



LUND UNIVERSITY

Test av vägledande system i en tunnel

Fridolf, Karl; Frantzich, Håkan

2015

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Fridolf, K., & Frantzich, H. (2015). *Test av vägledande system i en tunnel*. (TVBB; Vol. 3189). Division of Fire Safety Engineering.

Total number of authors:

2

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Test av vägledande system i en tunnel

Slutrapport

Karl Fridolf och Håkan Frantzich



LUND
UNIVERSITY

Teknisk rapport
Rapportnummer: 3189

Test av vägledande system i en tunnel

Slutrapport

Karl Fridolf och Håkan Frantzich



LUND
UNIVERSITY

Teknisk rapport

Rapportnummer: 3189

Copyright © Karl Fridolf och Håkan Frantzich

Lunds tekniska högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Avdelningen för brandteknik
ISSN 1402-3504

Lund 2015

Organisation Avdelningen för brandteknik, LTH, Lunds universitet Författare Karl Fridolf och Håkan Frantzich	Dokumenttyp Teknisk rapport	
	Publiceringsdatum 2015-03-17	
	Finansier Trafikverket och med samfinansiering genom EU Transeuropeiska transportnätet (TEN-T)	
Titel Test av vägledande system i en tunnel		
Abstract The report outlines the conditions and results of an evacuation experiments performed on 1-3 July 2014 in the Northern Link road tunnel in Stockholm. The aim was mainly to investigate how people can best be led to an opposite tunnel side during escape in a smoke-filled tunnel. The experiment also aimed to quantify the speed at which people move in smoke-filled tunnel environments (i.e. at reduced visibility conditions). Based on the analysis of the results from the experiment it can be concluded that the design of the escape portal, which was used during the experiment, seems to have fulfilled its purpose (getting people to use the emergency exits in smoke-filled tunnel environments). The most obvious result is that some form of guidance is required to get people walking along the right hand side to understand that they should change side at the height of the escape portal. At a minimum, information signs should be installed opposite the escape route to inform escaping persons that they are standing opposite an escape route. Several of the subjects also indicated that the evacuation signs with information about the distance to the nearest escape route were valuable. This was also stated by several of the people who were not exposed to this type of signs but as a suggestion to get a good evacuation environment. To further increase the likelihood that people evacuating from the Stockholm Bypass it is suggested that evacuation portals also should be equipped with active speakers. Several of the subjects who were exposed to this installation indicated that they benefited from it in finding the exit on the opposite side.		
Nyckelord utrymning, vägledande markeringar, vägtunnel		
Klassifikation öppen		
Övrigt Avdelningens rapportnummer: 3189		Språk Svenska
ISSN 1402-3504		ISBN
Mottagares anteckningar	Antal sidor 94	Pris

Signatur _____ Datum _____

Förord

Följande rapport är framtagen inom ramen för forskningsprojektet *Projekt Förbifart Stockholm, studie avseende säkerhet i tunnlar*. Rapporten är en delrapport av arbetet med *Utformning av utrymningsväg, Del 3 – Test av vägledande system i en rökfylld tunnel*. Projektdelen *Utformning av utrymningsväg* har letts av Daniel Nilsson. Hela forskningsprojektet är samfinansierat av EU Transeuropeiska transportnätet (TEN-T).



Samfinansierat av EU

Transeuropeiska transportnätet (TEN-T)

Upphovsmannen ansvarar för publikationens innehåll. Europeiska unionen tar inget ansvar för hur innehållet används.

Författarna vill framför allt rikta ett stort tack till Åsa Thurin för all din hjälp, i synnerhet under genomförandet av försöket, och till Stefan Berglund på MSA Nordic AB för lån av värmekamera och inspelningsenhet under försöket. I sammanhanget vill författarna också passa på att rikta ett tack till följande personer som på olika sätt bidragit till förberedelse och genomförande av försöket: Marcus Andersson, Kristin Andrée, Claes Brehmer, Oskar Fridolf, Erik Isaksson, Anders Lindgren Walter, Henric Modig, Sara Pettersson, Andrew Pryke, Enrico Ronchi och Stefan Svensson.

I projektet ingår förutom föreliggande rapport:

Fridolf, K., & Frantzich, H. (2014). Delrapport: Test av vägledande system i en tunnel. Lund: Lund University.

Ronchi, E., & Nilsson, D. (2014a). Interim Report: Flashing Lights for Road Tunnel Emergency Exit Portals - A Virtual Reality Experiment. Lund: Lunds universitet.

Ronchi, E., & Nilsson, D. (2014b). Interim Report: Traffic Information Signs, Colour Scheme of Emergency Exit Portals and Acoustic Systems for Road Tunnel Emergency Evacuations. Lund: Lunds universitet.

Ronchi, E., & Nilsson, D. (2015). A virtual reality experiment on the design of flashing lights at emergency exit portals for road tunnel evacuations. Lund: Lunds universitet.

Ronchi, E., & Nilsson, D. (2013). Traffic Information Signs, Colour Scheme of Emergency Exit Portals and Acoustic Systems for Road Tunnel Emergency Evacuations. Lund: Lunds universitet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning

Summary

1. Inledning	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte och mål	2
1.3. Metod	2
1.4. Avgränsningar	3
2. Försökstunnel	4
2.1. Installationer	5
2.1.1. Utrymningsportal	5
2.1.2. Vägledande skyltar	7
2.1.3. Fordon	7
2.1.4. Högtalare	8
2.1.5. Rökmaskiner	8
2.1.6. Värmekuddar	8
3. Rekryteringen av försökspersoner	9
3.1. Steg 1	9
3.2. Steg 2	9
3.3. Steg 3	9
4. Datainsamling och dokumentation	11
4.1. Röktäthetsmätare	11
4.2. Värmekamera	11
4.3. Videokameror	12
4.4. Enkät	13
4.5. Belysningsmätare	13
4.6. Ljudmätare	13
5. Procedur	14
6. Försöksscenarier	17
6.1. Scenario 1	17
6.2. Scenario 2	17
6.3. Scenario 3	17
6.4. Scenario 4	17
6.5. Scenario 5	17
7. Etik	19
7.1. HAD	19
7.2. Informerat samtycke	19
7.3. Upprepning av information och säkerhetsinstruktioner	19
7.4. Åtgärder för minimering av risk för fysiska skador	19
7.5. Försäkring	20
8. Analys	21
8.1. Röktäthet	21

8.2. Videoinspelningar	22
8.3. Enkät	23
9. Resultat	24
9.1. Deltagande försökspersoner	24
9.1.1. Demografiska egenskaper	24
9.1.2. Körkort och åkfrekvens i vägtunnlar	26
9.1.3. Erhållet brandskyddsinformation	26
9.1.4. Egna funderingar om brandsäkerhet	26
9.1.5. Tidigare erfarenhet av tunnelbränder	27
9.2. Röktäthet.....	27
9.2.1. Upplevd siktsträcka.....	29
9.3. Belysningsnivå	30
9.4. Ljudnivå.....	31
9.5. Beteende, rörelse och orientering.....	31
9.5.1. Uppskattad gångsträcka.....	31
9.5.2. Orienteringsstrategier	32
9.5.3. Rörelsestrategier	33
9.6. Vägval	34
9.6.1. Upptäckt av installationer	35
9.6.2. Motiv till vägvalet.....	36
9.7. Nyttan med installationerna.....	37
9.7.1. Utrymningsskylt	37
9.7.2. Talat meddelande.....	38
9.7.3. Utrymningsskylt kombinerat med utrymningslarm.....	39
9.7.4. Avståndsmarkering på asfalten	40
9.8. Gånghastighet	40
9.9. Rekommendationer från försökspersonerna.....	43
9.10. Fysiska och psykiska upplevelser under försöket.....	44
9.10.1. Osäkerhet.....	44
9.10.2. Stress.....	45
9.10.3. Rädsla	46
9.10.4. Orienteringsproblem	47
9.10.5. Illamående	48
9.10.6. Svidande ögon.....	49
9.10.7. Oro att komma till skada	50
9.10.8. Upplevda möjligheter att ta sig ut.....	51
9.10.9. Grad av realism.....	52
9.10.10. Åsikter om att genomföra den här typen av försök.....	52
9.10.11. Övriga synpunkter och kommentarer	52
10. Slutsatser.....	54
11. Referenser	55
Bilaga 1: Bilder på försöksområdet.....	56
Bilaga 2: Rekryteringsannons	61
Bilaga 3: Intresseanmälningssformulär.....	62
Bilaga 4: Enkät	67
Bilaga 5: Forskningspersoninformation.....	77
Bilaga 6: Sammanställning av siktsträckor och gånghastigheter	81

Sammanfattning

I följande rapport redogörs för förutsättningarna och resultaten efter ett utrymningsförsök som genomfördes den 1-3 juli år 2014 i vägtunneln Norra länken i Stockholm. Syftet med försöket var i huvudsak att undersöka hur personer på bästa sätt kan ledas till en motstående tunnelvägg med utrymningsvägar i en rökfylld tunnel. Försöket syftade även till att kvantifiera med vilken hastighet människor rör sig i rökfyllda tunnelmiljöer (d.v.s. vid nedsatta siktförhållanden).

Baserat på den genomförda analysen av de resultat som genererades under försöket kan det konstateras att designen av den utrymningsportal som användes under försöket till stor del verkar ha uppfyllt sitt ändamål (att få personer att använda nödutgångar i rökfyllda tunnelmiljöer). Det mest påtagliga resultatet är att det krävs någon form av vägledning för att personer som går längs den högra sidan ska förstå att de ska byta sida i höjd med utrymningsportalen. Åtminstone bör informationsskyltar installeras mitt emot utrymningsvägarna för att upplysa utrymnande personer om att de befinner mitt emot en utrymningsväg.

Flera av försökspersonerna angav även att de utrymningsskyltar med information om avståndet till närmaste utrymningsväg var värdefulla. Det angav även flera av de personer som inte exponerades för denna typ av vägledande markeringar men istället som ett förslag för att få en bra utrymningsmiljö. För att ytterligare öka sannolikheten att människor vid en utrymning av Förbifart Stockholm uppmärksammar och använder utrymningsvägarna föreslås att utrymningsportalerna även utrustas med aktiva högtalare. Flera av försökspersonerna som exponerades för denna installation uppgav att de hade nytta av den för att hitta utgången på den motsatta sidan.

Summary

The report outlines the conditions and results of an evacuation experiments performed on 1-3 July 2014 in the Northern Link road tunnel in Stockholm. The aim was mainly to investigate how people can best be led to an opposite tunnel side during escape in a smoke-filled tunnel. The experiment also aimed to quantify the speed at which people move in smoke-filled tunnel environments (i.e. at reduced visibility conditions).

Based on the analysis of the results from the experiment it can be concluded that the design of the escape portal, which was used during the experiment, seems to have fulfilled its purpose (getting people to use the emergency exits in smoke-filled tunnel environments). The most obvious result is that some form of guidance is required to get people walking along the right hand side to understand that they should change side at the height of the escape portal. At a minimum, information signs should be installed opposite the escape route to inform escaping persons that they are standing opposite an escape route.

Several of the subjects also indicated that the evacuation signs with information about the distance to the nearest escape route were valuable. This was also stated by several of the people who were not exposed to this type of signs but as a suggestion to get a good evacuation environment. To further increase the likelihood that people evacuating from the Stockholm Bypass it is suggested that evacuation portals also should be equipped with active speakers. Several of the subjects who were exposed to this installation indicated that they benefited from it in finding the exit on the opposite side.

1. Inledning

Med det övergripande målet att ta fram brand- och utrymningstekniska rekommendationer till i synnerhet infrastrukturprojektet Förbifart Stockholm, och i allmänhet till framtida vägtunnelprojekt, gav Trafikverket i slutet av 2013 Avdelningen för brandteknik vid Lunds tekniska högskola i uppdrag att genomföra ett större forskningsprojekt, *Utformning av utrymningsväg*. Förbifart Stockholm består av en drygt 21 km lång ny sträckning för E4 väster om Stockholm. Av sträckan går ca 18 km i tunnlar under marken.

I projektet ingick bl.a. att genom litteraturstudier och experimentella försök undersöka hur olika typer av utrymningsinformation riktad till utrymmande personer bör utformas i tunnlar. I en avslutande del av projektet (benämnd Del 3 – Test av vägledande system i en rökfylld tunnel) genomfördes ett försök med människor i en rökfylld tunnelmiljö. I denna slutrapport redogörs utförligt för förberedelserna och genomförandet av detta försök, liksom de resultat som försöket genererade. Resultaten kan t.ex. användas som underlag till beslut om hur personer på bästa sätt kan ledas till utrymningsvägar i en rökfylld tunnel i Förbifart Stockholm.

Inom ramen för projektet, kopplat till det genomförda försöket, har tidigare en delrapport publicerats med en sammanfattad beskrivning av försökets genomförande samt de viktigaste preliminära slutsatserna som vid den tidpunkten kunde dras (se Fridolf and Frantzich (2014)). Denna slutrapport ska ses som en komplettering till tidigare publicerad delrapport, och vid ev. motsägelser rapporten sinsemellan bör i första hand det som står i denna slutrapport gälla.

1.1. Bakgrund

Tunnlarna i Förbifart Stockholm kommer att utformas med två separata tunnelrör. I huvudtunnlarna kommer utrymningsvägar att installeras var 100:e meter och i på- och avfartstunnlarna var 150:e meter. Eftersom tunnlar utformas med två separata tunnelrör är principen i händelse av brand att trafikanterna ska utrymma från det ena till det andra tunnelröret. Det innebär att utrymningsvägar endast kommer att finnas på den ena sidan av respektive tunnelrör (den vänstra i körriktningen). Även de vägledande markeringarna och ledbelysningen placeras på denna sida i respektive tunnel. I dagsläget är tanken att högra sidan i tunnlar (sett i färdriktningen) inte förses med någon form av information riktad till personer som utrymmer då tanken är att de redan från början förväntas söka sig mot den sida som är försedd med utrymningsvägar.

Tidigare forskning, bl.a. genomförda utrymningsförsök i liknande miljöer, har visat att människor som utrymmer rökfyllda tunnlar riskerar att inte uppmärksamma de utrymningsvägar som finns tillgängliga när de går på ”fel sida” i tunneln, d.v.s. den sida i tunneln som saknar utrymningsvägar (Fridolf, 2013; Fridolf, Ronchi, Nilsson, & Frantzich, 2013). Vidare har det kunnat konstateras att en del av de människor som faktiskt uppmärksammar de tillgängliga utrymningsvägarna av olika anledningar inte väljer att utrymma den vägen, t.ex. har fasta ljus i utrymningsportalen gjort att utrymningsvägen förknippats med ett fordon och blinkande ljus att utrymningsvägen förknippats med trafiks signaler eller väginstallationer. Detta är särskilt påtagligt när sikten i tunneln är dålig på grund av den höga röktätheten. Med utrymningsportal avses den samlade installationen kring en utrymningsväg i en tunnel och kan bestå av särskild markering av platsen och väggen, ljussignaler, ljudsignaler, dörr till utrymningsvägen m.m., se vidare avsnitt 2.1.1.

Slutligen har det konstaterats att kunskapsläget om hur samt med vilken hastighet människor rör sig i rökfyllda miljöer är dåligt, något som bl.a. medför osäkerheter i dimensioneringsskedet av tunnlar (Fridolf, André, Nilsson, & Frantzich, 2013).

1.2. Syfte och mål

Syftet med det genomförda försöket var i huvudsak att undersöka hur personer på bästa sätt kan ledas till en motstående tunnelvägg med utrymningsvägar i en rökfylld tunnel. Försöket syftade även till att kvantifiera förflyttningshastigheten i rökfyllda tunnelmiljöer (d.v.s. vid nedsatta siktförhållanden) i förhållande till rökfria tunnelmiljöer. Målet var att utvärdera (och till Trafikverket rekommendera) tekniska lösningar som kan användas i närheten av utrymningsvägar för att uppmärksamma utrymmande människor vid motstående tunnelvägg om att de befinner sig i närheten av en utrymningsväg, och att de ska använda denna. Vidare var målet att utreda på vilket sätt individer reducerar sin gånghastighet i rök, närmare bestämt att utreda huruvida detta sker relativt eller absolut i förhållande till ohindrad gånghastighet i rökfri tunnelmiljö.

1.3. Metod

Försöket genomfördes i utvalda tunneldelar av Norra länken under tre heldagar i början av juli 2014, närmare bestämt den 1-3 juli. Liksom Förbifart Stockholm är Norra länken ett stort infrastrukturprojekt i Stockholm. Totalt omfattar Norra länken 5 km, varav 4 km är förlagt i tunnlar. Vid tiden för genomförandet av försöket hade Norra länken ännu inte öppnat för ordinarie trafik, men inom försöksområdet var tunnlar i stor utsträckning färdigställda. Vissa grundläggande installationer, såsom belysning, fanns på plats och utnyttjades under försöket. Däremot var i princip samtliga utrymningsinstallationer som monterats i Norra Länken övertäckta för att försöket skulle kunna undersöka effekten av olika installationer var för sig. Detta gjorde sammantaget att tunnlar i Norra Länken skulle kunna fungera som försöksmiljö för att utvärdera möjliga installationer till Förbifart Stockholms tunnlar. Försöken kan inte betraktas som en utvärdering av utrymningsförhållandena i Norra Länken vilket heller inte var avsikten. Inför försöket hade bl.a. en utrymningsportal installerats i det rökfyllda området för att symbolisera en utrymningsväg liknande den som var föreslagen för Förbifart Stockholm.

Totalt deltog 66 personer i försöket. Försökspersonerna utgjordes av både män och kvinnor i åldrarna 18-72 år som rekryterats från allmänheten i Stockholmsregionen. Samtliga försökspersoner deltog individuellt vilket innebar att alla delar av försöket gjordes utan beaktande av ev. gruppåverkan. Medverkan omfattade i huvudsak utrymning av en rökfylld del av Norra länken motsvarande ca 120 m och därefter normal gång i en rökfri del av Norra länken motsvarande ca 360 m, varefter försökspersonerna fick fylla i en enkät om sin medverkan i försöket.

Försökspersonerna deltog i olika försöksscenarioer (varje försöksperson deltog endast i ett scenario). Mellan scenarierna förändrades bl.a. omfattningen av aktiva tekniska installationer i den rökfyllda miljön, och syftet var i huvudsak att undersöka hur olika installationer påverkade försökspersonernas benägenhet att hitta och använda den utrymningsportal som installerats.

Varje försök dokumenterades bl.a. med hjälp av värmekameror för att möjliggöra en senare analys av beteende, gånghastighet och vägval. Vanliga videokameror användes för att dokumentera samma parametrar i den rökfria miljön, och videinspelningarna kompletterades med en enkät som försökspersonerna fyllde i efter sitt deltagande i försöket.

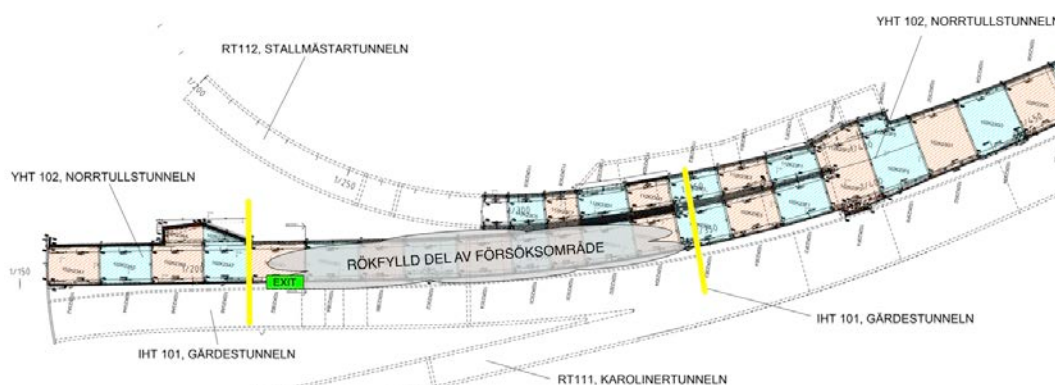
Informationen som presenterats i detta kapitel är en mycket kortfattad beskrivning av det försök som genomfördes den 1-3 juli i Norra länken. I kapitel 2 presenteras en djuplodande beskrivning av försökstunneln och miljön däri, rekryteringen av försökspersoner, datainsamlingen, den försöksprocedur som präglade varje försökspersons deltagande, de inkluderade försöksscenarioerna, de etiska aspekter som är förknippade med att genomföra försök med människor och slutligen hur analysen av den insamlade informationen genomfördes.

1.4. Avgränsningar

Rapporten omfattar en redovisning av de försök som genomfördes i Norra Länken 2014. Den ska därför ses som en teknisk redovisning och inkluderar således ingen reflektion av tidigare forskning. Försöken ska heller inte ses som en utvärdering av de tekniska system som i dagsläget finns i tunnelarna i Norra Länken då dessa var antingen avstängda eller övertäckta i samband med försöken.

2. Försökstunnel

Hela försöket genomfördes i utvalda delar av vägtunneln Norra länken som vid tidpunkten för försöket ännu inte öppnat för ordinarie trafik. De delar som utnyttjades låg i den s.k. Norrtullstunneln och Gärdestunneln (parallella tunnlar i samma avsnitt). Hela försöksområdet bestod av en sträcka mellan utrymningsvägarna nr 17A och 22 (ca 400 m), men den del av försöket som genomfördes i rökfylld miljö motsvarade endast en sträcka på 120 m i Norrtullstunneln (se Figur 1). Under försöket separerades denna del från resten av tunneln med två stora plastgardiner, en i respektive ände (se Figur 2). Utvalda bilder som illustrerar miljön i försöksområdet (utan närvaro av rök) redovisas i Bilaga 1: Bilder på försöksområdet.



Figur 1. Översiktlig illustration av försöksområdet. Gula markeringar symboliserar gardiner som användes för att avgränsa rökfyllt försöksområde. Grön "Exit"-markering anger platsen för utrymningsportalen.



Figur 2. På grund av rådande ventilationsförhållande i Norra länkens tunnlar användes fyllda vattendunkar för att motverka trycket mot gardinerna.

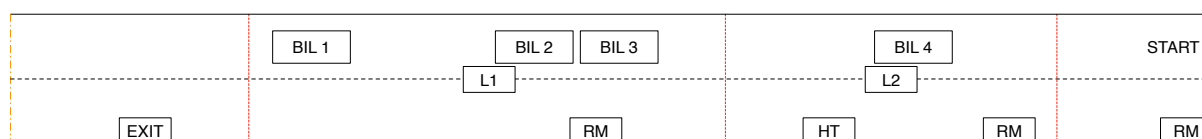
Underlaget i hela det aktuella försöksområdet var av slät asfalt. Lutningen i den rökfyllda delen varierade över hela sträckan; de första (ostliga) ca 25 m med en lutning nedåt motsvarande 0,5 %, en lutning som avtog för att successivt övergå i en lutning uppåt motsvarande ca 5 % i slutet av den rökfyllda delen av försöksområdet. I försöket rör sig försökspersonerna från den högra gula linjen i Figur 1 mot platsen för utrymningsportalen i vänstra delen av försöksområdet.

Tunnelns bredd mellan barriärelementen, d.v.s. den fria bredden, i den rökfyllda delen av försöksområdet uppgick till ca 8,3 m. Höjden var ca 5 m.

Miljön i tunneln utgick i stor utsträckning från den infrastruktur som Norra länken erbjöd, vilket bl.a. innebar att samtliga belysningsarmaturer i taket användes även vid genomförandet av försöket. Däremot släcktes de armaturer inom området som t.ex. markerade nödutrustning, nödtelefon och ordinarie utrymningsvägar. Även den ledbelysning (utformad med LED-armaturer) som fanns installerad på tunnelns vänstra sida (i körriktningen) var under försöket släckt. Ordinarie utrymningsvägar doldes, liksom tillhörande skyltar med avståndsmarkeringar. Det eftersom att det var den föreslagna utformningen av utrymningsportal i Förbifart Stockholms tunnlar som skulle utvärderas.

2.1. Installationer

Utöver de ordinarie tekniska installationer som fanns installerade i Norra länken vid tidpunkten för genomförandet av försöket användes ytterligare installationer och hjälpmedel för att skapa den eftersökta miljön. I huvudsak avhandlas här de installationer som installerades i den rökfyllda delen av försöksområdet. Placeringen av de flesta av dessa installationer framgår av Figur 3 (exakta positioner framgår under respektive rubrik).

