



UMEÅ UNIVERSITET

Skadehändelser i tunnlar i jämförelse med händelser i underjordsgruvor



Foto: Sofia Karlsson

Sofia Karlsson, Lina Gyllencreutz, Ulf Björnstig, Britt-Inger Saveman

30 maj 2017

Kunskapscentrum Katastrofmedicin, Institutionen för kirurgi och perioperativ vetenskap

Inledning

Denna rapport är ett svar på Socialstyrelsens anmodan i beslut 2016-11-24 med Dnr 23746/2016 ...”att projektet Masskadehändelser i gruvor – sjukvårdens och gruvindustrins beredskap tillstyrks för 2017 under förutsättning att kunskapscentrumet lämnar en skriftlig redovisning för hur inriktningen kan breddas till att inkludera tunnlar, senast den 1 juni 2017”.

Det pågående gruvprojektets övergripande mål är att utveckla kunskap för att öka förmågan till god katastrofmedicinsk beredskap och hantering av masskadehändelser i underjordisk gruvmiljö. Detta dokument syftar till att ge en översikt av studier kring skadehändelser och räddningsinsatser i tunnlar samt en jämförelse med studier angående liknande händelser i gruvor för att beskriva likheter och skillnader i undermarksanläggningar.

Det finns olika typer av tunnlar; vägtunnlar, tåg- och tunnelbanetunnlar, samt tunnlar under byggnation eller i full drift. Vid incidenter har dessa typer av tunnlar olika förutsättningar för räddningsinsatser och vissa är mer eller mindre jämförbara med underjordiska gruvor.

Det har inträffat ett flertal incidenter och skadehändelser i tunnlar, bland annat internationellt i vägtunnlarna Mont Blanc 1999, Tauern 2000 och Sankt Gotthards 2001, i tåg- och tunnelbanetunnlar, bland dem Kanaltunneln mellan Frankrike och Storbritannien 1996 och en tågtunnel i Paris 2002. Från Norge finns exempel på brandincidenter från Oslofjords tunneln 2011, Gudvanga tunneln 2013 och Skatestraum tunneln 2015. Brandincidenter i Sverige var t.ex. vid byggnationen av Citybanan 2009 och vid byggnationen av Björnböle tunnel, Botniabanan 2006.

Metod

Litteratursökning har skett via databaserna; Google Scholar och PubMed. Sökord som använts har varit: medicinskt och prehospitalt omhändertagande, räddningsinsats och skador i tunnlar, såväl på svenska som engelska. En del av vetenskapliga artiklars referenser, har också följts upp för att hitta nya artiklar och rapporter. Sökningen gör inte anspråk på



att vara heltäckande. Sammanlagt har 79 artiklar samt rapporter rörande skadehändelser i tunnlar hittats, varav 37 användes. Resten var inte relevant mot syftet. En del av den gruvlitteratur som tidigare använts i gruvprojektet (n=22) tillkom och används i det här dokumentet som jämförelse. De 37 artiklarna om tunnlar lästes i sin helhet och fyra områden framträdde som relevanta att jämföra med gruvor. Dessa områden var; 1) risker, 2) utmaning med evakuering och räddningsinsatser, 3) vikten av samverkan samt 4) medicinskt omhändertagande.



Resultat

I resultatet redogörs för dessa områden samt vilka skillnader och likheter som identifierats genom analys av litteraturen, se Tabell 1.

Tabell 1. Likheter och skillnader mellan tunnlar och underjordsgruvor.

Områden	Likhet	Skillnad	
		Tunnlar	Gruvor
Risker	Brand Trafikincident	Kemikalier Antagonistiska händelser - terrorattentat	Ras
Evakuering och räddningsinsats	Långa inträngningsvägar Svårt att orientera och få överblick över incidenten Tunnlar under konstruktion liknar gruvor Försvårad kommunikation	Okänd miljö Allmänhet, även med ev. handikapp Självräddning förespråkas Speciell taktik vid antagonistiska handlingar	Känd miljö Anställda Självräddning samt räddning
Vikten av samverkan	Samverkan lokal räddningstjänst/operatör Rökdykningstest, andra test och simuleringar Räddningstjänst inte dimensionerade Räddningstjänst ovana Övning förespråkas Prehospital ambulans- sjukvård - ofta inte inkluderad	Tunnel kan sträcka sig mellan två länder Hög persontäthet	
Medicinskt omhändertagande	Få vetenskapliga artiklar		



