enskilda skrifter och intervjuer.

Intervjuerna genomfördes via personliga möten, telefonsamtal och mailkorrespondens vilka alla medför olika kommunikativa begränsningar då t.ex. genom att följdfrågor uppstår utan utrymme för ytterligare uppföljning eller att feltolkningar och missförstånd sker vilket lämnar frågor obesvarade. Framför allt begränsades intervjuerna av tidsåtgång att skapa ett kontaktnät av personer som är tillgängliga, har rätt kompetens, resurser och är motiverade att bistå projektet. En stor del av arbetet bestod i att identifiera och skapa de rätta kontakterna som varit mest relevanta för projektet, dock är en viktig behållning från arbetet är dock att ett brett kontaktnät av personer med relevanta kompetenser och vilja att delta har byggts upp vilket är värdefullt för projektets eventuella fortsatta arbete.

Begränsningarna medför främst att rapporten är skriven utifrån en grov detaljnivå. Eventuella brister i detaljer kan finnas i rapportens bilagor, dock har redovisade enkät- och intervjusvar granskats av de som besvarat frågorna.

2. INTRÄFFADE BRÄNDER

Det europeiska nätverket FIT (European Thematic Network Fire in Tunnels) har gjort en genomgång av statistik kring bränder i tunnlar, Haack (2005). När de analyserade inträffade tunnelbränder i Storbritannien, Sverige och Frankrike drogs slutsatsen att tunnelbränder är ovanliga jämfört med det totala antalet fordonsbränder. Förhållandet kan exemplifieras med siffror från Storbritannien där det sker mellan 60-90 bränder i tunnlar per år. Detta motsvarar 0,1 % av alla fordonsbränder, mellan 0,3 och 0,45% av alla fordonsbränder med motorn igång och mellan 6,7 och 10% av alla bränder som uppkommer som resultat av en trafikolycka.

I en undersökning av 85 större tunnelbränder rapporteras att det förekommit brandspjälkning av betong i 34 fall, Haack (2005). Av dessa var 14 järnvägs- och tunnelbanetunnlar och 20 var vägtunnlar. Dock saknas det i denna studie en genomgång av kostnader och omfattning av skadorna efter dessa bränder. Brandspjälkning av betong behöver nödvändigtvis inte betyda att något brandmotståndskriterium är brutet (REI). Brandspjälkning har alltid förekommit mer eller mindre då betong blivit exponerad för brand.

I en undersökning av 100 byggnadsbränder i betongkonstruktioner konstaterade Malhotra (1984) att det skett brandspjälkning i 80 % av fallen men att ingen byggnad kollapsade. Brandspjälkning är och har alltså alltid varit ett relativt vanligt förekommande fenomen både vid bränder i byggnader och i tunnlar.

Tabell 4. Betongskador vid några tunnelbränder sammanställt av Khoury (2000) betong ej utförd med PP-fiber

/Concrete damage in some tunnel fires from Khoury (2000) concrete not protected with PP-fiber

Tunnel	Hållfasthet hos betongen [MPa]	Uppskattad max-temperatur [°C]	Uppskattad brand-varaktighet [timmar]	Längd med skadad betong	Djup på skador
Stora Belt¹² (1994)	78 MPa (28 dagars)	800	7	16 tunnelsegment med längden 1,65 m. Skador i taket.	Upp till 68% spjälkat i skikt längsmed 10 segment
Kanaltunneln (1996)	110 MPa, ”slutgiltig”	1100	9	500 meter varav 50 meter kraftigt skadat av spjälkning	Upp till 100% av tvärsnittet bortspjälkat
Mont Blanc (1999)	Ingen uppgift	1000	50	900 m, taket mest påverkat	Ingen uppgift

Ofta är skadorna mycket begränsade men det har visat sig vid ett antal större tunnelbränder att skadorna kan bli mycket stora. I tabell 4 finns en kort sammanställning av skadorna på gjuten betong vid tre välkända större bränder. Enligt Khoury (2000) kostade reparationerna av skadorna efter branden i kanaltunneln 1996, 45 miljoner pund. En mer omfattande genomgång av inträffade bränder kan hittas i Lönnermark (2006). I Sverige har vi aldrig haft någon kraftig brand in en tunnel liknande de som kan ses i Tabell 4.

När det gäller sprutbetong finns det ingen bra sammanställning på inträffade bränder och skadeomfattningar i litteraturen. I Tabell 5 ges en sammanställning av funna källor i litteraturstudien. Vi har inte hittat några fall i den öppna litteraturen där personsador uppstått p.g.a. brandspjälkning. Enligt AIPCR (2006) har inga tillbud med nedfallande betong till följd av spjälkning rapporterats, vi vet dock inte hur noga eller omfattande undersökning som gjorts eller vad som kan ha hänt sedan 2006.

¹² Efter branden i tunneln under Stora Belt, 1994, lagades konstruktionen med tunnelement från kanaltunneln, se mer utförlig beskrivning i Jansson (2013). Olycka skedde i byggskedet och inte i driftskedet som de andra.

**Tabell 5. Betongskador efter brand i tunnlar innehållande sprutbetong.
/Concrete damage after fires in tunnels including sprayed concrete.**

Fall	Uppgifter kring sprutbetongen och uppkomna skador			
	PP-fiber	Armering	Tjocklek	Djup/storlek som spjälkat bort
Skatestraumtunneln¹³ 2015	Nej	Stålfiberarmering	6 cm sprutbetong på PE-skum	Hela tvärsnittet (6 cm)/stora bitar
Oslofjordtunneln 2011-06-23 enligt Statens Haverikommission (2013)	2 kg/m ³	Nätarmering	8 cm	Sprutbetongen i taket spjälkade 1-3 cm. Den vanliga betongen i tunnelväggen spjälkade 5-6 cm.
Mastrafjordtunneln 2006 enligt norska Räddningstjänstens rapport (2006) samt utformning enligt Franzen et al.(2001)	Nej, byggd 1992	55 kg EE(25)	1.5-17 cm	Under räddningstjänstens insatsen föll betongbitar stora som norska 20-kronors mynt ned. Dock finns inga uppgifter om spjälkning under själva branden.

I Metroprojektet 2011 utfördes fullskaleförsök i Brunsbergstunneln, där tågagnar eldades i en äldre järnvägstunnel. Tunneln var skyddad med sprutbetong, uppemot 10 cm som mest med två armeringsskikt. När sprutbetongen applicerades eller vilken sammansättning den hade är okänt. Under försöken skyddades taket och överdelen av väggarna med isolering, men under branden så slog flammor ut genom dörrar mot oskyddad sprutbetong. En viss påverkan kunde noteras, men det var snarare som att den nöttes av branden snarare än att den spjälkade (Info från Anders Lönnermark).

¹³ Uppgifter om tvärsnitt och fiberinnehåll från personlig kontakt med Claus Larsen norska Vegvesendet.

3. SPRUTBETONG OCH SPJÄLKNING

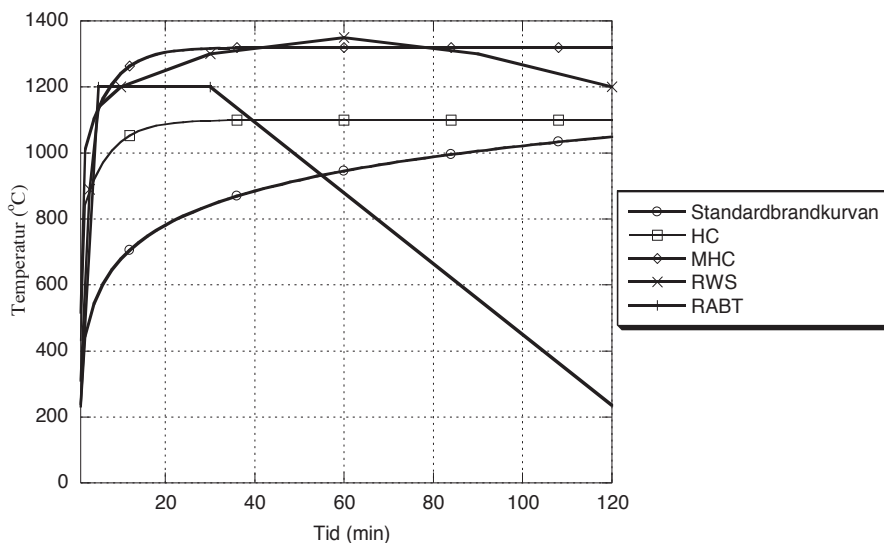
Efter de uppmärksammade storbränderna i tunnlar under 90-talet har mer fokus lagts på skydd av konstruktioner i tunnlar. Man tillsätter polypropylenfibrer (PP) i betong för att undvika eller minska förekomsten av brandspjälkning. Dessa fibrer är oftast mellan 6 och 12 mm långa samt med en diameter mellan 15 och 50 μm . Erforderliga mängder för att minimera brandspjälkning i gjuten betong brukar ofta variera mellan 1 och 2 kg/m^3 . En mer detaljerad rekommendation angående fibermängder i gjuten betong kan hittas i Betongföreningens rapport 16 (2011). Erfarenheter från inblandning av PP-fibrer i självkompakterande betong visar att arbetsbarheten påverkas vilket gör att recepten kan behöva justeras för att få en robust blandning, men detta kan lösas för både självkompakterande betong och sprutbetong. Om brandspjälkning undviks eller minimeras kan man räkna på konstruktioners brandmotstånd på ett mer realistiskt sätt. Det förekommer också att man skyddar betongen med olika typer av termiska skydd för att hålla nere värmeinträngningen i betongen och på så sätt undvika spjälkning. För vanlig gjuten betong finns det både skivmaterial och olika sorters sprutade produkter som kan användas eller så kan man helt enkelt se till att tvärsnittet är dimensionerat på ett sådant sätt att man har råd att förlora delar av det utan att den lastbärande funktionen försämras. Just skivmaterial är orealistiskt att använda ovanpå sprutbetong men en teknisk lösning kan vara att spruta på en isolering vilken kan bestå av någon färdig produkt eller ett tillräckligt tjockt lager av sprutbetong med PP-fibertillsats.

En fråga som bör lyftas då det gäller valet av skyddsmetod är kostnader och stilleståndstider i samband med renovering efter brand. Hur stort blir det tidsmässiga tillskottet i det stora hela reparationsarbetet med installationer och övrigt?

Vår kunskap om brandspjälkning bygger på erfarenheter från riktiga bränder och brandprovningar. Fenomenet är inte möjligt att modellera på ett tillfredställande sätt och det finns en mängd olika faktorer som tillsammans eller ensamma kan leda till brandspjälkning. Både tvärsnittsutformning, mekaniska och termiska ränder samt materialsammansättning inverkar på spjälkningsbenägenheten hos betong vid brand. Mer information kring fenomenet kan hittas i Betongföreningens rapport 16 (2011) eller Jansson (2013). Internationellt pågår arbete med att revidera Eurokoden 1992-1-2 där speciellt fokus läggs på rekommendationerna kring brandspjälkning samt inom RILEM där det finns en teknisk kommitté, ”256-SPF, Spalling of concrete due to fire: testing and modelling” som jobbar med att utveckla testmetoder och modeller. I denna kommitté finns även en arbetsgrupp som utreder hur olika mängder spjälkning påverkar brandmotståndet hos olika geometrier.

Sprutbetong har brandprovats av SP i olika tunnelprojekt. I Norralänkenprojektet testades 70 dagar gammal sprutbetong med olika tillsatser av PP-fiber. Provkropparnas nominella storlek var 3400 x 1200 x 100 mm och de exponerades för standardbrandkurvan, ISO 834, i 60 minuter. Vi dessa tester användes standardbrandkurvan men även

andra brandkurvor kan användas vid brandprovning av tunnelelement, exempel på några vanligt förekommande brandkurvor ses i Figur 1 nedan.



Figur 1. Några vanligt förekommande brandexponeringskurvor som används vid provning av betongkonstruktioner för tunnlar i Europa.

/Some commonly used fire exposure curves used during tests of concrete elements for tunnels in Europe.

En sammanfattning av resultaten vid testerna kan ses i Tabell 6. Resultaten visar att ingen spjälkning skedde i det tidiga skedet av brandpåverkan och endast i begränsad omfattning i det senare skedet av brandpåverkan. Provkropparnas integritet bibehölls under hela provtiden.

Tabell 6. Spjälkning hos sprutbetong testade för Norralänkenprojektet. Obelastade ej inspända provkroppar.

/Spalling of sprayed concrete tested in the Norralänken project. Non load-ed or restrained test specimens.

Provkropp	Spjälkning	Anmärkning
A 1 kg/m ³ PP	Nej	
B 1,2 kg/m ³ PP	Spjälkning i hörnet av randzonen	Hörnet spjälkade av efter 42 minuter
C 1,2 kg/m ³ PP	Nej	
D 1,5 kg/m ³ PP	Spjälkning i hörnet av randzonen	Hörnet spjälkade av efter 56 minuter

I Hallandsåsprojektet testades betong som skyddats med sprutbetong. Olika mixer testades med en RWS brandexponering i 120 minuter, se Figur 1 på föregående sida. Sprutbetongen sprutades på betongplattor med dimensionerna 1800 x 1200 x 150 mm. en sammanfattning av resultaten kan ses i Tabell 7.

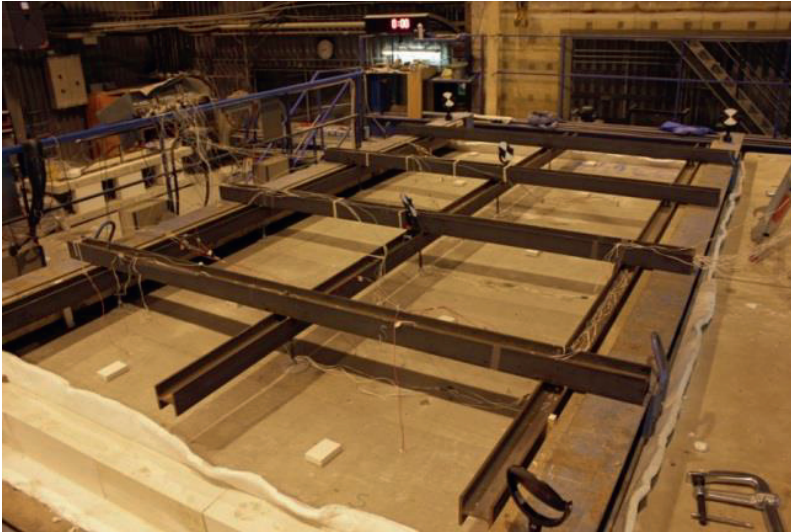
Tabell 7. Spjälkning hos sprutbetong sprutat på underliggande betong testade för Hallandsåsprojektet.

/Spalling of sprayed concrete sprayed on concrete tested in the Hallandsås project.

Provobjekt	Stålfiber [kg/m ³]	PP fiber [kg/m ³]	Tjocklek [mm]	Maximalt spjälkingsdjup [mm]
1	55	1,5	90	19
2	-	1,5	90	19
3	55	1,0	60	109*
4	55	1,5	60	99*
5	55	1,0	90	0
6	55	1,5	90	40
7	55	1,5	90	29
8	55	1,5	90	15

*Hela sprutbetongskiktet samt delar av den underliggande betongen har spjälkat bort.

I projektet Förbifart Stockholm testades ett innertak av sprutbetong innehållande 2 kg/m³ PP fibrer (Jansson & Lange 2015). Två av syftena med projektet var att (i) testa brandmotståndet hos konstruktionen under 180 minuters hydrokarbonbrandsexponering samt (ii) att undersöka om de termiska egenskaperna hos sprutbetongen stämde med det som rekommenderas i Eurokoden EN 1992-1-2. Under testet av den största provkroppen, se Figur 2, uppstod endast begränsad ytavspjälkning och brandmotståndet, isoleringsförmågan och integriteten, bibehölls under hela brandförloppen. De termiska egenskaperna mättes upp med *transient plane source*-tekniken och det visade sig att den termiska diffusiviteten i den undersökta sprutbetongen låg över de värden som valts som ett nationellt val i Sverige för temperaturerna 22, 150 och 170°C men vid 300°C visade mätningarna i stort sett samma värde som det nationella valet.



Figur 2. Brandprov av innertak gjort av sprutbetong. Innertaket, med måtten 5000 x 3000 x 151 mm, är upphängt i 12 stag (Jansson och Lange, 2015) /Fire test of inner roof of sprayed concrete. The inner lining with size 5000 x 3000 x 151 mm is hanging in 12 rods (Jansson och Lange, 2015).

Statens vegvesen i Norge beskriver i sin rapport 139, från 2012, både tillverkningsprocessen och brandprovningar av sprutbetong med olika doser av PP-fibrer. Brandprovningarna gjordes på 1,3 x 1,3 m stora provkroppar med en brandexponerad yta på 1 x 1 m och nominell tjocklek 60 mm. Både standardbrandkurvan och hydrokarbonkurvan användes. Hållfasthetsförlust vid fiberinblandning och observationer kring förändringar i pumpbarhet finns i redogörelsen. Dessa prover ligger enligt rapporten till grund för kravet på PP-fibrer i sprutbetong i Norska vägtunnlar där man rekommenderar en tillsats av 2 kg/m³ PP-fibrer.

Den till synes stora spridningen i testresultat mellan olika brandtester av sprutbetong beror sannolikt delvis på att alla provkroppar av naturen har en topograf från sprutningen.