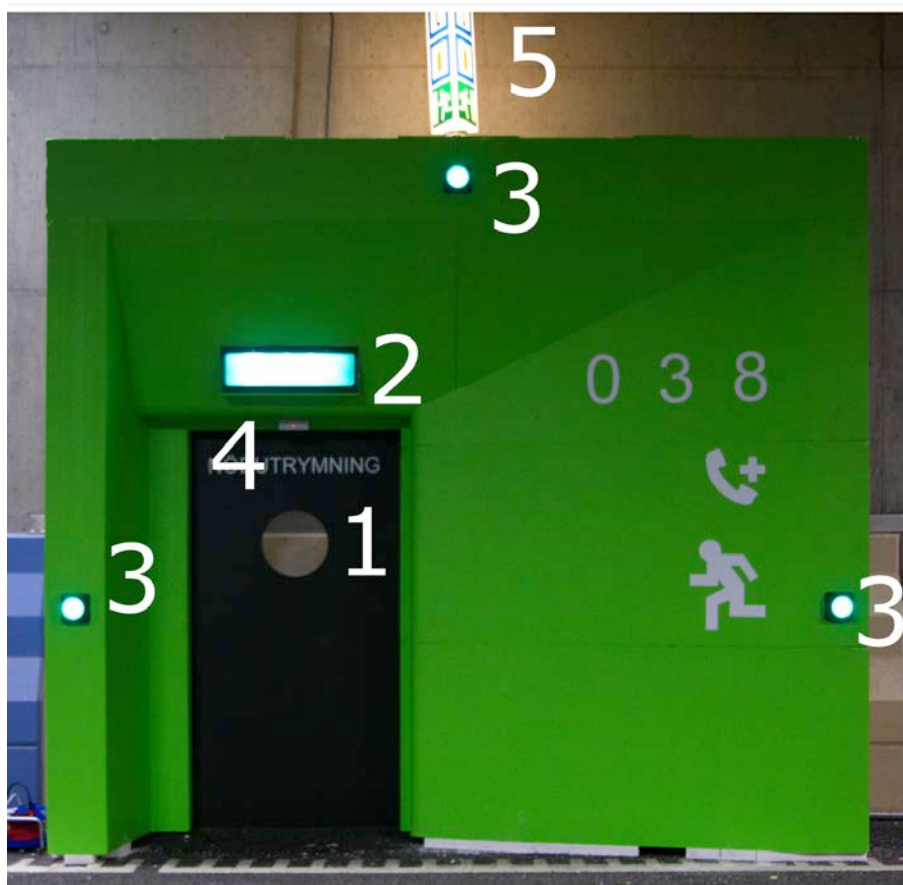


Figur 3. Förenklad bild av den rökfyllda delen av försöksområdet. Förkortningarna betyder följande: EXIT den utrymningsportal som installerats i tunneln; BIL i stillastående personbilar; Li röktäthetsmätare; RM rökmaskiner; HT högtalare, och; START startpositionen för samtliga försökspersoner. Orangea streckade linjer representerar avskiljande gardiner och röda streckade linjer positioner för värmekuddar som fästs i asfalten. Körriktningen är åt vänster i bilden.

2.1.1. Utrymningsportal

I slutet av försöksområdet, 13 m från den västra gardinen, installerades en utrymningsportal på den vänstra sidan i körriktningen (se EXIT-markering i Figur 1 för placering). Utformningen av portalen baserades på de rekommendationer som tagits fram inom infrastrukturprojektet Förbifart Stockholm. Slutresultatet kan ses i Figur 4 där vissa delar markerats med siffror. En beskrivning av siffrorna redovisas i Tabell 1.

Portalen var ca 4 m bred, 4 m hög och 0,9 m djup (djupet avser djup i förhållande till tunnelvägg; beaktas barriärelement var djupet ca 0,3 m), och den var i huvudsak konstruerad i frigolit. Det bör i sammanhanget noteras att portalen endast var en modell av en riktig portal, vilket bl.a. innebar att dörren inte gick att öppna.



Figur 4. Utrymningsportalen som användes i försöket.

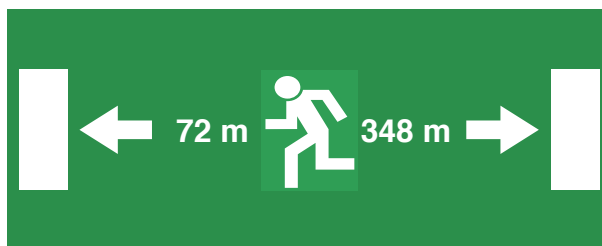
Tabell 1. Beskrivning av utrymningsportalens olika delar och installationer.

Nummer	Beskrivning
1	En glastruta centrerad i dörrens ovankant (diameter motsvarande 0,35 m) som försetts med en ljuslist på insidan (för att symbolisera insidan av en utrymningsväg).
2	En traditionell utrymningsskylt centrerad strax ovanför dörren.
3	Tre gröna LED-armaturer (en ovanför och en på respektive sida av dörren) blinkande med ca 1 Hz frekvens.
4	En högtalare centrerad strax ovanför dörren (mellan den traditionella utrymningsskylten och dörrens ovankant). När högtalaren var aktiverade sändes kontinuerligt en kombination av en larmsignal och ett talat meddelande enligt följande princip: - Larmsignal - Talat meddelande: <i>Ljudet kommer från en utgång. Följ ljudet för att komma ut.</i> Larmsignalen (benämnd F_SAW) baserades på rekommendationer av Palmgren and Åberg (2010) och bestod av en tilltagande signal som upprepades 3 x 2 gånger enligt illustration i Figur 5 (Standards, 2013): 
5	En ljuspelare med informationsskyltar ovanför portalen (grön springande gubbe, handbrandsläckare och nödtelefon).

Figur 5. Illustration av frekvensmönstret för den ljudsignal som användes i försöket. Frekvensen varierade inom området 800-970 Hz.

2.1.2. Vägledande skyltar

I några scenarier (se nedan) användes s.k. vägledande avståndsmarkeringar, d.v.s. vägledande skyltar, för att hänvisa försökspersonerna i de aktuella scenarierna till utrymningsportalen. Vägledande avståndsmarkeringar installerades i förekommande fall på tunnelns högra sida i körriktningen med 8 m avstånd ca 1,2 m över körbanan. Ett exempel på en sådan skylt illustreras i Figur 6. Avståndsmarkeringen till vänster markerar i detta sammanhang avståndet till utrymningsportalen och avståndsmarkeringen till höger en fiktiv siffra för att förstärka i vilken riktning försökspersonerna skulle gå. Mitt emot utrymningsportalen installerades en skylt med angivet avstånd 0/420 m, i övrigt oförändrad. Skyltarnas dimensioner var 50 x 20 cm (b x h), och de belystes inte med några särskilda armaturer utöver allmänbelysningen i tunnelns tak. Skyltarna var utskrivna på laminerat tjockt papper och var inte efterlysande.



Figur 6. Exempel på de vägledande avståndsmarkeringar som användes i några försöksscenarier.

Mitt emot utrymningsportalen installerades även en informationsskylt i A3-format, se Figur 7. Skylten fanns installerad i försökets samtliga scenarier och syftet var att ytterligare medvetandegöra försökspersonerna om att det fanns en utrymningsportal installerad på motsatt tunnelsida. Precis som ovan nämnda vägledande avståndsmarkeringar belystes inte heller informationsskylten med några särskilda armaturer utöver allmänbelysningen i tunnelns tak.



Figur 7. Illustration av den informationsskylt i A3-format som monterades mitt emot utrymningsportalen.

2.1.3. Fordon

Under försöket placerades fyra personbilar i den rökfyllda miljön för att symbolisera övergivna fordon. Deras placering framgår av Figur 3 och deras positioner av Tabell 2. Vid några enstaka försök saknades bil nr 3.

Tabell 2. Personbilarnas position i den rökfyllda delen av försöksområdet.

Bil	Avstånd från utrymningsportal [m]	Körfält
1	12	Höger
2	34	Höger
3	42	Höger
4	70	Höger

2.1.4. Högtalare

En portabel högtalare (modell Andersson PLS 3.1, max uteffekt 100W) placerades under försöken 66 m från utrymningsportalen på vänster sida av tunneln för att spela upp ett simulerat fläktljud under försöken. Placeringen framgår av Figur 3. Syftet var att efterlikna det oväsen som förekommer när brandgasevakueringsfläktar används i vägtunnlar. Ljudkällan bestod av en upprepade inspelning som gjorts i Norra länken samtidigt som två av de befintliga fläktarna i tunneln var aktiverade.

2.1.5. Rökmaskiner

Inledningsvis under den första försöksdagen användes totalt tre rökmaskiner för att generera och rökfylla avsedd del av försöksområdet innanför gardinerna. Principen var då att endast den naturliga ventilationen i tunneln skulle ventilerar ut röken genom Norra länkens öppningar. På grund av problem framför allt med att röken spreds till icke-avsedda områden i tunnelområdet startades dock delar av Norra länkens fläktssystem för att bättre kontrollera flödet av rök ca kl 17 den första försöksdagen. Det ledde till ett ökat behov av rök då omblandningen ökade, varför ytterligare tre rökmaskiner användes under den andra och tredje försöksdagen.

Rökmaskinernas placering framgår av Figur 3 och i Tabell 3 redovisas deras position (i vissa fall stod flera rökmaskiner på samma position). Rökvätskan som användes i försöket bestod av en blandning av livsmedelsglykoler samt avjoniserat vatten i flytande form. Vid generering av rök i de aktuella rökmaskinerna upphettas rökvätskan kraftigt och slungas ut ur maskinen genom ett munstycke, något som leder till en s.k. ”kall”, vit rök.

Tabell 3. Rökmaskinernas position i den rökfyllda delen av försöksområdet.

Position	Avstånd från utrymningsportal [m]
1	43,5
2	83,4
3	105

2.1.6. Värmekuddar

Engångshandvärmare i form av små värmekuddar med dimensionerna 90 x 53 x 6 mm (b x h x d) användes i den rökfyllda delen av försöksområdet för att markera utvalda positioner i tunneln. Värmekuddarna fästes m.h.a. silvertejp i marknivå (på asfalten) i linjeformation på tre positioner i tunneln. Positionerna framgår av Tabell 4 och i Figur 3 illustreras positionerna med röda streckade linjer. Syftet med värmekuddarna var att i ett senare skede kunna möjliggöra en analys av försökspersonernas gånghastighet m.h.a. videoinspelningar från en värmekamera.

Tabell 4. Värmekuddarnas position i den rökfyllda delen av försöksområdet.

Position	Avstånd från utrymningsportal [m]
1	10
2	56
3	88

3. Rekryteringen av försökspersoner

Totalt deltog 66 försökspersoner i utrymningsförsöket. Samtliga rekryterades från allmänheten i Stockholmsregionen, och själva rekryteringen kan beskrivas som en process i tre steg som inleddes med att en rekryteringsannons publicerades på Avdelningen för brandtekniks hemsida och som avslutades med att utvalda försökspersoner fick bekräfta sin plats i försöket. Information om försökspersonerna, t.ex. demografiska egenskaper såsom kön och ålder, tillsammans med en presentation av tidigare erfarenheter, ges i ett senare kapitel. I denna del beskrivs hur själva rekryteringsprocessen såg ut.

3.1. Steg 1

Det första steget i rekryteringsprocessen inleddes med offentliggörandet av en rekryteringsannons. Annonsen bestod av en A4-sida med kort information om försöket (se Bilaga 2: Rekryteringsannons för annonsen i sin helhet) som publicerades på Internet, närmare bestämt på Avdelningen för brandtekniks hemsida, ca en månad innan försöket. Länkar till annonsen spreds dock i flera sociala medier, t.ex. Facebook och Twitter, och publicerades även på andra hemsidor, t.ex. Trafikverkets hemsida för Norra länken-projektet och Studentkaninen.se (en portal för forskare som söker försökspersoner till forskningsstudier).

Annonsen innehöll i huvudsak information om forskningshuvudman (Lunds universitet), försöksdatum och försöksplats, innehåll och tid som deltagande skulle ta i anspråk, nytta och risker förknippat med deltagande, ersättning för deltagande, försäkringsskydd, krav för deltagande och praktiska detaljer kring rekryteringsprocessen (t.ex. hur intresserade försökspersoner skulle göra för att anmäla sitt intresse av att delta i försöket). Informationen till de potentiella försökspersonerna informerade inte explicit om syftet med försöket, men innehöll bl.a. information om att utvalda försökspersoner skulle behöva vistas i en rökfylld miljö.

3.2. Steg 2

Personer som, efter att ha tagit del av rekryteringsannonsen, var intresserade av att delta ombads att inom två veckor formellt anmäla sig i ett formulär på Avdelningen för brandtekniks hemsida. I formuläret, som bestod av tre delar, fick de potentiella försökspersonerna ange information om sig själva (i huvudsak namn, ålder och kontaktuppgifter) och vilka tider de kunde tänka sig att delta i försöket. Dessutom ingick en s.k. HAD-undersökning i formuläret. HAD står för *Hospital Anxiety and Depression*, och HAD-undersökningen är ett enkelt självskattningsformulär för att grovt bedöma tendenser för depression och ångest. Undersökningen ingick för att kunna utesluta känsliga personer, t.ex. personer som är deprimerade eller som kan ha tendenser till ångest, från deltagande i försöket, i enlighet med den ansökan om etikprövning som godkändes inför genomförandet av försöket (se nedan). Interesseanmälningsformuläret redovisas i sin helhet i Bilaga 3: Interesseanmälningsformulär.

Under de efterföljande två veckorna anmälde totalt 148 personer sitt intresse av att delta i försöket (48 kvinnor och 100 män).

3.3. Steg 3

Baserat på de inkomna interesseanmälningarna valdes försökspersoner ut till försöket. Fem personer uppvisade tendenser för depression och ångest och exkluderades därför direkt. Av de resterande försökspersonerna valdes samtliga 48 kvinnor ut tillsammans med 68 män, vilka kontaktades och erbjöds en plats i försöket. Övriga interesseanmälningar sparades i en reservlista.

Kontakt om att en person blivit utvald att delta i försöket togs via mail. Bilagt i förfrågan om deltagande ingick den s.k. forskningspersoninformationen, ett omfattande dokument om bl.a. bakgrunden till och syftet med försöket, praktiska detaljer om försökets genomförande, risker förknippade med deltagande, hantering av data, resultatspridning, försäkring och ersättning samt information om ansvariga forskare.

De utvalda personerna ombads att ta del av forskningspersoninformationen och att därefter fatta ett beslut om medverkan i försöket, ett beslut som de skulle kommunicera via epost.

De som valdes ut att delta i försöket fick ca en vecka på sig att bekräfta sin plats innan de ströks och personer på reservlistan kontaktades och erbjöds platsen.

4. Datainsamling och dokumentation

För att möjliggöra för valida och tillförlitliga slutsatser baserat på observationer i utrymningsförsöket samlades data in med flera metoder under försökets genomförande. I huvudsak kan insamlingen kategoriseras i två kategorier: (1) datainsamling kopplad till den fysiska miljön under försöket (t.ex. rökthet), och; (2) datainsamling kopplad till försökspersonernas beteende och agerande under försöket (t.ex. gånghastighet, vägval, orienterings- och förflyttningsstrategier). I detta kapitel redogörs för de huvudsakliga datainsamlingsteknikerna. Elementär information om hur t.ex. avstånd mellan två fordon mättes har utelämnats i sin helhet.

4.1. Rökthetsmätare

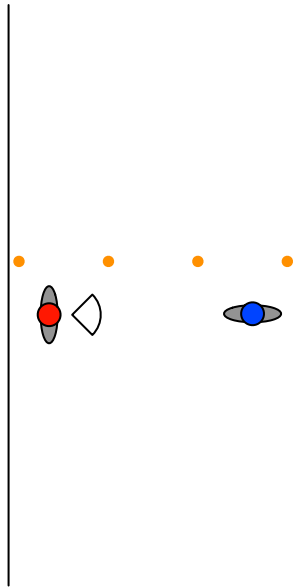
Dokumentation av röktheten i den rökfyllda delen av försöksområdet gjordes kontinuerligt under hela försöket med hjälp av två rökthetsmätare. Under försöket var de placerade i tunnelns mitt 33 m respektive 72 m från utrymningsportalen (se rökthetsmätarnas placering i Figur 3). Rökthetsmätarna bestod av en ljuskälla och en ljusmottagare som placerats med 1 m avstånd i en metallram ca 1,5 m ovanför marken. Ljuskällan bestod av en laserdiod som emitterade en laserstråle (våglängd 670 nm), och ljusmottagaren bestod av en fotodiod med en våglängdskänslighet motsvarande maximalt 710 nm.

Ljuskällan drevs av ett nätaggregat med en förinställd spänningsnivå motsvarande ca 1 V och ljuskällan var ansluten till en datalogger (en dataTaker DT85 Series 2) som var 30:e sekund av försöket registrerade den uppmätta spänningen över ett motstånd med motståndet 1000 ohm. Med kännedom om spänningen vid ljuskällan och den försvagade spänningen (p.g.a. röken som dämpade laserstrålens intensitet) vid ljusmottagaren möjliggjordes beräkning av en s.k. dämpningskoefficient som med en relativt enkel matematisk operation kan översättas till en siktsträcka (se nedan).

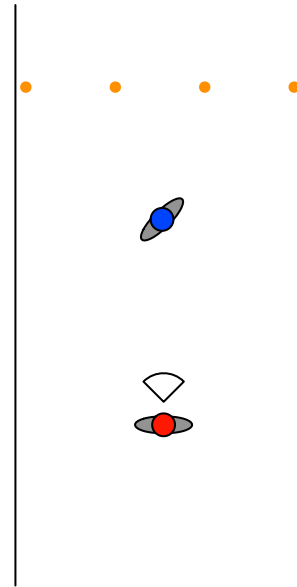
4.2. Värmekamera

Dokumentation av försökspersonernas beteende och rörelse i den rökfyllda delen av försöksområdet gjordes m.h.a. en värmekamera som spelade in respektive försök på ett minneskort. En värmekamera användes p.g.a. den genererade röken och den mycket dåliga sikt som detta medförde. Kameran som användes i försöket var en värmekamera tillverkad av Mine Safety Appliances (MSA), modell Evolution 5600.

Av säkerhetsskäl följdes alltid försökspersonerna av en rökdykare under försöken. Med värmekameran kunde rökdykaren under hela förloppet se försökspersonen trots den nedsatta sikten, samtidigt som hela utrymningsförloppet kunde spelas in. Rökdykaren ansvarade därför för inspelningen av respektive m.h.a. värmekameran. Inspelningen skedde alltid med ca 90° vinkel i förhållande till försökspersonen (se Figur 8 och Figur 9), oftast från den motsatta tunnelväggen. Skälet var att förenkla den efterföljande analysen av i huvudsak försökspersonernas gånghastighet utan att störa eller påverka den utrymmande försökspersonens beteende. På grund av den dåliga sikten och avståndet mellan försöksperson och rökdykare kunde försökspersonen aldrig se rökdykaren under utrymningen (mer än när försöket var avslutat och rökdykaren trädde fram).



Figur 8. I de allra flesta fall filmade rökdykaren (röd) försökspersonen (blå) från motsatt tunnelvägg, som i bilden ovan. Orangea prickar symboliserar utplacerade värmekuddar (som även kan ses i Figur 10).



Figur 9. I vissa fall, t.ex. när försökspersonen (blå) bytte från den ena sidan till den andra, anpassade rökdykaren (röd) sin egen position i förhållande till försökspersonen, men försökte hela tiden upprätthålla samma avstånd till denne. Orangea prickar symboliserar utplacerade värmekuddar (som även kan ses i Figur 10).

Den efterföljande analysen av försökspersonernas gånghastighet möjliggjordes av de värmekuddar som placerats ut i linjeformation på marknivå. En illustration av detta ges i Figur 10 som även exemplifierar det rökdykaren såg i kamerans display under utrymningen.



Figur 10. Bild från inspelning gjord med värmekameran. På bilden syns en försöksperson samt två värmekuddar.

4.3. Videokameror

Dokumentation av i huvudsak försökspersonernas rörelse i den rökfria delen av försöksområdet gjordes med hjälp av vanliga videokameror som spelade in respektive försök på ett minneskort. För ändamålet

användes två fasta videokameror som monterats på stativ i början respektive slutet av det rökfria området, motsvarande en sträcka på ca 360 m.

4.4. Enkät

Efter varje genomfört utrymningsförsök fick respektive försöksperson fylla i en enkät som bestod av totalt 29 frågor. Enkäten bestod av fyra delar och innehöll såväl s.k. öppna frågor som s.k. kryssfrågor och finns i sin helhet återgiven i Bilaga 4: Enkät. Försökspersonerna ombads besvara de öppna frågorna i löpande text eller med stödord och kryssfrågorna genom att markera ett eller flera av de alternativ som de ansåg stämde bäst in. Majoriteten av frågorna var inriktade på den del av försöket som genomfördes i den rökfyllda delen av försöksområdet.

Den första delen av enkäten bestod av allmänna frågor kopplade till försökspersonen, t.ex. frågor om ålder, kön, längd, vikt o.s.v. Syftet var att samla in information om försökspersonerna som kan användas som bakgrundsvariabler i en senare analys av materialet.

Den andra delen av enkäten innehöll frågor direkt kopplade till utrymningsförsöket, t.ex. upplevd grad av realism, upplevda möjligheter att ta sig ut, vilka tecken och signaler som försökspersonen letade efter o.s.v. Syftet med dessa frågor var att verifiera observationer som fångats i videoinspelningarna, identifiera de vanligaste beteendena och strategierna under en utrymning, undersöka vilka sinnen en utrymnande person i rök förlitar sig på i störst utsträckning och att undersöka vilken typ av information en utrymnande person i rök är mest hjälpt av.

Den tredje delen av enkäten var inriktad på de tekniska installationer som fanns i tunneln under försöket, liksom den upplevda nyttan av dessa installationer. Bland annat ställdes frågor om de hade noterat en viss typ av installation och i så fall vad det hade varit som fick personen att notera installationen och hur nyttan rent kvalitativt hade upplevts på en skala mellan 1-7. I den tredje delen av enkäten ombads försökspersonerna även komma med egna rekommendationer på tekniska installationer som de hade önskat och som de hade trott kunnat hjälpa dem vid en utrymning. Syftet med frågorna i denna del av enkäten var först och främst att reda ut om försökspersonerna överhuvudtaget observerat de tekniska installationer som fanns i tunneln, den upplevda nyttan av dessa samt de viktigaste aspekterna att beakta i utformningen av nya tekniska installationer.

I den fjärde och avslutande delen av enkäten handlade frågorna i huvudsak om upplevda känslor och upplevelser under försöket. Försökspersonerna ombads bl.a. skatta upplevd osäkerhet, stress, rädsla, m.m., i samband med utrymningen av den rökfyllda delen av tunneln. Syftet med frågorna i denna del var i huvudsak kopplad till försöksmetodik och etik och för jämförelse med tidigare genomförda utrymningsförsök i liknande miljöer.

I samband med upprättandet av enkäten utnyttjades ett ramverk som föreslagits av (Foddy, 1993). Motivet var att öka svarens tillförlitlighet och validitet. I huvudsak bestod arbetet i att vidta åtgärder för att minska sannolikheten för att frågorna skulle kunna missuppfattas, att de var relevanta för studiens övergripande syfte och mål och att de inte var riktade (s.k. "biased").

4.5. Belysningsmätare

En luxmätare användes för att dokumentera belysningsnivån på olika platser i tunneln. Luxmätaren var av modell Screenmaster, tillverkad av B Hagner AB.

4.6. Ljudmätare

En iPhone 5s användes för att dokumentera ljudnivån på olika platser i tunneln. Mätningar gjordes med applikationen Buller, tillverkad av Arbetsmiljöverket.