Risker

Likheter

Bränder är allvarliga händelser i både tunnlar och gruvor eftersom många dödsfall har inträffat i samband med detta (Haack, 1998; Engström, Angrén, Björnstig, & Saveman, 2017). Vid en brand i en undermarksanläggning, är det oftast fordon som brinner, och det kan utvecklas en mycket hög brandeffekt samt hög brandgastemperatur. Risken för övertändning är dock mindre än vid en bostadsbrand, men övertändning kan även ske lokalt i fordon (Ingason et al., 2015; Lönnermark et al., 2015). Trafikincidenter är också allvarliga händelser i undermarksanläggningar (Beard, 2009; Engström et al., 2017; Bealko, Alexander, Chasko and Grayson, 2011) och är den vanligaste dödsorsaken i tunnlar (Beard, 2009). Exempel är bussolyckorna i Måbøtunneln i Norge 1988, då 16 personer avled (Winje & Ulvik, 1995; Socialstyrelsen, 2009) och Sierretunneln i Schweiz 2012, där 28 personer dog (Lyon & Sanders, 2012). Risken för incidenter i tunnlar ökar när trafikvolymen och tunnelns längd ökar, dessutom kan äldre tunnlar vara konstruerade för mindre trafikvolym än de aktuella och annorlunda tekniska krav (Haack, 1998). Incidenter som involverar tung trafik med farlig last kan dessutom få stora konsekvenser i antalet döda och skador på tunnelkonstruktionen (Bergmeister & Francesconi, 2004; Mitrovich, Valenti, & Mancini, 2006), t.ex. branden i Salangtunneln i Afghanistan 1988 då en tanklastbil kolliderade med en rysk ammunitionslastbil och en explosion och brand dödade minst två tusen personer (Socialstyrelsen, 2009). Sannolikheten för incidenter är dock låg jämfört med incidenter på motorvägar, men konsekvenserna kan å andra sidan bli mycket stora (Rosmuller & van den Brand, 2003).

Skillnader

I tunnlar transporteras giftiga kemikalier, vid incidenter riskerar dessa att läcka ut och explodera (Ingason et al., 2012; Rosmuller & van den Brand, 2003). För det mesta hotar inte bränder tunnelns konstruktion och stabilitet, vilket kan vara fallet i gruvor där risk för ras finns (Engström et al., 2017). I tunnlar kan det också uppstå skador på grund av brandgaser och värme, bland annat kan cement i taket flagna. Det gör att tunneln måste stängas av för reparation (Haack, 1998, 2002). Antagonistiska handlingar har drabbat tunnlar men ännu ej gruvor. Bland annat har terrorhändelserna i Moskva 2004 och 2010, London 2005 och Minsk 2011 studerats. Terrorhändelser är menade att skapa skada och



rädsla, och skiljer sig på så sätt från andra explosioner. Terrorhändelser under jord sker i ett begränsat utrymme och explosioner får en stor skadeverkan, t.ex. kan tågets interiör bli förstörd och splittret kan skada och döda människor. Det är dessutom svårt att fly och att få hjälp. I tunnlar har det genomförts tester för evakuering och räddning vid antagonistiska händelser, i gruvor har endast brandförsök gjorts (Ingason et al., 2012; Kumm & Palm, 2012).