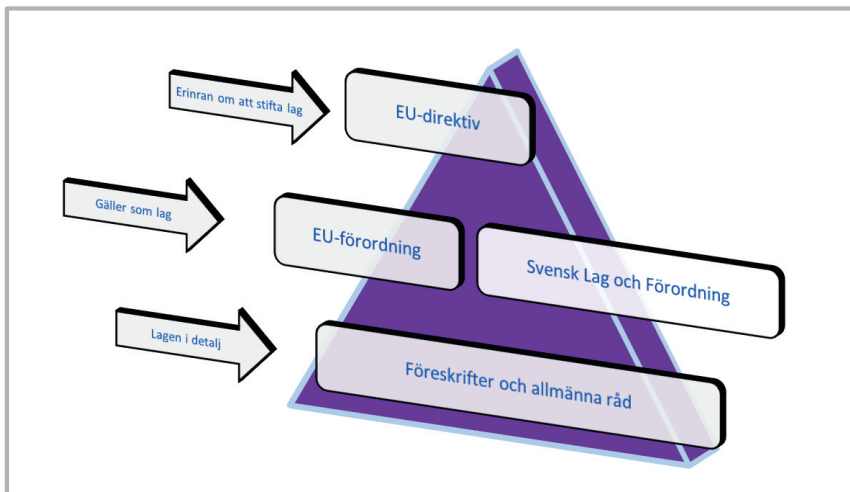
Det viktigaste när det gäller spjälkning är att undvika kraftig eller progressiv spjälkning, lite ytflagnig och nedfall av grus sker väldigt ofta vid brand i betongkonstruktioner men detta bedöms ej leda till att någon skadas eller i nämnvärd omfattning påverka brandmotståndet.

4. REGELVERK

För brandskydd av tunnlar finns det finns en stor mängd olika regelverk, lagar, standarder, riktlinjer, råd, anvisningar, handböcker och så vidare som beskriver hur det ska byggas och vilka krav som gäller. Det finns olika regelverk beroende på om tunneln är till för järnväg, väg, tunnelbana eller bara är avsedd för gångare och/eller cyklister. Tunnelns längd och trafikflöde är inte bara avgörande för vilka krav som ställs. Vidare finns det flera olika kravställare och regelverksförfattare som ofta ställer krav parallellt för en och samma tunnel. Om vi istället för tunnel studerar vad som gäller för bergtrum så är det svårt att hitta ett enda regelverk med föreskrifter specifikt för bergtrum.

4.1. ALLMÄNT OM LAGAR & REGELER

Lagar stiftas av riksdag utifrån övergripande gemensamma mål. Lagen preciseras och kompletteras av förordning där bland annat ansvarig myndighet utses och tilldelas föreskriftsrätter. Myndigheter med tilldelad föreskriftsrätt formulerar föreskrifter och allmänna råd som beskriver hur lag och förordning ytterst ska tillämpas. Figur 3 visar det hierarkiska förhållandet som råder mellan Sveriges olika lagar.



Figur 3. Lagarnas inbördes hierarki, från EU-direktiv till allmänna råd. / Hierarchy of Swedish laws, from EU directives to specific building codes.

EU-förordning gäller direkt som lag i ett medlemsland medan EU-direktiv innehåller gemensamma mål som uppfylls antingen genom att kommissionen tar fram en förordning eller att varje land själva avgör och tar fram lagar som krävs för att uppnå målen, oftast med en tidsfrist på två år. När anpassningen av den svenska lagstiftningen är klar anmäler regeringen det till EU-kommissionen. Ytterligare och mer detaljerad informat-

ion om EU och dess lagar, exempelvis hur de stiftas och implementeras eller vad gör de olika institutionerna och vem bestämmer vad, ges genom riksdagens informationsajt (<http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Om-EUs-lagar-och-beslutsfattande/Sa-beslutar-EU/>).

I Tabell 8 nedan beskrivs samma förhållande som i Figur 3, dock har regelnivåerna kommenterats och de mest relevanta regelverken för tunnlar och bergrum exemplifierats för respektive kravnivå.

Tabell 8. Allmänt om olika sorters regler i Sverige i hierarkisk fallande ordning /Swedish regulations in hierarchical descending order

Regler	Beslutas av	Kommentar
EU-direktiv <i>Ex. 2004/54/EG (säkerhet i vägtunnlar) 2008/57/EG (säkerhet hos järnvägs-systemet)</i>	EU-parlamentet och rådet <i>EU-parlamentet bildas genom allmänna val</i>	Direktiven antas som gemensamma mål för EU. Förslag läggs av EU-kommissionen, EU-parlamentet kan ej lägga egna lagförslag.
EU-förordningar <i>Ex. EU nr 1303/2014 (TSD avseende säkerhet i järnvägstunnlar)</i>	EU-kommissionen <i>(utifrån EU-parlamentets förordning)</i>	EU-förordning gäller som lag i Sverige. Regeringen ansvarar för implementeringen.
Sveriges lagar <i>Ex. PBL, LSO, Järnvägslagen, Lag om säkerhet i vägtunnlar</i>	Riksdagen <i>(Riksdag bildas genom allmänna val)</i>	Förslag kan läggas av regeringen (motion) eller riksdagen (proposition).
Förordningar <i>Ex. PBF</i>	Regeringen <i>(Regeringen tillsätts av riksdagen)</i>	Förordning anger bl.a. vilken myndighets som har föreskriftsrätt samt vem som ansvarar för kontroll och tillsyn.
Föreskrifter & allmänna råd <i>Ex. BBR, EKS, AFS, TSFS</i>	Myndigheter med föreskriftsrätt <i>Ex. Boverket, Arbetsmiljöverket, Transportstyrelsen</i>	Föreskriftsrätt beslutas av regeringen och anges i förordning. Nationellt anpassad tillämpning av EKS ges ut av Boverket.
Byggherrekrav <i>Ex. TRV Publikation 2014:144, projektspecifika anvisningar</i>	Byggherren <i>ex. Trafikverket, landsting, kommuner, entreprenörer.</i>	Oftast byggherrens egenambition eller specifika metodval för att uppfylla lag och föreskrift. Byggherrekrav är ej lagkrav.

EKS utgör Boverkets föreskriftserie om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder). Tillsammans med eurokoderna utgör EKS de svenska reglerna för

verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet. I EKS beskrivs Sveriges nationella val till eurokoderna. Medlemsstaternas individuella anpassning och val av eurokoder baseras på ländernas olika förutsättningar avseende geologi, klimat, levnadssätt och säkerhetsnivå. Eurokoder som inte är med i den nationella anpassningen kan dock ändå användas för tillämpningar som inte explicit tas upp i det svenska regelverket.

4.2. KARTLÄGGNING AV REGELVERK, KRAV OCH DEFINITIONER

Kartläggning av regelverk har gjorts utifrån inventering av de EU-direktiv, EU-förordningar, lagar, förordningar, föreskrifter och andra relevanta regelverk som behandlar brandsäkerhet och utifrån dessa sökt vidare efter de delar som behandlar krav på brandmotstånd. Listad sammanfattning från inventering av regelverken redovisas i bilaga A.

I grund och botten är det i Plan- och bygglagen, PBL, (2010:900) och Plan- och byggförordningen, PBF, (2011:338) där det ställs krav på utformningen av tunnlar och berg- rum. Ur lagen lyder:

PBL 8 kap. 4 §

Ett byggnadsverk ska ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om

1. *bärförmåga, stadga och beständighet,*
2. *säkerhet i händelse av brand,*

Lag (2010:900).

Vidare utvecklas vad som avses med ”*de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om säkerhet i händelse av brand*” i förordningen:

PBF 3 kap. 8 §

8 § För att uppfylla det krav på säkerhet i händelse av brand som anges i 8 kap.

4 § första stycket 2 plan- och bygglagen (2010:900) ska ett byggnadsverk vara projekterat och utfört på ett sätt som innebär att

1. *byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,*
2. *utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,*
3. *spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas,*
4. *personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och*
5. *hänsyn har tagits till räddningsmanskapets säkerhet vid brand.*

Förordning (2014:225).

PBL och PBF anger i lagrummet ovan krav för byggnadsverk vilket omfattar byggnader och alla andra anläggningar än byggnader. Vidare definieras begreppen byggnad och byggnadsverk definieras inledningsvis i lagen:

PBL 1 kap. 4 §

byggnad:

en varaktig konstruktion som består av tak eller av tak och väggar och som är varaktigt placerad på mark eller helt eller delvis under mark eller är varaktigt placerad på en viss plats i vatten samt är avsedd att vara konstruerad så att människor kan uppehålla sig i den,

byggnadsverk:

byggnad eller annan anläggning,

Lag (2010:900).

Vidare beskrivning vad som menas med ”annan anläggning” ges inte i PBL och PBF. Ordet anläggning kan betyda många olika saker och användas i flera sammanhang men från definitionen av byggnad samt att anläggningen ska vara ett byggnadsverk erhålls förståelsen. Med annan anläggning än byggnad menas förenklat; en konstruktion som i vissa avseenden har likheter med en byggnad som är av relevans för lagens och dess syfte d.v.s. vid planläggning av mark och vatten och om byggande. Några exempel på byggnadsverk som utgörs av andra anläggningar än byggnader är torg, broar, golfbanor, fasta cisterner, vindkraftverk, staket och vägskyltar.

Enligt definitionen för byggnader, i PBL, är längden på vistelsen för människor, stadigvarande eller ej, inte relevant utan det som gäller är om byggnaden är avsedd för människor att vistas i eller inte. Utformning med eller utan väggar saknar betydelse däremot om byggnadsverket består av ett tak som människor kan vistas under är ytterst avgörande.

En direkt definition av bergrum och tunnlar som andra anläggningar än byggnader finns inte i PBL men de anges implicit som andra anläggningar än byggnader i PBF i fråga om lov och anmälan.

PBF 6 kap. Lov och anmälan m.m.

Bygglov för andra anläggningar än byggnader

1 § I fråga om andra anläggningar än byggnader krävs det bygglov för att anordna, inrätta, uppföra, flytta eller väsentligt ändra

- 1. nöjesparker, djurparker, idrottsplatser, skidbackar med liftar, kabinbanor, campingplatser, skjutbanor, småbåtshamnar, friluftsbad, motorbanor och golfbanor,*
- 2. upplag och materialgårdar,*
- 3. tunnlar och bergrum som inte är avsedda för väg, järnväg, tunnelbana, spårväg eller gruvdrift,*
- 4. fasta cisterner och andra fasta anläggningar för kemiska produkter som är hälso- och miljöfarliga och för varor som kan medföra brand eller andra olyckshändelser,*

Förordning (2014:225).

Klart är att bergrum och bergtunnlar inte är byggnader utan beskrivs genom Lag (2010:900) och Förordning (2014:225) som andra anläggningar än byggnader omslutna i berg. Särskiljningen i definitionen av byggnad leder till vilka föreskrifter som blir gällande.

Genom definitionen av begreppet byggnadsverk som byggnad eller annan anläggning omfattas alla typer av varaktiga konstruktioner för förvaring, vistelse, avgränsning och informationsförmedling. Det görs ingen skillnad om konstruktioner anses vara del av en byggnad, en tunnel eller undermarksstation. Tunnlar och bergrum är byggnadsverk och ska därigenom uppfylla samma nivå på säkerhet som byggnader enligt PBL och PBF.

För att få vägledning i hur kraven i PBL och PBF ska uppfyllas har Boverket rätt att meddela föreskrifter vilket de gör genom Boverkets författningssamling, där BBR och EKS utgör de mest centrala regelverken vid byggnation och ändring av byggnader. Motsvarande rättighet att meddela föreskrifter i fråga om järnvägar, tunnelbanor, spårvägar, vägar och gator samt de anordningar som hör till dessa (ej byggnader) ges till Transportstyrelsen, efter att ha hört Boverket enligt Förordning (2014:225).

Krav på brandmotstånd ges i allmänhet genom föreskriftsserien EKS (tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder) som ges ut av Boverket, gällande version vid författandet av denna rapport är EKS 10 (BFS 2015:6). Dessa föreskrifter gäller till skillnad från Boverkets byggregler (BBR) för alla byggnadsverk och är ej begränsade till endast byggnader. Ur författningen ges följande om dess tillämpningsområde:

Föreskrifterna

2 § Föreskrifterna gäller

- vid uppförande av nya byggnader,
- vid ändring av byggnader i den utsträckning som följer av 31–38 §§ och
- vid mark och rivningsarbeten. (BFS 2015:6).

Allmänt råd

Av 1 kap. 4 § PBL framgår att även ombyggnader och tillbyggnader innefattas i begreppet ändring av byggnader. (BFS 2015:6).

Föreskrifterna gäller även på motsvarande sätt i tillämpliga delar vid uppförande och ändring av andra byggnadsverk än byggnader, där brister i byggnadsverkens bärförmåga, stadga och beständighet kan försäkra risk för oproportionerligt stora skador. Föreskrifterna gäller inte bergtunnlar och bergrum. (BFS 2015:6).

Allmänt råd

Exempel på risk för oproportionerligt stora skador är risk för allvarlig personskada eller risk för allvarlig skada på samhällsviktiga funktioner. (BFS 2015:6).

I föreskriftstexten ovan står uttryckligen att föreskrifterna ej gäller bergtunnlar och bergrum. I och med denna skrivelse har tolkningar ofta gjorts att regelverket inte omfattar utrymmena över huvud taget. Tolkningen att regelverken helt kan frångås är inte korrekt, EKS gäller för byggnader och byggnadsverk. I synnerhet gäller regelverket för de byggnadsverksdelarna som används så som betongelement och konstruktionsdelar. Föreskrifterna gäller för betongtunnlar och genom PBL och PBF ska säkerhetsnivån vara densamma oavsett om tunneln utgörs av betongelement eller är klädd med sprutbetong. Exempel på hur de olika tunnlar typiskt kan se ut visas med två fotografier i Figur 4 på nästföljande sida.



**Figur 4 vänster bergtunnel inklädd i sprutbetong och till höger en betongtunnel.
/left shows a rock tunnel with shotcrete and to the right a concrete tunnel.**

EKS omfattar i tillämpliga delar alla byggnadsverksdelar som tillförs en konstruktion. Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser enligt 10§ (BFS 2015:6) ger en gemensam metod och ett jämförbart index som mått på risk för personskador. I tillhörande allmänt råd kategoriseras byggnadsverk för att ge vägledning för hur säkerhetsklasserna ska väljas. Kategoriseringen utgår främst från byggnader och ger ingen direkt vägledning för andra anläggningar. Bland Eurokoder ges ingen enskild kod om hur bergkonstruktioner ska beräknas. Allmänt behandlas brandlaster i SS-EN 1991-1-2 (2013), i 2§ beskrivs hur byggnadsdelar ska hänföras till brandsäkerhetsklasser men denna Eurokod berör endast byggnadsdelar. Erforderligt brandskydd ska dock uppfylla samma nivå av säkerhet oavsett typ av byggnadsverk enligt PBL och riskerna ska bedömas lika oavsett om det är en betong- eller bergtunnel. Risken för personskada ska värderas lika och indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser ger ett mått som kan jämföras med andra byggnadsverk. Problemet med bergrum och bergtunnlar är att det inte finns någon tydlig vägledning för hur detta ska göras.

De standarder som berör sprutbetong listas i Tabell 9. Det finns dock ingen standard som behandlar sprutbetong med inblandning av PP-fiber.

Tabell 9 De viktigaste standarderna som berör sprutbetong

/The most important standards affecting the design of shotcrete

Name and year	Title
EN 14487-1:2005	Sprayed concrete. Definitions, specifications and conformity
EN 14487-2:2006	Sprayed concrete. Execution
EN 14488-1:2005	Testing sprayed concrete. Sampling fresh and hardened concrete
EN 14488-2:2006	Testing sprayed concrete. Compressive strength of young sprayed concrete
EN 14488-3:2006	Testing sprayed concrete. Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens
EN 14488-4:2005 +A1:2008	Testing sprayed concrete. Bond strength of cores by direct tension
EN 14488-5:2006	Testing sprayed concrete. Determination of energy absorption capacity of fibre reinforced slab specimens
EN 14488-6:2006	Testing sprayed concrete. Thickness of concrete on a substrate
EN 14488-7:2006	Testing sprayed concrete. Fibre content of fibre reinforced concrete
EN 14889-1:2006	Fibres for concrete. Steel fibres. Definitions, specifications and conformity
EN 14889-2:2006	Fibres for concrete. Polymer fibres. Definitions, specifications and conformity
EN 197-1:2000	Cement. Composition, specifications and conformity criteria for low heat common cements
EN 206-1:2000	Concrete. Specification, performance, production and conformity
EN 1990:2002	Basis of Structural Design
EN 1992-1-1:2004	Eurocode 2. Design of concrete structures. General rules and rules for buildings
EN 1997-1:2004	Eurocode 7. Geotechnical design. General rules

Utöver kraven i EKS (BFS 2015:6) tillkommer krav på brandmotstånd för tunnlar som utgör sänktunnlar och överdäckningar vilka ges i Transportstyrelsens författning TSFS 2015:27 om säkerhet i vägtunnlar och Europakommissionens förordning EU 1303/2014 om driftkompatibilitet inom det transeuropeiska järnvägsnätet. Kraven har tillkommit för att undvika kollaps av tunnel som medför stora konsekvenser som att hela tunneln måste byggas om eller fastigheter för tredje part påverkas.

I Tabell 10 nedan ges de viktigaste gällande lagarna och föreskrifterna som behandlar bärförmåga vid brand.