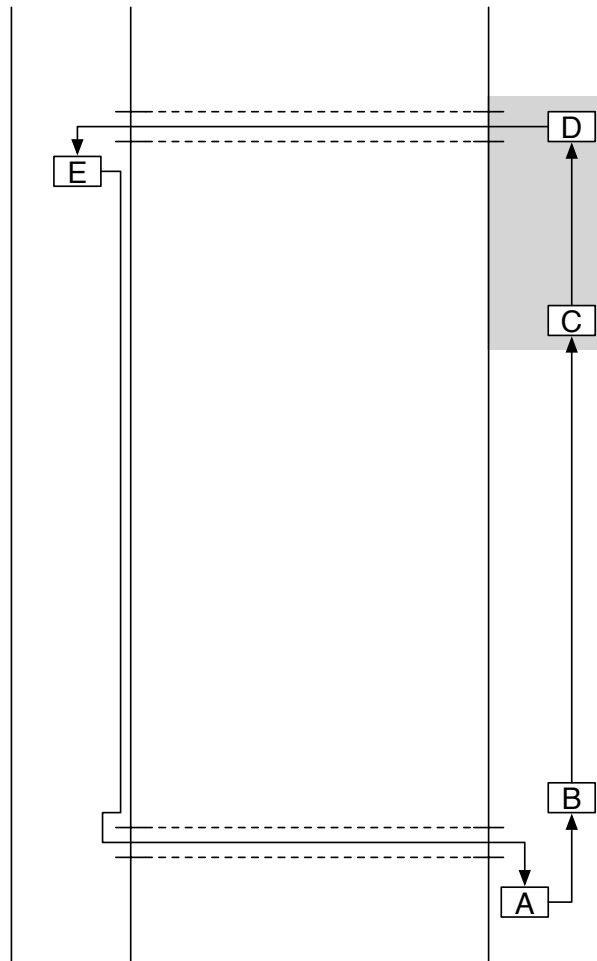
5. Procedur

Försöket genomfördes under tre dagar sommaren 2014, närmare bestämt den 1-3 juli. Dagarna var indelade i försöksblock om 3 timmar, med start kl 9.00 och avslut kl 21.00 varje dag med undantag för dag 3 då försöken avslutades kl 15.00. Samtliga försök genomfördes individuellt, men försökspersonerna anlände i grupper i början enligt Tabell 5. De träffades på en förutbestämd uppsamlingsplats på Lidingövägen strax utanför Norra länkens sträckning, där de hämtades med en chartrad buss som körde dem in i tunneln. I slutet av varje försöksblock kördes de åter ut till uppsamlingsplatsen.

I Figur 11 presenteras en schematisk illustration över hela försöksområdet, inkl. de huvudsakliga steg som varje försöksperson gick igenom under försöket. Nedan ges en kortfattad beskrivning av dessa (beskrivningen ska läsas tillsammans med illustrationen).

Tabell 5. Fördelning av försökspersoner i de respektive försöksblocken.

Dag	Tid	Antal fp
1	9-12	6
	12-15	7
	15-18	8
	18-21	7
2	9-12	8
	12-15	7
	15-18	7
	18-21	6
3	9-12	7
	12-15	3



Figur 11. Schematisk beskrivning av försöksområdet. Höger del av figuren illustrerar Norrtullstunneln och vänster del Gärdéstunneln. Gråmarkerad yta illustrerar den rökfyllda delen av försöksområdet.

1. Gruppen av försökspersoner anländer med buss till position A i Figur 11 (motsvarande utrymningsväg 17A). Information om försöket, säkerhetsprocedurer samt annat underlag som de erhållit tidigare repeterades och informerat samtycke inhämtades. Försökspersonerna valdes ut en och en att delta i försöket.
2. Försökspersonen försågs med skyddande overall och ledsagades till en inväntande bil som stod parkerad på position B i Figur 11. Försökspersonen ombads sätta sig på passagerarsidan i framsätet och erhöll sedan följande information:

Du kommer att bli körd in i en rökfylld del av tunneln. Röken innehåller irriterande ämnen, vilket kan göra att det svider i ögon, näsa och hals, men påverkar i övrigt inte din hälsa. När vi är framme kommer du att få ytterligare en instruktion.

Under försöket kommer det att finnas en rökdykare som följer dig hela tiden. Personen kommer att ha en värmekamera, vilket gör att han kan se dig genom röken. Du kommer däremot inte att kunna se rökdykaren. Om du vill avbryta försöket så meddela rökdykaren genom att säga det till honom eller genom att vinka häftigt till honom (följt av demonstrerande rörelse). Han kommer då att leda dig ut ur tunneln. När försöket är över kommer rökdykaren att leda dig ut ur tunneln.

När du kommit ut ur tunneln kommer du att mötas av en person som visar dig vart du ska ta gå. När du är tillbaka i bussen kommer du att få svara på en enkät med frågor.

3. Försökspersonen kördes till position C i Figur 11, d.v.s. in i den rökfyllda miljön. Bilen stannade alltid på höger sida några meter in i den rökfyllda miljön (se även Figur 3). När bilen stannat instruerades försökspersonen att på egen hand utrymma tunneln i körriktningen genom följande instruktion:

Tänk dig in i följande situation. Du kör med din bil i en vägtunnel och stannar på grund av en lång kö. Efter någon minut är din bil helt insvept i rök och röken kommer bakifrån. Du beslutar dig att lämna bilen och ta dig framåt till en säker plats. Var så god att lämna bilen.

4. Försökspersonen utrymde den rökfyllda delen av tunneln under övervakning av en rökdykare, som av säkerhetsskäl följde personen genom hela utrymningsförloppet mellan position C och D i Figur 11.

5. Försökspersonen anlände till slutet av försöksområdet. Antingen hade han/hon då hittat och valt att "utrymma" via utrymningsportalen, eller så hade han/hon missat utrymningsvägen och kommit till den gardin som markerade slutet av försöksområdet. Oavsett alternativ ledsagades försökspersonen av den brandman som observerat hela förloppet till position E i Figur 11 (d.v.s. genom utrymningsväg 21).

6. Försökspersonen instruerades att på egen hand gå från läge E till A i Figur 11, d.v.s. via den rökfria miljön i Gärdestunneln tillbaka till bussen i Norrtullstunneln där försöket inleddes.

7. Väl tillbaka i bussen på position A i Figur 11 fick försökspersonen fylla i en enkät om sina upplevelser.

När samtliga försökspersoner i försöksblocket deltagit i försöket kördes de ut ur tunneln i samma buss som de åkte in. På vägen ut gavs de en allmän brandskyddsutbildning, innehållandes information om bl.a. bra saker att tänka på vid en olycka i en vägtunnel.

6. Försöksscenarioer

Totalt omfattade försöket fem försöksscenarioer. I respektive scenario testades en kombination av tekniska installationer på utrymningsportalen samt installationer i närheten av utrymningsportalen. En beskrivning av respektive scenario ges nedan, och en sammanställning i Tabell 6. I samtliga scenarier fanns informationsskylten i Figur 7 monterad mitt emot utrymningsportalen.

Tabell 6. Aktiva installationer och hjälpmedel per scenario.

Scenario	Installation på utrymningsportal					Vägledande skyltar med avståndsinformation	Pilmarkering på asfalten
	1	2	3	4	5		
1	x	x	x		x		
2	x	x	x	x	x		
3	x	x	x		x	x	
4	x	x	x	x	x	x	
5	x	x	x		x		x

6.1. Scenario 1

I scenario 1, som i sammanhanget kan betraktas som ett basscenario, var installation nr 1-3 samt 5 på utrymningsportalen aktiverade. Totalt deltog 13 försökspersoner i detta scenario.

6.2. Scenario 2

I scenario 2 var installation nr 1-5 på utrymningsportalen aktiverade. I förhållande till scenario 1 var alltså även den installerade högtalaren aktiv. I högtalaren sändes kontinuerligt en kombination av en alarmsignal och ett talat meddelande enligt den princip som beskrivits ovan. Totalt deltog 15 försökspersoner i detta scenario.

6.3. Scenario 3

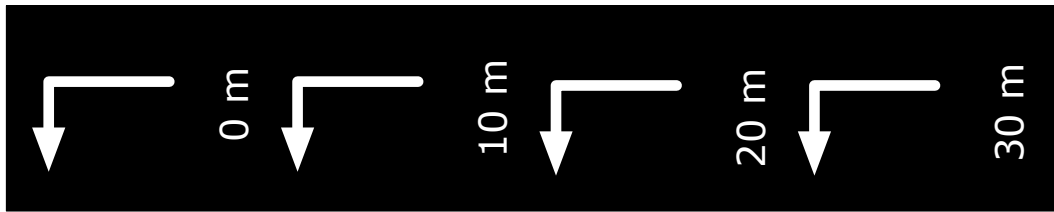
I scenario 3 var installation nr 1-3 samt 5 på utrymningsportalen aktiverade, d.v.s. som i scenario 1. I förhållande till scenario 1 fanns väggmonterade skyltar med utrymningssymbol och avståndsmarkeringar till närmaste utgångar, Figur 6. Skyltarna med avståndsmarkeringar var monterade var åttonde meter på tunnelns högersida enligt vad som beskrivits ovan. I scenariot deltog 15 försökspersoner.

6.4. Scenario 4

I scenario 4 var installation nr 1-5 på utrymningsportalen aktiverade. I förhållande till scenario 1 var både utrymningsmeddelandet vid portalen aktiverat samt skyltarna med avståndsinformationen monterade. Skyltarna med avståndsmarkeringar fanns var åttonde meter på tunnelns högersida enligt vad som beskrivits ovan. Scenario 4 påminde med andra ord om scenario 3, med tillägget att utrymningsportalens högtalare var aktiv. I högtalaren sändes kontinuerligt en kombination av en alarmsignal och ett talat meddelande enligt den princip som beskrivits ovan. Totalt deltog 13 försökspersoner i detta scenario.

6.5. Scenario 5

I scenario 5 var installation nr 1-3 samt 5 på utrymningsportalen aktiverade, d.v.s. som i scenario 1. Men i tillägg till scenario 1 fanns även målade pilar och avståndsinformation på marken. Pilarna och avståndsinformationen var målade på asfalten på tunnelns högersida med start 30 m före utrymningsportalen, se Figur 12 och Figur 13. Totalt deltog 10 försökspersoner i detta scenario.



Figur 12. Illustration av hur pilmarkeringar målade på asfalten i vägreken på tunnelns högersida såg ut.



Figur 13. Fotografi på pilmarkeringen vid 30 m.

7. Etik

Enligt Lag (2003:460) om etikprövning av forskning som avser människor skall forskning som utförs enligt en metod som syftar till att påverka forskningspersoner fysiskt eller psykiskt godkännas vid en etikprövning. Syftet är, som det uttrycks i lagtexten, att skydda den enskilda människan och respekten för människovärdet vid forskning. Inför genomförandet av det aktuella utrymningsförsöket genomgick därför försöket en etikprövning som efter kompletteringar godkändes av den regionala etikprövningsnämnden i Lund (beslut dnr 2014/167). Nedan redovisas ett utdrag av innehållet i den godkända etikansökan.

7.1. HAD

För att minska sannolikheten för att individer som uppvisade ångest- eller depressionssymptom skulle delta i försöket genomgick samtliga intresserade försökspersoner ett s.k. HAD-test i samband med att de anmälde sitt intresse av att delta i försöket. HAD står för *Hospital Anxiety and Depression* (Zigmond & Snaith, 1983) och HAD-testet består av ett enkelt självskattningsformulär för att grovt bedöma tendenser för ångest och depression. Totalt ingår 14 frågor; 7 relaterade till ångest och 7 relaterade till depression, vilka redovisas i Bilaga 3: Intresseanmälningsformulär. Till varje fråga finns fyra alternativ som värderas på en skala 0-3, poäng som sedan summeras till en totalsumma för ångest respektive depression. Endast individer vars totalsumma för både ångest och depression understeg sju enligt Tabell 7 tilläts delta i försöket.

Tabell 7. Beskrivning av värderingsprincip i HAD-test.

Poäng	Ångest	Depression
0-6	Ingen besvärande ångest	Ingen besvärande depression
7-10	Mild till måttlig ångest	Nedstämdhet
>10	Förekomst av eventuell ångeststörning	Risk för depressionstillstånd som kan kräva läkarbehandling

7.2. Informerat samtycke

Samtliga försökspersoner som valdes ut att delta i försöket erhöll inför försöket en skriven information som bl.a. beskrev bakgrunden och syftet med försöket, hur förfrågan om deltagande gått till, hur själva försöket rent praktiskt skulle genomföras, de förknippade riskerna och fördelarna av att delta, m.m. (se Bilaga 5: Forskningspersoninformation). Informationen gavs i en s.k. forskningspersoninformation, och det tydliggjordes att en försöksperson när som helst under försökets genomförande skulle kunna avbryta det utan att för den delen gå miste om den utlovade ersättningen. Tillsammans med informationen i den s.k. forskningspersoninformationen bifogades en samtyckesblankett som respektive försöksperson var tvungen att skriva under innan sitt deltagande.

7.3. Upprepning av information och säkerhetsinstruktioner

Vid ankomst till försöksplatsen repeterade ansvariga forskare innehållet i forskningspersoninformationen för försökspersonerna (i grupp). Särskilt repeterades de säkerhetsinstruktioner om bl.a. hur försökspersoner som ville avbryta försöket skulle bete sig. I samband med detta repeterades även det faktum att försöket var frivilligt och att en försöksperson när som helst kunde avbryta sin medverkan utan att gå miste om den utlovade ersättningen.

7.4. Åtgärder för minimering av risk för fysiska skador

Inför försökets genomförande vidtogs åtgärder inom försöksområdet för att minska risken för fysiska skador, bl.a. genom att plocka bort sådant i tunneln som utgjorde en snubbelrisk. Försökspersonerna bar under försöket vidare en skyddande overall för att minska ev. skrapår och skador på kläder. Dessutom närvarade under hela försöket en sjukvårdsutbildad rökdykare som följde försökspersonerna i den rökfyllda miljön, och som snabbt kunde ingripa vid ett ev. olycksfall.

7.5. Försäkring

Samtliga försökspersoner som deltog i försöket var försäkrade i en s.k. Särskilt personskadeskyddsförsäkring (samling) från Kammarkollegiet. Försäkringen gällde under försöket, men även vid transport till och från försöksplatsen. Försäkringen motsvarar det skydd som anställda har vid arbetsskador och ersättning betalas bl.a. för personskada genom olycksfall eller vid sjukdom som drabbat den försäkrade under försäkringstiden.

8. Analys

Analysen av det insamlade materialet genomfördes för att i största möjliga utsträckning uppfylla utrymningsförsökets syfte och mål, d.v.s. att beskriva hur personer på bästa sätt kan ledas till en motstående tunnelvägg i en rökfylld tunnel samt att kvantifiera förflyttningshastigheten i rökfyllda liksom rökfria tunnelmiljöer. Nedan presenteras hur det insamlade materialet bearbetades.

8.1. Röktäthet

Följande uttryck kan användas för att beräkna en s.k. dämpningskoefficient (Jin, 2008):

$$C_s = -\frac{1}{L} \cdot \ln(1 - D)$$

där

C_s är en s.k. dämpningskoefficient [1/m]

L är sträckan som ljuset mellan ljuskälla och ljusmottagare [m]

D är dämpningen av en ljusstråle [-]

Dämpningskoefficienten kan vidare användas för att beräkna en siktsträcka (för bl.a. reflekterande skyltar) enligt följande samband (Jin, 2008):

$$V = \frac{2}{C_s}$$

där

V är siktsträckan [m]

Sambanden förutsätter dock en linjär korrelation mellan dämpningen av en ljusstråle och den uppmätta spänningen vid ljusmottagaren i förhållande till den registrerade vid ljuskällan. Med andra ord, om 50 % av strålen dämpas bort mellan ljusmottagare och ljuskälla så bör spänningen som registreras vid ljusmottagaren motsvara 50 % spänningen utan närvarande rök.

Med anledning av att så inte var fallet gjordes inför utrymningsförsöket laborietester med transmissionsfilter med känd transmission (och därmed dämpningseffekt). Det kunde då konstateras att det förelåg ett någorlunda linjärt samband mellan dämpningen och förhållandet mellan den uppmätta spänningen vid ljusmottagaren och den registrerade spänningen vid ljuskällan i dämpningsintervallet 0,29-0,71 (d.v.s. vid 29-71 % dämpning av ljuset). Utvalda delar av laboriestudien redovisas i Tabell 8:

Tabell 8. Samband mellan dämpning av ljusstråle och uppmätt spänning vid ljusmottagaren.

Transmission	Dämpning	Spänning [V]
1	0	0,827
0,71	0,29	0,768
0,51	0,49	0,346
0,36	0,64	0,244
0,29	0,71	0,020

Det innebar att den registrerade spänningen över ljusmottagaren i förhållande till spänningen vid ljuskällan inom dämpningsintervallet i Tabell 8 kunde beskrivas med följande matematiska samband (härlett från en linjär regressionsanalys, $R^2 = 0,96$):

$$D = \frac{\left(\frac{U}{U_0} - 1,4819\right)}{-2,0025}$$

där

U är den uppmätta spänningen vid ljusmottagaren [-]

U_0 är den registrerade spänningen vid ljuskällan [-]

D är dämpningen av ljusstrålen [-]

Sambandet utnyttjades för att beräkna en dämpningskoefficient och en siktsträcka enligt ovan ekvationer. Kravet var att respektive försöksperson genomfört utrymningen inom dämpningsintervallet i Tabell 8 (eftersom att intervallet var känt innan försöket kontrollerades under försöket hela tiden att röktheten låg inom intervallet).

Följande beräkningsprincip användes för respektive försöksperson:

1. Tiden då försökspersonen befunnit sig i den rökfyllda miljön, d.v.s. utrymningsförloppet, bestämdes med information om tidpunkter för in- och utpassering.
2. De dokumenterade mätningarna av röktheten för de båda rökthetsmätarna sammanställdes för hela utrymningsförloppet.
3. Ett medelvärde av U/U_0 för hela utrymningsförloppet bestämdes enligt följande princip:

$$\left(\frac{U}{U_0}\right)_{medel} = 0,5 \cdot \left(\frac{\left(\frac{U}{U_0}\right)_{1,t1} + \left(\frac{U}{U_0}\right)_{1,t2} + \dots + \left(\frac{U}{U_0}\right)_{1,tn}}{n} \right) + 0,5 \cdot \left(\frac{\left(\frac{U}{U_0}\right)_{2,t1} + \left(\frac{U}{U_0}\right)_{2,t2} + \dots + \left(\frac{U}{U_0}\right)_{2,tn}}{n} \right)$$

där

1 och 2 hänvisar till respektive rökthetsmätare

$t1, t2, tn$ betyder mätpunkten för tidssteget n

n betyder antalet mätningar som totalt gjordes i det definierade tidsintervallet (d.v.s. den tid då försökspersonen befann sig i röken)

4. Den genomsnittliga dämpningen D beräknades med ovan samband.
5. Den genomsnittliga dämpningskoefficienten C_s beräknades med ovan samband.
6. Den genomsnittliga siktsträckan V beräknades med ovan samband.

8.2. Videoinspelningar

Videoinspelningen från utrymningen av den rökfyllda delen av försöksområdet användes i huvudsak för att beräkna försökspersonens gånghastighet samt för att konstatera om försökspersonen valde att utrymma via utrymningsvägen som installerats i slutet av försöksområdet. Beräkning av gånghastigheten gjordes med kännedom om avståndet mellan de utplacerade värmekuddarna (se ovan) och den tid det tog försökspersonen att förflytta sig mellan dessa punkter. Beräkningen baseras alltså på det kortaste avståndet mellan värmekuddarna, och inte den faktiska sträckan som försökspersonen gick. Den faktiska sträckan kan, av olika anledningar, vara längre. Skälet till valet av bas för beräkningen baserades på att detta är av störst intresse i modelleringssammanhang. Beräkningsprincipen illustreras nedan:

$$V = \frac{(88 - 10)}{(t_1 - t_3)}$$

där

V är försökspersonens gånghastighet [m]

t_1 är tidpunkten då försökspersonen passerar värmekuddarna vid pos 3 [s]

t_3 är tidpunkten då försökspersonen passerar värmekuddarna vid pos 1 [s]

Videoinspelningarna som gjordes i den rökfria delen av försöksområdet användes för att beräkna försökspersonens gånghastighet i den rökfria miljön. Beräkningen skedde enligt ovan princip med kännedom om avstånd mellan kamerorna och tidpunkten då försökspersonen passerade respektive kamera.

8.3. Enkät

Samtliga enkäter som samlades in vid försöket transkriberades manuellt in i en Excel-fil i vilken kolumnerna representerade frågorna i enkäten och raderna representerade försökspersonernas svar på respektive fråga. I analysen av försökspersonernas svar sammanställdes svaren på respektive fråga, och kategoriseringar av svaren gjordes för att kunna generalisera resultaten. De s.k. öppna frågorna bearbetades manuellt och kryssfrågorna automatiskt i statistikprogrammet IBM SPS Statistics Desktop (version 22) för Mac OS X.

9. Resultat

I detta kapitel presenteras analysen av insamlad data i utrymningsförsöket. Presentationen görs i olika underrubriker beroende på ämnet som avses, och den görs både kvalitativt och kvantitativt (ofta i kombination). Motivet är att öka resultatens tillförlitlighet och i ett längre perspektiv dess generaliserbarhet.

9.1. Deltagande försökspersoner

Efter genomfört utrymningsförsök fick försökspersonerna fylla i en enkät om bl.a. sina upplevelser av att delta i försöket. Den första inledande delen av enkäten utgjordes av generella frågor kopplade till försökspersonen, t.ex. ålder, kön, längd och vikt. I detta avsnitt redovisas försökspersonernas svar på dessa s.k. demografiska frågor, i form av medelvärden för samtliga försökspersoner som deltog i försöket. Beskrivningen bygger på de svar som försökspersonerna lämnade i enkäten. I det fall någon försöksperson utelämnat ett svar (eller svaret inte gått att tyda) framgår det i samband med presentation av resultatet.

9.1.1. Demografiska egenskaper

Totalt deltog 66 försökspersoner i utrymningsförsöket, varav 20 var kvinnor och 46 var män. Av samtliga försökspersoner besvarade 65 frågorna i enkäten om ålder, längd, vikt och om de var höger- eller vänsterhänta. Den genomsnittliga åldern var 36 år (standardavvikelse 11 år). Männen var i genomsnitt sju år äldre än kvinnorna som deltog. Den genomsnittliga försökspersonen var 177 cm lång och vägde 83 kg (standardavvikelse 9 cm respektive 20 kg). Femtiosex av försökspersonen var högerhänta, 9 vänsterhänta (en besvarade inte frågan).

Sammanställningar av försökspersonernas ålder, längd och vikt presenteras i Tabell 9-Tabell 11 och beskrivs närmare i histogram i Figur 14-Figur 16. Illustration över fördelningen av försökspersonernas vikt, fördelat på kön.

Tabell 9. Sammanställning av försökspersonernas ålder.

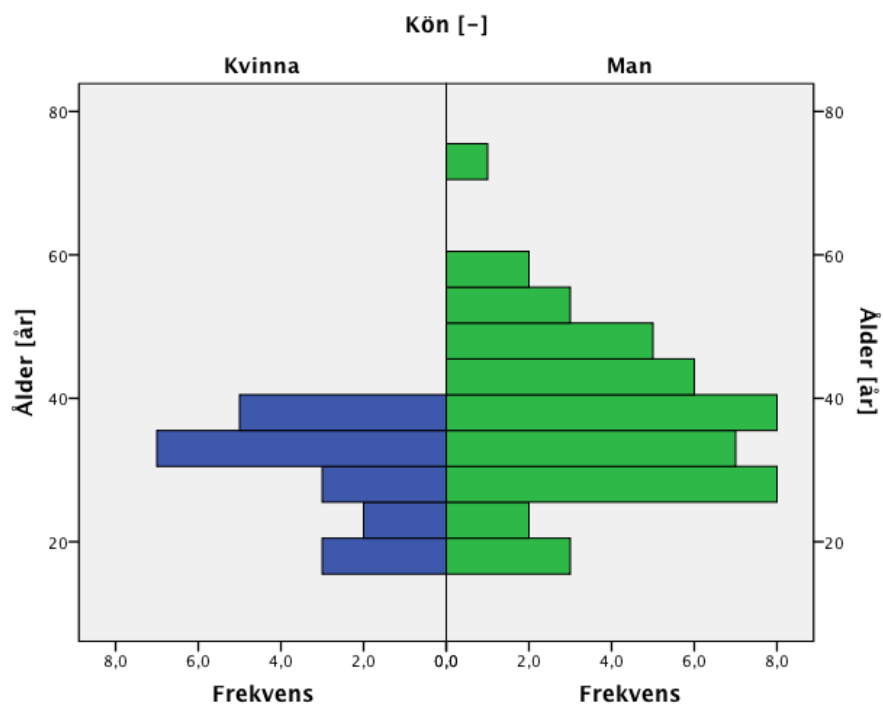
		Ålder [år]			
		Medel	Min	Max	Stdav
Kön [-]	Kvinna	31	18	40	7
	Man	38	19	71	11
	Samtliga	36	18	71	11

Tabell 10. Sammanställning av försökspersonernas längd.