Evakuering och räddningsinsats

Likheter

En räddningsinsats i en undermarksanläggning innebär en komplex och extrem miljö, ofta med långa inträngningsvägar. Detta gäller speciellt för tunnlar under konstruktion och för gruvor eftersom de har flera gångar och nivåer, vilket gör det svårt för räddningstjänsten att orientera sig och få en överblick över incidenten. Samtidigt påverkar den komplexa miljön t.ex. rökdykning som är beroende av luftåtgång och fysisk uthållighet hos brandmännen (Alonso, Abreu, Cuesta, & Alvear, 2014; Kumm, 2010; Lönnermark et al., 2015; Palm, Kumm, & Ingason, 2015). Räddningsinsatsen försvåras också av att undermarksanläggningarna kan vara under konstruktion och därmed ofta förändras, vilket gör det viktigt med uppdaterade insatsplaner och kartor (Ingason et al., 2015; Kumm & Bergqvist, 2010; Lönnermark et al., 2015). Gemensamt för tunnlar och gruvor är att det tar längre tid för räddningstjänsten att anlända till skadeplats och de drabbade än ovan jord, vilket kan påverka överlevnaden (Vuilleumier, Weatherill, & Crausaz, 2002).

Skillnader

I gruvor och tunnlar finns utbyggda säkerhetssystem. När det gäller tunnlar så har studier gjorts på bland annat skadepreventiva åtgärder, branddetektion och självräddning (Collis, Schmid, & Tobias, 2013; Nilsson, 2009; Fridolf, 2015; Jian-ping, Zheng, Zhi, & Jia-yun, 2011; Kučera & Bradáčová, 2012; Rosmuller & van den Brand, 2003; Zarboutis & Marmaras, 2004). Självräddning innebär att personer bör kunna utrymma på egen hand och utan hjälp av räddningspersonal (Ernst et al., 2006; Lönnermark et al., 2015). Att utrymma från en tunnel är mer komplicerat än från en byggnad och därför måste utrymningsvägar vara lätta att hitta i en pressad situation (Ingason, Bergqvist, Lönnermark, Frantzych, & Hasselrot, 2005). I en tunnelbana eller i en järnvägstunnel där det kan vara en hög



persontäthet (många passagerare) innebär det att vara i en okänd miljö, vilket påverkar valet av utrymningsväg om en incident inträffar (Alonso et al., 2014; Lönnermark et al., 2015; Haack, 2002). Studier har visat att personer i tunnelmiljö hellre utrymmer via tunnelmyningarna än genom nödutgångarna (Gandit, Kouabenan, & Caroly, 2009). Evakueringsystemen är anpassade för den genomsnittlige personen som klarar självräddning och tar därmed inte hänsyn till äldre, handikappade eller barn (Beard & Cope, 2007). Självräddning bygger på att människor vet hur de ska agera, men också att de kan handla rationellt, däremot kan ångest och stress påverka det rationella beteendet (Frantzich, Nilsson, & Rød, 2016).

När det gäller gruvor är miljön känd för de som arbetar där (Ernst et al., 2006; Lönnermark et al., 2015). Människor som arbetar i en undermarksanläggning har ofta god kännedom om miljön och kan därigenom lättare sätta sig i säkerhet vid en incident än de som är ovana vid miljön (Palm, 2014). Att förebygga skadehändelser har därför fokuserat på simuleringsmodeller för gruvevakering, samt självräddning (Brenkley, Bennett, & Jones, 1999; Tarshizi, Kocsis, & Taylor, 2016), räddningskammare (Department of industry and resources, 2005; Lilja, 2014; Zhe, Longzhe, & Shu, 2015), brandsäkerhet (Brenkley et al., 1999; Hansen, 2010, 2015; Ingason et al., 2010; Johnsson & Kaj, 2016; Swedish Association of Mines Metal and Mineral Producers, 2009), och säkerhetsförebyggande åtgärder (Karliński, Ptak, Działak, & Rusiński, 2016; Laurence, 2005; Saleh & Cummings, 2011).

Vikten av samverkan

Likheter

Vid räddningsinsatser i tunnlar delar räddningstjänsten och tunneloperatören på ansvaret för att säkra självräddning samt räddningsaktioner (Barth, Tetzner, Aschenbrenner, & Koch, 2002; Modic, 2003). Detta gäller även vid räddningsinsatser i gruvor, där ansvaret delas mellan räddningstjänsten och gruvledningen. Generellt har konstaterats att räddningstjänsten inte är dimensionerad för omfattande insatser i undermarksanläggningar och att personalen saknar erfarenheter av den typen av insats (Stähle, 2010). Dessutom har det visat sig att deras kommunikationssystem, förutom rökdykarradion inte fungerar i alla delar (Ingason, Hansen, Kumm, & Nyman, 2010; Johnsson & Kaj, 2016). Det behövs därför