**Tabell 10. Gällande regelverk för olika byggnadsverk.
/Lawbinding building code for different structures.**

	Vägtunnlar	Järnvägs-tunnlar	Tunnel-bana spår-vägstunnel	Övriga tunnlar (ex. kortare än 100 m och gång och cykeltunnel)	Bergrum
Lagar	PBL (2010:900) PBF (2014:225) & Lag (2006:421) och Förordning (2006:418) om säkerhet i väg- tunnlar Väglag (1971:948) & Vägsförord- ning (2012:707)	PBL (2010:900) PBF (2014:225) & Järnvägslag (2004:519) & Järnvägsför- ordning (2004:526) TSD tunnel (EU 1303/2014) avseende "sä- kerhet i järn- vägstunnlar"	PBL (2010:900) PBF (2014:225) & Lag (1990:1157) & Förordning (1990:1165) om säkerhet vid tunnelbana och spårväg	PBL (2010:900) PBF (2014:225) Väglag (1971:948) & Vägsförord- ning (2012:707)	PBL (2010:900) PBF (2014:225)
Före- skrifter	* EKS 10 (BFS 2011:10) TSFS 2015:27 om säkerhet i vägtunnlar	* EKS 10 (BFS 2011:10) ** Föreskrifter saknas För järnvägs- tunnlar som är del av TEN- järnvägsnätet gäller TSD tun- nel	* EKS 10 (BFS 2011:10) ** Föreskrifter saknas	* EKS 10 (BFS 2011:10) ** Föreskrifter saknas	* EKS 10 (BFS 2015:6) ** Föreskrifter saknas

* Föreskrifterna gäller ej konstruktioner som utgörs av bergrum och bergtunnlar, byggnadsverksdelar omfattas i tillämpliga delar.

**Transportstyrelsen har rätt att meddela föreskrifter om tekniska egenskapskrav i fråga om järnvägar, vägar och gator samt anordningar som hör till järnvägarna, vägarna eller gatorna. *PBF (2014:225) 10 kap. 6 §.*

Vid avsaknad av föreskrift bör kraven på säkerhet bedöms utifrån tillämpliga delar av närliggande regelverk. För bergrum som inte har specifika (egna) föreskrifter ska tillämpliga delar av de krav som ställs på byggnader och bergkonstruktioner ses som vägledande. Ett parkeringshus i tre plan ska uppfylla samma krav på utrymning som ställs i

BBR och samma krav på bärverk som ställs i EKS som om det vore beläget i ett berg-
rum.

4.3. JÄMFÖRELSE MELLAN REGELVERK

En jämförelse mellan regelverk och krav som gäller i Sverige, Norge och Finland är intressant då länderna har likartade, jämförbara, regelverk historiskt sett samt att länderna utför tunnlar i liknande hårda kvartsbergarter. Syftet med jämförelsen är att studera vilka regler, krav och metoder länderna har för att undersöka likheter och skillnader mellan dessa.

Sprutbetong används i vägtunnlar som en del av förstärkningen av jord- och bergkonstruktioner, som bärande konstruktion samt vid förstärknings- och lagningsarbeten. Generellt används polypropylenfibrer (pp-fibrer) som brandskydd i sprutbetong i samtliga länder.

Krav specifika för brandmotstånd av själva berget har inte identifierats. Där berget är hårt och bär sig själv behövs inget brandskydd, några särskilda krav specifikt för att hålla upp berget finns inte i regelverken. Ingen litteratur som pekar på att bergets storskaliga bärighet skulle kollapsa vid brand har påträffats och en samlad uppfattning bland tillfrågade personer är att en kollaps ej är trolig. Det som sker med berget när det brinner häftigt i en bergtunnel är att tunneln blir större eftersom sten och betong spricker och rasar ner från brandutsatta delar.

Skyddande mot tunnelkollaps är ej kopplade till utrymning eller räddningstjänstens insats. Krav på brandmotstånd för att förhindra att tunneln helt eller delvis kollapsar har tagits fram ur ett samhällsekonomiskt perspektiv för att undvika stora konsekvenser som att tunneln i sträckningar måste byggas om på nytt eller om tunnelns kollaps påverkar ovanpåliggande fastighet.

I Sverige (TSFS 2015:27) ställs krav på brandmotstånd för över 100 meter långa vägtunnlar där en brand kan orsaka att tunneln svämmar över (sänktunnlar) eller att närliggandes byggnadsverk störtar samman (överdäckningar). Bärigheten ska verifieras enligt HC-kurvan (SS-EN 1363-2:1999) med varaktighet av minst 180 minuter. Kraven på brandmotstånd som ges för järnvägstunnlar i TSD (EU) 1303/2014 (teknisk specifikation om driftkompatibilitet) är likartade men för dessa specificeras ej exakt vilken kurva som ska tillämpas. Förutom för sänktunnlar och överdäckningar ställs det krav på tunnlar utförda med inklädnadssystem som kan kollapsa t.ex. tunnelduk med sprutbetong. För vägtunnlar ställs det krav på att spjälkning ska förhindras i minst 60 minuter enligt TSFS 2015:27. I TSD tunnel (EU 1303/2014) beskrivs att tiden för att förhindra spjälkning ska motsvara den tid det tar för livräddningsinsats vilket för Sverige borde vara densamma som för vägtunnlar.

TSD tunnel (EU 1303/2014) ska tillämpas inom det transeuropeiska järnvägsnätet (TEN-T järnvägsnätet). Tillämpningsområdet omfattar tunnlar längre än 100 meter men kraven beskrivs vara gällande för även kortare järnvägstunnlar i tillämpliga delar. Mot-

svarande formulering ges ej i TSFS 2015:27 men kraven bör på samma sätt vara lika gällande där i tillämpliga delar oavsett tunnelns längd.

Vid tunnlar över 500 meter ska en riskanalys genomföras. Kravet gäller lika i Sverige och Finland. I Sverige är det Transportstyrelsen som har i uppdrag att utöva tillsyn av tunnlar längre än 500 meter.

För såväl vägtunnlar som järnvägstunnlar i berg ställs inga krav på brandmotstånd för bergets storskaliga bärande huvudsystem så länge berget bär sig själv.

I Norge är brandkraven kopplade till olika brandkurvor utifrån olika fall och olycksrisken på motsvarande sätt som de svenska tillämpas beroende på trafikflöde, tunnellängd, allvarliga konsekvenser o.s.v. Främst används HC-kurvan med verifiering av brandmotstånd i 60 minuter, för sänktunnlar och vid risk att hela konstruktionen går förlorad (total nybyggnation) gäller dock RWS-kurvan i 120 minuter. Brandkurvorna i sin tur är kopplade till fullskaletester. Tillräckligt skydd uppnås vid en genomsnittstemperatur mot brännbart material som inte överstiger 250 grader efter 60 minuters provning samt att det inte ska uppstå några flammor i brännbara material.

I Finland dimensioneras bärande konstruktioner i vägtunnlar utifrån HCM 120 som är en variant av HC-kurvan, om brand kan orsaka kollaps hos närliggande byggnadsverk utförs dimensionering enligt HCM 180. Bärande konstruktioner får ej skadas så, att dessa behöver förnyas. Mindre underhåll (lagning) av skador på ytskikt är godtagbart.

De material som används som inklädnad av ytor i väggar och tak i en bergtunnel kan vara en del av ett inklädnadssystem. En inklädnad kan utgöra en vatten- och frostsäkring, en förstärkning av bergets yta på ett bärande huvudsystem av berg eller en estetisk och tvättbar vägg- och takbeklädnad. Då brandskyddet varierar beroende på vilken typ av inklädnad inklädnadssystemet utgör är det viktigt att tydliggöra definitioner och funktioner. I Sverige betraktas en inklädnad som används som bergförstärkning som en del i det bärande huvudsystemet samt som skyddslager vid andra konstruktioner som är utsatta för miljöbelastning och brand. Övriga inklädnader betraktas som inredning.

De svenska kraven på inklädnadssystemet är att spjälkning ska förhindras i minst 60 minuter. Vilken brandkurva som tiden ska verifieras mot anges ej. Åtgärder för att undvika spjälkning av betong kan baseras på ”Rapport 16, 2011 - Betong och brand - Rekommendationer för att förhindra spjälkning i anläggningskonstruktioner” (Svenska Betongföreningen).

I Finland ska sprutbetong som används som inklädnadssystem uppfylla HCM 60. Krav på brandskydd mot spjälkning av betong ställs för den övre delen av tunneln, med andra ord tunnelvalvet (-taket) och de övre delarna av tunnelväggarna enligt HCM60. För

sprutbetongkonstruksjoner etterfølgs samma krav och byggnadsdelbeteckningar som för gjutbetongkonstruksjoner i motsvarande förhållanden.

För enskilda byggnadsverksdelar gäller Eurokoderna i allmänhet i samtliga länder, med undantag för de skillnader som gjorts i och med nationella val. Definitioner och krav för sprutbetong presenteras i SS-EN 14487-1, användning behandlas även i SS-EN 14487-2 och enligt SS-EN 13501-2 ska det även finnas kontrolluckor i inklädningsystemet i lägst klass EI 60.

Begreppet ”inklädningssystem” påträffas inte i de norska skrifterna. Med utgångspunkt från den svenska tolkningen kan ändå antas att det som står i handboken ”Vann og frostsikring i tunneler” går att tillämpa under kategorin ”inklädningssystem”. De krav som anges i denna skrift är att de produkter som används som skydd över brännbara produkter, inklädningssystem, ska klara ett visst brandmotstånd. Med samma tolkning ur det finska regelverket står det att inklädningsystemet eller brandskyddsmaterialet vid en brand kan skadas så att det behöver förnyas.

I Norge delas tunnlar in i tunnelklasser enligt tabell i Figur 5. Avgörande kriterier är ÅDT (årsmedeldyngstrafiken), tunnellängd samt möjlighet till utrymning. (Se tabell). Mer utförlig beskrivning av de olika tunnelklasserna finns beskrivet i handbok N500 Vegtunneler. De olika tunnelklasserna styr om det måste finnas utrymningsvägar/utrymningstunnlar samt om riskanalyser ska utföras.

Tabell 5.1 Dimensjonerende brann. Krav til brannbeskyttelse i henhold til standard tid- temperaturkurver

Tunnelklasse	ÅDT (opp til)	Dimensjonerende brann Brannventilasjon, MW	Brannbeskyttelse av isolasjon	
			Eksponeeringskurve	Tid (min.)
A	300	20	ISO 834	60
B	4000	20	ISO 834	60
C	8000	50	HC	60
D	12000	100	HC	60
E	15000	50	HC	60
F		100	HC	60

(jf. håndbok N500 Vegtunneler og SINTEFrapport nr. NBL F05131)

Figur 5 en tabell med olika tunnelklasser som används i de norska regelverken. /classification of tunnels in Norway.

5. DISKUSSION

Identifierade felkällor och dess inverkan på resultatet diskuteras i kapitel 1.6. Begränsningar. Nedan återges följer en kort diskussion utifrån de frågeställningar som rapporten inledningsvis avsett att besvara.

Frågeställningar

1. *Hur utförs brandskydd med sprutbetong i tunnlar och bergrum idag?*
2. *Vad är skillnaden mellan bergrum och tunnlar?*
3. *Vilka regelverk gäller för brandskydd under mark/berg, i tunnlar och bergrum?*
4. *Hur tillgodoses säkerheten för räddningstjänstens personal?*

1. Hur utförs brandskydd med sprutbetong i tunnlar och bergrum idag?

På grund av osäkerheter kring bergets bärighet, tolkning av gällande föreskrifter, hur brandspjälkning inverkar på skyddet och hur beräkningar för bärverk (i brandlastfallet) ska verifieras tas objektsspecifika krav fram för i stort sett varje projekt.

Andelen inblandning av PP-fiber varierar mellan 1-3 kg/m³ och åsikterna om olika betongrecept går isär, se enkätsvar i bilaga C.

När det gäller spjälkning är det viktigast att undvika kraftig eller progressiv spjälkning, lite ytfogning sker väldigt ofta vid brand i betongkonstruktioner vilket inte bör ses som ett problem.

För sprutade system är det viktigt att den mekaniska infästningen är utprovad och kontrollerad. Risken för vidhäftningsbrott och nedfall vid en brand är stor, med stora konsekvenser för funktionen hos skyddssystemet som följd.

Skyddssystem är provade och godkända för olika brandkurvor för en begränsad tid, exempelvis ISO834 under 60 minuter. Vid en verklig brand kan brandförloppet skilja sig markant mot den dimensionerande branden om valet av brandkurva inte gjorts tillräckligt noggrant, vilket innebär att påverkan på skyddssystemet är tuffare än det som provats. Exempelvis baseras vissa skyddssystem på att det i sprutbetongen finns bundet vatten eller andra ämnen som ska förångas eller omvandlas och på så sätt begränsa värmegenomträngning till bakomvarande konstruktion, vid en långvarig brand är funktion för dessa system okänd.

Golder Associates AB har erfarit att det är viktigt att ha god kontroll på sprutbetongens sammansättning och att anpassa denna vid en eventuell tillsats av PP-fibrer. Det råder annars stor risk för att sprutbetongen skiktas vid appliceringen och att kvalitén bli ojämn, från Häggström mfl (2007).

2. Vad är skillnaden mellan bergrum och tunnlar?

Den stora skillnaden mellan bergrum och tunnlar är att tunnlar avser någon form av transport medan bergrum avser andra funktioner, ofta ett utrymme där människor förutsetts vistas på ett eller annat sätt. Beroende på om anläggningen avser att människor transporteras eller vistas gäller olika föreskrifter. Vidare skiljer sig bergrum och bergtunnlar från motsvarande utrymmen i annat medium, så som betongtunnlar och undermarksanläggningar, genom att EKS 10 (BFS 2011:10 med ändringar till och med BFS 2015:6) uttryckligen anger att föreskrifterna inte gäller för bergrum och bergtunnlar.

Tunnlar och bergrum är ej byggnader utan uppförs som andra anläggningar enligt Plan och byggförordningen (2011:338). Krav på säkerhet i händelse av brand gäller dock lika för alla byggnadsverk oberoende om de klassas som byggnad eller annan anläggning.

3. Vilka regelverk gäller för brandskydd under mark/berg, i tunnlar och bergrum?

Plan och bygglagen (2010:900) och Plan och byggförordningen (2011:338) gäller alltid oavsett typ av byggnadsverk (byggnader och andra anläggningar). Genom lagen ställs det krav på att säkerhetsnivån och säkerhet i händelse av brand ska vara densamma för bergrum som för byggnader, bergtunnlar och betongtunnlar. Huruvida ett byggnadsverk hänförs till att vara en byggnad eller en annan anläggning gör ingen skillnad för grundkraven på säkerhet då kravnivån enligt lagen är detsamma oavsett typ av byggnadsverk. Även i de fall som BBR, EKS, TSFS eller andra föreskrifter inte gäller explicit så är det samma nivå på brandsäkerhet som ska uppnås. Jämförelser mellan regelverken bör göras för att identifiera luckor och tillämpliga krav som behöver tillgodoses i de fall det är oklarhet vilket regelverk som gäller. Enkelt formulerat så gäller föreskrifter från olika lagar samtidigt och parallellt utan hierarkisk ordning sinsemellan. Alla lagar gäller och ingen lag gäller mer än någon annan om inte så anges specifikt i lagen.

I EKS står det att föreskrifterna inte gäller bergrum och bergtunnlar men i övrigt ska tillämpliga delar av kraven för byggnadsverksdelar användas som en lägsta nivå. Föreskriftsserien omfattar betongtunnlar men inte bergtunnlar och skillnaden är att just själva bergets bärighet, stadga och beständighet inte berörs av EKS. Förutom bergets bärighet berörs dock de byggnadsverksdelar t.ex. betongelement och sprutbetong av regelverket.

Ingen litteratur eller annan skrivelse om att berget riskerar att kollapsa till följd av brand har påträffats under framtagandet av denna rapport. Efter sammanställning av intervjuvar och jämförelse med andra länder är det tydligt att bergets storskaliga bärande huvudsystem ej bedöms vara utsatt för risk. I varken de föreskrifter som ges ut av Transportstyrelsen, TSFS 2015:27 om säkerhet i vägtunnlar, eller TSD (EU) 1303/2014 om driftkompatibilitet inom det transeuropeiska järnvägsnätet (TEN-T järnväg) ställs några krav på att skydda själva berget från ras eller kollaps.

För tunnlar ställs det krav på brandskydd av inklädnadssystemets konstruktion i sänktunnlar (under vatten) och överdäckningar (under byggnadsverk). Dessa krav har inte uppkommit utifrån trafikanternas säkerhet utan har valts med hänsyn till att kostnaden för återställande blir för hög. Se bilaga B för definition av inklädnad.

För bergrum bedöms det ej skäligen att ställa högre krav på konstruktionsbrandskydd än de krav som ställs för tunnlar i TSFS 2015:27 samt tillämpliga delar av Boverkets författningssamling, BFS, inklusive krav på byggnadsverksdelar enligt EKS.

4. Hur tillgodoses säkerheten för räddningstjänstens personal?

Transportstyrelsens föreskriver genom TSFS 2015:27 att utrymningsvägar ska finnas i sådan omfattning att självutrymning ska kunna ske (23 §). Frågan är om man utifrån detta inte behöver beakta brandmännens säkerhet mot nedfallande anläggningsdelar eller spjälkande betong? Kan man bortse från eventuell livräddningsinsats i en tunnel när det samtidigt finns ”säkra platser” för tillfälligt skydd? (ej att förväxla med säkert plats enligt definition i BFS 2011:26) Nedanstående text har hämtats från TSFS 2015:27.