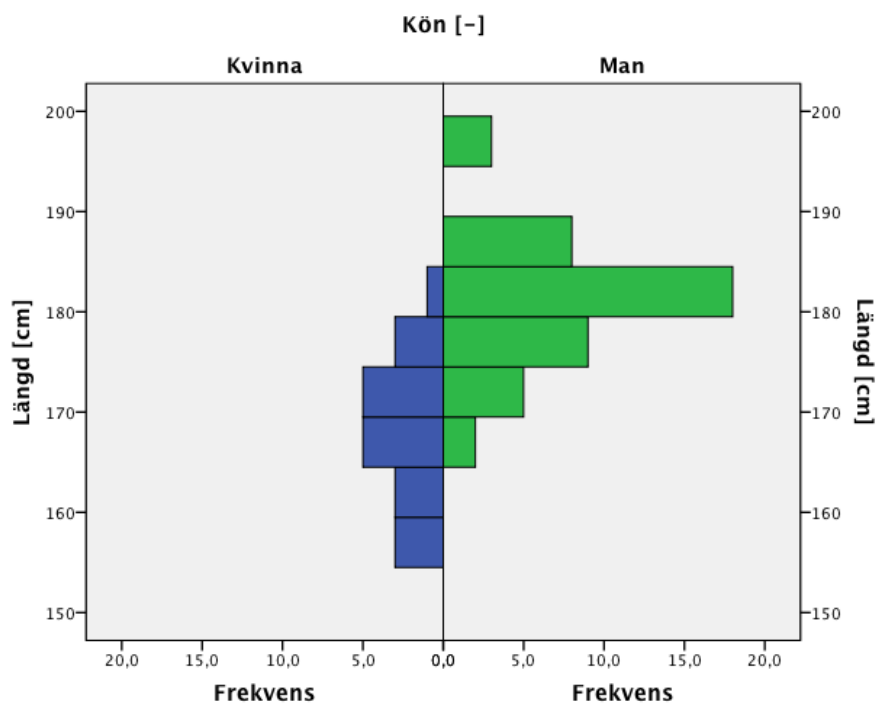
		Längd [cm]			
		Medel	Min	Max	Stdav
Kön [-]	Kvinna	168	157	180	6
	Man	181	167	197	6
	Samtliga	177	157	197	9

Tabell 11. Sammanställning av försökspersonernas vikt.

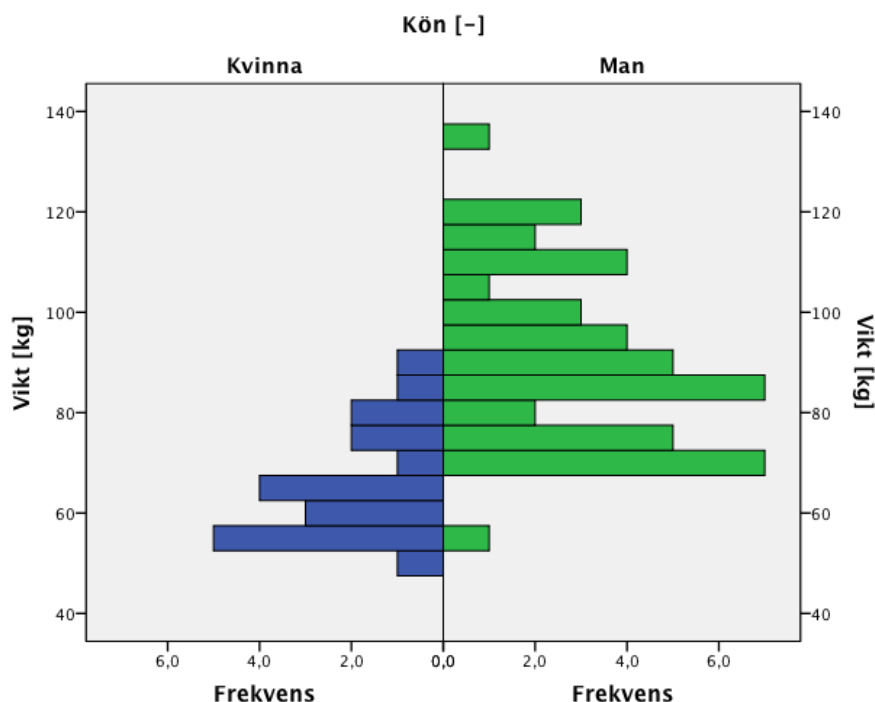
		Vikt [kg]			
		Medel	Min	Max	Stdav
Kön [-]	Kvinna	66	50	90	11
	Man	91	56	134	18
	Samtliga	83	50	134	20



Figur 14. Illustration över fördelningen av försökspersonernas ålder, fördelat på kön. Utdata från SPSS.



Figur 15. Illustration över fördelningen av försökspersonernas längd, fördelat på kön. Utdata från SPSS.



Figur 16. Illustration över fördelningen av försökspersonernas vikt, fördelat på kön. Utdata från SPSS.

9.1.2. Körkort och åkfrekvens i vägtunnlar

Femtiosju av de deltagande försökspersonerna angav att de var innehavare av B-körkort (för personbil), åtta svarade att de inte hade körkort och en försöksperson besvarade inte frågan. Försökspersonernas svar på frågan "Hur ofta åker du genom en vägtunnel som är längre än ca 100 m?" redovisas i Tabell 12.

Tabell 12. Sammanställning av försökspersonernas svar på frågan om hur ofta de åker i en vägtunnel längre än 100 m.

		Frekvens [-]	Procent [%]
Åkfrekvens	Flera gånger i veckan	17	25,8
	Mindre än 1 gång i månaden	20	30,3
	Ungefär 1 gång i månaden	11	16,7
	Ungefär 1 gång i veckan	17	25,8
	Samtliga	65	98,5

9.1.3. Erhållet brandskyddsinformation

På frågan "Har du någon gång tagit del av informationen om vad du skall göra vid en eventuell brand i en vägtunnel?" svarade 19 försökspersoner ja och 47 nej. Av de som besvarade följdfrågan "[...] på vilket sätt?" nämnde fem personer att de bl.a. sett skyltar i befintliga tunnlar (t.ex. utrymningsskyltar och infoskyltar om brandsläckare). Fem personer lämnade svar som kan sorteras under kategorin "information i samband med utbildning eller i yrkesliv", bl.a. nämndes att information erhållits under värnplikt och vid teoriutbildning för körkort. Tre personer hade fått informationen direkt från Trafikverket, t.ex. genom foldrar som lämnats ut i samband med öppnandet av vägtunneln Södra länken i Stockholm. Några nämnde att de av egen nyfikenhet sökt information på egen hand på Internet. En person nämnde att denne fått informationen under en bussresa i Alperna vid vilken busschauffören hade berättat om tunneln och dess utgångar vid genomfärd.

9.1.4. Egna funderingar om brandsäkerhet

Av samtliga försökspersoner angav 49 att de någon gång själva funderat på brandsäkerhet i vägtunnlar. Av dessa 49 valde 44 att utveckla sina svar i en öppen fråga. Svaren kategoriserades i underrubriker och antalet svar som på något sätt berörde respektive kategori har sammanställts i Tabell 13, i vilken även

exempel på citat ges. En försöksperson som lämnat ett svar som kan kategoriseras under två rubriker räknas i båda kategorierna (d.v.s. det totala antalet observationer för samtliga kategorier överstiger 49).

Tabell 13. Sammanställning av försökspersonernas svar på frågan om deras egna funderingar om brandsäkerhet i vägtunnlar.

Kategori	Antal svar [-]	Exempel på svar
Utrymningsvägar, nödutgångar och säkra platser	21	1. <i>Men då mest reflekterat över de nödutgångar som finns och funderat på hur det fungerar vid brand.</i> 2. <i>Jag har mer funderat på hur jag hittar ut. Ex: sidogångar, hur kommer man ut när man hittat in i en sån.</i>
Beteende och agerande	8	1. <i>Hur utrymning ska ske när personer har sina bilar och tillhörigheter kvar. Tveksamt att de lämnar sina saker.</i> 2. <i>Hur man agerar vid skarpt läge.</i> 3. <i>Hur utrymning går till, hur man hittar ut.</i>
Skyltning och installationer	7	1. <i>Varför det inte finns enhetliga system för skyltning</i> 2. <i>Iakttagit vad jag sett vid färd genom befintliga biltunnlar och reflekterat över skyltning etc.</i>
Brandgaser, värme och rök	9	1. <i>Hur röken förslas bort på ett säkert sätt för att påverka personerna i tunneln.</i> 2. <i>Hur få ut brandröken, eftersom det är den som dödar? Hur hittar jag ut ifall ljuset fallerar?</i>
Driftsäkerhet	2	1. <i>Fungerar nödbelysning – utgångar som dom skall t.ex.</i>
Övrigt	8	1. <i>Ibland när det blivit stopp i Södra länken, vad som händer om en bil börjar brinna.</i>

Baserat på svaren är det uppenbart att de allra flesta i försöket som någon gång funderat på brandsäkerhet i vägtunnlar gjort det i termer av utrymning, t.ex. hur de ska kunna ta sig ut i händelse av en brand. Ingen av försökspersonerna nämner själv alternativ som att på egen hand göra en aktiv släckinsats, larma räddningstjänst, etc. Möjligen kan försökets syfte ha påverkat försökspersonernas svar.

9.1.5. Tidigare erfarenhet av tunnelbränder

En av de totalt 66 deltagande försökspersonerna angav att denne hade tidigare erfarenhet av tunnelbränder. Personens svar återges i sin helhet nedan:

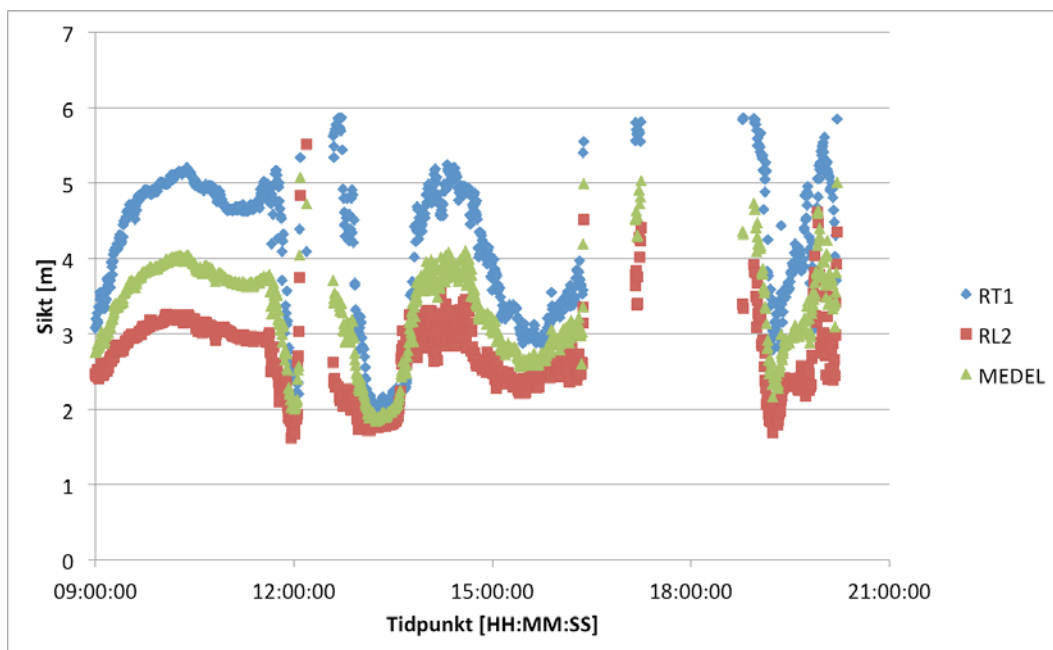
I byggskedet av Södra länken. Var ansvarig för UFA:n. Var väldigt rörigt och ingen tydlig befälsordning.

9.2. Röktäthet

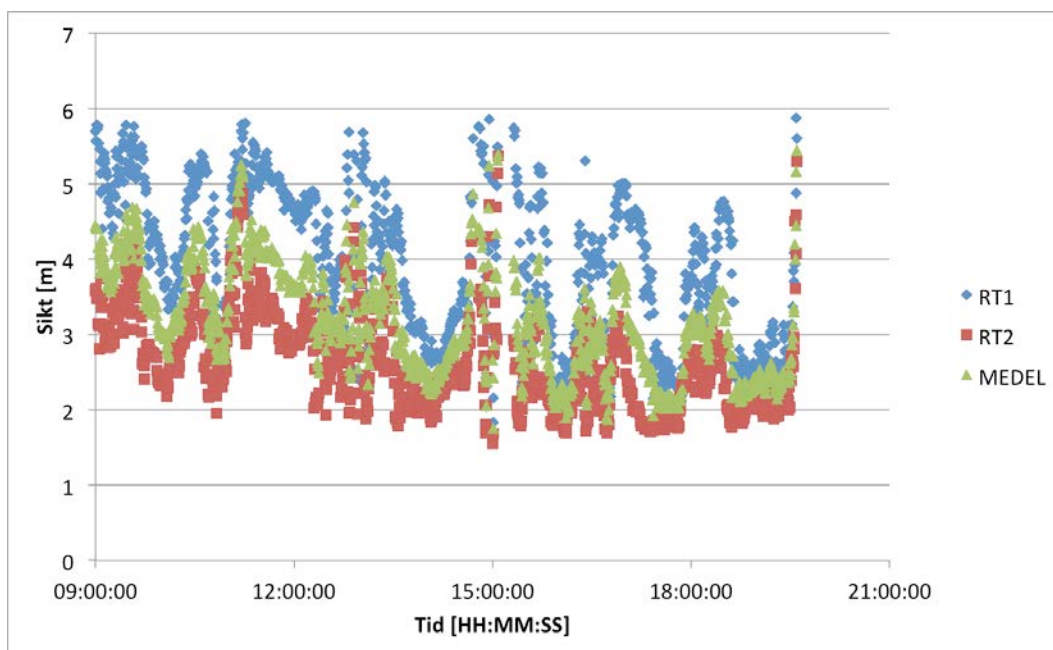
I detta avsnitt presenteras en sammanställning av röktätheten, i form av en siktsträcka, för samtliga tre försöksdagar. Beräkningen av siktsträckan har gjorts enligt den princip som har beskrivs i avsnitt 8.1. Med anledning av att den framtagna ekvationen för att beräkna ljusstrålens dämpning endast kunde göras inom ett visst dämpningsintervall (och därmed ett visst siktlängdsintervall), redovisas nedan endast de punkter som låg innanför intervallet. Vid vissa tillfällen under försöksdagarna kan ingen beräkning av siktlängden göras, men dessa ligger med några få undantag i tidsintervall då inga försökspersoner befann sig i det rökfyllda området (t.ex. vid lunchpauser).

I Figur 17-Figur 19 redovisas siktsträckan i tunneln som en funktion av tiden under försöket. De toppar och dalar som kan ses i figurerna beror på att rökgenerering skedde manuellt efter behov (för att ligga inom ovan nämnda intervall). I figurerna anger RT1 och RT2 resultaten för de två röktäthetsmätarna och MEDEL ett beräknat medelvärde. Skälet till att det beräknade medelvärdet inte alltid ligger i mitten

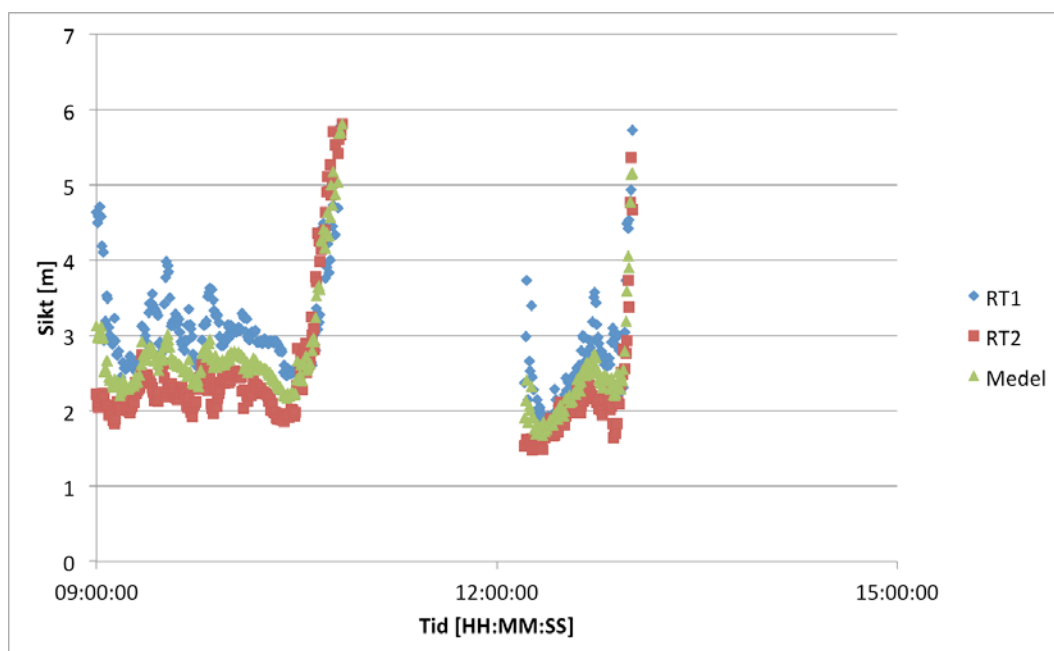
är att dämpningen av ljusstrålen använts som bas för beräkningen och inte siktsträckan vid respektive mätare (korrelationen är inte linjär mellan dämpningen och siktsträckan).



Figur 17. Siktsträcka som funktion av tiden för försöksdag 1.



Figur 18. Siktsträcka som funktion av tiden för försöksdag 2.



Figur 19. Siktsträcka som funktion av tiden för försöksdag 3.

En sammanställning på individnivå, d.v.s. en beräkning av den genomsnittliga siktsträckan för respektive individ, redovisas i Bilaga 6: Sammanställning av siktsträckor och gånghastigheter Tabell 27. För två personer (ID 34 och 43) kunde ingen beräkning göras p.g.a. röktätheten låg utanför det preciserade dämpningsintervallet ovan. För tre personer (ID 24, 36 och 55) låg en av i storleksordningen 10 mätpunkter utanför det preciserade dämpningsintervallet. Värden anses representativa för sikten under utrymningsförsöket för dessa individer, men bör i sammanhanget betraktas som lite osäkrare.

9.2.1. Upplevd siktsträcka

I enkäten som försökspersonerna fyllde i efter genomfört utrymningsförsök ställdes några frågor om den upplevda siktsträckan i tunneln under försöket. Försökspersonerna ombads bl.a. svara på frågan om de under större delen av utrymningen kunde se sina händer (framför kroppen), sina fötter och om de kunde se en längre sträcka än avståndet till både händerna och fötterna. Slutligen ombads försökspersonerna uppskatta den genomsnittliga siktsträckan i meter (resultatet redovisas på individnivå i Bilaga 6: Sammanställning av siktsträckor och gånghastigheter).

Totalt svarade 61 försökspersoner att de under större delen av försöket kunde se sina händer framför sig; fem personer svarade att de inte kunde se sina händer (100 % svarsfrekvens). Sextio personer angav att de under större delen av utrymningsförloppet kunde se sina fötter; tre personer svarade att de inte kunde se sina fötter (och tre personer avstod från att besvara frågan). Däremot svarade endast 25 personer att de kunde se längre än både sina händer och fötter under större delen av utrymningsförloppet; 40 personer menade att de inte kunde se en sträcka motsvarande ett längre avstånd än till händer och fötter (en person avstod från att besvara frågan).

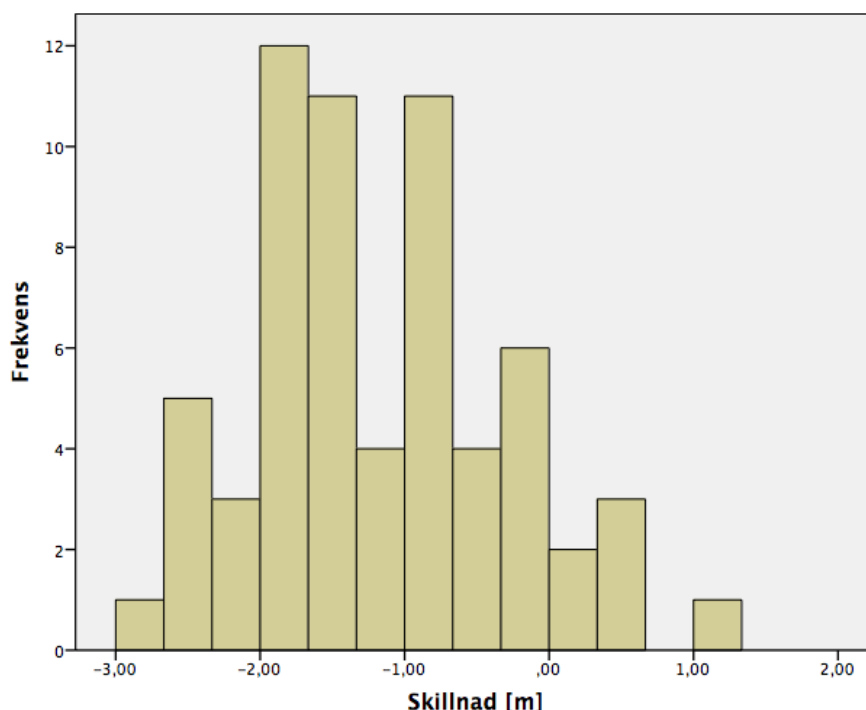
I analysen av försökspersonernas egna skattningar av den upplevda siktsträckan exkluderades dels de två försökspersoner som det inte gick att beräkna en motsvarande siktsträcka för (se ovan) och dels en person som uppskattade siktsträckan i röken till 100 m. Den senare exkluderades p.g.a. den orimliga bedömningen; en bedömning som skulle få väldigt stort genomslag i övrig analys om den inkluderades. För de försökspersoner som skattat siktsträckan i ett intervall (t.ex. som 1-2 m) har medelvärdet av skattningen valts som utgångspunkt i analysen.

Det kan konstateras att den upplevda siktsträckan i genomsnitt underskattades i förhållande till den beräknade, se Tabell 27 och Figur 20. Skillnaden är dessutom statistiskt signifikant ($p < 0,05$), vilket kan demonstreras i ett s.k. *Paired-Samples T-Test*, se Tabell 15. Med andra ord kan det konstateras att

majoriteten av försökspersonerna som deltog i försöket underskattade sikten i tunneln under deras respektive utrymningsförlopp. En tänkbar förklaring till skillnaden är att uppskattningen av den upplevda sträckan gjordes en tid efter deltagandet i försöket (enkäten fylldes i först när de kommit tillbaka till bussen). I sammanhanget ska det också nämnas att observationen i detta försök skiljer sig från resultat i tidigare försök (Fridolf, 2013). Även då kunde det konstateras att det förelåg en statistiskt signifikant skillnad mellan upplevd och beräknad siktsträcka, men skillnaden var istället positiv, d.v.s. försökspersonerna tenderade att överskatta siktsträckan. I det tidigare försöket var belysningen i tunneln dock mycket låg, möjligen kan detta ha en effekt. Vidare var de genomsnittliga (beräknade) siktförhållandena mycket sämre; i genomsnitt ca 1 m.

Tabell 14. Sammanställd information om den genomsnittliga upplevda siktsträckan samt den beräknade siktsträckan. Utdata från SPSS.

	Medelvärde [m]	N	Standardavvikelse [m]
Upplevd siktsträcka	1,7387	63	0,81092
Beräknad siktsträcka	2,9187	63	0,56877



Figur 20. Skillnaden mellan upplevd och beräknad siktsträcka redovisad i ett histogram. Utdata från SPSS.

Tabell 15. Resultatet av det s.k. *Paired Samples T-Test* påvisade en statistiskt säkerställd skillnad mellan upplevd och beräknad siktsträcka ($p < 0,05$). Utdata från SPSS.

	Medel- värde	Standard- avvikelse	95% KI		t	df	Sig. (2- sidig)
			Nedre	Övre			
Upplevd siktsträcka [m] - Beräknad siktsträcka [m]	-1,18000	0,87876	-1,40131	-0,95869	-10,658	62	0,000

9.3. Belysningsnivå

Belysningsnivån mättes i den rökfyllda delen av försöksområdet under samma förhållanden som försökspersonerna deltog, d.v.s. med rök i tunneln. Mätningar gjordes både i mitten av tunneln och i högra kanten av vägbanan (i körriktningen) på olika avstånd från utrymningsportalen. Resultatet av mätningarna redovisas i Tabell 16.

Som kan ses i tabellen var belysningsnivån något lägre vid högersidan av tunneln än i mitten, vilket berodde på belysningsarmatureernas placering i taket. Generellt var belysningsnivån också något högre i början av försöksområdet än i slutet.

Tabell 16. Registrerade belysningsnivåer på olika positioner i tunneln.

Avstånd från utrymningsportal [m]	Belysningsnivå mitten [lux]	Belysningsnivå höger [lux]
0	99	85
20	94	83
40	90	74
60	99	99
80	93	90
100	119	114

9.4. Ljudnivå

På samma sätt som för belysningsnivån dokumenterades ljudnivån i den rökfyllda delen av försöksområdet under samma förhållanden som försökspersonerna deltog, d.v.s. med simulerat fläktljud. Vid mätningarna var även högtalaren som installerats på utrymningsportalen aktiv. Mätningar gjordes endast i mitten av tunneln. Resultatet av mätningarna redovisas i Tabell 17.