en god samverkan samt övningar för att testa förmågor och begränsningar (Kumm, 2010; Karlsson, Gyllencreutz, Engström, Björnstig, & Saveman, submitterad). Det har gjorts bland annat brand- och explosionsförsök samt simuleringar i tunnelbana (Ingason et al., 2012). Vid ett test där räddningstjänsten övade rökdykning förbättrades förmågan att nå fram till brandkällan med flera minuter. Detta kan ses som representativt för vägtunnlar, järnvägstunnlar, tunnelbana, underjordsgruvor och tunnlar under byggnation (Ingason et al., 2015).

Räddningsinsatser i både gruvor och tunnlar utförs i Sverige av den lokala räddningstjänsten och ambulanssjukvården. Internationellt är det vanligt att använda sig av professionella gruvräddningsstyrkor. Det är endast företaget Luossavaara Kiirunavara Aktiebolag (LKAB) som har en egen räddningsstyrka men även de samverkar med den lokala räddningstjänsten och ambulansverksamheten (Lehnen, Martens, & Rattman, 2013). Eftersom det internationellt är vanligare att använda sig av professionella gruvräddningsstyrkor skrivs en hel del om övningsutveckling (Conti, Chasko, & Cool, 1999) och deras uppgift är att bland annat söka efter och rädda överlevande, utföra första hjälpen och bekämpa bränder (Kilinc, Monaghan, & Powell, 2014).

Skillnader

När det gäller tunnlar, kan de sträcka sig mellan två olika länder, vilket gör att räddningsaktioner kommer att ske i varsin mynning med olika nationella räddningssystem och förutsättningar (Palm, 2014).

Medicinskt omhändertagande

Likheter

Enstaka vetenskapliga artiklar beskriver det medicinska omhändertagandet vid gruv- och tunnelhändelser.

Ett exempel är händelsen vid Quecreek-gruvan 2002 (Engström et al., 2017). Ett annat exempel är från en brandincident 2013 i en av Sveriges underjordsgruvor. Därifrån beskrivs räddningsinsatsen och att de rökskadade fördes vidare med ambulanshelikopter till sjukhus (Marklund & Haarala, 2014). I övrigt konstateras att ambulanspersonalen har bristande kunskaper gällande gruvräddning, samt att de inte involverats i samverkan mellan



räddningstjänst och gruva (Aléx, Joanson, Tageson, & Saveman, 2017; Berg Marklund & Jonsson, 2017; Karlsson, Gyllencreutz, Engström, Björnstig, & Saveman, submitterad).

Få dokument i ”tunnellitteraturen” beskriver och analyserar omhändertagande av skadade vid händelser i en tunnel. Oftast beskrivs endast skadehändelsen samt efterföljande räddningsinsats från räddningstjänstens sida, samt hur många omkomna eller skadade det var (Beard, 2009; Haack, 2002; Kumm & Bergqvist, March 17-19 2010; Palm, 2014; Statens havarikommisjon for Transport, 2016). Två incidenter har hittats var det redogörs för det katastrofmedicinska omhändertagandet; vid busskrascherna i Måbøtunneln i Norge 1988 (Winje & Ulvik, 1995; Socialstyrelsen, 2009) och Sierretunneln i Schweiz 2012 (Lyon & Sanders, 2012). Vid incidenten i Norge kraschade bussen in i tunnelväggen, med 34 skolbarn och vuxna och av dessa avled 12 barn och fyra vuxna. Av de överlevande skadades 13 allvarligt och sex lindrigt. Platsen för händelsen var otillgänglig vilket försvårade kommunikation och transport, därför anlände den medicinska personalen med helikopter till skadeplatsen och 12 passagerare sändes med helikopter och sju med ambulans till sjukhus (Winje & Ulvik, 1995; Socialstyrelsen, 2009). I princip samma scenario hände i busskraschen i Sierretunneln där 28 personer dog och 24 passagerare skadades, varav många allvarligt. Den första ambulansenheten var på plats inom 20 minuter och räddningspersonal arbetade på skadeplats i åtta timmar. Mer än 200 personer beräknas ha varit involverade i räddningsaktionen. Även i detta fall gjorde tillgängligheten av helikoptrar att avancerade medicinsk vård kunde ges på skadeplats och barnen kunde flygas direkt till specialisttraumacenter (Lyon & Sanders, 2012).