3 § Definitioner,

säker plats ett utrymme med en utgång som inte leder till ett tunnelrör där en olycka har skett och som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i eller utanför tunneln, där trafikanter kan söka skydd efter eller under utrymning

25 § En säker plats ska finnas i en utrymningsväg om utrymningsvägens utformning medför att personer med nedsatt rörlighet inte kan utrymma på egen hand till det motstående tunnelröret eller ut ur tunneln.

På den säkra platsen ska det vara möjligt att ringa nödsamtal med en hjälptelefon eller en mobiltelefon och det ska finnas högtalare för informationsmeddelanden.

Räddningstjänsten förutsätts kunna hantera tunnelbränder, de ansvarar för insats i tunnlar inom respektive räddningstjänsts geografiska ansvarsområde. Livräddning förutsätts ske inom 60 minuter i händelse av brand i väg- och järnvägstunnlar. Enligt TSFS bör tiden för utrymning och insats vara minst 60 minuter.

Räddningstjänsten ska utföra en riskbedömning enligt AFS 2007:7 (rök- och kemdykning) innan insats. När det handlar om livräddning accepteras större risk och osäkrare förutsättningar alternativt att de ställs inför valet att följa regelverken eller rädda liv.

För att uppfylla regelverken bedöms respektive räddningstjänsts förmåga i kombination med utförandet av brandskyddet i tunnlar inom räddningstjänsternas ansvarsområde. Särskilt bedöms utformning och placering av säkra platser vara avgörande för om en livräddningsinsats kan hanteras säkert.

Kraven på självutrymning i TSFS skiljer sig inte nämnvärt från krav på utrymning inom andra byggnadsverk i BBR eller inom arbetsplatser AFS 2009:2. Det ska vara möjligt för en oskadad, icke funktionshindrad person att sätta sig i säkerhet vid brand om den reagerar rimligt snabbt och fattar rationella beslut. Orsaken till brand kan dock vara en kollision i tunneln och personer kan då vara fastklämda i fordon. Detta innebär inte att det per automatik åstadkoms en fullständig utrymning vid en livshotande situation. Att som räddningsledare göra riskbedömning inför en räddningsinsats i en tunnel beaktar fler faktorer än bara en brandkurva. Explosionsrisk i gasdrivna fordon, fluorvätesyra från brand i e-fordon som upptas via huden även om man har branddräkt och tryckluftsapparat kan avgöra om man kommer att kunna göra en räddningsinsats inne i tunneln.

Hela idén med utrymningsplatser inuti tunnlar förutsätter en förmåga att göra en invändig räddningsinsats i tunneln innan kritiska förhållanden uppstår inne i utrymmet. Denna förmåga måste vara svår att säkerställa i vägtunnlar.

För att klara insatser enligt ovan ställs det krav på att de ska öva regelbundet samt vara delaktiga i planeringsprocessen. Det finns en osäkerhet om hur detta hanteras och hur involverade i planeringsprocessen räddningstjänsterna är i olika delar av landet. Olika tolkningar, spridda nivåer av engagemang, kunskap och enskild förmåga bedöms kunna ge upphov till en ojämn säkerhetsnivå mellan tunnlar inom räddningstjänsternas olika distrikt.

En tunnel i sig är ett rör. I ett rör eller en gevärspipa kan tryck inte utbreda sig radiellt som det gör utomhus. Detta gör att effekten av explosioner i tunnlar kan bli att kaststycken och till och med fordon kan kastas till och med ut genom tunnelmynningarna. I det sammanhanget är inklädnadssystemen ett litet problem i helhetsbedömningen av riskerna vid en invändig insats i tunneln.

I ”Methods for determination of possible damage CPR 16E” finns en tabell för att beräkna hur stora betongfragment som kan anses vara dödliga om de faller från viss höjd.

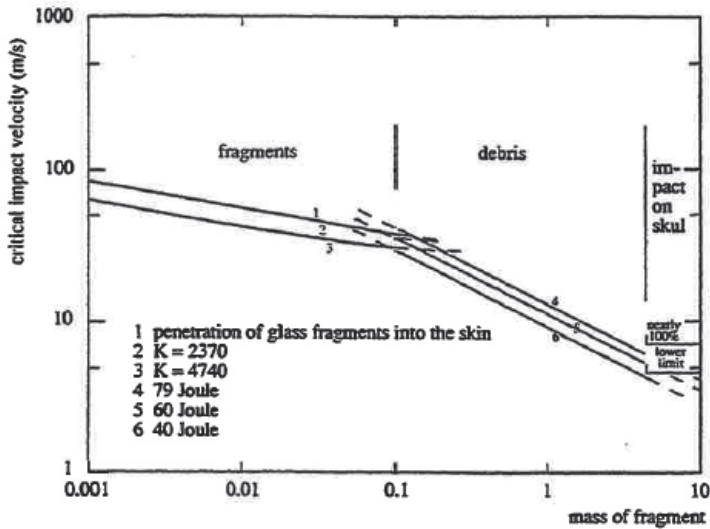


Fig. 15: Injury criterion for fragments and debris.

Hastigheten hos ett fallande stenar är oberoende av massan och kan beräknas med $V = \sqrt{20h}$ (lägesenergi omvandlas till rörelseenergi med försummat luftmotstånd) En max 7m hög tunnel ger t ex 12m/s vilket ger den kritiska massan 0,5kg om man läser tabellen. Om större stenar än 0,5kg kan falla innebär det således omedelbar fara. Det är således viktigt att större stenar inte faller på räddningsmanskpet så länge branden inte är så kraftig att man ändå skulle retirera av värmen. Risker för fallande stenar kan man inte uppmärksamma i rökfyllda utrymmen. Små spjälkade fragment av betong innebär inte någon beaktansvärd risk för räddningsmanskpet.

6. SLUTSATSER

Nedan listas slutsatser som projektet och denna rapport lett fram till.

1. Plan och bygglagen (2010:900) och Plan och byggförordningen (2011:338) gäller alltid oavsett om ett byggnadsverk utgörs av en byggnad eller annan anläggning. Genom lagen ska samma säkerhetsnivå för skydd i händelse av brand uppnås oavsett typ av byggnadsverk. I de fall som BBR, EKS, TSFS eller andra föreskrifter inte gäller explicit men är direkt tillämplbara i övrigt ska dessa krav uppfyllas i tillämpliga delar. För utrymmen med liknande användning ska samma säkerhetsnivå uppnås även om förutsättningarna är olika. Om det i olika föreskrifter ställs skilda krav på konstruktionsbrandskydd ska den högre kravnivån uppfyllas.
2. Så länge berget utgör det bärande huvudsystemet ställs inga krav på skydd mot kollaps av berget eller ras av sten. Bergets egen bärighet utgör tillräckligt skydd mot ras och kollaps vid brand. I det fall en väg eller järnvägstunnel utförs med in-klädnadssystem ska inklädnadssystemet skyddas mot brandspjälkning i minst 60 minuter (avser främst tunnelduk med sprutbetong).
3. För bergytor som förstärks med sprutbetong och ej omfattas av kraven ovan bör dessa uppfylla motsvarande kraven som är gällande för en byggnad med motsvarande förutsättningar. Exempelvis borde resonemang om erforderligt skydd mot spjälkning inom ett berggrum kunna jämföras med icke bärande undertak i de fall förutsättningarna är desamma.
4. Områden med svagt berg där förstärkningar görs med byggnadsverksdelar ska dessa värderas mot risken för personskador och bör hänföras till säkerhetsklasser i enlighet med EKS 10 (BFS 2015:6).
5. Räddningstjänster ansvarar för insats i tunnlar inom deras respektive geografiska upptagningsområde. Livräddning förutsätts ske inom 60 minuter enligt TSFS 2015:27 vilket räddningstjänsterna ska kunna hantera vid eventuella tunnel-bränder. För att klara insatser ställs krav på att de ska öva regelbundet.
6. Trafikverket har ej föreskriftsrätt över tunnlar utformning varpå deras krav ej är bindande. Andra byggherrar och tunnelhållare omfattas ej per automatik av kraven

från Trafikverket. Trafikverkets krav och råd utgör anvisningar utifrån deras roll som byggherre och tunnelhållare. Kraven är endast bindande för de som bygger och projekterar tunnlar åt Trafikverket. Dessa tas fram utifrån ett långsiktigt kostnadsperspektiv med flera faktorer som kan vara svåra att bedöma.

7. Det föreligger behov av fördjupande studier på olika brandskyddsmetoder utifrån ett långsiktigt samhällsekonomiskt perspektiv. Bättre underlag krävs vid avvägningar mellan investeringskostnader, driftkostnader och kostnader för återställande av tunnel efter brand.
8. Föreskrifterna TSFS 2015:27 är avgränsade till att gälla vägtunnlar över 100 meter. Kraven gällande brandmotstånd bör dock även vara gällande för vägtunnlar kortare än 100 meter.
9. Slutsats kring spjälkning är att det alltid kan ske men med varierande karaktär och i olika omfattning. Test som verifierar att spjälkning förhindras avser egentligen att spjälkning begränsas enligt testets villkor och acceptanskriterium. Det viktigaste när det gäller spjälkning är att undvika kraftig eller progressiv spjälkning, lite ytflagnings och nedfall av grus sker väldigt ofta vid brand i betongkonstruktioner men detta bedöms ej leda till att någon skadas eller i nämnvärd omfattning påverka brandmotståndet.

7. FORTSATT ARBETE

Nedan ges några förslag på relevanta delar som bör studeras och utvecklas vidare.

- ⊗ Det saknas idag föreskrifter för flertalet tunnlar så som järnvägstunnlar, tunnelbana och spårtunnlar samt korta tunnlar. Transportstyrelsen har rätt att meddela föreskrifter avseende utformning av olika tunnlar i vilka trafikanter rör sig. De har ett stort ansvar i arbetet med att dels ta fram helt nya föreskrifter men också revidera de som redan getts ut. I strävan mot att nå rättssäkra men också kostnadseffektiva föreskrifter som främjar innovation är behovet av bistånd från sakkunniga stort. Målet är att styra de nya regelverken mot enklare, säkrare och billigare utföranden.

- ⊗ Egendomsskydd, avbrott och kostnad/nytt-effekter bör utredas vidare. Arbetet bör utföras i samråd med Trafikverket då de bedöms ha mest nytta av att studier kring de långsiktiga kostnaderna. Målet är framförallt att sänka de löpande underhållskostnaderna, sänka byggnadskostnaderna samt återställningskostnaderna efter inträffad brand. Arbetet utförs genom fördjupning i olika brandskyddsmetoder och samarbete med de som har de mest kostnadseffektiva metoderna. Metoderna kan sedan utvärderas och prövas vid fullskaleförsök.

- ⊗ Det finns behov av att utföra en undersökning tillsammans med Sveriges länsstyrelser för att få ett samlat grepp över räddningstjänsternas förmåga och kapacitet att hantera större tunnelbränder. De övningar som utförs bör följas upp och erfarenheterna bör delas över hela landet. Det bör undersökas hur arbetet med säkerhetssamordnare och inrapportering av olyckor och tillbud sker. Eventuellt finns behov av förtydligande av räddningstjänstens roll och eventuellt behov av underlag till utbildnings- och informationsinsatser.

- ⊗ Tekniska byten med t.ex. sprinkler och innovativa lösningar kommer ställa nya krav på flera involverade aktörer (projektörer, tunnelhållare, räddningstjänst etc.). Tydliga acceptanskriterier bör tas fram då det i och med tekniska byten blir allt viktigare att uppnå rätt säkerhetsnivå.

- ⊗ Då forskning och utveckling av brandskydd i tunnlar rör sig i snabbare takt framåt uppstår kontinuerligt nya och effektivare skyddsmetoder. Genom att tillsammans med de globala entreprenörerna och leverantörerna samla kunskaper inom området

tas ett aktivt grepp om kommande utveckling och vilka utmaningar som det för med sig.

- ⊗ Funktionen hos olika skyddssystem vid långvarig brand med de påfrestningar det innebär är inte alltid säkerställd. Skillnaden mellan olika skyddssystem och ovissheten är avgörande för utvecklingen och implementeringen av tekniska byten för brandskydd i tunnlar. För långvariga bränder är det även relevant att utreda kostnader i samband med återställande av tunnlar och bergum efter branden. Genomgång av inträffade bränder i tunnlar visar att kostnaderna för återställande efter långvariga bränder är markant högre än för kortvariga.

8. REFERENSER

AIPCR Technical Committee on Road Tunnel Operation [2006] *7 Criteria for resistance to fire for road tunnel structures*, Teknisk rapport 2006.05.16.B.

Betongföreningens rapport 16 [2011] *Betong och Brand, Rekommendationer för att förhindra brandspjälkning i anläggningskonstruktioner*, Interimsrapport, 2011.

Beslut 2015/006645 om säker tillgång till släckvatten 12 § AFS 2007:7.

Boverket. (u.å.). Om Boverkets konstruktionsregler EKS. Hämtad 28 september, 2015, från <http://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/om-boverkets-konstruktionsregler-eks/>

Ds 2005:18. *Säkerhet i vägtunnlar*.

Franzen et al. [2001] *Sprayed concrete for final linings: ITA working group report*, Tunnelling and Underground Space Technology no 16, PP 295-309.

Haack [2005] *FIT Technical Report – Part 1*, Design Fire Scenarios.

Hägström et al. [2007] *Brandskydd av tunnelkonstruktioner*, SveBeFo Rapport 82, Stockholm.

Jansson R. [2013] *Fire spalling of concrete - Theoretical and experimental studies*, PhD Thesis. KTH Kungliga tekniska högskolan, Betongbyggnad, Stockholm.

Jansson R. och Lange D. "The fire behaviour of an inner lining for tunnels" SP Rapport 2015:33, Borås, 2015

Khoury G. [2000] *Effect of fire on concrete and concrete structures*, Progress in Structural Engineering and Materials Volume 2, Issue 4, pp 429–447.

Malhotra H. L. [1984]. *Spalling of concrete in fires*, Technical note 118. CIRA, London, UK.

Räddningstjänstens rapport [2006]. *Brannen i Mastrafjordtunnelen 20.09.06*.

Sirje Pädam (red). [2010]. *Personsäkerhet i järnvägstunnlar ur ett samhällsekonomiskt och planmässigt perspektiv* – FUD id 80 TRV 2010/63841. WSP, Stockholm.

Boverket. (u.å.). Så beslutar EU, Om EUs lagar och beslutsfattande. Hämtad 16 september, 2015, från <http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Om-EUs-lagar-och-beslutsfattande/Sa-beslutar-EU/>

Bilaga A – Inventering av regelverk

Tabell A-xi. Lagar och förordningar som direkt eller indirekt berör säkerhet i bergtrum och tunnlar.

LAGAR & FÖRORDNINGAR	BERÖR	KOMMENTAR
<i>Plan- och bygglagen, PBL (2010:900)</i> <i>Plan- och byggförordningen, PBF (2011:338)</i>	<i>BYGGNADSVÄRK (byggnader och andra anläggningar)</i> <i>BYGGNADER, BERGRUM, TUNNLAR etc.</i> <i>Gäller för byggnation (ny-, till- och ombyggnation samt ändring) av byggnadsverk samt ändrad användning av byggnadsverk</i>	<i>Berör alla typer av byggnader och andra anläggningar oavsett bygglovsplikt eller ej. Exempel på andra anläggningar är byggnader är lyktstolpe, golfanläggning, bergtrum och tunnlar.</i> <i>Utrymmen där människor KAN vistas! Ingen värdering i hur lång tid vistelsen sker. Explicit byggnader, implicit även andra anläggningar.</i>
<i>EKS 10</i> <i>BFS 2015:6 om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)</i>	<i>Föreskrifterna gäller</i> <i>1. vid uppförande av en ny byggnad,</i> <i>2. när en byggnad byggs till för tillbyggda delar,</i> <i>3. när en byggnad ändras för tillkommande byggnadsdelar, och</i> <i>4. för mark- och rivningsarbeten.</i> <i>Föreskrifterna gäller även på motsvarande sätt i tillämpliga delar vid uppförande, tillbyggnad och annan ändring av andra byggnadsverk än byggnader, där brister i byggnadsverkens bärförmåga, stadga och beständighet kan förorsaka risk för oproportionerligt stora skador. Föreskrifterna gäller inte bergtunnlar och bergtrum.</i>	<i>EKS anger uttryckligen att regelverket inte gäller för bergtrum och bergtunnlar dock berörs byggnadsverksdelarna i anläggningarna av EKS.</i> <i>Byggnadsverksdelar ska hänföras till säkerhetsklass enligt kap 0 §§ 2-5</i>
<i>EU-direktiv 2004/54/EG om minimikrav för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet</i>	<i>Vägtunnlar som är längre än 500 meter och tillhör TEN-vägnätet (Trans-European transport networks, TEN-T)</i> <i>Tunnelns fortlöpande drift, arbetsmiljö och transport av farligt gods berörs.</i> <i>Artikel 6 – säkerhetssamordnare.</i> <i>Krav på nödutgångar och på vägledande belysning.</i>	<i>Sverige har sex vägtunnlar som ingår i TEN-vägnätet och ingen av dem är längre än 500 meter.</i> <i>Risikanalytisk (artikel 13), vid behov ska kommissionen lägga fram förslag om antagandet av en gemensam harmoniserad riskanalytisk metod.</i> <i>Undantag för innovativ teknik (artikel 14) avser tekniska byten och analytisk dimensionering.</i> <i>Bra tabell sid 73ff.</i>