Tabell 17. Registrerade ljudnivåer på olika positioner i tunneln.

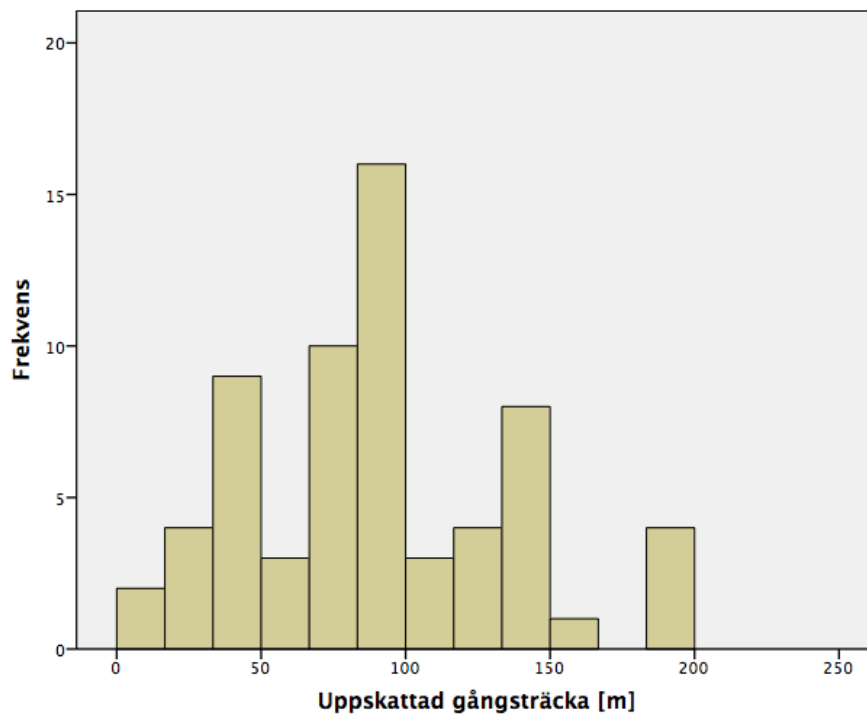
Avstånd från utrymningsportal [m]	Ljudnivå [dB]
0	72
20	71
40	73
60	74
80	71
100	71

9.5. Beteende, rörelse och orientering

Utöver de observationer som kan göras från videoinspelningarna har enkäten använts för att komplettera resultaten med de deltagande personernas egna upplevelser från försöken. Det handlar främst om att försöka samla in synpunkter som inte blir så tydliga från inspelningarna t.ex. hur personerna resonerar inför scenarierna de ställs inför.

9.5.1. Uppskattad gångsträcka

Den rökfyllda delen av försöksområdet var ca 120 m lång. De flesta försökspersoner transporterade dock sig en kortare sträcka än så då utrymningsportalen installerats ca 13 m från den västra gardinen och eftersom att de kördes några meter in i tunneln innan de släpptes ut. Efter genomfört försök ombads försökspersonerna att i enkäten försöka uppskatta hur långt de gått innan de kom till portalen eller då försöket av annan anledning avbröts. Deras svar redovisas i Figur 21. För de försökspersoner som skattat gångsträckan i ett intervall (t.ex. som 100-150 m) har medelvärde av skattningen valts som utgångspunkt i redovisningen.



Figur 21. Av försökspersonerna uppskattad gångsträcka redovisad i ett histogram. Utdata från SPSS.

Totalt besvarade 64 försökspersoner frågan om hur långt de trodde att de gått i den rökfyllda delen av försöksområdet. Den genomsnittliga skattningen motsvarade 94 m med en relativt stor standardavvikelse motsvarande 47 m. Bortsett från ett antal extremvärden (som bidrar till det höga värdet på standardavvikelsen) är bilden allt försökspersonerna relativt väl uppskattat den tillryggalagda sträckan. Tyvärr möjliggörs ingen djupare analys av ev. skillnad mot verklig sträcka då försökspersonernas individuella gångsträcka inte analyserats i detta försök. Det kan med andra ord finnas skillnader mellan individerna, t.ex. beroende på att en del valde att följa en vägg hela vägen till utrymningsvägen medan andra rörde sig mellan väggarna. Det kan även finnas skillnader till följd av att somliga avslutade försöket genom att välja utrymningsvägen, medan andra fortsatte de sista 13 m till gardinen (och således missade utrymningsvägen). En djupare analys liknande den gjord mellan beräknad och uppskattad rökthet anses därför i sammanhanget inte tillföra något.

9.5.2. Orienteringsstrategier

Ganska snart efter en försöksperson lämnat fordonet där det stannade i början av försöksområdet började personen att förflytta sig i tunneln. En klar majoritet av försökspersonerna uppgav att de letade efter symboler, ljussken eller ljussignaler samt informationsskyltar, Tabell 18. Detta gäller oavsett scenario d.v.s. även i de fall det inte förekom några av dessa uppräknade. Ganska många, speciellt i scenario 4, uppgav att de också letade efter fasta föremål att följa d.v.s. väggen. Det är således uppenbart att personerna som hamnar i den rökfyllda miljön börjar med att leta efter föremål eller indikationer som kan underlätta orienteringen eller som kan ge ytterligare information om var de är och vad de kan eller ska göra.

Tabell 18. Tecken eller signaler som försökspersoner letade efter i tunneln.

Letade efter andra tecken eller signaler	Scenario				
	1	2	3	4	5
Ljud	1	6	2	3	3
Symboler	10	14	14	8	9
Ljus	8	7	8	2	7
Informationsskyltar	8	12	15	12	8
Värme	1	3		1	1
Lukt	1	2	1	1	1
Fasta ytor	3	5	2	12	3
Annat (eg vägmarkering)	2			3	

Många uttryckte sin orienteringsstrategi just kopplad till den information som fanns i respektive försök. Det innebär att många har angett att de medvetet följde väggen, antingen fysiskt med handen eller visuellt, att de ständigt hade uppsikt kring var väggen fanns. Detta kan även ses från videomaterialet där 28 försökspersoner använder ena handen för att känna var väggen är, 2 personer använder ena handen som skydd för eventuella hinder och ytterligare 7 personer använder två händer för att dels följa väggen men också för att skydda sig för eventuella hinder. Totalt var det därför 29 försökspersoner som inte använder händerna under utrymningsförloppet. Även den målade väglinjemarkeringen längs väggen användes av många som orienteringshjälp, se Figur 22. I övrigt uppgav flera att de försökte undvika att stöta i hinder vilket också var ett skäl till att de höll sig längs med kanten av tunneln.



Figur 22. Linjemarkering längs körbanan.

9.5.3. Rörelsestrategier

Med rörelsestrategi avses sättet som personen förflyttar sig med. I tidigare försök har det observerats att personer går på lite olika sätt när de förflyttar sig i den rökfyllda och kanske mörklagda miljön. En klar

majoritet uppgav i sitt enkätsvar att de förflyttade sig i upprätt läge vilket underlättades av att de kunde följa väggen med t.ex. handen. Detta bekräftas också från videoinspelningen där det kan noteras att 53 personer gick upprätt medan 13 personer hade en mer eller mindre nedhukande gångställning. Det kan däremot inte konstateras om gångställningen påverkar gånghastigheten eftersom både snabbt och långsamt gående försökspersoner finns i de två kategorierna för gångställning. Motivet till den lägre gångställningen angavs i enkätsvaren att undvika röken som flera angett att de antog var giftig (åtminstone i en verklig brandsituation) men också för att bättre kunna se var de satte fötterna för att undvika att stöta i hinder. Svaren från enkäterna är något oklara eftersom flera av svaren tyder på att det sker en sammanblandning mellan svaren på frågan om orienteringsstrategi och förflyttningsstrategi.

9.6. Vägval

I Tabell 19 redovisas antalet försökspersoner som i förhållande till det totala antalet försökspersoner i respektive scenario valde att utrymma via den utrymningsportal som installerats i slutet av den rökfyllda delen av försöksområdet.

Tabell 19. Antalet försökspersoner som försökte utrymma via den installerade utrymningsportalen.

Scenario	Antal fp	Antal fp som valde utrymningsvägen
1	13 (11 ^a)	8 (73 % ^b)
2	15	15 (100 %)
3	15	13 (87 %)
4	13	12 (92 %)
5	10	8 (80 %)

^a) Två försökspersoner avbröt försöket i förtid.

^b) Baseras på det totala antalet försökspersoner som slutförde försöket.

Sammanfattningsvis kan konstateras att majoriteten av försökspersoner, oberoende av scenario, uppmärksammade och tog sig till den installerade utrymningsportalen på tunnelns vänstra sida. I förhållande till scenario 1 verkar användningen av utrymningsvägen öka i samtliga övriga scenarier, som mest när högtalarinstallationen är aktiv. Detta var fallet i scenario 2 samt 4, och av totalt 28 försökspersoner var det endast en person som missade utrymningsportalen. Resultatet antyder därmed att högtalaren är den installation som bidrog mest till att öka användningen av utrymningsvägen. Några av dem som missade utrymningsvägen har förklarat motivet i enkäten som att ”jag såg inte utrymningsvägen” och ”jag ville inte gå ut i trafiken”.

För att undersöka huruvida de skillnader som framgår av Tabell 19 är statistiskt signifikanta eller inte utnyttjades Fishers exakta test. Noll- och mothypotesen formuleras enligt följande:

$$H_0: \text{Användningsfrekvensen av utrymningsvägen var lika stor i båda scenarierna}$$

$$H_1: \text{Användningsfrekvensen av utrymningsvägen var lägre i basscenariot (scenario 1)}$$

Totalt gjordes fyra jämförelser; användningsfrekvensen av utrymningsvägen i samtliga scenarier jämfördes mot scenario 1 som i sammanhanget ska betraktas som ett basscenario. Resultaten av dessa jämförelser redovisas i Tabell 20.

Tabell 20. Resultatet av Fishers exakta test för de parvisa jämförelserna av användningsfrekvensen av utrymningsvägen. Utdata från SPSS.

Jämförelse	p (1-sidigt)
S1-S2	0,063
S1-S3	0,346
S1-S4	0,233
S1-S5	0,550

Tabell 20 indikerar att det inte i någon av de fyra jämförelserna kan konstateras en statistiskt signifikant skillnad ($p < 0,05$). Med andra ord går det inte att med säkerhet säga att någon av försöksdesignerna i scenario 2-4 var bättre än den i basscenariot, även om det går att skönja vissa trender i Tabell 19. Dessa trender skulle dock kunna vara resultatet av en naturlig variation inom försöksgruppen. Närmast en påvisad signifikans finns i jämförelsen mellan basscenariot och scenario 2, något som trots allt indikerar att en positiv effekt uppnåtts av högtalarinstallationen.

För att ytterligare nyansera ovan utförd statistisk analys kompletteras den med de svar som försökspersonerna i respektive scenario lämnade i enkäten om bl.a. om de överhuvudtaget såg några installationer och vilka i så fall, varför de valde att utrymma den väg de valde och hur de upplevde nyttan av de aktiva installationerna i just det scenariot. Syftet är dels att förstärka de trender som går att skönja i Tabell 19, men som inte kunde bevisas den statistiska analysen, och dels att öka förklaringsgraden av varför försökspersonerna gick den väg de gick.

9.6.1. Upptäckt av installationer

För att försökspersonerna skulle ha någon nytta av installationerna måste de upptäckas. I enkäten ställdes det därför en del frågor kring vad de såg i tunneln. En vanlig utrymningsskylt i tunnlar är den som illustreras i Figur 6 d.v.s. den visar förutom den traditionella utrymningssymbolen även avståndet till de två närmaste utrymningsvägarna. Skylten förekommer såväl i järnvägstunnlar som i vägtunnlar och det fanns därför ett skäl att särskilt undersöka om försökspersonerna noterade denna, Tabell 21.

Tabell 21. Antal personer som upptäckte skylten med vägledande information kompletterad med avståndsangivelse, Figur 6.

Såg skylten med avståndsmarkeringar	Scenario				
	1	2	3	4	5
Ja, redan från början			12	11	
Ja, efter ett tag	1	2	2	2	
Nej	12	13			9
Ej svar/kommer inte ihåg			1		1

Tabell 22. Upptäckta andra installationer (utöver den i tabell 21) för de olika scenarierna.

Såg andra installationer	Scenario				
	1	2	3	4	5
Nödutgångsskylt	4	6	5	4	3
Blinkande belysning	3	5	2	5	
Fast lysande belysning	4	6	10	5	2
Starkt upplyst dörr	3	4	8	6	5
Vägledande markering på marken	1	1	4	4	7
Ljudsignal och/eller talat meddelande		14		13	
Färgad belysning	1	7	2	4	2
Rinnande belysning					
Räcke (handledare liknande de i trappor)				1	

I slutet av försöksområdet fanns det i alla scenarierna en skylt som informerade om att utgången var placerad på motsatta sidan, se Figur 7. Tabell 23 redovisar antalet försökspersoner som uppgav att de såg skylten i slutet av försöksområdet.

Tabell 23. Antal personer som såg den textade skylten mitt för utrymningsportalen.

Såg den textade skylten	Scenario				
	1	2	3	4	5
Ja	6	5	10	7	6
Nej	7	10	5	6	4
Ej svar/kommer inte ihåg					

9.6.2. Motiv till vägvalet

Försökspersonerna har i fritextsvar angett vad det var som gjorde att de uppmärksammade nödutgången i slutet av försöksområdet, d.v.s. främst om de installationer de såg kunde påvisas göra någon nytta. Utgångspunkten för försöken är att installationerna kan utgöra en grund till motivet att byta från höger till vänster sida i tunneln. Tabellen anger försökspersonernas ordval och korresponderar inte nödvändigtvis med alternativen i Tabell 22. Tabell 24 redovisar de vanligare skälen:

Tabell 24. Vad gjorde att du uppmärksammade nödutgången?

Angivet motiv	Scenario				
	1	2	3	4	5
Skylt med text på höger sida	6	3	7	3	4
Skylt över dörr		1			
Skylt i tunnel med pil och avstånd			4	2	
Ljussken vid dörr (grönt blink)	2	5	5	2	1
Såg utgången	1				
Ljud/meddelande vid dörr		13		12	
Pilen på marken					6

Det är tydligt att de installationer som användes hade en inverkan på anledningen till att försökspersonerna letade sig över mot utrymningsvägen. Tydligast märks detta för de scenarier som innehöll utrymningslarm med talat meddelande i anslutning till utgångsdörren. Detta gäller för scenarierna 2 och 4 där detta skäl till beslutet är klart dominerande.

För övriga scenarier är anledningarna till sidbytet vid utrymningsvägen inte lika uppenbara. För scenario 1 är det främst den textade skylten som anges som skäl till sidbytet. Detta kan ses vara ganska uppenbart eftersom det inte fanns några ytterligare installationer på den högra sidan sett i tunnelns normala färdriktning. Övriga i det scenariot har angett att de inte sett skylten. Utgången var även i detta scenario försedd med blinkande grönt ljus och några försökspersoner har även angett detta. Om den textade skylten inte hade funnits på den högra sidan är det endast ljusskenet från utrymningsportalen som skulle kunna ge en ledtråd till att det fanns en utgång på motsatta sidan. Då flera svarade att det var skylten som var orsaken till sidbytet är det sannolikt att flera personer skulle passera förbi utrymningsvägen om denna skylt inte funnits. Det kan dock konstateras att i det scenariot var det ca hälften d.v.s. sju personer som inte såg skylten.

I scenario 3 är det mer jämnt mellan den textade skylten, de vägledande markeringarna och ljusinstallationen vid utgången. Scenario 5 kännetecknas av att flera angett de målade pilarna på marken som skälet till att de sökte sig över till den andra sidan.

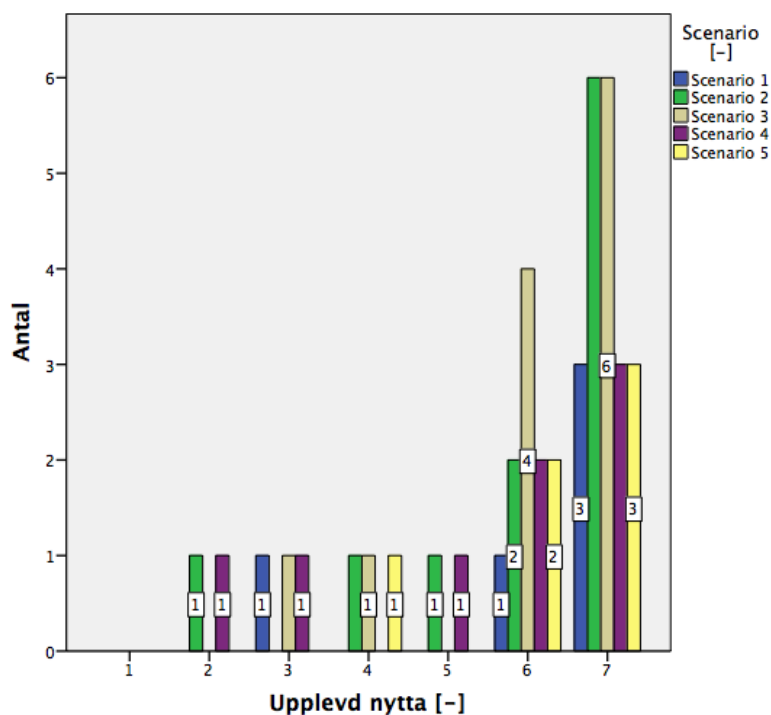
Svaren visar att personerna har nytta av de provade installationerna. Tydligast visas detta för de fall då installationerna innehöll ett talat utrymningslarm.

9.7. Nyttan med installationerna

Utöver att fråga försökspersonerna vilka av installationerna de upptäckte ställdes även en följdfråga om vilken upplevd nytta de hade av respektive installation. För att kunna bedöma nyttan måste den dels ha funnits i scenariot och försökspersonen ska dessutom ha upptäckt den. Detta bör beaktas vid analys av resultaten. Dock kan det konstateras i efterhand att några av frågeställningarna vid bedömningen av nyttan var något ottydligt formulerade vilket gör att resultatet ska bedömas i ljuset av denna oklarhet. Samtliga bedömningar av nyttan bedömdes på en skala 1-7 (där 1 representerade ingen och 7 stor). Några av installationerna som försökspersonerna skulle bedöma fanns inte i tunneln och i redovisningen nedan redogörs bara för de mer betydelsefulla installationerna.

9.7.1. Utrymningsskylt

I samtliga scenarier fanns bl.a. en traditionell genomlyst utrymningsskylt ovanför portalens dörr. Resultatet redovisas i Figur 23. Försökspersoner som svarade att de inte såg nödutgångsskylten eller ”vet inte” när de ombads uppskatta nyttan har exkluderats i analysen. Det innebär att färre personer än det antal som ingick i respektive försöksscenario utgjort underlaget. Antalet svar som erhöles i respektive scenario redogörs i Tabell 25. Som kan ses bedömdes i genomsnitt nyttan av nödutgångsskylten som relativt hög.



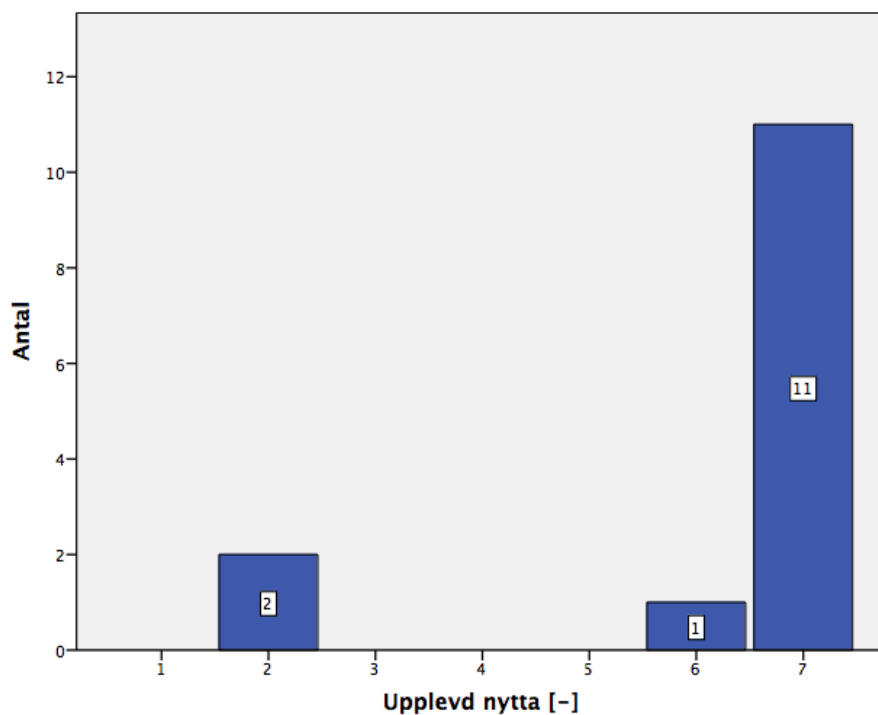
Figur 23. Försökspersonernas upplevda nytta av den installerade nödutgångsskylten ovanför dörren i utrymningsportalen fördelat på respektive scenario. Utdata från SPSS.

Tabell 25. Antal svarande försökspersoner på frågan om upplevd nytta med nödutgångsskylten fördelat på respektive scenario.

Scenario	Antal svaranden
1	5
2	11
3	12
4	8
5	6

9.7.2. Talat meddelande

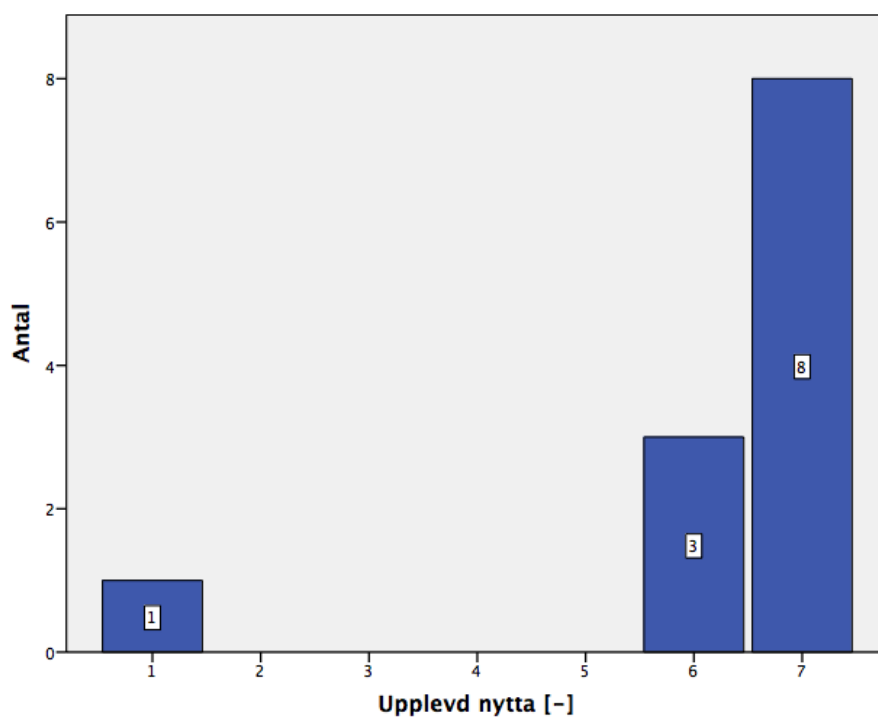
I scenario 2 var utöver de ordinarie installationerna i basscenariot även en högtalare aktiv. Uppskattningen av den upplevda nyttan av ljudsignalen och det talade meddelandet och resultatet redovisas i Figur 24. Totalt 14 av de 15 försökspersoner som deltog i scenariot betygsatte installationen, varav 11 den med högsta värdet ”7”. En försöksperson svarade ”Vet inte”, och summeras samtliga svaranden tyder det åtminstone på att samtliga försökspersoner i scenariot noterade installationen.



Figur 24. Försökspersonernas upplevda nytta av ljudsignalen och det talade meddelandet från den installerade högtalaren.
Utdata från SPSS.