De ofullständiga uppgifter om omhändertagande som finns i andra källor är istället att vid brand i tunnlar finns uppgifter om antalet rökskadade och att de med svåra rökskador fördes till sjukhus. Även tiden för hela räddningsaktionen framkom. Dessa uppgifter kommer från händelser i Norge - Gudvanga tunneln år 2013 (Statens havarikommisjon for Transport, 2015) och i Oslofjordtunneln 2011 (Statens havarikommisjon for Transport, 2013).



Genomförda aktiviteter och förslag på framtida tunnelforskning

De slutsatser vi kan dra efter denna genomgång av litteratur angående forskning i samband med skadehändelser i underjordsmiljö (i tunnlar respektive i gruvor) är att det finns många likheter men även skillnader. När det gäller likheterna så begränsas de huvudsakligen till brandincidenter, men även trafik/fordonsrelaterade händelser förekommer. Accidentella sprängningar kan förstås förekomma både vid tunnelbyggen och i gruvor. Kunskap från våra pågående studier om stora skadehändelser i underjordsgruvor kan således vara överförbara till det som gäller händelser i tunnlar och vice versa. Det som är tydligt i båda kontexterna är att det finns ytterst lite beskrivet om den prehospitala vårdens taktik i dessa situationer. Mycket lite är förberett och övat avseende det akuta medicinska omhändertagandet i både tunnel- och gruvincidenter, där en offensiv medicinsk insats är mycket avlägsen i dagens läge.

I avsikt att följa SoS:s intentioner om att utveckla KcKM Umeås gruvprojekt med en samverkan med annan forskning/utveckling som berör underjordsanläggningar, har vi (KcKM Umeå) under året (2017) etablerat följande kontakter och samverkansområden:

- En samverkan med RISE (Research Institutes of Sweden, där SP, Borås ingår) har etablerats och KcKM har under våren aktivt medverkat i deras seminarium på KTH i Stockholm
- KcKM - representant har invalts i referensgruppen för KCBU – Kompetenscentrum för brandsäkerhet i undermarksanläggningar - med fokus på att inkludera den prehospitala vården i deras verksamhet som för närvarande helt saknar den aspekten
- En samverkan har etablerats med projekteringsexpertis inom säkerhetsområdet för tunnelbyggen (väg- och järnvägstunnlar) genom brand-ingenjör, Henrik Östlund, Bricon, Umeå, specialist inom området farliga ämnen,. Bricon har gjort säkerhetsutredningar för några välkända referensobjekt. Östlund är kontorschef för Bricon AB i Umeå och när vi nu planerar en expansion av vår verksamhet till att också omfatta incidenter i tunnlar



kommer han att utgöra ett kompetenstillskott i framtida KcKM-ansökningar inom området.

Vi planerar att fokus i framtida tunnelforskning kan riktas mot följande områden där vi bedömer oss ha speciella förutsättningar att flytta kunskapsfronten framåt. Den bärande ideén är ”patienten i centrum” och den prehospitla vårdens insats vid extrema, speciella och komplexa skadeplatser:

- Räddningsinsatsen vid tunnelbrand eller fordonsbrand i tunnel, ur den prehospitla vårdens synpunkt, vari rökgasinhaling utgör en betydelsefull medicinsk faktor ur kunskaps- och behandlingssynpunkt.
- Antagonistiska handlingar i tunnelsystem och terminaler. Vi har en god grund att bygga på i två avhandlingar som berör epidemiologin vid sådana händelser: Annelie Holgerssons avhandling 2017 samt i Veronica Strandbergs avhandling 2016. I Annelie Holgerssons avhandling finns också ett arbete byggt på FE-simuleringar (avancerade datorsimuleringar) av effekter av detonerade sprängladdningar i rörformade strukturer.
- Oavsiktliga kemhändelser i tåg- eller vägtunnlar plus terminaler/stationer under jord. Typhändelse: tågurspårningen för några år sedan i tunneln vid Södra Station i Stockholm, med rasrisk och kollisionsrisk med pendeltåg. Den gången transporterades rötslam, men det kan vara kemiska substanser nästa gång. Passar bra att kombinera med vår påbörjade samverkan med KcC i C-noden.
- Antagonistiska/terrorhandlingar med C-substanser i underjordsanläggningar kan också meritera medicinskt intresse. Detta mot bakgrund av potentialen att ställa till skada (sarinattackerna i Tokyo drabbade 5000 personer) och lättheten att framställa dylika substanser.

Vår avsikt är att vid kommande ansökningstillfälle för KcKM ansökan till 2018 års verksamhet utveckla ett spår med anknytning till tunnelincidenter. Detta önskar vi genomföra i samverkan med SoS och i linje med SoS:s önskade inriktning. Samtliga förslag har drag av förbättrat civilt försvar i sig.



Referenser (* litteratur som gäller tunnlar)

- Aléx, J., Joanson, C., Tageson, H., & Saveman, B.-I. Preparedness of the ambulance personnel for major incidents in underground mines. *Accepterad.*
- *Alonso, V., Abreu, O., Cuesta, A., & Alvear, D. (2014). An Evacuation Model for Risk Analysis in Spanish Road Tunnels. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162, 208-217. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.201
- *Barth, U., Tetzner, D., Aschenbrenner, D., & Koch, R. (2002). *Managerial and technical aspects of tunnel safety regarding normal and emergency mode.* Paper presented at the Tunnel Safety and Ventilation, Graz.
- Bealko, S., Alexander, D., Chasko, L., & Grayson, R. (2011). *Mine rescue training facility inventory - compendium of ideas to improve US coal mine rescue training.*
- *Beard, A., & Cope, D. (2007). *Assessment of the safety of tunnels study.*
- *Beard, A. (2009). Fire safety in tunnels. *Fire Safety Journal*, 44(2), 276-278. doi:10.1016/j.firesaf.2008.06.008
- Berg Marklund, E., & Jonsson, T. (2017). *Ambulanspersonals perspektiv och upplevelser av skadehändelser i underjordsgruvor.* Magisteruppsats, Umeå universitet.
- *Bergmeister, K., & Francesconi, S. (2004). *Causes and frequency of incidents in tunnels.* Trento, Italien.
- Brenkley, D., Bennett, S. C., & Jones, B. (1999). *Enhancing mine emergency response.* Paper presented at the 28th International Conference on Safety in Mines, Sinaia, Romania.
- *Collis, L., Schmid, F., & Tobias, A. (2013). Managing incidents in a complex system: a railway case study. *Cognition, Technology & Work*, 16(2), 171-185. doi:10.1007/s10111-013-0255-x
- Conti, R. S., Chasko, L. L., & Cool, J. D. (1999). *An Overview of Technology and Training Simulations for Mine Rescue Teams. Proceedings: The 28th International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Sinaia, Romania, June 7-11, 1999, Vol II.*
- Department of industry and resources. (2005). *Refuge chambers in underground metalliferous mines - guideline.* Retrieved from Safety and health division, Department of industry and resources, Western Australia.
- Engström, G., Angr n, J., Björnstig, U., & Saveman, B.-I. (2017). Mass-Casualty Incidents in the Underground Mining Industry: The Haddon's Matrix Applied on an Integrative Literature Review. *Accepterad.*
- *Ernst, S., Patel, M., Capers, H., Dwyer, D., Hawkins, C., Jakovich, G. S., . . . Swanson, M. (2006). *Underground transportation systems in Europe - Safety, operations, and emergency response.*
- *Frantzich, H., Nilsson, D., & R d, K. (2016). *Utrymning och tekniska installationer i vägtunnlar med dubbelriktad trafik.* Lund.
- *Fridolf, K. (2015). *Rail tunnel evacuation.* (Doctoral thesis), Lund University, Lund.
- *Gandit, M., Kouabenan, D. R., & Caroly, S. (2009). Road-tunnel fires: Risk perception and management strategies among users. *Safety Science*, 47(1), 105-114. doi:10.1016/j.ssci.2008.01.001