<p>Väglagen (1971:948)</p> <p>Vägförordningen (2012:707)</p>	<p>Slår fast att en vägplan ska upprättas samt processer för hur järnvägsplanen ska upprättas. Utformning och läge slås fast i vägplanen. Gäller allmän väg d.v.s. väghållare utgörs av staten eller kommunen.</p>
<p>Lag (2006:418) om säkerhet i väg tunnelar</p> <p>Förordning (2006:421) om säkerhet i väg tunnelar</p>	<p>4§ Undantag från säkerhetskraven.</p> <p>14 § Säkerhetssamordnaren skall, utöver vad som är särskilt föreskrivet, säkerställa samordningen med den kommunala organisationen för räddningstjänst.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. delta i utarbetandet av planer för driften av tunneln, 2. bistå den kommunala organisationen för räddningstjänst vid planeringen, genomförandet och utvärderingen av räddningsinsatser, 3. delta i utarbetandet av säkerhetsplaner och specifikationer för stomme, utrustning och drift, 4. kontrollera att tunnelhållaren ger driftspersonal och räddningsspersonalen utbildning som behövs, 5. ge råd när stomme och utrustning tas i drift samt vid driften av tunneln i övrigt, 6. kontrollera att stomme och utrustning underhålls och repareras, och 7. delta i utvärderingen av alla olyckor och olyckstillbud enligt 31 §. <p>15 § Tunnelhållaren skall vidta de åtgärder som behövs för att säkerhetssamordnaren skall kunna utföra de uppgifter som anges i 14 §.</p> <p>16 § En säkerhetssamordnare får ha till uppgift att vara säkerhetssamordnare för flera tunnelar.</p> <p>17 § Transportstyrelsen får, efter att ha samrått med Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och Trafikverket, meddela närmare föreskrifter om säkerhetssamordnarens verksamhet och uppgifter. Förordning (2010:153).</p> <p>31 § Tunnelhållaren skall skyndsamt upprätta en rapport över varje olycka och allvarligt olyckstillbud som har inträffat i tunneln.</p> <p>Analytisk dimensionering och Tekniska byten avses. Godkännande från Transportstyrelsen krävs.</p> <p>Kommentarer angående säkerhetssamordnaren.</p> <p>Olycks- och tillbudsrapporten enligt §§ 15 och 31 ska skyndsamt upprättas av tunnelhållaren innehålla en beskrivning av händelsen och en analys av omständigheterna kring olyckan eller olyckstillbudet. Om orsakerna till olyckan eller olyckstillbudet kan fastställas, skall rapporten innehålla förslag till åtgärder för att förhindra olyckor eller olyckstillbud av liknande slag.</p> <p>Rapporten skall inom en månad från färdigställandet skickas till tunnelmyndigheten, säkerhetssamordnaren och den kommunala organisationen för räddningstjänst.</p>

<p>EU-direktiv 2008/57/EG om driftkompatibiliteten hos järnvägssystemet inom gemenskapen</p>	<p>Gäller för Europeiska unionens järnvägsnät TEN-T.</p> <p>Tunnelar med rullande materiel</p> <p>Bara TEN-järnväg</p> <p>Fler definitioner sid 45 artikel 2, vem äger definitionen? Rullande materiel</p> <p>Stationer i tunnelar, brandsäkerhet berörs</p>
<p>KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 1303/2014 av den 18 november 2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende "säkerhet i järnvägstunnelar" i järnvägssystemet i Europeiska unionen</p>	<p>Minimikrav i hela EU samt ESS. Gäller som Lag i Sverige. Avgränsad till tunnelar tillhörande Europeiska unionens järnvägsnät. Gäller som lag i Sverige. Att den är avgränsad kan vara lite tydligt eftersom den gäller hela järnvägsnätet och inte enbart TEN-T som tidigare.</p> <p>Räddningsjänstens roll – 2.3. Definitioner – 2.4. Brandmotstånd i tunnelkonstruktioner – 4.2.1.2 – bra beskrivning. Byggnadsmaterials brandtekniska egenskaper – 4.2.1.3 Säker plats – 4.2.1.5.1, 4.2.1.5.2 4.4.2 Räddningsplan för tunnelar – längre än 1km. 6.2.7.2 Brandmotstånd i tunnelkonstruktionen. 4.4.2 Räddningsplan för tunnelar – längre än 1km. 6.2.7.2 Brandmotstånd i tunnelkonstruktionen.</p>
<p>Järnvägslag (2004:519)</p> <p>Järnvägsförordning (2004:526)</p>	<p>Lagen och förordningen gäller inte tunnelbana och spårväg, för dessa hänvisas till lagen (1990:1157) om säkerhet vid tunnelbana och spårväg.</p> <p>Lagen gäller inte järnvägsnät som inte förvaltas av staten och som endast används av infrastrukturförvaltaren för transporter av eget gods.</p> <p>Lagen gäller inte för verksamhet vid lokala och regionala järnvägsnät som är fristående och enbart avsedda för persontrafik eller museitrafik.</p> <p>Berör säkerhet, dock berörs ej brand eller bärverk direkt. Hänvisar till EU direktiv och EU-förordning TSD (Teknisk specifikation om driftkompatibilitet) om säkerhet i järnvägstunnelar. Järnvägslagen (2004:519) och järnvägsförordningen (2004:526) ställer krav på att TSD (EU) 2014/1303 ska följas. Det är dock inte självklart att kraven i lagen gäller utöver det tillämpningsområde som beskrivs i den tekniska specifikationen d.v.s. endast transeuropeiska järnvägsnätet (TEN-T-järnväg).</p>

<p>Lag (1995:1649) om byggande av järnväg</p> <p>Förordning (2012:708) om byggande av järnväg</p>	<p>Slår fast att en järnvägsplan ska upprättas samt processer för hur järnvägsplanen ska upprättas.</p> <p>Gäller även tunnelbana och spårväg med undantag om de uppförs med stöd av detaljplan.</p>	<p>Berör säkerhet, dock ej brand eller bärverk.</p>
<p>Lag (1990:1157) om säkerhet vid tunnelbana och spårväg</p> <p>Förordning (1990:1165) om säkerhet vid tunnelbana och spårväg</p>	<p>10 § Spåraneläggningar, spårtrafik och särskild trafikledningsverksamhet skall med hänsyn till verksamhetens art och övriga förhållanden drivas så att skador till följd av verksamheten förebyggs. Därvid skall de åtgärder och försiktighetsmått vidtas som behövs för att upprätthålla en betryggande säkerhet.</p> <p>13 § Spåraneläggningar, fordon och annan materiel som används i verksamheten skall vara av sådan beskaffenhet att skador till följd av verksamheten förebyggs.</p>	
<p>Lag om skydd mot olyckor, LSO (2003:778)</p>	<p>Räddningstjänstens uppgift enligt LSO.</p>	<p>Skäligt brandskydd</p> <p>Stort talkningsutrymme</p> <p>I skäligen omfattning, MSB781 – april 2015.</p> <p>Inget för oss. Endast ett gammalt domslut. Jag har kommenterat detta i ett mail 21 maj 2015, 14:16.</p>
<p>Förordning om skydd mot olyckor (2003:789)</p>		
<p>Arbetsmiljölagen (1977:1160)</p> <p>Arbetsmiljölförordning (1977:1166)</p>	<p>Alla arbetstagare som inom ramen för denna roll kan vistas i anläggningen samt deras arbetsgivare.</p> <p>AML kap 3 §§ 6-7 Byggherrens ansvar och projektörernas ansvar.</p> <p>AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning</p>	<p>Se ansvar i planerings- och projekteringsstadiet.</p>
<p>AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning</p>	<p>Gäller alla arbetsplatser, berör arbetstagarens säkerhet.</p>	<p>Krav på bl.a. nödbelysning, brand- och utrymningslarm,</p>
<p>AFS 2007:07 om rök- och kemdykning</p>	<p>Räddningstjänstens insats.</p>	<p>Riskanalys vid insats.</p>

<p>Lag (2001:559) om vägtrafikdefinitioner</p>	<p>Definitioner av olika typer av fordon.</p>
<p>TSFS 2015:27 Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar mm.</p>	<p>Kort om regelverket Intervju med Vedin Konsekvensutredning 2015-05-12. TSV 2010-3091.</p>
<p>Vägverkets föreskrifter om tekniska egenskapskrav vid byggande på vägar och gator (vägregler) VFVS 2003:140.</p>	<p>Sedan årsskiftet 2008/2009 kan Transportstyrelsen ge ut ändringar till eller upphäva föreskrifter som ursprungligen har publicerats i Banverkets respektive Vägverkets författningssamling. Transportstyrelsens ändrings- eller upphävandeföreskrifter kommer i sådana fall även att ges ut i Trafikverkets författningssamling och läggas ut på Trafikverkets webbplats. Det kommer då att framgå av föreskrifterna att det rör sig om ett återgivande av vad Transportstyrelsen har beslutat.</p> <p>4.4.2 Verifiering genom provning och beräkning.</p>
<p>TRVFS</p>	<p>I Trafikverkets författningssamling, TRVFS, finns de föreskrifter som Trafikverket har utfärdat. Innan Trafikverket bildades beslutades föreskrifter inom dessa områden av Banverket och Vägverket. Trafikverket kommer att förvalta hela eller delar av de föreskrifter som tidigare beslutades av andra myndigheter. Banverkets och Vägverkets författningssamlingar (BVFS och VFVS) upphör från och med den 1 april 2010. Författningar som är publicerade i dessa författningssamlingar hanteras därför i sin helhet av Trafikverket.</p>

Tabell A-xii. Handböcker, anvisningar, byggherrekraV, råd etc.

ANVISNINGAR o.s.v.	BERÖR	KOMMENTAR
TRV 2014:144 Bergkonstruktioner	Projektering av bergkonstruktioner. Bergkonstruktioner oavsett användningsområde.	RJ kortversion 25maj 2015 SL kortversion september 2015
TRVK 2011:087 Tunnel 11	Tunnel 11. Trafikverkets tekniska krav på tunnlar. B.3 Brandskydd sid 18. Hänvisning till "Rapport 16 – spjälkning", gränsvärden för kritiska förhållanden.	D2 sid 67 <u>indelning säkerhetsklasser</u> . Mari kan det nog bättre. D.4.4 Brand. Angivna tider och kurvor. Ej tidigare kommenterat av mig eller någon annan tror jag. Hänvisning till TSD Tunnelsäkerhet, speciellt kap 4.2.2.7, som jag inte har tittat i. Lite rörig referens. Måste vara EU direktivet från 2014 E.1.4 sprutbetong. G3 sid 91. Belysning- spännande, blixtljus t.ex. är infört. Litteraturförteckning Bilaga 1, sid 106 – kan vara bra att kolla emot.
TRVR 2011:088 Tunnel 11	Tunnel 11. Trafikverkets tekniska råd Tunnel.	
TRV 2011:088 VGU	Vägars och gators utformning, 2012. Trafikverkets tekniska råd	
TRV 2011:085 Bro 11	TRVK Bro 11. Trafikverkets tekniska krav Bro Avser tunnlar kortare än 100 meter.	
TRV 2014:061 Definition av undermarksstation..	Bakomliggande rapport, Krav undermarksstationer. Version 2.0 2013-04-22. Faveo. Uppdrag till Trafikverket. Mycket är fel i den. Sid 2 har en lista på föreskrifter som kan vara tillämpliga. Bra att ha kanske. Sid 7- 10 fina Samuelträäd, snabbväxande ☺. Sid 22 Terminologi.	Definitioner sid 7. Sen på sidan 5 står det "Trafikverket kommer tills vidare att arbeta med att en undermarksstation inte är en byggnad"

BVH 585.30 Personssäkerhet i järnvägstunnlar	<p>Personssäkerhet i järnvägstunnlar (BVH 585.30), Banverkets Handbok 2007</p> <p>Banverket Handbok BVH 585.30, 2007.</p> <p>Definitioner sid 12.</p> <p>Utrymning 7.2 sid 28</p> <p>Räddningsinsats 7.3 sid 28.</p>
SP Rapport 2015:19	<p>Rekommendationer för räddningsinsatser i undermarksanläggningar..</p>
Säkerhet i vägtunnlar. Ds 2005:18	<p>Förarbeten till lagsiffring samt bakgrund till TSFS 2015:27</p> <p>Diskussioner ang tunnlar i TEN-vägnätet.</p> <p>Sid 30-32 finns en tabell över tunnlar i drift och vilka som då planeras. Detta kan vara av intresse i vår rapport och tabellen bör om vi kan uppdateras.</p> <p>Det finns även listor på wikipedia</p>
Betongrapport 16	<p>Betongföreningens rekommendationer för att förhindra spjälkning</p> <p>Blir gällande krav genom TSFS 2015:27</p>
Guide for the application of the SRT TSI 1303/2014 (TSD 1303/2014)	<p>European Railway Agency - Annex till Technical Specification for Interoperability on Safety in Railway Tunnels adopted by the Commission Regulation 1303/2014.</p>
NFFA	<p>Gäller i Nord- och Sydamerika, Sydostasien, Indonesien och Australien. Handbok eller beställarkrav eller kan hänvisas till i myndighetsregler. Alla varianter finns.</p>
PROJEKTSPECIFIKA KRAV	<p>Projekteringsanvisningar för tunnelbanan</p> <p>Branddimensionering av betongtunnlar. Ringen och yttre tvärleden, ANV 0162, 1995</p> <p>Rosengren Lars.Citybanan i Stockholm, Riktlinjer för dimensionering och utformning av brandskyddet i bergtunnlar—underlag för projektering av bygghandling , 9564-13-025-011, WSP Sverige, 2007</p>

Bilaga B – Definitioner

Tabell B-xiii. Definitioner på olika byggnadstekniska begrepp indelat kategorier efter vem som äger definitionen med företräde från vänster sida i ordningen lag & förordning, föreskrift & TNC (Basord i fackspråk, 2012) och byggherrekraV, handbok & TNC (Bergteknisk ordlista, 1979).

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Byggnadsverk	Byggnad eller annan anläggning (PBL 2010:900)	Permanent placerad konstruktion av viss omfattning på eller under mark, alternativt vatten, som är avsedd för stadigvarande bruk. (2012, <i>Basord i fackspråk</i>)	
Byggnad	Varaktig konstruktion som består av tak eller av tak och väggar och som är varaktigt placerad på mark eller helt eller delvis under mark eller är varaktigt placerad på en viss plats i vatten samt är avsedd att vara konstruerad så att människor kan uppehålla sig i den. (PBL 2010:900)	Varaktig konstruktion som är byggd eller resultat av byggnadsarbete och som är fäst vid marken. Exempel på byggnadsverk är byggnader, broar och vägkonstruktioner (VVS 2003:140)	
Tak		Varaktig konstruktion som består av tak eller av tak och väggar och som är varaktigt placerad på mark eller helt eller delvis under mark eller är varaktigt placerad på en viss plats i vatten samt är avsedd att vara konstruerad så att människor kan uppehålla sig i den. (PBL 2010:900)	Övre begränsningsyta i bergtrum (<i>Bergteknisk ordlista, 1979</i>)

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Bergrum	<p>6 kap. Bygglöv för andra anläggningar än byggnader</p> <p>1 § I fråga om andra anläggningar än byggnader krävs det bygglöv för att anordna, inrätta, uppföra, flytta eller väsentligt ändra</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. nöjesparker, djurparker, idrottsplatser, skidbackar med liftar, kabinbanor, campingplatser, skjutbanor, småbåtshamnar, friluftsbad, motorbanor och golfbanor, 2. upplag och materialgårdar, 3. tunnlar och bergrum som inte är avsedda för väg, järnväg, tunnelbana, spårväg eller gruvdrift, <p>¹⁴(PBF 2011:338)</p>	<p>Byggnadsverk som har en bestämd funktion och som saknar tak och väggar. T.ex. tunnlar, master och väggar. (Basord i fackspråk, 2012)</p>	<p>Utrymme i berg (<i>Bergteknisk ordlista, 1979</i>)</p> <p>Samlingsterm för större utspärngda hålrum i berg. (<i>SKB, Svensk Kärnbränslehantering AB: Begrepp och definitioner</i>)</p>
Anläggning	<p>Varaktig konstruktion utan tak som är varaktigt placerad på mark eller helt eller delvis under mark eller är varaktigt placerad på en viss plats i vatten</p> <p>¹⁵(<i>Explicit tolkning av PBL 2010:900</i>)</p>	<p>Anläggning under markytan med tak av berg eller täckt av jord. (<i>Plan- och byggtermer, 1994</i>)</p>	<p>Trafikverkets definition av undermarksstation: En trafikplats med resandeutbyte med helt eller delvis omslutande konstruktioner som begränsar fritt luftflöde, samt anslutande utrymnings- och tillträdesvägar. (<i>TRV 2014:061</i>)</p>
Undermarksanläggning			

¹⁴ PBF (2011:338) 6 kap. 1 § anger explicit bergrum som andra anläggningar än byggnader

¹⁵ PBL (2010:900) 1 kap. 4 § definierar anläggning explicit som alla byggnadsverk som ej utgörs av byggnader