9.7.3. Utrymningsskylt kombinerat med utrymningslarm

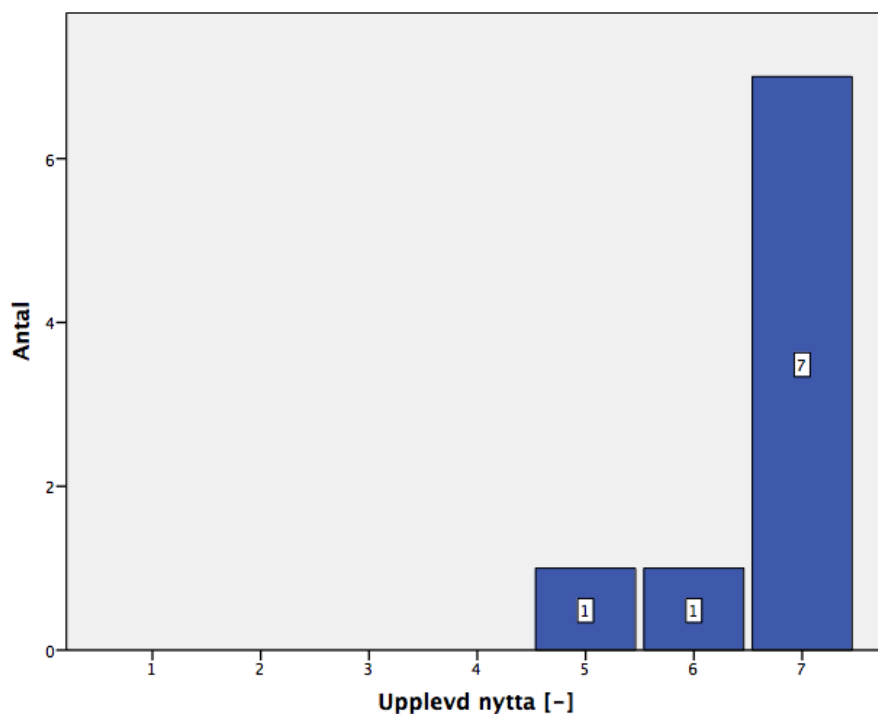
I scenario 4 fanns förutom de ordinarie installationerna i basscenariot även avståndsmarkeringar på tunnelns högra sida och ett talat utrymningsmeddelande vid portalen. Totalt 12 av de 13 försökspersoner som deltog i scenariot betygsatte installationen med det talade utrymningsmeddelandet, varav 8 betygsatte den med högsta värdet ”7”, Figur 25. En försöksperson svarade ”Vet inte”, och summeras samtliga svaranden tyder det åtminstone på att samtliga försökspersoner i scenariot noterade installationen. Resultatet av den bedömda nyttan av utrymningsmeddelandet i detta scenario är snarlikt det resultat som erhöles från scenariot 2.



Figur 25. Försökspersonernas upplevda nytta av ljudsignalen och det talade meddelandet från den installerade högtalaren. Utdata från SPSS.

9.7.4. Avståndsmarkering på asfalten

Installationen i scenario 5 fanns utöver de ordinarie installationerna i basscenariot även avståndsmarkeringar och pilat på asfalten på tunnelns högersida. Markeringarna fanns i slutet av gångsträckan med start 30 m från utrymningsportalen (se Figur 12 och Figur 13). Totalt 9 av de 10 försökspersoner som deltog i scenariot betygsatte installationen, varav 8 betygsatte den med högsta värdet "7", se Figur 26. En försöksperson svarade "Såg inga".

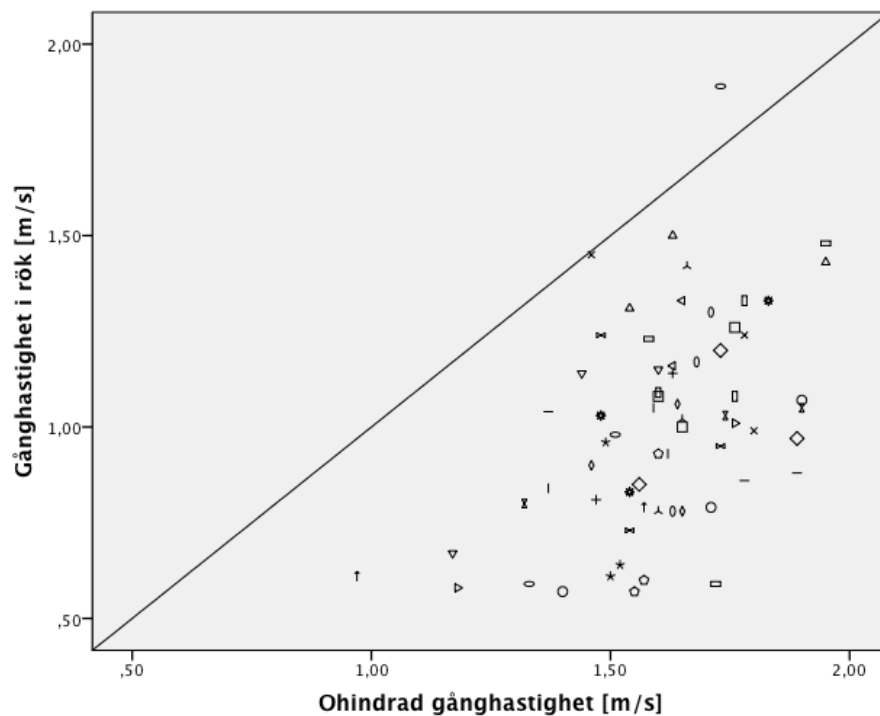


Figur 26. Försökspersonernas upplevda nytta av de vägledande markeringarna på marken på tunnelns högra sida. Utdata från SPSS.

9.8. Gånghastighet

En redovisning av försökspersonernas gånghastighet under försöket på individnivå, både i den rökfyllda och i den rökfria miljön, redovisas i Tabell 27 i Bilaga 6: Sammanställning av siktsträckor och gånghastigheter. Försökspersonernas gånghastighet i den rökfyllda miljön var i genomsnitt 1,2 m/s (standardavvikelse 0,3 m/s). Den långsammaste personen rörde sig med hastigheten 0,6 m/s och den snabbaste med hastigheten 1,9 m/s. I den rökfria miljön var den genomsnittliga gånghastigheten 1,6 m/s (standardavvikelse 0,2 m/s). Den långsammaste personen rörde sig med hastigheten 1,0 m/s och den snabbaste med hastigheten 2,1 m/s. Det var inte samma personer som var snabbast respektive långsammast i de två miljöerna.

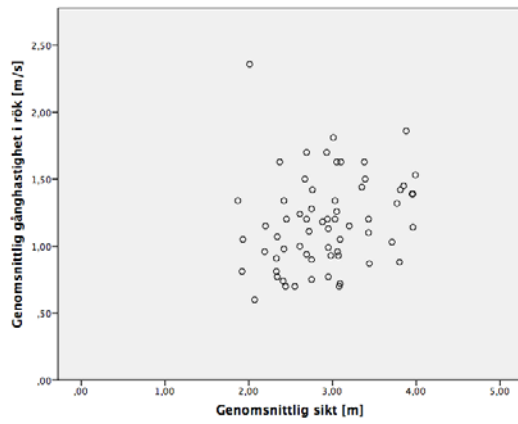
I Figur 27 redovisas respektive försökspersons gånghastighet i rökfylld miljö i förhållande till dennes gånghastighet i rökfri miljö. Med undantag för en försöksperson rörde sig samtliga personer långsammare i rök. I genomsnitt gick försökspersonerna med en hastighet motsvarande 74 % av deras hastighet i rökfri miljö (standardavvikelse 18 %).



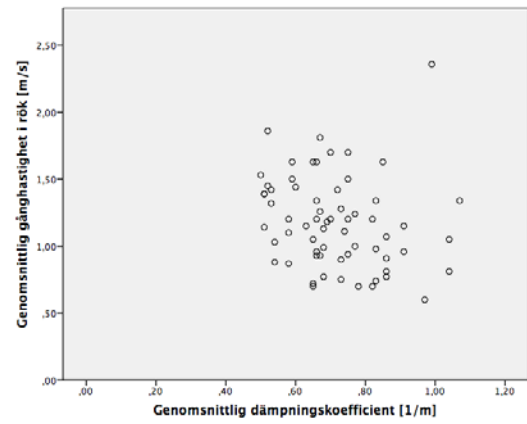
Figur 27. Försökspersonernas gånghastighet i rök som funktion av deras respektive ohindrade gånghastighet.

I forskningssammanhang redovisas ofta individers gånghastighet i rök i förhållande till den s.k. dämpningskoefficienten, eller direkt i förhållande till siktsträckan. Nedan redovisas därför såväl den faktiska gånghastigheten i rök som den fraktionella gånghastigheten (d.v.s. förhållandet mellan gånghastigheten i rökfylld och rökfri miljö) som en funktion av dämpningskoefficienten samt sikten, se se Figur 28 - Figur 31.

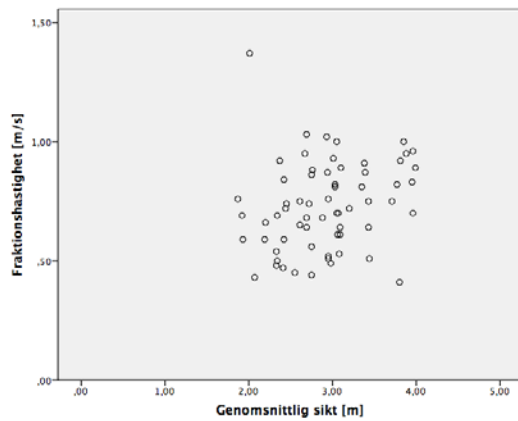
I sammanhanget kan det också vara intressant att studera eventuella samband mellan gånghastigheten i rök och andra demografiska variabler, såsom kön, ålder, längd och vikt. En s.k. scatterplot redovisas därför i Figur 32. Som kan ses går det dock inte att utläsa några generella trender ur detta diagram; med andra ord framstår sambandet mellan gånghastigheten och övriga demografiska variabler som lågt.



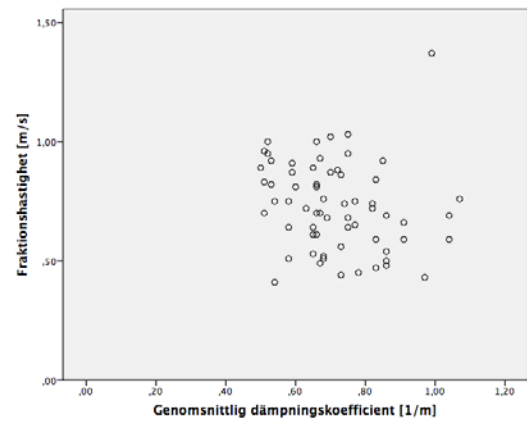
se Figur 28. Genomsnittlig gånghastighet i rök som funktion av siktsträckan. Utdata från SPSS.



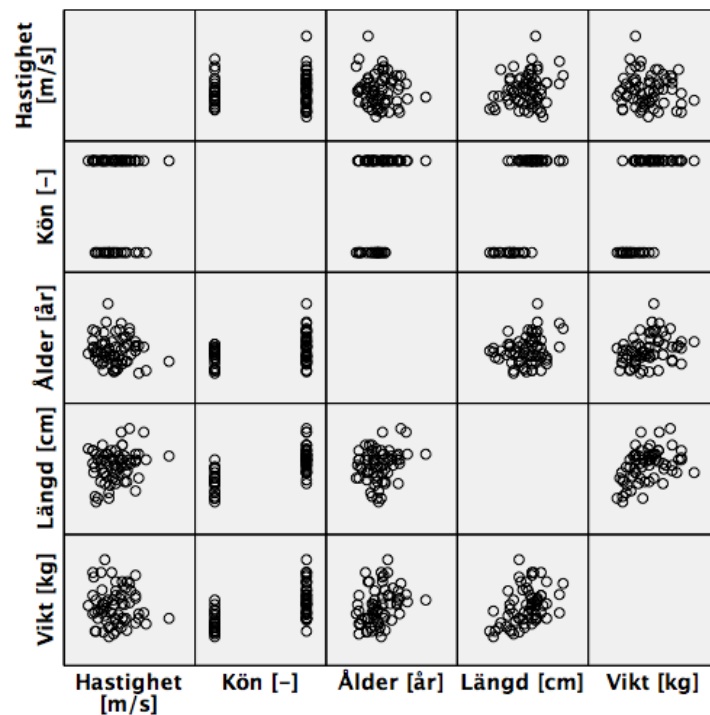
Figur 29. Genomsnittlig gånghastighet i rök som funktion av dämpningskoefficienten. Utdata från SPSS.



Figur 30. Genomsnittlig fraktionshastighet i rök som funktion av siktsträckan. Utdata från SPSS.



Figur 31. Genomsnittlig fraktionshastighet i rök som funktion av dämpningskoefficienten. Utdata från SPSS.



Figur 32. Scatterplot över den genomsnittliga gånghastigheten i röks förhållande till några demografiska parametrar.

9.9. Rekommendationer från försökspersonerna

I enkäten fick försökspersonerna även ge förslag på hur de ansåg att installationer och hjälpmedel för utrymning i en vägtunnel borde vara utformade. Avsikten var att få dem att bedöma vilka aspekter som kunde vara viktiga i samband med en utrymning. Frågan i enkäten var utformad som fritextsvar och inga alternativ gavs.

Däremot är det tydligt att svaren präglas av de installationer som respektive försöksperson utsattes för i försöket. I flera fall har man svarat att de som fanns i det aktuella fallet var bra. En sammanställning av de mer vanliga svaren presenteras i Tabell 26.

Tabell 26. Följande installationer anges, för de respektive scenarierna, som de som flera angav skulle vara önskvärda. Siffran inom parentes anger antal svar för respektive förslag.

Scenario	Förslag på installationer
1: Inga installationer utöver den textade skylten mitt för utrymningsvägen	• Skylt med pil som pekar mot närmaste utrymningsväg (8) • Visuella installationer; ljus, blink (6) • Pilar eller annan information på marken (4)
2: Utformning lika scenario 1 men kompletterat med talat meddelande vid utgången	• Ljudsignal eller talat meddelande (9) • Skylt med pil som pekar mot närmaste utrymningsväg och som anger avstånd, både vägg och mark (9)
3: Utformning lika scenario 1 men kompletterat med vägledande markeringar med avståndsinformation	• Skylt/information på marken (4)
4: Utformning lika scenario 1 men kompletterat med talat meddelande vid utgången och kompletterat med vägledande markeringar med avståndsinformation	• Ljudsignal eller talat meddelande (10) • Skylt med pil som pekar mot närmaste utrymningsväg och som anger avstånd (6)
5: Utformning lika scenario 1 men kompletterat med pilar och avståndsinformation på marken	• Skylt med information (text) på väggen (5)

Försökspersoner i de scenarier där tunneln var utrustad med ljudinstallationen (utrymningslarm) anger att de vill att tunnlar ska vara försedda med sådant. Detta förslag är det vanligaste av dem som förekommer. Försökspersonerna i de övriga scenarierna nämner knappt denna installation, ett fåtal personer anger denna. Istället är det vanligare att försökspersonerna i scenarierna 1, 3 och 5 anger att de vill ha skyltar med vägledande markeringar, gärna med avståndsmarkeringar som visar riktning till närmaste utgång. Tydligast framgår detta i en jämförelse mellan scenario 3 och 5 som anger det andra scenariots installation som det mest önskvärda. Försökspersonerna i scenario 3 där det finns vägledande markeringar på väggen önskar markeringar på marken och för scenario 5 är det tvärt om. Försökspersonerna i scenario 1 som varken är exponerade för vägledande markeringar på väggen eller på marken anger att sådana vore önskvärda.

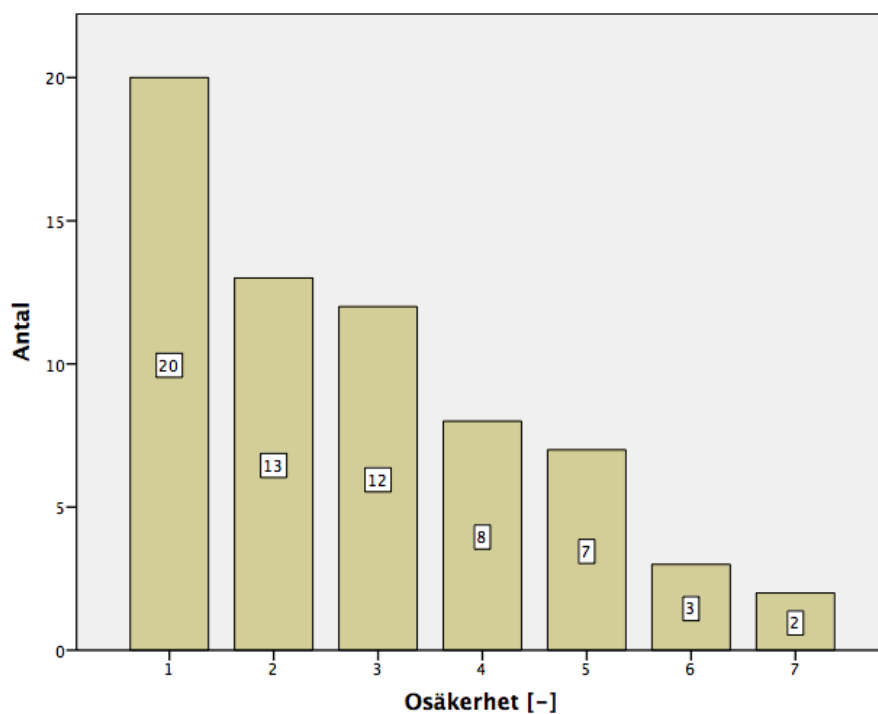
Det som också framgår av en del fritextsvar, oavsett scenario, är att man önskar att installationer ska vara tydliga, väl upplysta och vara likformigt utformade mellan olika tunnlar. Dessa synpunkter är säkert väl så viktiga eftersom bilister vistas i olika tunnlar och är då inte betjänta av att det är olika utformning från tunnel till tunnel, speciellt inte inom samma geografiska närområde.

9.10. Fysiska och psykiska upplevelser under försöket

I enkätens fjärde och avslutande del fick försökspersonerna svara på frågor som bl.a. handlade om deras upplevelser och känslor under försöket. Nedan redovisas försökspersonernas svar på frågorna om vilka känslor de kände under försöket. Svaren lämnades i en skala från 1 till 7, där 1 motsvarade värdet "ingen" och 7 "stor" (om inget annat anges). Även två frågor från enkätens andra del om upplevda möjligheter att ta sig ut i ett verkligt brandscenario, och försökets grad av realism, inkluderas nedan.

9.10.1. Osäkerhet

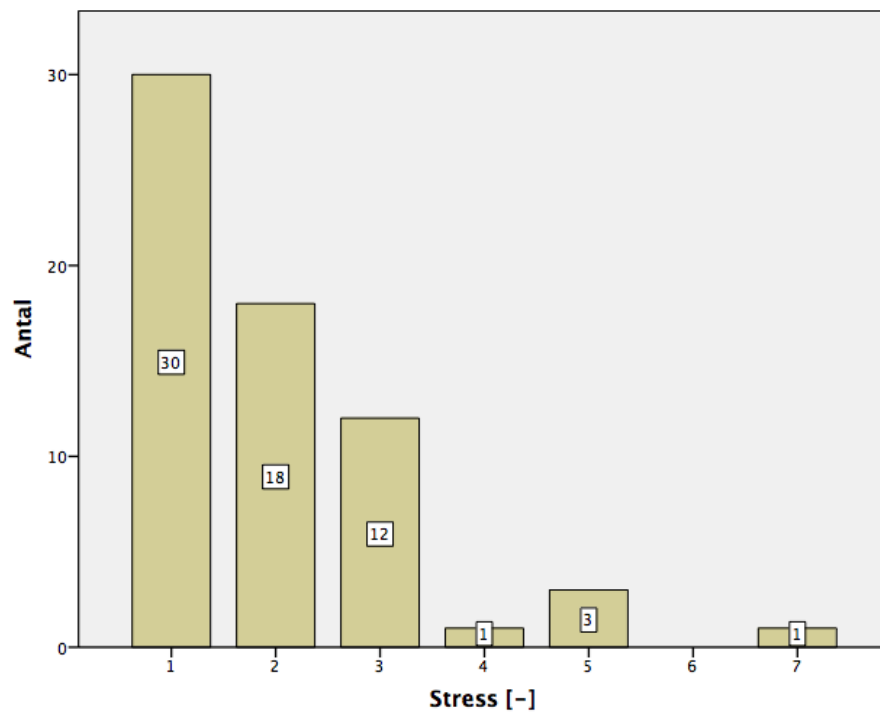
Totalt bedömde 65 försökspersoner sin upplevda osäkerhet under försöket; svaren redovisas i Figur 33. Generellt verkar majoriteten av försökspersonerna ha upplevt små osäkerhetskänslor under försöket.



Figur 33. Försökspersonernas bedömning av upplevda osäkerhetskänslor under utrymningsförsöket. Utdata från SPSS.

9.10.2. Stress

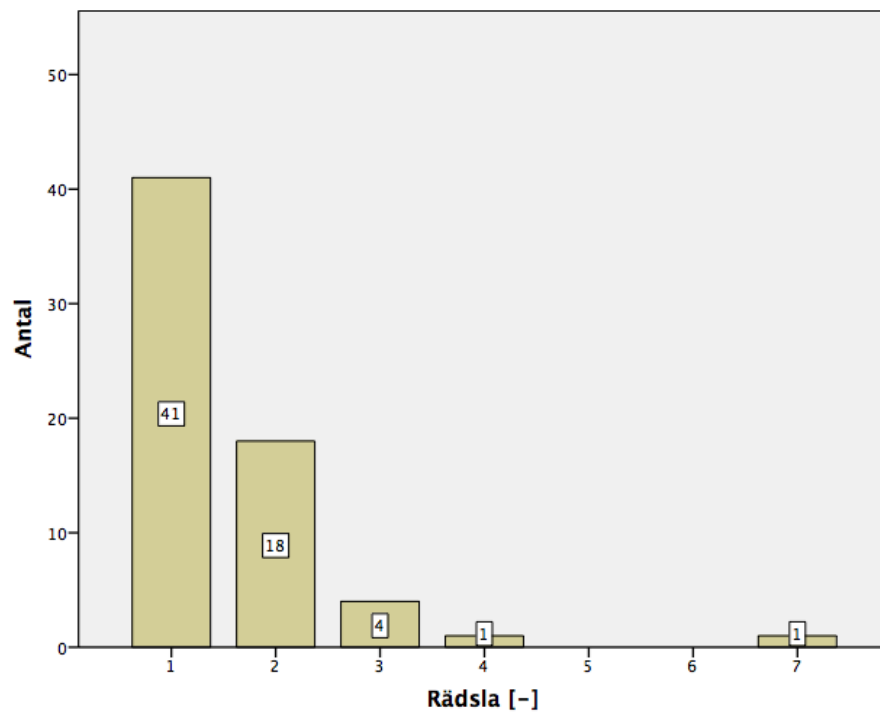
Totalt bedömde 65 försökspersoner sin upplevda stress under försöket; svaren redovisas i Figur 34. Liksom för upplevd osäkerhet verkar majoriteten av försökspersonerna ha upplevt små osäkerhetskänslor under försöket.



Figur 34. Försökspersonernas bedömning av upplevda stresskänslor under utrymningsförsöket. Utdata från SPSS.

9.10.3. Rädsla

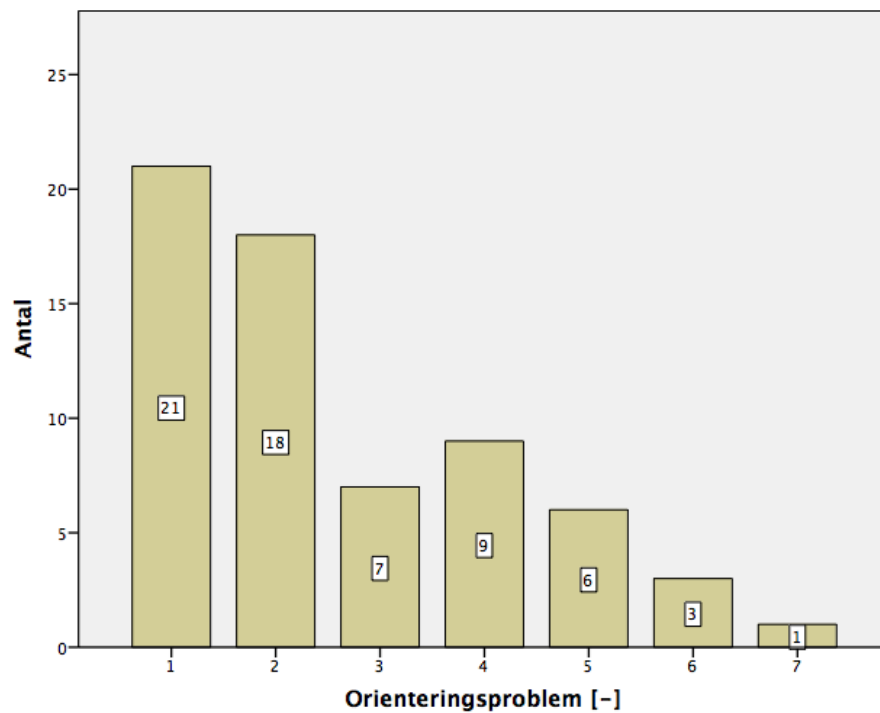
Totalt bedömde 65 försökspersoner sina känslor kopplat till rädsla under försöket; svaren redovisas i Figur 35. Endast en försöksperson uppgav att han/hon känt sig mycket rädd i försöket, i övrigt verkar de flesta försökspersonerna inte upplevt några känslor kopplat till rädsla.