- *Haack, A. (1998). Fire protection in traffic tunnels - general aspects and results of the EUREKA project. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 13(4), 377-381.
- *Haack, A. (2002). Current safety issues in traffic tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 17(2), 117-127.
- Hansen, R. (2010). Overview of fire and smoke spread in underground mines.
- Hansen, R. (2015). *Study of heat release rates of mining vehicles in underground hard rock mines*. (Doctoral thesis), Mälardalen University, Sweden, Västerås, Sweden.
- *Ingason, H., Bergqvist, A., Lönnemark, A., Frantzych, H., & Hasselrot, K. (2005). *Räddningsinsatser i vägtunnlar*. Karlstad.
- Ingason, H., Hansen, R., Kumm, M., & Nyman, H. (2010). *Koncept för skydd mot brand och brandgasspridning i gruvor*.
- *Ingason, H., Kumm, M., Nilsson, D., Lönnemark, A., Claesson, A., Li, Y. Z., . . . Palm, A. (2012). *The METRO project - Final report*. Västerås, Sweden.
- *Ingason, H., Vylund, L., Lönnemark, A., Kumm, M., Fridolf, K., Frantzych, H., . . . Palmkvist, K. (2015). *Taktik och Metodik vid brand i Undermarksanläggningar (TMU) - Sammanfattningsrapport*. Borås.
- *Jian-ping, Y., Zheng, F., Zhi, T., & Jia-yun, S. U. N. (2011). Performance-Based Fire Safety Assessment of City Underwater Tunnel. *Procedia Engineering*, 11, 86-90. doi:10.1016/j.proeng.2011.04.631
- Johnsson, L., & Kaj, S. (2016). *Räddningsinsatser och brandskydd i underjordsgruva - Rökspridningsberäkningar i Kiruna järnmalmgruva och arbetsmetoder vid räddningsinsatser i underjordsgruvor*. Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Karliński, J., Ptak, M., Działak, P., & Rusiński, E. (2016). The approach to mining safety improvement: Accident analysis of an underground machine operator. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16(3), 503-512. doi:10.1016/j.acme.2016.02.010
- Karlsson, S., Gyllencreutz, L., Engström, G., Björnstig, U., & Saveman, B.-I. Preparedness for mining injury incidents - Interviews with Swedish rescuers. Submitterad.
- Kilinc, S. F., Monaghan, W. D., & Powell, J. B. (2014). A review of mine rescue ensembles for underground coal mining in the United States. *J Eng Fiber Fabr*, 9(1), 174-185.
- *Kučera, P., & Bradáčová, I. (2012). *Modelling the evacuation of people from a train on fire in a railway tunnel*. Paper presented at the Recent Advances in Engineering, Proceedings of the 3rd European Conference of Civil Engineering, Paris.
- *Kumm, M. (2010). *Rescue operations during construction of tunnels - A study of the fire and rescue services possibilities and their interaction with the tunnel constructor*. Västerås.
- *Kumm, M., & Bergqvist, A. (2010). *Fire and rescue operations during construction of tunnels*. Paper presented at the Fourth International Symposium on Tunnel Safety and Security, Frankfurt am Main, Germany.
- *Kumm, M., & Palm, A. (2012). *Rescue operations in underground mass transport systems at fires and deliberate attacks*. Paper presented at the Proceedings from the fifth International Symposium on Tunnel Safety and Security, New York, USA.