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Berg- konstruktion			En tunnel, utrymme eller slänt där det bärande huvudsystemet enbart utgörs av bergmassan eller av bergmassan och en förstärkningskonstruktion i samverkan. (TRV 2014:144)
Tunnel	<p>6 kap. Bygglöv för andra anläggningar än byggnader</p> <p>1 § I fråga om andra anläggningar än byggnader krävs det bygglöv för att anordna, inrätta, uppföra, flytta eller väsentligt ändra</p> <p>1. nöjesparker, djurparker, idrottsplatser, skidbackar med lifftar, kabinbanor, campingplatser, skjutbanor, småbåtshamnar, friluftsbad, motorbanor och golfbanor,</p> <p>2. upplag och materialgårdar,</p> <p>3. tunnlar och bergrum som inte är avsedda för väg, järnväg, tunnelbana, spårväg eller gruvdrift, ¹⁶(PBF 2011:338)</p>	<p>Förbindelseled i berg eller jord som mynnar i dagen i båda ändar. (Basord i fackspråk, 2012 samt Plan- och byggtërmer, 1994)</p> <p>En minst 100 meter lång väg omsluten av jord eller berg eller en konstruktion som medger att fordon kan föras under t.ex. högre belägen mark, byggnader eller vatten. (TSFS 2015:27)</p>	<p>Förbindelseled i berg eller jord som mynnar i dagen i båda ändar (Bergteknisk ordlista, 1979)</p> <p>Bergtunnel definieras som en tunnel där det bärande huvudsystemet enbart utgörs av bergmassan eller av bergmassa och en förstärkningskonstruktion i samverkan. (TRV 2014:144)</p> <p>Betongtunnel definieras som en tunnel där det bärande huvudsystemet i huvudsak består av en betongkonstruktion. (TRV 2011:088)</p>

¹⁶ PBF (2011:338) 6 kap. 1 § anger explicit tunnlar som andra anläggningar än byggnader

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Väg & Vägtunnel	<p>Väg: En sådan väg, gata eller annan led som allmänt används för trafik med motorfordon</p> <p>Vägtunnel: Tunnel med en sådan väg, gata eller annan led som allmänt används för trafik med motorfordon. Vägtunnel utgörs av körfält i helt inneslutna del.</p> <p>Tunnelns längd utgörs av det längsta körfältets längd i den helt inneslutna delen. (Lag 2006:418)</p>	<p>En minst 100 meter lång väg omsluten av jord eller berg eller en konstruktion som medger att fordon kan föras under t.ex. högre belägen mark, byggnader eller vatten. (TSFS 2015:27)</p>	<p>En för trafik anordnad passage som omges av berg, jord, vatten eller konstruktioner och som mynnar i dagen eller som förbin- der utrymmen under mark med varandra eller med dagen. (TRV 2014:144)</p>
	<p>Väg: För trafik iordningställd del av väg- område eller annan kommunikationsyta Till väg hör vägbana och övriga väg- anordningar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En sådan väg, gata, torg och annan led eller plats som allmänt används för trafik med motorfordon 2. en led som är anordnad för cykeltrafik 3. en gång- eller ridbana invid en väg enligt 1 eller 2 <p>Kan genom prefix hänföras till visst trafikslag. (Råd till vägars och gators utformning, 2012)</p>		

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Järnväg & Järnvägs-tunnel	<p>En omsluten passage i jord eller berg, eller en konstruktion runt spåret som medger att järnvägen kan passera under t.ex. högre belägen mark, byggnader eller vatten. Tunnelns längd definieras som längden av den helt omslutna tunnelsektionen mätt i nivå med rälsen. En tunnel inom ramen för denna TSD är 0,1 km eller längre. När vissa krav gäller endast längre tunnlar anges tröskelvärdet i de relevanta punkterna. (<i>direktiv 2014/1303/EU</i>)</p> <p>Med järnväg avses i denna lag spåranslaggning för järnvägstrafik. <i>Lag (1995:1649)</i></p>	<p>Med järnväg avses större anläggning avsedd för linjebunden regionaltransport eller fjärtransport med hjulfordon löpande på spår som är avskilda från vägtrafik. <i>(1992, SIS)</i></p>	
Spårväg & Spårvägs-tunnel	<p>Vad som föreskrivs om järnväg tillämpas också på tunnelbana och spårväg. Om en tunnelbana eller en spårväg byggs med stöd av en detaljplan enligt plan- och bygglagen (2010:900) behöver dock bestämmelserna i denna lag inte tillämpas. Lag (2012:440). <i>Lag (1995:1649)</i></p>	<p>Till en spåranslaggning hör spår och de övriga fasta anordningar som behövs för spårens bestånd, drift eller brukande, signal- och säkerhetsanläggningar i övrigt, trafikledningsanläggningar samt anordningar för elförsörjning av trafiken. <i>Lag (1995:1649)</i></p>	

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Tunnelbana			Anläggning för kollektivtrafik med spårfordon som framförs på egen bannvall helt eller delvis framdragen under markplanet och fri från korsning i plan med annan trafik. (<i>Kommunalteknisk ordlista 1976</i>)
Bro			Längre, över underlaget upphöjt, byggnadsverk avsett att leda trafik över lägre belägna hinder. (TRV Bro 2004)
Fordon	En anordning på hjul, band, medar eller liknande som är inrättad huvudsakligen för färd på marken och inte löper på skenor. Fordon delas in i motor-drivna fordon, släpfordon, efterfordon, sidvagnar, cyklar, hästfordon och övriga fordon. <i>Lag (2001:559)</i> Bil eller släpvagn som dras av bil enligt definition i 2 § lagen (2001:559) om vägtrafikdefinitioner (2013:63) vägfordon (inklusive ledade fordon, dvs. en kombination av dragbil och påhängsvagn) eller järnvägsvagn (2013:106)	vägfordon (inklusive ledade fordon, dvs. en kombination av dragbil och påhängsvagn) eller järnvägsvagn Släpvagn ska betraktas som ett separat fordon.	Ett över underlaget upphöjt byggnadsverk avsett att leda trafik över ett underbron beläget hinder. (<i>TRVR Bro II</i>) Icke-stationär anordning avsedd för transport av människor, djur eller gods (2) på marken. Fordon är försedda med hjul (minst två), band eller medar. Olika typer av fordon är t.ex. vägfordon, spårfordon och terrängfordon. (2012, <i>Basord i fackspråk</i>)

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Trafikant		Person som färdas eller annars uppehåller sig på väg eller i fordon på väg. (Väghållningsordlista, 2001)	Person under färd (Kommunalteknisk ordlista, 1976) Den som färdas eller annars uppehåller sig på väg eller i fordon på väg eller i terräng samt den som färdas i terräng (Vägars och gators utformning, 2012)
Trafikflöde		Dimensionerande årsdygnstrafik med fordon räknat per tunnelrör. Med årsdygnstrafik menas medeltrafikflödet per dygn under ett år. Om andelen tunga lastbilar överstiger 15 procent, ska det beräknade trafikflödet ökas med en faktor 1,2. Stora variationer i trafiken över året ska beaktas vid beräkningen av trafikflödet. (TSFS 2015:27)	Antal fordon eller trafikanter som under en given tidsenhet passerar ett snitt av en gata/väg eller en korsning Q = fordonsflöde, Q_c = cykelflöde, Q_g = gångflöde, Q_{MC} = motorcykelflöde, Q_b = bilflöde, Q_p = personbilsflöde, Q_B = bussflöde och Q_L = flöde av lastbilar och lastbilskombinationer. (TRV 2012:199)
Tunnelhållare	Tunnelhållare är i fråga om 1. allmän väg, den som enligt väglagen (1971:948) ansvarar för väghållningen, 2. gata som inte är allmän väg, den som enligt plan- och bygglagen (2010:900) ansvarar för gatuhållningen, och 3. annan väg, den som tunnelmyndigheten utser. Lag (2010:918). (ingen definition) Lag (2006:418)		

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
<p>Säkerhets- samordnare</p>	<p>Säkerhetssamordnaren skall medverka i frågor som rör tunnelsäkerheten. (ingen definition) <i>Lag (2006:418)</i></p>		
<p>Utrymnings- väg</p>		<p>Väg för utrymning till en säker plats som kan omfatta dörrar i en nödutgång eller förbindelsevägar. (<i>TSFS 2015:27</i>)</p> <p>En utrymningsväg ska vara en utgång till en säker plats. En utrymningsväg får även vara ett utrymme i en byggnad som leder från en brandcell till en sådan utgång. (<i>BFS 2011:26</i>)</p> <p>Väg från brandcell till det fria eller till annan säker plats (<i>TNC:plan-och byggtemer 1994</i>)</p>	<p>Vägtunnel = Särskilt anordnad väg för utrymning i händelse av olycka.</p> <p>Järnvägstunnel = gångbanor i tunnelns längdriktning för utrymning. (<i>TRVR Tunnel 11, 2011</i>)</p>

Säker plats

Ett utrymme med en utgång som inte leder till ett tunnelrör där en olycka har skett och som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i eller utanför tunneln, där trafikanter kan söka skydd efter eller under utrymning.

Ett utrymme som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i eller utanför tunneln, där passagerare och personal kan söka skydd efter utrymning från ett tåg.
(*direktiv 2014/1303/EU*)

En säker plats är en plats i eller utanför en tunnel där alla följande kriterier uppfylls:

- Miljön är inte livshotande.
- Den är tillgänglig för personer med eller utan hjälp.
- Personer kan genomföra självräddning om möjlighet finns, eller vänta på att bli räddade av räddningstjänst med hjälp av förfaranden som anges i räddningsplanen.
- Det ska gå att kommunicera, antingen via mobiltelefon eller via fast förbindelse till infrastruktur-förvaltarens trafikledningscentral
(*2008/163/EG*)

ett utrymme med en utgång som inte leder till ett tunnelrör där en olycka har skett och som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i eller utanför tunneln, där trafikanter kan söka skydd efter eller under utrymning
TSFS (2015:27)

Med säker plats avses plats i det fria där brand och brandgaser inte kan påverka utrymmande personer. Säker plats kan exempelvis vara en gata i det fria eller terrass, gårdsplan eller liknande under förutsättning att man kan nå gata i det fria därifrån.
BFS (2011:26)

BEGREPP	LAGAR & FÖRORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Utrymningsväg	Väg från brandcell till det fria eller till annan säker plats (<i>TNC: plan- och byggteknik 1994</i>)	Väg för utrymning till en säker plats som kan omfatta dörrar i en nödutgång eller förbindelsevägar. (<i>TSFS 2015:27</i>) En utrymningsväg ska vara en utgång till en säker plats. En utrymningsväg får även vara ett utrymme i en byggnad som leder från en brandcell till en sådan utgång. (<i>BFS 2011:26</i>)	Vägtunnel = Särskilt anordnad väg för utrymning i händelse av olycka. Järnvägstunnel = gångbanor i tunnelns längdriktning för utrymning. (<i>TRVR Tunnel 11, 2011</i>)
Bärande huvudsystem			Anläggningsdelar (bärande konstruktioner) inklusive jord och berg som säkerställer en tunnels bärförmåga, stadga och beständighet samt fribärande trafikbelastade anläggningsdelar. (<i>TRV 2014:144</i>)
Kollaps		Fullständig och plötsligt sammanbrott eller hopfallande (<i>2012, Basord i fackspråk</i>) Tillstånd hos en bärande konstruktion då den har förlorat sin bärande förmåga (<i>1994, Basord i fackspråk</i>)	
Inredning			Anläggningsdelar som inte ingår i tunnelns bärande huvudsystem, till exempel kabelstege, innetak och innerväggar. (<i>TRV 2014:144</i>)

BEGREPP	LAGAR & FÖR- ORDNINGAR	FÖRESKRIFTER & TNC	ANVISNINGAR, HANDBÖCKER & TNC
Inklädnad		<p>Inklädnad av ytor i väggar och tak i en bergtunnel. En inklädnad kan utgöra</p> <ul style="list-style-type: none"> – en vatten- och frostsäkring – en förstärkning av bergets yta på ett bärande huvudsystem av berg – en estetisk och tvätthet väg- och takbeklädnad. <p>En inklädnad som utnyttjas som bergförstärkning betraktas som en del i det bärande huvudsystemet. Övriga inklädnader betraktas som inredning. (<i>TRVR Tunnel 11, 2011</i>)</p> <p>Inklädnan av väggar och tak, främst skydd mot frysning och inläckande vatten. En bergtunnelinklädnan som även utnyttjas som bergförstärkning ska beaktas som en del i det bärande huvudsystemet. Ett exempel på inklädnan är dräner. (<i>TRV 2014:144</i>)</p>	<p>Beklädnad av bergrums väggar och tak som förstärkning eller inredningselement (<i>Bergteknisk ordlista, 1979</i>)</p>

Bilaga C – Enkätundersökning

INNEHÅLL

Tillfrågade organisationer

- **Transportstyrelsen, TS** (*Per Vedin*)
- **Trafikverket, TRV** (*Mattias Roslin, Ulf Lundström & Ebbe Rosell*)
- **MSB** (*Erik Egardt, MSB representerar Sveriges räddningsfjänster och -förbund*)
- **Besab** (*Tommy Ellison & Pär Fjellström, Besab håller utbildningar om sprutbetong*)
- **Betongindustri** (*Jonas Carlswärd*)
- **Boliden** (*inget svar*)
- **Statens vegvesen** (*Norge, Harald Buvik*)
- **Amberg Engineering** (*Schweiz*)

Tabell C-i.

1. Vilka regelverk används vid dimensionering av brandmotstånd i tunnlar och berggrum?	
TS, <i>Per Vedin</i>	Transportstyrelsens regler gäller enbart säkerhet för trafikanter. För vägtunnelsäkerhet finns krav på brandmotstånd i TSFS 2015:27 och för järnvägstunnlar i TSD tunnelsäkerhet. Båda dessa regelverk syftar primärt till att säkerställa trafikanternas säkerhet i händelse av brand. Ekonomiska konsekvenser av en kollaps beaktas inte. Sådana krav kan komma att ställas av Transportstyrelsen i framtiden.
TRV <i>Ebbe Rosell</i>	TRVK Tunnel 11 och AMA Anläggning 13 med Trafikverkets ändringar och tillägg.
BESAB <i>Tommy Ellison</i>	BESAB gör inte dimensionering. BESAB är utförare.
Betongindustri <i>Jonas Carlsson</i>	Som betongleverantör följer vi normalt sett bara det som entreprenören ber om. Antingen frågas det efter en viss typ av betong med en viss mängd pp-fibrer eller också frågas det efter en brandprovad betong (som alternativ).
Statens Vegvesen <i>Norge Harald Buvik</i>	Krav til tid-temp og beskyttelse. Dvs kopplat till brandkurvor. 250 grader efter 60 min. Se pkt 5.2.3. Detta är kopplat till fullskaletester som har utförts.
Amberg Engineering <i>Schweiz</i>	Generally it must be said that the requirements are very much project specific. It mainly depends on the Tunnel safety and the operation & maintenance concept that is developed in the beginning of the project. Decisions are mainly based on the "BUWAL" evaluation-criteria document.

2. Vilka brandkurvor dimensionerar ni utifrån? Varför just den/de?	
T.S. <i>Per Vedin</i>	För vägtunnlar är det HC kurvan som gäller, TSFS 2015:27. Denna är vald på grund av att tidigare regelverk hänvisade till ATB tunnel 2004. I denna specificerades HC kurvan som den kurva som ska användas. För järnvägstunnlar är det fritt för infrastrukturförvaltaren att själv välja och motivera val av brandkurva. I föregående TSD från 2008 gällde Eurekakurvan. Den valdes då för att den hade en tydlig startpunkt och ett tydligt slut, en trapetskurva.
TRV <i>Ebbe Rosell</i> <i>Ulf Lundström</i>	Se TRVK Tunnel 11. De har tagits fram av akademien som representativa brandbelastningar i förhållande till sannolikheten för olika brandscenarier. Kurvor som används är RWS, HC samt ISO-kurvan. Olika kurvor används utifrån riskbedömningar och resomang om kostnads/nytta
Statens <i>Vegvesen</i> <i>Norge</i> <i>Harald Buvik</i>	Nei Haralds uppfattning är att det är skillnad avseende parkeringsrum mm. Där finns en koppling till aktivt skydd.
Amberg Engineering <i>Schweiz</i>	Yes. Dimensioning is done with a fire curve, which is dependent on the mode of transport respectively on the types of vehicles circulating in the tunnel. Decisions about the extent of fire protection and verifications are very much project specific and varies depending on tunnel owners and operators.