Figur 35. Försökspersonernas bedömning av upplevd rädsla under utrymningsförsöket. Utdata från SPSS.

9.10.4. Orienteringsproblem

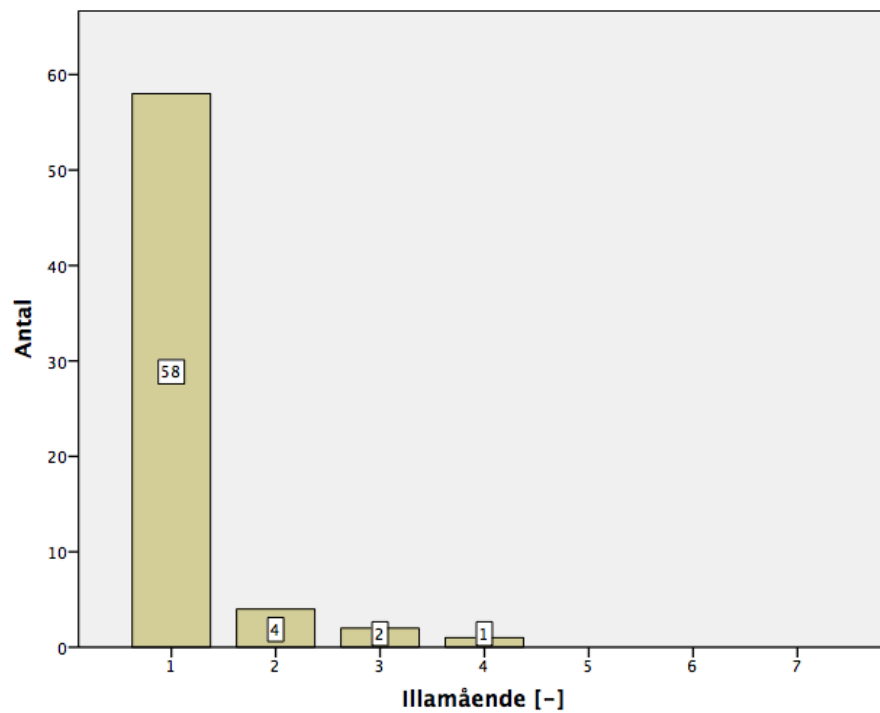
Totalt bedömde 65 försökspersoner sina upplevda orienteringsproblem under försöket; svaren redovisas i Figur 36. Tio personer angav ett värde > 4 , vilket i sammanhanget får tolkas som att de flesta inte haft några större problem att orientera sig under försöket.



Figur 36. Försökspersonernas bedömning av upplevda orienteringsproblem under utrymningsförsöket. Utdata från SPSS.

9.10.5. Illamående

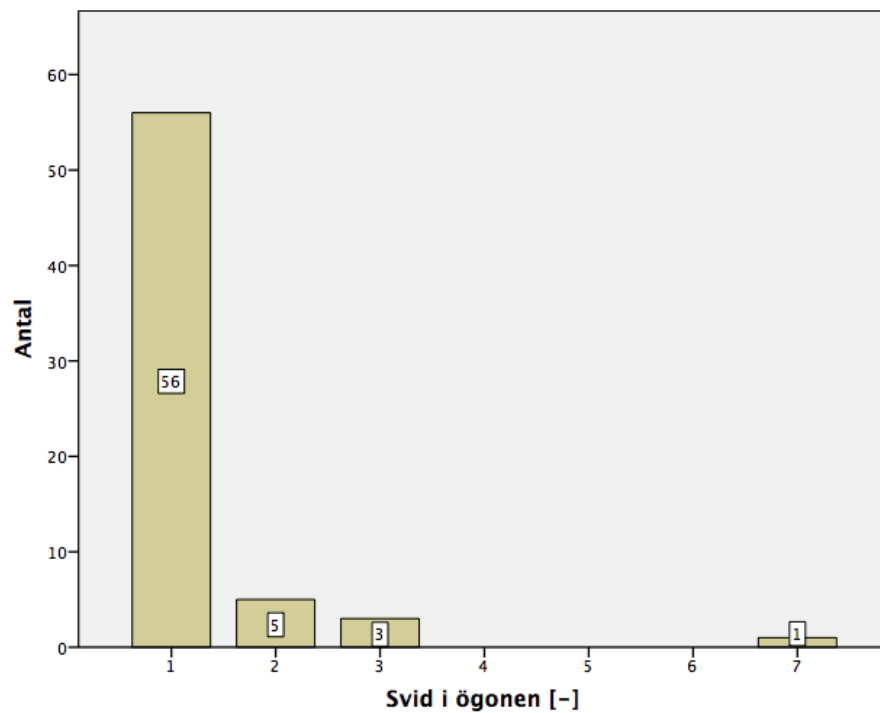
Totalt svarade 65 försökspersoner på frågan om illamående under försöket; svaren redovisas i Figur 37. Av dessa angav endast sju personer ett värde > 1 (och då max 4), vilket i sammanhanget tolkas som att ingen känt sig särskilt illamående under försöket.



Figur 37. Försökspersonernas bedömning av upplevt illamående under utrymningsförsöket. Utdata från SPSS.

9.10.6. Svidande ögon

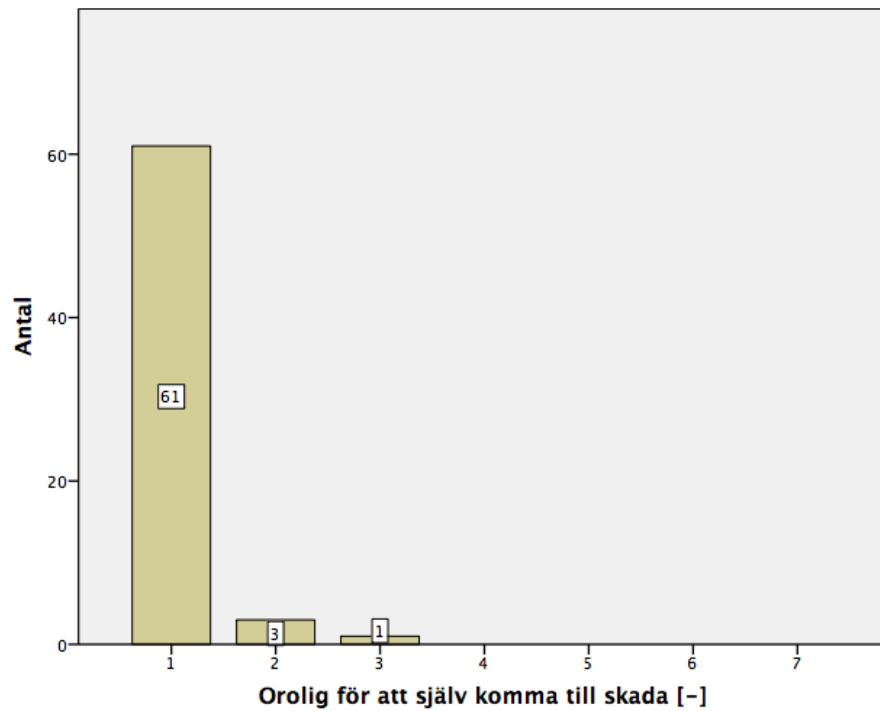
Totalt svarade 65 försökspersoner på frågan om svidande ögon under försöket; svaren redovisas i Figur 38. Bortsett från en person, som uppgav att denne haft stora problem med svidande ögon, verkar ingen ha upplevt några obehagsproblem kopplat till svidande ögon under försöket.



Figur 38. Försökspersonernas bedömning av upplevt obehag kopplat till svidande ögon under utrymningsförsöket. Utdata från SPSS.

9.10.7. Oro att komma till skada

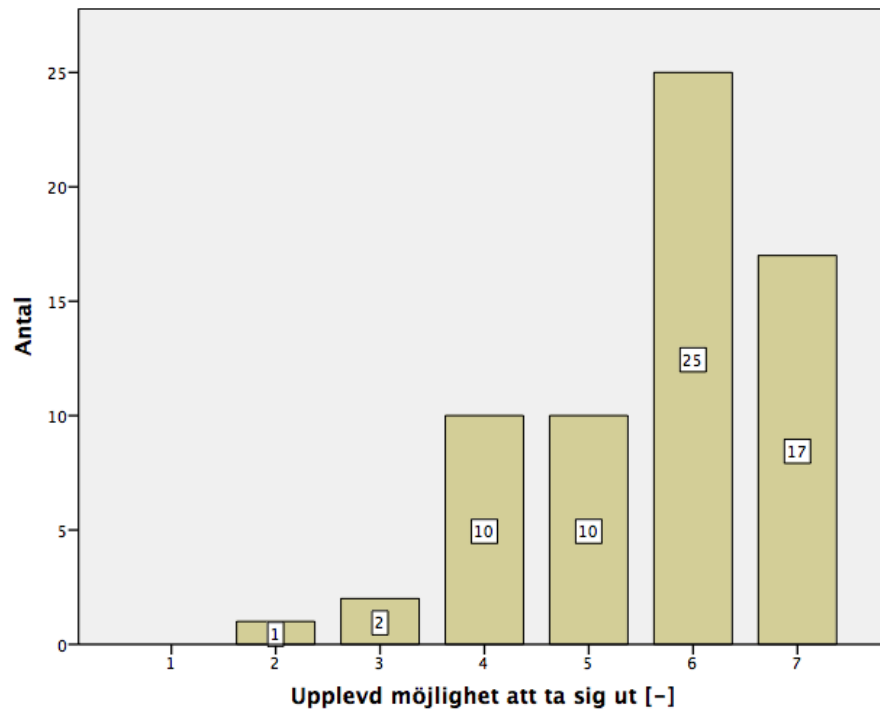
Utöver ovan frågor kopplat till upplevda känslor under försöket fick samtliga försökspersoner även svara på en fråga om de kände sig oroliga att komma till skada någon gång under försöket. Frågan besvarades även den i en skala 1-7, där 1 motsvarade värdet "Nej, inte alls" och 7 värdet "Ja, väldigt mycket". Totalt besvarades frågan av 65 försökspersoner, och svaren redovisas i Figur 39. Som kan ses var det ingen av försökspersonerna som kände sig särskilt oroliga för att komma till skada under försöket.



Figur 39. Försökspersonernas svar på frågan om de kände oro för att komma till skada under försöket. Utdata från SPSS.

9.10.8. Upplevda möjligheter att ta sig ut

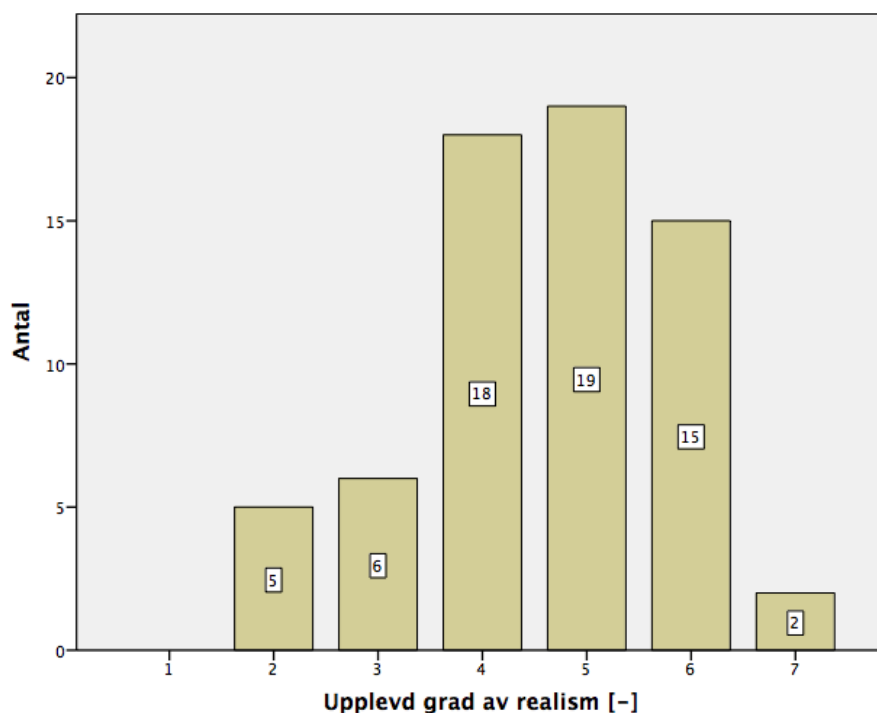
Försökspersonerna fick i enkätens andra del bedöma sina möjligheter att ta sig ut ur tunneln om försöket istället hade varit ett verkligt brandscenario. Totalt 65 försökspersoner besvarade frågan på en skala 1-7, där 1 motsvarade värdet "mycket små" och 7 "mycket stora". Det kan konstateras att det, trots en viss spridning i svaren, verkar som att försökspersonerna som deltog i försöket bedömde sina möjligheter att utrymma till en säker plats som goda (se Figur 40).



Figur 40. Försökspersonernas svar på frågan om deras möjligheter att utrymma tunneln om försöket istället hade varit en verklig brand. Utdata från SPSS.

9.10.9. Grad av realism

I enkätens andra del fick försökspersonerna även besvara en fråga om den upplevda graden av realism i försöket. Bedömningen gjordes i en skala 1-7, där 1 motsvarade värdet "Har inget med en riktig brandmiljö att göra" och 7 "Mycket verklighetsnära". Svaren, som lämnades av totalt 65 försökspersoner, illustrerar en viss spridning bland försökspersonernas uppfattning, se Figur 41. Tyngdpunkten ligger dock kring värdet 5, och bedömningen är att den stora majoriteten upplevde försöket som relativt verklighetstroget.



Figur 41. Försökspersonernas svar på frågan om den upplevda graden av realism. Utdata från SPSS.

9.10.10. Åsikter om att genomföra den här typen av försök

Försökspersonerna fick även lämna sina synpunkter på vad de ansåg om att genomföra ett försök där de som försökspersoner exponeras för en relativt realistisk brandmiljö. Av de totalt 65 försökspersoner som besvarade frågan svarade 64 att de tyckte det var bra att den här typen av försök genomförs. Endast en försöksperson svarade således att han/hon inte tyckte att det var bra. Bland de försökspersoner som tyckte det var bra att den här typen av försök genomförs motiverades svaret bland annat med att:

- det ökar den individuella kunskapsnivån och förståelsen för den här typen av bränder
- det ökar förmågan att överleva riktiga tunnelbränder (övning ger färdighet, som en försöksperson uttryckte sig)
- det framkallar känslor som ökar kunskapen om försökspersonens eget beteende i den här typen av situationer
- det möjliggör för realistiska och tillförlitliga forskningsresultat
- det kan öka säkerhetsnivån i vägtunnlar
- det möjliggör för utveckling av nya och bättre tekniska system kopplat till utrymningssäkerhet

9.10.11. Övriga synpunkter och kommentarer

Avslutningsvis fick försökspersonerna möjlighet att lämna övriga synpunkter och kommentarer. Bland kommentarerna, ej korrekta ordalydelser, finns följande som kan vara värdefulla att återge:

- försöket borde vara mer realistiskt, kanske med fler statister i tunneln eller personer i bilarna och mörkare tunnel
- värme och flammande ljus borde finnas
- högre ljudnivå eller brummande billjud för att efterlikna en verklig miljö
- eftersom jag visste att röken var ofarlig var jag osäker på hur jag skulle bete mig i jämförelse med en verklig situation
- i körkortsutbildningen borde det finnas information om hur man ska bete sig vid en brand i en tunnel
- undrar hur en döv person skulle agera

Flera av synpunkterna är knutna till att försöket borde vara mer realistiskt och med en mer allvarlig exponering av försökspersonerna. Det finns dock även andra kommentarer som kan vara relevanta att lyfta fram t.ex. kommentaren om beteendebildning i samband med körkortsutbildningen. Det går inte att se någon koppling mellan återgivna synpunkter och det scenario respektive försöksperson utsattes för.

10. Slutsatser

Utrymningsförsöket som genomfördes i Norra länken representerar ett s.k. "worst credible"-scenario där t.ex. en brand inträffar vid köbildning i en vägtunnel, och där röken sprids bland stillastående bilister. De siktförhållanden som rådde under försöket motsvarar i en siktsträcka på 2,5-4 m, en förhållandevis dålig sikt med tjock rök. Givet dessa förutsättningar dras följande slutsatser från försöket:

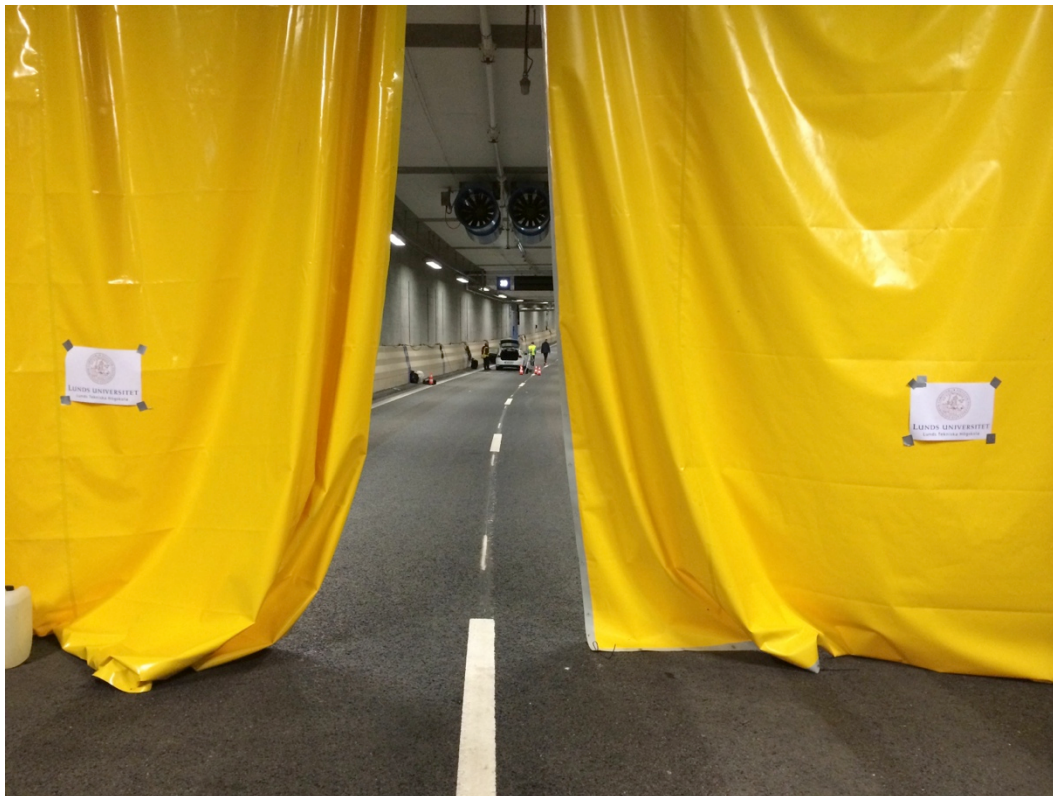
- Föreslagen design på utrymningsportal för Förbifart Stockholm framstår som lämplig för ändamålet. Oavsett försöksscenario valde en stor andel av försökspersonerna att använda den i försöket.
- För att öka sannolikheten att människor vid en utrymning av Förbifart Stockholm uppmärksammar och använder utrymningsvägarna föreslås följande kompletteringar (prioriterade med avseende på bedömd nytta med beaktande av kostnad för installation och underhåll):
 - Installera informationsskyltar mittemot utrymningsvägarna (d.v.s. på motsatt tunnelsida) för att upplysa utrymmande personer om att de befinner sig mittemot en utrymningsväg.
 - Installera vägledande markeringar med utrymningssymbol och avståndsangivelse till de två närmaste utrymningsvägarna på den sida som inte är försedd med utrymningsvägar. Dessa skyltar med vägledande markeringar bör placeras lika på respektive sida av tunneln, men behöver inte nödvändigtvis utrustas med en egen armatur.
 - Utrusta utrymningsportalerna med aktiva högtalare likt de som användes i försöket. Installationen förutsätter dock att den övriga ljudmiljön i tunneln (t.ex. aktiva rökevakueringsfläktar) beaktas vid planering, projektering och installation av högtalaren.
- Liksom i tidigare försök använde flera försökspersoner sina händer för att orientera och/eller röra sig framåt i den rökfyllda miljön, t.ex. genom att känna sig fram på tunnelväggen. En handledare (eller motsvarande) framstår i sammanhanget som viktig för att underlätta för människor att röra sig framåt. Inte osannolikt skulle de kunna göra så med högre hastighet p.g.a. minskad osäkerhet kopplat till t.ex. orientering. En handledare som löper längs med tunneln skulle också kunna utformas med brytpunkter mittemot utrymningsvägar för att ytterligare uppmärksamma utrymmande människor på att de befinner sig i närheten av en säker plats.
- Som sista rekommendation kan några av försökspersonernas synpunkter tjäna som riktmärke; installationer bör vara tydliga, väl upplysta och vara likformigt utformade mellan olika tunnlar.

11. Referenser

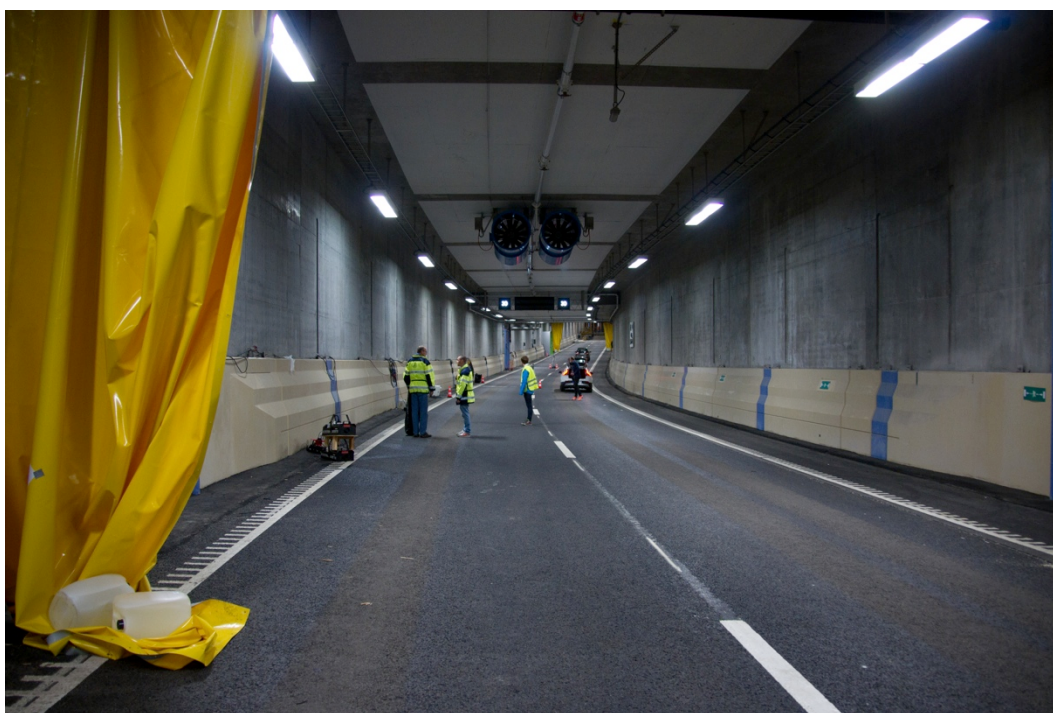
- Foddy, W. (1993). *Constructing questions for interviews and questionnaires: theory and practice in social research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fridolf, K. (2013). Evacuation of a Smoke Filled Tunnel: Human Behaviour, Movement Speed and Exit Choice. Lund: Lund University.
- Fridolf, K., Andrée, K., Nilsson, D., & Frantzich, H. (2013). The Impact of Smoke on Walking Speed. *Fire and Materials*, 38(7), 744-759. doi: 10.1002/fam.2217
- Fridolf, K., & Frantzich, H. (2014). Delrapport: Test av vägledande system i en tunnel. Lund: Lund University.
- Fridolf, K., Ronchi, E., Nilsson, D., & Frantzich, H. (2013). Movement speed and exit choice in smoke-filled rail tunnels. *Fire Safety Journal*, 59, 8-21. doi: 10.1016/j.firesaf.2013.03.007
- Jin, T. (2008). Visibility and Human Behavior in Fire Smoke. In P. J. DiNenno (Ed.), *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (Fourth ed.). Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- Palmgren, R., & Åberg, J. (2010). Vilka ljud - och ljussignaler passar bäst som utrymningslarm? En undersökning av egenskaper hos signaler. Lund: Lunds universitet.
- Ronchi, E., & Nilsson, D. (2014a). Interim Report: Flashing Lights for Road Tunnel Emergency Exit Portals - A Virtual Reality Experiment. Lund: Lunds universitet.
- Ronchi, E., & Nilsson, D. (2014b). Interim Report: Traffic Information Signs, Colour Scheme of Emergency Exit Portals and Acoustic Systems for Road Tunnel Emergency Evacuations. Lund: Lunds universitet.
- BSI (2013). BS 5839-1:2013 Fire detection and fire alarm systems for buildings. British Standards Institution.
- Zigmond, A. S., & Snaith, R. P. (1983). The hospital anxiety and depression scale. *Acta psychiatrica Scandinavica*, 67(6), 361-370.