- Laurence, D. (2005). Safety rules and regulations on mine sites - the problem and a solution. *J Safety Res*, 36(1), 39-50. doi:10.1016/j.jsr.2004.11.004
- Lehnen, F., Martens, P. N., & Rattman, L. (2013). *Evaluation of European mine rescue and its need for internationalization*. Paper presented at the Fourth International Symposium Mineral Resources and Mine Development: 22-23 May 2013, Aachen International Mining Symposia.
- Lilja, A. (2014). *Säkerhet i gruvor - Lufttillgång i räddningskammare*. Luleå tekniska universitet, Luleå.
- *Lyon, R. M., & Sanders, J. (2012) The Swiss bus accident on 13 March 2012: lessons for pre-hospital care. *Critical Care*. 16(4), 138 doi:10.1186/cc11370
- *Lönnermark, A., Vylund, L., Ingason, H., Palm, A., Palmkvist, K., Kumm, M., . . . Fridolf, K. (2015). *Rekommendationer för räddningsinsatser i undermarksanläggningar*. Borås.
- Marklund, J., & Haarala, D. (2014). *Fördjupad olycksundersökning gruvbrand 2013-08-25*. Skellefteå kommun, Skellefteå.
- *Mitrovich, S., Valenti, G., & Mancini, M. (2006). *A decision support system (DSS) for traffic incident management in roadway tunnel infrastructure*. Paper presented at the TRAIN Consortium - ENEA.
- *Modic, J. (2003). Fire simulation in road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 18(5), 525-530. doi:10.1016/s0886-7798(03)00069-5
- *Nilsson, D. (2009). *Exit choice in fire emergencies - Influencing choice of exit with flashing lights*. (Doctoral thesis), Lund University, Lund.
- *Palm, A. (2014). *Taktik och ledning vid brand i undermarksanläggningar - Analys av fullskaleförsök och tre verkliga händelser*. Västerås.
- *Palm, A., Kumm, M., & Ingason, H. (2015). Full Scale Firefighting Tests in the Tistbrottet Mine. *Fire Technology*, 52(5), 1519-1537. doi:10.1007/s10694-015-0476-z
- *Rosmuller, N., & van den Brand, R. (2003). Emergency response possibilities at freight railway tunnel accidents. *International Journal Emergency Management*, 1(4), 374-396.
- Saleh, J. H., & Cummings, A. M. (2011). Safety in the mining industry and the unfinished legacy of mining accidents: Safety levers and defense-in-depth for addressing mining hazards. *Safety Science*, 49(6), 764-777. doi:10.1016/j.ssci.2011.02.017
- *Socialstyrelsen (2009). *Major bus crashes in Sweden 1997-2007 – Kamedo Report No. 94*.
- *Statens havarikommisjon for Transport. (2013). *Rapport om brann i vogntog på rv 23 Oslofjordtunneln, 23 juni 2011*. Lillestrøm.
- *Statens havarikommisjon for Transport. (2015). *Rapport om brann i vogntog på E16 i Gudvangatunnelen i Aurland 5 August 2013*. Lillestrøm.
- *Statens havarikommisjon for Transport. (2016). *Rapport om brann i tanktilhenger i Skatestraumtunnelen i Sogn og Fjordane 15 juli 2015*. Lillestrøm.
- *Ståhle, A. (2010). *En undersökning av räddningsledarens förutsättningar att leda insatser i anläggningar under mark*. Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Swedish Association of Mines Metal and Mineral Producers. (2009). *Fire safety in Mines and underground constructions*. Sverige.



- Tarshizi, E., Kocsis, C., & Taylor, D. (2016). Advanced approach to assess and improve underground mine evacuation using discrete-event simulation and animation. *International Journal Mining and Mineral Engineering*, 7(2), 170-179.
- *Vuilleumier, F., Weatherill, A., & Crausaz, B. (2002). Safety aspects of railway and road tunnel - example of the Lötschberg railway tunnel and Mont-Blanc road tunnel. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 17(2), 153-158.
- *Winje, D., & Ulvik, A. (1995). Confrontations with reality: Crisis intervention services for traumatized families after a school bus accident in Norway. *Journal of Traumatic Stress*. 8(3), 429-444
- *Zarboutis, N., & Marmaras, N. (2004). Searching efficient plans for emergency rescue through simulation: the case of a metro fire. *Cognition, Technology & Work*, 6(2), 117-126. doi:10.1007/s10111-004-0150-6
- Zhe, Y., Longzhe, J., & Shu, W. (2015). Study and analysis of human survival parameters in mine refuge station. *The Open Civil Engineering Journal*, 9, 650-656.