3. Delar ni in tunnlar/bergrum utifrån olika klasser? Gör ni skillnader i brandskydd för de olika klasserna?	
TS, <i>Per Vedin</i>	Nej
TRV <i>Ebbe Rosell</i> <i>Ulf Lundström</i>	Ja, vägtunnel, järnvägstunnel har olika krav. Trafikutrymmen, utrymningsvägar och sidoutrymmen har olika krav. Vi skiljer på berg och betongtunnlar, samt tunnlar under vatten eller med omgivande byggnader som kan skadas av ett ras i tunneln.
Statens Vegvesen <i>Norge Harald Buvik</i>	Enligt retningslinjerna Det finns ett viktigt undantag, som gäller sänktunnlar. Där gäller RWS 120. Gäller om man kan riskera att mista hela konstruktionen. Definition på "hela konstruktionen" är framför allt att det blir en total nybyggnation.
Amberg Engineering <i>Schweiz</i>	<p>Generally project specific! Die SIA refers to the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • RWS (NL) • ISO 834 • HC • ZTV-Tunnel <p>Fire load can also be determined project specific with EUREKA-Tests.</p> <p>"Without special investigation the characteristic values of ISO-Fire curve shall be used" (SIA261, 15.3.2)</p> <p>For Road Tunnels, SIA 197/2 gives the following table as a guideline for the choice of the temperature curve.</p> <p>Under water, risk of total collapse – RWS</p> <p>Trucks result in higher fire load – HC</p> <p>Smaller fire load and mainly personal safety – ISO</p> <p>SIA 261 does specify certain Building classes but they are not directly related to fire and they are not directly related to tunnels. Project specific decision.</p>

<p>4. Vad har ni för krav på brandskydd gällande transporter av farligt gods?</p>	<p>Det finns inga specifika krav för brandskydd kopplat till farligt gods. För vägtunnlar finns dock ett krav att en riskanalys för just farligt gods alltid ska göras om sådan trafik förutsätts. Utifrån en sådan riskanalys kan eventuellt ytterligare åtgärder bli aktuella. En sådan åtgärd skulle kunna vara höjda krav på brandskydd. För järnvägstunnlar gäller minimikraven i TSD tunnelsäkerhet för alla typer av transporter.</p>
<p>TRV <i>Ebbe Rosell</i></p>	<p>Det är en komplicerad fråga. Trafikverket är inte den myndighet som bestämmer om farligt gods får transporteras i en tunnel utan det görs av länsstyrelsen. Om länsstyrelsen när tunneln planeras säger att farligt gods inte kommer att få gå där kan Trafikverket välja att bygga billigare. Det kan i så fall innebära att det blir så dyrt att i framtiden ändra det beslutet att det i praktiken skulle vara omöjligt att ändra. Därför bygger TRVK Tunnel 11 på att farligt gods förutsätts oavsett vad länsstyrelsen för tillfället har beslutat. Särskilda krav finns för tunnlar under vatten samt tunnlar där omgivande byggnader kan skadas.</p>
<p>Statens Vegvesen <i>Harald Bovik</i></p>	<p>Ingen speciella krav.</p>
<p>Amberg Engineering</p>	<p>Gemäss ADR, SDR, European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road</p>

5. Gör ni någon skillnad på kraven för brandskydd beroende på tunnellängden?	
TS, <i>Per Vedin</i>	För både väg och järnväg gäller kraven på brandmotstånd alla tunnlar längre än 100 meter.
TRV <i>Ebbe Rosell</i>	Det görs skillnad på larmsystem, övervakning och möjlighet till utrymning men egentligen inte för brandskyddet av vägar och tåk. Under 100 meter gäller föreskrifterna för bro.
Statens Vegvesen <i>Harald Buvik</i>	Nei
Amberg Enginee- ring	Requirements are not directly specified according to the tunnel length. But the length has an indirekt influence due to the risk assessment and analysis of the consequences and costs where the fire protection concept is based on.
6. Gör ni skillnad på brandskyddet vid olika bergtäckning?	
TS, <i>Per Vedin</i>	Nej
TRVK <i>Ebbe Rosell</i>	Om tunneln riskerar en kollaps i det fall bergförstärkningen förlorar sin förmåga vid brand så kan brandskydd behövas. Om tunneln inte riskerar kollaps utan "bara" förstörd bergförstärkning eller nedfall av block mm som inte innebär en kollaps så behövs inte brandskydd. Således är det mer troligt att det behövs brandskydd om man har liten bergtäckning jämfört med om man har stor bergtäckning.
BESAB	Idag finns väl inga bergtrum som lämnas oförstärkta tror jag. I så fall rör det sig om bergtrum där inga människor ska vistas, och då behövs sällan brandskydd heller.
Statens Vegvesen <i>Harald Buvik</i>	I prinsippet nei. Vår fokus er kledningene og brannbeskyttelse av disse. Det gjøres spesielle vurderinger i konsruksjoner
Amberg Enginee- ring	Not directly. But it is differed between risk potential of the structure and rock cover is one part of the evaluation of the risk potential. Generally (or in most cases) there are no unreinforced areas in swiss tunnels.

7. Dimensionerar ni bara för att folk ska kunna utrymma eller vill ni ha kvar funktionen för anläggningen?	
TS, <i>Per Vedin</i>	Kraven avser att tid ska finnas för självutrymning, de avser också att anläggningen inte ska kollapsa under en viss tid om tunneln är en överdäckning eller en sänktunnel. Detta för att skapa ett grundläggande skydd för tredje man.
TRV <i>Ebbe Rosell</i>	Dels för utrymning och räddningsinsats och dels för att tunneln inte ska kollapsa. I det senare fallet är dock tunneln vid det gränsfallet så skadad att den inte får vara i trafik. Om den å andra sidan hade fått kollapsa hade den varit mycket svårare att reparera.
<i>Ulf Lundström</i>	Lagstiftningen ställer krav på bärande huvudsystem på ett sätt som inte kan kopplas till personsäkerhet.
Statens Vegvesen <i>Harald Buvik</i>	Både og. Dimensjoneringskravene er fokusert på antall personer som kan bli eksponert i en brann og konstruksjonskrav (bærførmåga), I praksis så er det evakuering av folk som er prioritert 1.
Amberg Engineering <i>Schweiz</i>	In general there are the three following fire protection goals: <ul style="list-style-type: none"> • Protection of life • Protection of the building • Protection of third parties

8. Gör ni tester för att verifiera bärförmågan för brandlast? Vilka tester har ni för att verifiera bärförmågan för brandlast	
TS, <i>Per Vedin</i>	Nej, ej vår uppgift.
TRVK <i>Ebbe Rosell</i>	Bärförmågan hos en betongkonstruktion efter brandbelastning bygger på dimensionering enligt Eurokod. Bergkonstruktioner dimensionerar vi inte för brandbelastning. Spjälkegenskaper brandprovas men det är egentligen inte ett bärförmågeprov.
Betong-industri <i>Jonas Carlsward</i>	De enda tester som vi gör är spjällprovning vid SP i Borås. Vi kollar enbart hur mycket som spjällkar och inte hur stor den resterande bärförmågan är. Vad jag vet finns det inga krav på att undersöka det.
Statens Vegvesen <i>Norge Harald Bavik</i>	Vi har gjort tester i full skala när det gjelder kledninger, f.eks. PE-plater som er brannsikret med sprøytebetong.
Amberg Engineering <i>Schweiz</i>	Project specific requirement. Depending on the concept, the bearing capacity during fire needs to be verified by testing or calculations. Also, depends! Each time the evaluation of what/if tests are needed is done according to the fire concepts and the calculations done. Possible tests are various: Spalling, temperature development, residual material properties, stress development etc.

9. Används både passiva och aktiva brandskydd? Gör ni skillnad i dimensionering av brandskydd vid användande av dessa? Sprinkler t.ex?	
TS, <i>Per Vedin</i>	I regelverken finns exempel på både aktivt och passivt brandskydd.
TRVK <i>Ebbe Rosell</i> <i>Ulf Lundström</i>	Jo, men det är en fråga om hantering av brandgaser. Brandbekämpningssystem ("sprinkler") sätts in för att öka personsäkerheten i vissa vägtunnlar. Vi har ännu inte låtit detta påverka det passiva brandskyddet.
Statens Vegvesen <i>Norge</i> <i>Harald Buvik</i>	Frem til i dag, kun passive.
Amberg Enginee- ring <i>Schweiz</i>	Generally there is no active fire protection in tunnels, like sprinkler. Only in very seldom cases where a fast refurbishment and re-opening of the tunnel is required by the owner Sprinkler are installed.
10. Vilka metoder finns för att applicera sprutbetong? Vilken är att föredra?	
BESAB <i>Pär Fjellström</i> <i>Tommy Elli-</i> <i>son</i>	Torr respektive våtsprutning. Våtsprutning är att föredra. Pär säger att i 99 procent av fallen vid nyproduktion används våtsprutning. Torrsprutning behövs först i trånga utrymmen där arbetsmaskiner och robotar inte kommer åt. Man skiljer på torrsprutning och våtsprutning. Val av metod beror av anläggningens dimensioner, mängd arbete mm. Båda metoderna är bra där de passar. Dessutom skiljer man på handhållen sprutning och robotsprutning.
Betong- industri <i>Jonas</i> <i>Carlsward</i>	Torr- och våtsprutning. Som jag uppfattar saken är det normalt våtsprutning som används i bergtunnlar. Torr-sprutning är nog vanligare vid mindre renoveringar. Tommy säger att våtsprutning används i störst del, fördel med torrsprutning är att kan komma åt på ställen när maskiner och robotar inte kommer åt samt att det finns möjlighet att dra slang långt.

11. Hur är arbetsmiljön vid arbete med sprutbetong? Skiljer det sig då betongen innehåller polypropylenfibrer? På vilket sätt?

BESAB
Pär Fjellström

Vid Vätsprutning är arbetsmiljön relativt bra. Vid inblandning av polypropylenfiber upplevs ingen skillnad. Pär upplever ej någon försämrad arbetsmiljö vid inblandning av pp-fibrer. Själva blandningen görs innan så vid applicering blir det ingen skillnad. Om pp-fibrer däremot skulle användas vid torrspjutning kan det vara möjligt att en försämrad arbetsmiljö skulle kunna uppstå i form av damm.

Tommy Eli-son

Vi har ganska begränsad erfarenhet av att utföra betongsprutning med pp-fiber. De erfarenheter jag har är att det dammar väldigt mycket ibland. Jag tror dock att det är en fråga om att proportionera betongen rätt och att blanda betongen med lämplig metod. Tommy säger att det dammar om man gör fel. Ser man till att blanda i pp-fiberna ordentligt i en bra blandare innan betongen transporters ut till tunneln där den ska appliceras är det inga problem. Svårigheten ligger i själva blandandet då det är en otroligt stor mängd fibrer som ska ner i betongen. Det är viktigt med ordentlig kunskap kring denna metod för att det ska bli ett bra slutresultat.

Jag tror inte att arbetsmiljön vid sprutning påverkas. Har svårt att se varför.

12. Vilka riktlinjer finns angående mängden polypropylenfibrer?

BESAB
Pär Fjellström

Normalt används ca 1,5 Kg/m³ betong, vilket har provats i SP-lab mot gällande brandkurva
Ofta anges 2 kg/m³ som en godtagbar mängd. Om en mindre mängd ska tillsättas behövs ofta särskild förprovning. Jag vet dock att 1,5 kg/m³ har gett bra resultat vid provningar i vissa fall.

Tommy Eli-son

I större projekt (typ NL, förbifart) görs förprovning hos SP för att fastställa rimlig mängd (ofta ca 1 kg/m³). Annars föreskrivs minsta tillåtna mängd (tidigare 2 kg/m³ från Tunnel tror jag).

<p>13. Hur ser det ut kostnadsmässigt med polypropylenfibrer? Produkten i sig samt utförandet?</p>	<p>BESAB <i>Pär Fjellström</i></p> <p><i>Tommy Elltson</i></p> <p>Betong-industri <i>Jonas Carlswärd</i></p> <p>Det som tillkommer är kostnaden för pp-fibrerna. När det kommer till själva sprutningen av betongen krävs två personer som turas om att styra roboten som sprutar betongen.</p> <p>Kostnaden för materialet är inte särskilt hög. Anpassning av betongrecept, tillsättning av fiber i fabrik och eventuella provningar utgör ganska hög kostnad i vissa fall.</p> <p>Oftast är nödvändigt att korrigera receptet vilket påverkar priset.</p>
<p>14. Hur ofta övar räddningstjänsten i tunnlar/berggrum?</p>	<p>TS, <i>Per Vedin</i></p> <p>TRVK <i>Ebbe Rosell</i></p> <p>MSB, <i>Erik Egart</i></p> <p>Statens Vegvesen <i>Norge</i> <i>Harald Buvik</i></p> <p>Amberg Engineering <i>Schweiz</i></p> <p>För vägtunnlar finns krav på övning varje år. En övning i full skala ska ske vart 4:e år.</p> <p>För järnvägstunnlar gäller att en övning ska ske i full skala innan öppnande för trafik. Övningar efter det ska ske i den omfattning som anges i en räddningsplan.</p> <p>Det varierar mycket mellan orter och typer av objekt. I vägtunnlar över 500 m på TENT-vägnätet ska årliga övningar hållas.</p> <p>Det varierar en hel del mellan olika kommuner. Vissa har tunnelbanor och gruvor och över mer. Andra har kanske bara någon enstaka väg- eller järnvägstunnel och över kanske inte alls.</p> <p>Skal være øvelser hvert 2 år. Ikke i alle tunneler selvfølgelig, men i en tunnel/distrikt.</p> <p>Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the trans-European road network</p> <p>+ specifications in: ASTRA Safety Requirements Road Tunnels</p> <p>+ specifications in: SBB Safety in Rail Tunnels</p> <p>Training for safety personnel: 1 x per year + every 4 years big test incl. all action forces, equipment, scenarios.</p>

15. Vad gäller för räddningstjänsten, om de inte har lyckats släcka branden inom en viss tid, vad gör de då?	
TS, <i>Per Vedin</i>	Regelverken som Transportstyrelsen ansvarar för krävställer inte skydd för infrastrukturen.
TRVK <i>Ebbe Rosell</i> <i>Ulf Lundström</i>	Förhoppningsvis går de därifrån. Räddningsledaren har hela tiden ansvaret för räddningsinsatsens genomförande. Det innebär att hen ska formulera mål för insatsen utifrån den aktuella situationen. Om brandsläckning inte kan genomföras blir i allmänhet målet att förhindra fortsatt skadeutbredning.
MSB, <i>Erik Egart</i>	Det beror på vilka värden som kan räddas av en insats och vilka risker och kostnader en insats drar med sig.
Statens Vegvesen <i>Norge Harald Buvik</i>	Lar det brenne! Vår vegdirektør har vært tydelig i kommunikasjonen med redningstjeneste: folkene skal redde først, om man ikke får slukket brannen, hva så?
Amberg Engineering	There is no plan B. Wait ...
16. Tar ni hänsyn till snabb avkylning av betongen vid släckning i tunnlar/bergrum?	
TS, <i>Per Vedin</i>	Just begreppet snabb avkylning beaktas inte i regelverken.
TRVK <i>Ebbe Rosell</i> <i>Ulf Lundström</i>	Vi tar i vissa fall hänsyn till avkylning men inte till "snabb" avkylning. Nej, det är räddningstjänstens ansvar att utifrån den givna situationen agera på lämpligt sätt. Problem med snabb avkylning av betong möter räddningstjänsten även vid brand i byggnad
MSB, <i>Erik Egart</i>	Inte i högre grad än i byggnad
Statens Vegvesen <i>Harald Buvik</i>	Har ikke vært noe stort tema frem til i dag.

Amberg Engineering	There are some discussions but until now cooling is not considered.
17. Finns det insatsplaner för bergrum och tunnlar?	
TS, Per Vedin	Ej vårt ansvar
TRVK Ulf Lundström	Ja, oftast. Ska alltid finnas på anläggningar för person- eller godstransport.
MSB, Erik Egart	Det varierar en hel del mellan olika kommuner. Vissa har tunnelbanor och gruvor och där kan insatsplaner förekomma mer. Andra har kanske bara någon enstaka väg- eller järnvägstunnel och saknar helt planer. Ofta föreleder man tillträde till mynningar i alla fall och skyltar upp räddningsplatser.
Amberg Engineering Schweiz	Yes. Planning is done according to the guidelines 1-3 listed above.

Bilaga D – Intervjuer

INNEHÅLL

Tillfrågade organisationer

1. **Transportstyrelsen, TS** (*Per Vedin*)
2. **MSB** (*Erik Egardt, MSB representerar Sveriges räddningstjänster och -förbund*)

Länder

- **Norge** – Vegvesen (*enkätfrågor, mailfrågor*)
- **Finland** - Liikennevirasto – transportkontoret (*mailfrågor*)
- **Tyskland, Österrike** – Promat (*frågor till Promat*)
- **Nederländerna** – Promat (*frågor till Promat*)
- **Frankrike** - CEPU- MSVO, motsvarande tunnelmyndighet (*Inget svar*)
- **Australien** – Promat (*frågor till Promat*)

Förklaring

Enkätfrågor – den utarbetade enkäten +/- några frågor

Mailfrågor – när frågorna har mailats ut till någon specifik

Intervju – Diskussion på telefon eller lyncmöte

INNEHÅLL

- **TRANSPORTSTYRELSEN, TS**
-fråga/svar med Per Vedin, möte 2015-08-19 angående TSFS 2015:27

Almänt

Vad har ni fått för respons på ert nya regelverk?

Svar: Inte mycket, någon enstaka kommentar från trafikverket. Projektering av förbifart s/llm har inte skett efter TSFS 2015:27 utan efter BFS 2007:11, men Trafikverket har tittat igenom vilken påverkan nya reglerna ger på projektet och konstaterat att det inte ger någon större påverkan.

Planeras uppföljning av regelverket och när bedöms en eventuell framtida revidering ske?

Svar: Efter behov men inte just nu. Närmast i framtiden pågår arbete med Plan- och byggförordningen och Eurokoderna. Nytt regelverk (föreskrifter) för broar kommer framöver. Tidplan finns men exakt datum för ikraftträdande går inte att ange i dagsläget.

Finns det EU-direktiv för andra tunnlar än järnvägstunnlar (2014/1303/EU)?

Svar: Tunneldirektiv 2004/54/EG ligger till grund för TSFS 2015:27. Annan rekommenderad läsning är DS 2005:18.

Vilka krav gäller för tunnlar kortare än 100 meter? Finns ambition att även omfatta kortare tunnlar?

Är denna gränsdragningen bra? Vad är skillnaden mellan tunnlar längre och kortare än 100 meter?

Tunnlar kortare än 100 meter faller normalt in under kravnivån för en bro. Är detta ett fortsatt rimligt antagande? Har TS gett ut föreskrifter för broar?

Svar: Övergripande föreskrifter kommer att ges ut.

1 kap. 3 § Definitioner

Tunnel – en minst 100 meter lång väg omsluten av jord eller berg eller en konstruktion som medger att fordon kan föras under

t.ex. högre belägen mark, byggnader eller vatten.

Enligt den givna definitionen kan fler anläggningar passa in än bara tunnlar så som större bergrum, gruvor etc. men bara vägtunnlar avses?

Hur definieras väg som medger att fordon kan föras? Gruvor, servicetunnlar, installationstunnlar med körstråk, tillfartstunnlar allmän väg etc.?

Svar: "Väg" definieras som väg, gata eller annan led som allmänt används för trafik med motorfordon. Cykel- och gångtunnel, gruvor, servicetunnlar etc omfattas ej av regelverket. (Ex Katarina terminalen = bergrum)

3 kap. 10 § Brandmotstånd

Bärförmågan för tunnlar som i händelse av brand kan översvämmas (sänktunnlar) eller orsaka att närliggande byggnadsverk störtar samman (överdäckningar) ska verifieras genom provning eller beräkning för brandlast enligt kolvätekurvan i standarden SS-EN 1363-2:1999. Varaktigheten för brandlasten ska vara minst 180 minuter.

För tunnlar där det bärande huvudsystemet utgörs av berg krävs ingen verifiering av bärförmåga vid brand.

Krav enligt TSD – säkerhet i järnvägstunnlar (2015) är 450 grader (TSD EU, gäller som föreskrift). Vår för har detta krav frångåtts?

Svar: Gäller endast för järnvägstunnlar och omfattas ej av TSFS 2015:27. För järnvägstunnlar gäller TSD (2014/1303) om säkerhet i järnvägstunnlar. Alla i TS arbetsgrupp som tog fram TSFS var inte eniga över att ställa samma krav för vägtunnlar (450 grader). TS har ej ännu gett ut något regelverk för spårvägstunnlar. Trafikverkets har även gett ut riktlinjer TRVK TUNNEL 11 vilket dock ej utgör myndighetskrav.

3 kap. 10 § Brandmotstånd

För tunnlar där det bärande huvudsystemet utgörs av berg krävs ingen verifiering av bärförmåga vid brand.

Svar: Bergförstärkning utgör del av det bärande huvudsystemet. Verifiering krävs således inte heller för dessa delar. Gäller för bergbult och eventuell betong som tillförs för att stärka bärverket.

Stämmer det att indirekt krävs verifiering av bärförmågan vid brand i minst 60 minuter som skydd av inklädnadssystemet?

Svar: Nej, sprutbetong som påförts för att stadga tunnelröret eller skydda mot stenar som lossnar utgör ej del av det som avses med inklädnadssystemet och kan således utföras utan krav på brandskydd.

I dagsläget är det ej möjligt att verifiera bärverk för själva berget då berg utgörs av anisotrop material (materialet har olika fysikaliska egenskaper i olika riktningar).

3 kap. 11 § Brandmotstånd

Inklädnad får ej falla ner inom 60 min vid brand.

Vad menas med inklädnadssystem? Akustikplattor? Brandskyddsplattor? Sprutbetong? Täcksikt?

Borde inte samtliga byggnadsdelar och eventuellt stenar från berget som kan falla ner vid höga temperaturer omfattas av detta krav?
"Inklädnad får ej falla ner inom 60 min vid brand"

Svar: Svårt att skriva verifierbara krav. Endast inklädnadssystemet omfattas av kravet. Syftet med kravet är endast att skydda vissa tunnlar (sänktunnlar och överdäckningar) från kollaps. Syftet är EJ att skydda utrymmande personer eller när räddningstjänstens personal assisterar vid utrymning mot nedfallande delar.

Självräddningsprincipen gäller. Alla ska ha förutsättningar att utrymma utan assistans.

Allmänt råd. Tid för utrymning och räddningsinsats bör vara minst 60 minuter.

Tiden 60 minuter uppfyller genom allmänt råd kravet på erforderlig tid för utrymning och räddningsinsats. Rimmar kravet med verkligheten?

Svar: **Kravet är ett minimikrav.**

Vilken kurva ska användas?

Svar: Ingen kurva är definierad. Lämpligt att använda en kurva som överensstämmer så bra som möjligt med de förutsättningar som gäller.

Allmänt råd. Åtgärder för att undvika spjälkning av betong kan baseras på "Rapport 16, 2011 - Betong och brand - Rekommendationer för att förhindra spjälkning i anläggningskonstruktioner" (Svenska Betongföreningen).

Rapporten är kritiserad och innehåller flera felaktigheter enligt många. Arbetsgruppen var ej i konsensus över den slutgiltiga rapport-

ten.

Svar: Inom forskning på spjälkning av betong finns en hel del kvar att göra, bl.a. finns det inga standardiserade testmetoder eller fullständig kunskap om exakt hur olika sorters betong beter sig vid höga temperaturer och varför. ”Betongrapport 16, 2011, rekommendationer för att förhindra spjälkning i anläggningskonstruktioner” utgör en av få riktlinjer för hur betong kan skyddas mot spjälkning.

På grund av att detta är ett område som inte är utforskat tillräckligt så hänvisar TSFS bara till detta som ett allmänt råd.

Åtgärder för att förhindra spjälkning kan baseras på Betongföreningens rekommendationer. Utgör Betongrapport 16, som enda exemplet, kravnivån och acceptansen för hur mycket spjälkning som tillåts?

Svar: Nej, Rapport 16 är ett allmänt råd.

3 kap. 12-13 § Brandmotstånd

EI 60 mot utrymningsvägar och tunnels intilliggande utrymnen.

Bra krav men är detta tillräckligt i alla lägen? Hur har kravet framkommit och landat på 60 minuter? Kommentarer från räddningstjänsten?

Svar: Endast självutrymning eller räddningstjänsten hjälpa utrymmande i första hand. Rtj får gå in om de bedömer att tillräcklig säkerhet finns.

Alla paragrafer är ej solklara och verifierbara eftersom de är styrda av EU-direktivet.

Från fullskaleförsök och inträffade olyckor ser vi att andra, strängare, kurvor än ISO-kurvan ligger närmare verkligheten. Bör inte andra brandkurvor än ISO-kurvan väljas som referens då ett snabbare brandförlopp med högre effekt är troligt? Oklart vad 60 minuters skydd enligt ISO-kurvan motsvarar i tid vid ett värre (men troligt) brandscenario. Vad är syftet med avgränsningarna i klass EI 60? Och varför just EI 60?

Svar: Tidsbegränsningen bygger på erfarenheter om tid för tunnelbränder och rekommendationer från SP. EI 60 är ett minimikrav.

3 kap. 23 § Utrymning

Utrymning förutsätts kunna ske utan räddningstjänstens ingripande i tunnlar längre än 500 meter.

Svar: Självräddningsprincipen gäller. Alla ska ha förutsättningar att utrymma utan assistans.

Hur rimmar detta med ”säker plats” enligt 3 kap. 25 §?

Svar: När man utrymt till en säker plats är man per definition säker.

Kommentar: Resonemanget stämmer inte med TS egna föreskrifter, se nedan. Definitionen är ej den samma som i BBR.

3 kap. 25 § Säker plats

En säker plats ska finnas i en utrymningsväg om utrymningsvägens utformning medför att personer med nedsatt rörlighet inte kan utrymma på egen hand till det motstående tunnelröret eller ut ur tunneln.

1 kap. 3 § Definitioner

Säker plats – ett utrymme med en utgång som inte leder till ett tunnelrör där en olycka har skett och som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i eller utanför tunneln, där trafikanter kan söka skydd efter eller under utrymning.

Förutsätts utrymning kunna ske utan insats från räddningstjänsten även i tunnlar kortare än 500 meter? Eller kan dessa utformas med livräddande insats som en förutsättning?

Svar: Självräddningsprincipen gäller. Alla ska ha förutsättningar att utrymma utan assistans. Det åligger räddningstjänsten som arbetsgivare för insatspersonalen att utföra riskbedömning innan insats och ej utsätta personal för orimliga risker i förhållande till vad som kan uppnås med insatsen (afs 2007:07).

Vad förväntas räddningstjänsten göra?

Svar: Transportstyrelsen har inte bemyndigande att säga vad räddningstjänsten ska göra. MSB kan troligtvis bättre svara på den frågan.

INNEHÅLL

- **MYNDIGHETEN FÖR SAMHÄLLSSKYDD OCH BEREDSKAP, MSB**

-fråga/svar med Erik Egart

Kan räddningstjänsten avgöra om det är säkert att gå in i en tunnel vid en brand?

Man lutar på att inga stora plötsliga brott kommer uppstå. Sedan tillkommer risker från själva branden och från gasbehållare som ger upphov till luftstöt våg och splitter om de exploderar, giftiga ämnen osv.

Kommentar: Är det rimligt att ”lita på” att inga stora plötsliga brott kommer uppstå? Hur underbyggs detta resonemang? Sker det så sällan?

Får ni frågan från ex arbetsmiljöverket, transportstyrelsen om rimligheten i regelverken ang. räddningsinsatser?

Nej inte vad jag känner till.

Vad anser du är rimligt vid ingrepp i tunnlar? Har ni någon gräns på tunnellängd? Djup? Säkert vatten?

Förutsatt att utrymning fungerar tillfredsställande och branden kan hanteras från tunnelmynning nej. Om säkerheten bygger på att räddningstjänsten ska livrädda och släcka inne i tunneln kan den bli klassificerad som farlig verksamhet och verksamhetsutövaren kan behöva komplettera kommunens förmåga till insats.

Kommentar: När blir den klassad som det? Detta har vi ej med någon stans. Borde undersökas.

Engagerar sig räddningstjänsten i frågan om insats i tunnlar/bergrum?

Ja

Kommentar: På vilket sätt engagerar sig räddningstjänsten?

Räcker 60 min brandskydd för en insats i en tunnel/bergrum?

60 min räcker om effektutvecklingen motsvarar ISO834. Det gör den dock inte alltid i en tunnel efter vad MSB erfarit.

Kommentar: TSFS utgår från standardbrandkurvan, tiden är satt till 60 min. Bör en annan kurva väljas? Behövs mer tid?

Behövs skydd mot nedfallande delar som ex. spjälkande betong, inklädnadssystem mm? Finns utrustning som skyddar mot fallande delar? Är det ett problem? Har det skett någon olycka pga. fallande delar?

Det är ett problem om man behöver gå in i byggnadsverket för att göra insats. Det finns flera exempel, Gretzenbach är ett.

Kommentar: Gretzenbach, Swizerland 2004. Brand i underjordsgarage, några bilar brinner. Efter 1,5 timme släckarbete sker kollapsen. 30x30 meter stort område och ca 3 meter djupt. Alla utgångar blockeras. Betongbjälklag på pelarstomme som är en typisk konstruktion för parkeringshus under mark i Schweiz. 7 brandmän omkommer.

Det finns inga krav för ytskikt och brännbart material i tunnlar, vad tycker ni om det? Cellplast kanske används som någon typ av skydd?

Kanske aktiva system som släcksystem eller i vissa fall mekanisk ventilation kan möjliggöra användning av brännbara material i någon utsträckning. Annars bör de undvikas om det finns rimliga alternativ.

Kommentar: Behövs mer tid?

Norge

Kontaktperson Daniel Günther, Statens vegvesen Region nord

Email mottaget 2015-08-19

Fokus passivt brandskydd.

De funksjonskrav vi har på konstruksjoner i tunnlar kan sammanfattas ganske enkelt:

- Konstruksjonen skal inte bidra aktivt i en bilbrann, inte bidra till att sprida en brand, og branden skall inte fortsätta efter att bilbranden har upphört.
- Konstruksjonen skal vidare inte bidra til väsentlig ekstra rökutveckling eller giftiga gasser.

I praktiken är det största problemet som vi har i tunnelarna (säkert samma i Sverige) att beskydda vatten och frostsäkring den är brännbar. Det är också ett stort problem att sprutbetongen som påförs som stabilitetssäkring i tunneln som regel börjar skalas av explosivt redan vid 200-300 grader. Att tunneln skulle kollapsa och aldrig kunna öppna igen som det ofta står i tidningarna är bara påhitt, det är våran stabilitet och frost säkring som vi har monterat som förstörs inte berget. Däremot måste ju tunneln inspekteras och rehabiliteras innan trafik kan släppas in igjen och det kan vara ett väldigt omfattande arbete som tar lång tid såklart, men det där vet du kanske redan.

Det som vi gör för att skydda vatten och frostsäkringsmembranen (PE-skummet) är att spruta in det med 8 cm tjockt sprutbetong som innehåller polypropylen-fiber (PP-fiber). Vet inte exakt hur den beter sig vid brand men som jag förstått det så smälter plastfibrena nästan vid 200 grader och förångas å då tryckavlastas sprutbetongen. Kravet på det här brandskyddet är att det ska klara 60 minuters brand.

Vet inte om jag kan hjälpa dig så mycket mer, det är nog det där jag kan men om du har några frågor är det bara ringa igen. Våra krav står beskrivna i vegvesen sine handböcker det är offentliga dokument så jag bifogar dom, det står under kapitel 5 i bägge. Du kan säkert hitta lite mer info på hemsidan också det är ju ganska aktuellt tema nu med tanke på alla tunnelbränder den sista tiden i Norge.

Tabell 5.1 Dimensjonerende brann. Krav til brannbeskyttelse i henhold til standard tid-temperaturkurver

Tunnellasse	ADT (opp til)	Dimensjonerende brann Brannventilasjon, MW	Brannbeskyttelse av isolasjon	
			Eksponeeringskurve	Tid (min.)
A	300	20	ISO 834	60
B	4000	20	ISO 834	60
C	8000	50	HC	60
D	12000	100	HC	60
E	15000	50	HC	60
F		100	HC	60

(jf. håndbok 021 Vegtunneler og SINTEFRapport nr. NBL F05131)

Dimensjonerende brann er valgt primært ut fra antall personer som kan bli eksponert ved en brann og sannsynligheten for at en brann oppstår. ADT, tunnellengde og evakueringsmuligheter er avgjørende kriterier.

Tabelle 4 Wahl der Bemessungskurve und der Einwirkungsdauer

	Tunnel (Tragwerk)			Sekundäre Bauteile
Tunnel	Einschwimm-tunnel, Tunnel unter oder durch Gebäude	Tunnel in instabilem Gebirge	Tunnel in standfestem Gebirge	Tagbautunnel
Fahrzeug				Lüftungs-kanäle und Zwischen-decke ISO 60 min RWS/HC _{inc} ¹⁾ 120 min
Personen- und Lieferwagen	ISO 60 min	ISO 60 min	ISO ²⁾ 60 min	ISO 30 min
Last- und Tankwagen	RWS/HC _{inc} ¹⁾ 120 min	RWS/HC _{inc} ¹⁾ 120 min	ISO ³⁾ 120 min	ISO 120 min

Finland

Laura Väisänen, finska trafikverket

Email mottaget 2015-08-28

We don't have much regulations concerning Fire protection in tunnels. We usually have done technical demands to every project where we have given requirements also to fire protections. One week ago we get ready technical guidelines how to plan the tunnel structures: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-14_tietunnelin_rakennetekniset_web.pdf but like I said, it is only in Finnish. In the guidelines we have one table where we give guidelines for fire protection:

If there are buildings over the concrete tunnel we demand that the structure has to be designed for fire curve HCM180 and if there are no buildings to HCM120 curve. Rock in Finland is rather good so we assume that in normal situation rock tunnels will not collapse in fires. The cladding (is this the right word?) structure of the ceiling and walls must be designed for HCM120 fire curve.

We use both the fire protection boards/panels and the polymer fibers mixes in concrete. You might have heard about our problems with those fire protection panels, in Tavastehus tunnel (concrete tunnel) the panels cracked and bites of the panels fell to the road. The tunnel was designed for HCM180 curve and the panel was put in concrete molding and there were some problems concerning the humidity situations and that made the cracking to the panels. So now we have instructions that the panels must always be joint mechanically to the structure behind the panels.

In "sprutbetong" which we use as cladding structure in rock tunnels we use the fibers mixed in concrete. If you want to know more about these you may contact Antti Rytönen (anti.rytkonen@liikennevirasto.fi), he is coming back for summer holidays in the middle of August. He is our expert in structures. And I assume that he can give more detailed answers than I. And I think he may be very interested about your project too. I also will discuss with him after holidays about your questions. I also check your question list in the end of this week and try to answer.

Explosions sustainability we plan like you in Sweden. We have decided to use Swedish models for that.

Email mottaget 2015-09-01

Frågor:

- Does Finland have regulations for underground facilities which Sweden is missing?
- What is the definition of what we call "Inklädnadssystem"? In english I think it is called "lining".

I know almost nothing about other underground facilities than road tunnels and we have the same definition that only tunnels longer than 100 meters are tunnels and for other tunnel-like constructions we use bridge-regulations.

Maybe Marko Järvinen from Helsinki City rescue department could know something about those other underground facilities (marko.jarvinen@hel.fi). He is also the member of Plarc Road Tunnel Committee.

I'm not sure if I understand term inklädnad but if I do, it is Verhousrakenne in Finnish and it has been defined in our guidelines for planning tunnels structures (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-14_tietunnelin_rakennetekniset_web.pdf) and it is quite the same as yours definition for inklädnad, yours is better:

“Tunnelin kantavista rakenteista ripustettu holvin ja seinät verhoava rakenne kannatin- ja eristysrakenteineen. Verhousrakenne toimii tunnelin veden-, lämmön- ja paloeristeenä. Tyypillisiä verhousrakenteita ovat betonitunnelin palonsuojaeristeet ja kallio-tunnelin ruiskubetoniverhous.”

And this is something like this in english:

the structure which has been hanged from load-bearing structures and lines the wals and the vault. It includes insulating and holder structures. The function of lining structure may also to be as water, warm and fire insulators. Typical lining structures are fire insulators in the concrete tunnels and sprutbetong i bergtunnlar.

BeFo



Box 5501
SE-114 85 Stockholm

info@befoonline.org • www.befoonline.org
Besöksadress: Storgatan 19

ISSN 1104-1773