Bilaga 1: Bilder på försöksområdet

Nedan presenteras utvalda bilder från försöksområdet för att illustrera den miljö som försökspersonerna vistades i.



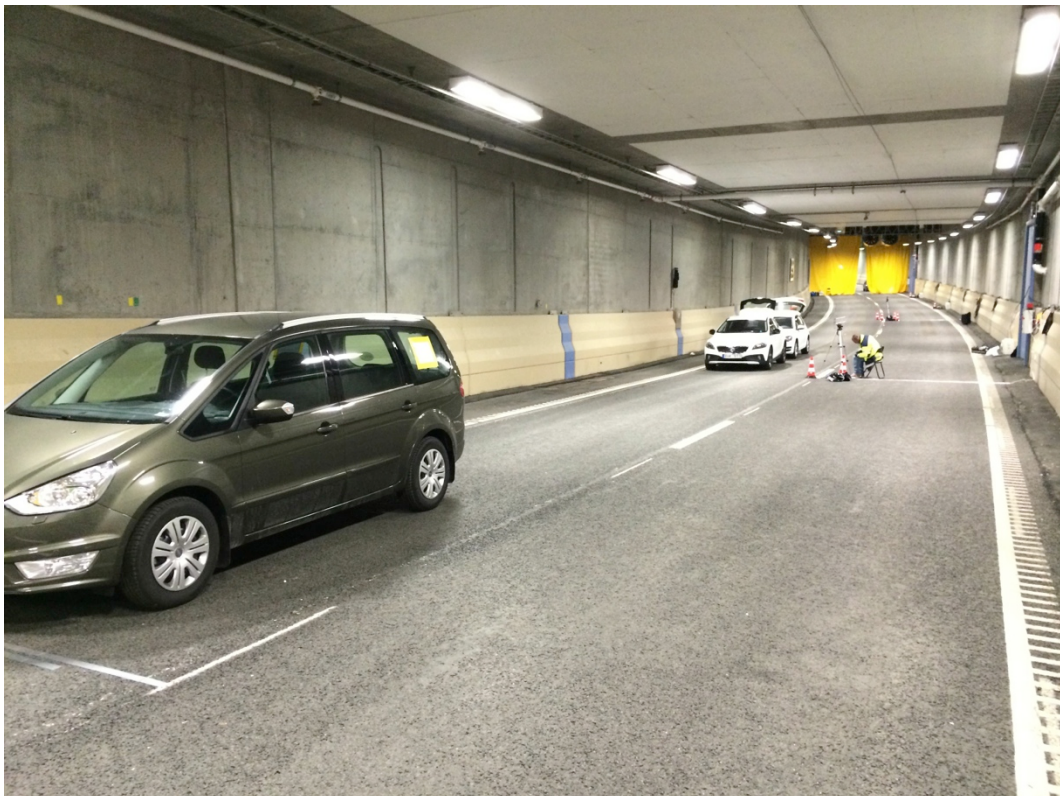
Figur 42. Östra sidan av den rökfyllda delen av försöksområdet spärrades av med gardiner dels för att minska rökspridningen och dels för att inte försökspersonerna skulle se miljön innan de kördes in i röken.



Figur 43. Infrastrukturen under försöket utgjordes till stor del av befintliga installationer i Norra länkens tunnlar.



Figur 44. Bilden illustrerar den rökfyllda delen av försöksområdet (utan rök).



Figur 45. I den rökfyllda delen av försöksområdet fanns alltid 4-5 personbilar utplacerade för att symbolisera övergivna fordon.



Figur 46. Västra sidan av den rökfyllda delen av försöksområdet, även här avgränsad från övriga delar av tunnelsystemet med gardiner.



Figur 47. I slutet av den rökfyllda delen av försöksområdet installerades en utrymningsportal.



Figur 48. Inledande rökfyllnad av försöksområdet.



Figur 49. Ytterligare ett exempel på inledande rökfyllnad av försöksområdet.



Figur 50. Ytterligare ett exempel på miljön i den rökfria delen av försöksområdet, tagen i körriktningen. Försökspersonerna var instruerade att hålla sig till vänster om den heldragna linje som syns i mitten av bilden.



Figur 51. I slutet av den rökfria delen av försöksområdet stod en videokamera som filmade försökspersonerna när de passerade den.

Bilaga 2: Rekryteringsannons



Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Avdelningen för brandteknik

UTRYMNINGSFÖRSÖK I VÄGTUNNELN NORRA LÄNKEN: FÖRSÖKSPERSONER SÖKES

Avdelningen för Brandteknik vid LTH, Lunds universitet, bedriver bland annat forskning om människors beteende vid brand. Nu söker vi försökspersoner till ett utrymningsförsök i en rökfylld vägtunnel som kommer att genomföras under dag- och kvällstid i Stockholm den 1/7 – 3/7. För dig som deltar i försöket utgår en ersättning på 300 kronor efter skatt. Dessutom kommer det att finnas mindre tilltugg/fika på plats.

I försöket, som genomförs i en av tunnelarna i Norra länken, kommer du bl a att gå genom tät rök i en tunnelmiljö som ska efterlikna en vägtunnel. Du kommer att befinna dig i den rökfyllda miljön i cirka 15 minuter. Röken är ofarlig och i praktiken inte irriterande för ögon, näsa och hals. Tunnelmiljön kan upplevas som skrämmande eller obehaglig, och du kommer därför när som helst att kunna avbryta försöket. Efter genomfört försök kommer du att få fylla i en enkät om dina upplevelser. Innan du lämnar platsen kommer du även att få mer information om försöket och en kortare brandskyddsutbildning, bl a innehållandes information om hur du bör agera vid en eventuell brand i en vägtunnel.

Själva försöket beräknas ta cirka 15 minuter, men deltagande innebär att du måste stanna på platsen i maximalt 3 timmar. Under hela denna tid kommer du att täckas av en särskilt personskadeskyddsförsäkring som tecknats till dig av Lunds tekniska högskola genom Kammarkollegiet. Deltagande förutsätter att du är 18 år eller äldre och att du behärskar det svenska språket i tal och skrift. Du får inte ha några astmatiska besvär eller till vardags arbeta som brandman eller brandingenjör.

Om du är intresserad av att delta i försöket ska du anmäla ditt intresse på denna länk: <http://www.brand.lth.se/utrymningsforsok>. Där meddelar du oss även vilken/vilka dagar du kan tänka dig att delta och när på dessa dagar det passar dig bäst. Observera att du endast kan delta vid ett tillfälle och att din anmälan behandlas som en intresseanmälan.

Väljs du ut som försöksperson i försöket kommer du att få mer information om försöket, bl a om hur försöket kommer att gå till, vilka risker du kommer att utsättas för, hur försökets resultat kommer att hanteras och var det kommer att publiceras, och hur du som försöksperson är försäkrad under ditt deltagande i försöket. För dig som deltar i försöket utgår en ersättning på 300 kronor (efter skatt), dessutom kommer det att finnas mindre tilltugg/fika på plats.

Huvudansvarig för försöken är Håkan Frantzich. Vid frågor om försöket, vänligen kontakta Håkan via mejl hakan.frantzich@brand.lth.se eller telefon 046-222 79 24.

Postadress Brandteknik, Lunds universitet, Box 118, 221 00 Lund Besöksadress Getingevägen 60, Lund Telefon dir 046-222 79 24 Telefon växel 046-222 73 60 E-post hakan.frantzich@brand.lth.se Web www.brand.lth.se

Bilaga 3: Intresseanmälningssformulär

Intresseanmälan för deltagande vid utrymningsförsök i vägtunneln Norra Länken, Stockholm

2014-10-07 14:36

Intresseanmälan för deltagande vid utrymningsförsök i vägtunneln Norra Länken, Stockholm

Avdelningen för Brandteknik vid LTH, Lunds universitet, bedriver bland annat forskning om människors beteende vid brand. Nu söker vi försökspersoner till ett utrymningsförsök i en rökfylld vägtunnel som kommer att genomföras i Norra Länken, Stockholm. Försöket genomförs under tre dagar i vecka 27 (1-3 juli), och syftet är att undersöka hur teknisk utrustning i vägtunnlar kan utformas för att underlätta för personer som utrymmer genom rök. För de försökspersoner som väljs ut att delta i försöket utgår en ersättning på 300 kr efter skatt, dessutom finns vid genomförandet mindre tilltugg och fika på plats.

Genom att fylla i detta formulär anmäler du ditt intresse av att delta i försöket. Formuläret består av tre delar: 1) En del med frågor om dig som intresserad försöksperson, bl a kontaktuppgifter; 2) en del med frågor om vilka dagar som du kan tänka dig att delta i försöket v 27, och; 3) en del som utgör en s k HAD*-undersökning (se nedan). Observera att din anmälan tills vidare endast behandlas som en intresseanmälan. Väljs du ut som försöksperson i försöket kommer du att få mer information om försöket, bl a om hur försöket kommer att gå till, vilka risker du kommer att utsättas för, hur försökets resultat kommer att hanteras och var det kommer att publiceras, och hur du som försöksperson är försäkrad under ditt deltagande i försöket. I grova drag ser tidplanen för rekryteringsprocessen ut så här:

Vecka 23: Möjlighet till intresseanmälan öppnas

Vecka 25: Måndag 16/6 sista dag för anmälan. Urval av försökspersoner görs och samtliga intresserade kontaktas ang resultat av urval. De som valts ut som försökspersoner får detaljerad information om försöket och en vecka på sig att bekräfta sin plats i försöket.

Vecka 26: Onsdag 25/6 sista dag för bekräftelse av plats i försöket. Ev kontaktas reserver vid avhopp.

De svar du lämnar i detta formulär kommer endast att hanteras av forskare som är engagerade i den aktuella studien. När rekryteringsprocessen är avslutad och försöket är genomfört kommer informationen att raderas. De uppgifter du lämnar i detta formulär kommer aldrig att kopplas till det resultat som försöket genererar.

Ansvaret för rekryteringen till försöket är Karl Fridolf (karl.fridolf@brand.lth.se / 046-222 73 66) och huvudansvarig för hela försöket är Håkan Frantzich (hakan.frantzich@brand.lth.se / 046-222 79 24). Välkommen att kontakta oss om du har några frågor som rör rekryteringen eller försöket som sådant.

* Samtliga försökspersoner som ska delta i det utrymningsförsök som genomförs i Norra Länken under v 27 måste genomgå en s k HAD-undersökning. HAD står för Hospital Anxiety and Depression och HAD-undersökningen är ett enkelt självskattningsformulär för att grovt bedöma tendenser för depression och ångest.

*Required

Del 1: Information om dig som intresserad försöksperson

Syftet med denna del är att samla in person- och kontaktuppgifter om dig som intresserad försöksperson. Informationen kommer att användas i urvalet av försökspersoner samt i efterföljande kontakt. Uppgifterna kommer inte att kopplas ihop med insamlad data i försöket och kommer att raderas efter det att rekryteringsprocess och försök är genomfört.

1. **Födelsedatum ***

.....
Example: 15 December 2012

2. **Kön ***

Mark only one oval.

☐

Man

☐

Kvinna

3. **Förnamn ***

.....

4. **Efternamn ***

.....

5. **Mobiltelefonnummer ***

Anges med tio siffror utan bindestreck, t ex
 0701234567

.....

6. **E-post ***

.....

Del 2: Information om när du kan delta i försöket

Syftet med denna del är att samla in information om när du som intresserad försöksperson kan och skulle vilja delta i utrymningsförsöket. Uppgifterna kommer att användas i urvalet av försökspersoner.

7. **Markera det eller de datum och tider som skulle passa dig bäst ***

Du kan markera mer än ett alternativ, men utvalda försökspersoner kommer endast att få delta vid ett tillfälle.

Tick all that apply.

☐

Ti 1/7: 9-12

☐

Ti 1/7: 12-15

☐

Ti 1/7: 15-18

☐

Ti 1/7: 18-21

☐

On 2/7: 9-12

☐

On 2/7: 12-15

☐

On 2/7: 15-18

☐

On 2/7: 18-21

☐

To 3/7: 9-12

☐

To 3/7: 12-15

Del 3: HAD-undersökning

Samtliga försökspersoner som ska delta i det utrymningsförsök som genomförs i Norra Länken under v 27 måste genomgå en s k HAD-undersökning. HAD står för Hospital Anxiety and Depression och HAD-undersökningen består av ett enkelt självskattningsformulär för att uppskatta en persons psykiska hälsa.

Syftet med denna del är att låta dig som intresserad försöksperson genomgå den s k HAD-undersökningen. Uppgifterna kommer att användas i urvalet av försökspersoner. De kommer inte att kopplas ihop med insamlad data i försöket och kommer att raderas efter det att rekryteringsprocess och försök är genomfört.

En del av frågorna i denna del kan upplevas som märkliga och svarsalternativen till respektive fråga kan uppfattas som missvisande. Formuläret bygger dock på en standardiserad metod, och den är inte framtagen av oss som leder utrymningsförsöket. Vi utnyttjar alltså bara en befintlig metod i vår bedömning och ber dig därför att besvara respektive fråga så gott du kan utifrån de förutsättningar du har.

8. Jag känner mig spänd och nervös *

Mark only one oval.

- ☐ Mestadels
- ☐ Ofta
- ☐ Av och till
- ☐ Inte alls

9. Jag uppskattar fortfarande saker jag tidigare uppskattat *

Mark only one oval.

- ☐ Definitivt lika mycket
- ☐ Inte lika mycket
- ☐ Endast delvis
- ☐ Nästan inte alls

10. Jag har en känsla av att något hemskt kommer att hända *

Mark only one oval.

- ☐ Mycket klart och obehagligt
- ☐ Inte så starkt nu
- ☐ Betydligt svagare nu
- ☐ Inte alls

11. Jag kan skratta och se det roliga i saker och ting *

Mark only one oval.

- ☐ Lika ofta som tidigare
- ☐ Inte lika ofta nu
- ☐ Betydligt mer sällan nu
- ☐ Någon enstaka gång

12. **Jag bekymrar mig över saker ***

Mark only one oval.

- ☐ Mestadels
- ☐ Ganska ofta
- ☐ Av och till
- ☐ Någon enstaka gång

13. **Jag känner mig på gott humör ***

Mark only one oval.

- ☐ Aldrig
- ☐ Sällan
- ☐ Ibland
- ☐ Mestadels

14. **Jag kan sitta still och känna mig avslappnad ***

Mark only one oval.

- ☐ Absolut
- ☐ Vanligtvis
- ☐ Sällan
- ☐ Aldrig

15. **Allting känns trögt ***

Mark only one oval.

- ☐ Nästan alltid
- ☐ Ofta
- ☐ Ibland
- ☐ Aldrig

16. **Jag känner mig orolig, som om jag hade fjärilar i magen ***

Mark only one oval.

- ☐ Aldrig
- ☐ Ibland
- ☐ Ganska ofta
- ☐ Väldigt ofta

17. **Jag har tappat intresset för hur jag ser ut ***

Mark only one oval.

- ☐ Fullständigt
- ☐ Till stor del
- ☐ Delvis
- ☐ Inte alls

18. **Jag känner mig rastlös ***

Mark only one oval.

- ☐ Våldigt ofta
- ☐ Ganska ofta
- ☐ Sällan
- ☐ Inte alls

19. **Jag ser med glädje fram emot saker och ting ***

Mark only one oval.

- ☐ Lika mycket som tidigare
- ☐ Mindre än tidigare
- ☐ Mycket mindre än tidigare
- ☐ Knappt alls

20. **Jag får plötsliga panikkänslor ***

Mark only one oval.

- ☐ Våldigt ofta
- ☐ Ganska ofta
- ☐ Sällan
- ☐ Aldrig

21. **Jag kan uppskatta en god bok, ett TV- eller radioprogram ***

Mark only one oval.

- ☐ Ofta
- ☐ Ibland
- ☐ Sällan
- ☐ Mycket sällan

Bilaga 4: Enkät

Enkät: Utrymningsförsök i Norra Länken

Denna enkät är indelad i fyra delar och innehåller dels s.k. öppna frågor och dels s.k. kryssfrågor. De öppna frågorna besvaras av dig i löpande text eller med stödord, kryssfrågorna genom att du markerar det eller de alternativ som stämmer bäst in. Vänligen ta god tid på dig för att besvara frågorna. Räcker inte utrymmet under frågan kan du skriva på baksidan av pappret.

Kom ihåg att dina svar kommer att behandlas så att de inte kan spåras till dig i all redovisning av försöken.

På denna sida ber vi endast om ditt namn. När försöken är avslutade kommer förstasidan att separeras från resten av enkäten så att dina svar inte kan spåras tillbaka till dig i efterhand.

Namn (för- och efternamn)

Del I - Allmän information

1. Hur gammal är du?

Ålder: _____ år

2. Är du man eller kvinna?

- ☐ Man
☐ Kvinna

3. Hur lång är du (ungefär)?

Längd: _____ cm

4. Vad väger du (ungefär)?

Vikt: _____ kg

5. Är du höger- eller vänsterhänt?

- ☐ Högerhänt
☐ Vänsterhänt

6. Har du B-körkort (personbil)?

- ☐ Ja
☐ Nej

7. Hur ofta åker du genom en vägtunnel som är längre än ca 100 m? Markera det alternativ som stämmer bäst.

- ☐ Flera gånger i veckan
☐ Ungefär 1 gång i veckan
☐ Ungefär 1 gång i månaden
☐ Mindre än 1 gång i månaden

8. Har du någon gång tagit del av information om vad du skall göra vid en eventuell brand i en vägtunnel?

☐ Ja
☐ Nej

Om ja, beskriv på vilket sätt:

9. Har du någon gång själv funderat på brandsäkerhet i vägtunnlar?

☐ Ja
☐ Nej

Om ja, beskriv vad du funderat på:

10. Har du vid ett tidigare tillfälle varit med om en brand i en vägtunnel?

☐ Ja
☐ Nej

Om ja, beskriv händelseförloppet:

Del II – Försöket

11. Hur skulle du beskriva graden av realism i försöket i jämförelse med hur du tror (eller vet) att miljön är vid en riktig brand?

Har inget med riktig brandmiljö att göra	1	2	3	4	5	6	7	Mycket verklighetsnära
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

12. Om detta hade varit på riktigt, vad tror du om dina möjligheter att ta dig ut?

Mycket små	1	2	3	4	5	6	7	Mycket stora
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

13. Vad var det för tecken eller signaler du letade efter när du gick i tunneln?

- ☐ Ljud
- ☐ Symboler
- ☐ Ljus
- ☐ Informationsskyltar
- ☐ Värme
- ☐ Lukt
- ☐ Fasta ytor
- ☐ Annat, nämligen:

14. Använde du någon särskild taktik för att **orientera** dig i tunneln?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Om ja, beskriv taktiken:

15. Använde du någon särskild taktik för att **förflytta** dig i tunneln?

- ☐ Ja
☐ Nej

Om ja, beskriv taktiken:

16. När du gick i tunneln, kunde du (under större delen av försöket)

a. se dina händer framför dig?

- ☐ Ja
☐ Nej

b. se dina fötter?

- ☐ Ja
☐ Nej

c. se längre än så?

- ☐ Ja
☐ Nej

17. Kan du försöka att uppskatta hur många meter du i genomsnitt såg i röken?

Jag kunde se cirka _____ meter i röken

18. Hur långt tror du att du gick innan du kom till en dörr/försöket avbröts?

Sträcka: _____ meter

Del III – Installationer

19. Såg, hörde eller noterade du på något annat sätt den nödutgång som fanns installerad i slutet av försöksområdet?

- ☐ Ja
☐ Nej

Om ja, vad var det som fick dig att uppmärksamma nödutgången?

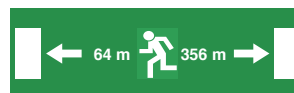
20. Använde du den nödutgång som fanns installerad i slutet av försöksområdet?

- ☐ Ja
☐ Nej

Beskriv varför/varför inte:

21. Såg du några skyltar (som på bilden) som visade vart du skulle gå?

- ☐ Ja, redan från början
☐ Ja, efter ett tag
☐ Nej



Om ja, var såg du dem?

22. Noterade du några andra installationer som kunde hjälpa dig att hitta ut?

Ja, nämligen:

- ☐ Nödutgångsskylt (se bild)
- ☐ Blinkande belysning
- ☐ Fast lysande belysning
- ☐ Starkt upplyst dörr
- ☐ Vägledande markeringar på marken
- ☐ Ljudsignal och/eller talat meddelande
- ☐ Färgad belysning
- ☐ Rinnande belysning
- ☐ Räcken (handledare liknande de i trappor)
- ☐ Annat:



☐ Nej

23. Såg du någon information som på bilden?

- ☐ Ja
- ☐ Nej



Om ja, var såg du den:

24. Hur skulle du vilja beskriva nyttan du hade av de olika installationerna?

Typ av installation		Nytta med installationen								Vet	Såg
		1	2	3	4	5	6	7	Stor	inte	inga
Nödutgångsskylt 	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Blinkande belysning	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Fast lysande belysning	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Starkt upplyst dörr	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Vägledande markering på marken	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Ljudsignal och/eller talat meddelande	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	Hörde inget
Färgad belysning	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Rinnande belysning	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	☐
Räcken (handledare likande de i trappor)	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	Kände inga
Annat (1), ange: _____	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	Kände inga
Annat (2), ange: _____	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐		☐	Kände inga

25. Baserat på dina upplevelser idag, hur tycker du att en installation/hjälpmiddel ska vara utformat för att det ska underlätta för dig vid en utrymning av en vägtunnel? Försök att beskriva vilka egenskaper som är viktiga för dig.

Del IV - Övriga känslor och upplevelser

26. Vilka känslor kände du under utrymningen?

Typ av känsla		1	2	3	4	5	6	7	
Osäkerhet	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Stor
Stress	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Stor
Rädsla	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Stor
Orienteringsproblem	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Stor
Fysiskt obehag - illamående	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Stor
Fysiskt obehag - svid i ögonen	Ingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Stor

27. Vad anser du om att genomföra denna typ av försök där du som försöksperson exponeras för en förhållandevis realistisk brandmiljö?

- ☐ Bra
☐ Inte bra

Motivera gärna:

28. Kände du dig orolig för att du själv skulle komma till skada under försöket?

	1	2	3	4	5	6	7	
Nej, inte alls	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Ja, väldigt mycket

29. Är det något annat du vill kommentera eller ge dina synpunkter på?

☐ Ja, ange:

☐ Nej

Bilaga 5: Forskningspersoninformation



Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Håkan Frantzich, Universitetslektor

Forskningspersoninformation: Utrymningsförsök i Norra länken

Under tisdag till torsdag vecka 27 kommer en rad utrymningsförsök att genomföras i vägtunneln i Norra Länken, Stockholm. Försökets syfte är att undersöka hur tunnelns tekniska utrustning kan utformas för att underlätta för personer som utrymmer genom rök. Försöket genomförs av avdelningen för Brandteknik vid LTH, Lunds universitet.

Du får denna information eftersom att du anmält ditt intresse av att delta i försöket. I avsnitten nedan hittar du information om försöket.

1. Bakgrund och syfte

Från inträffade olyckor med bränder i tunnlar har det framkommit att personer som utrymmer, inte alltid uppfattar vägledning och information knutet till brandsäkerhet. Det har bl a lett till att personer gått långa sträckor i vägtunnlar utan att upptäcka existerande utrymningsvägar. Med anledning av bygget av Förbifart Stockholm vill Trafikverket förbättra informationen till personer som utrymmer genom tät rök och det aktuella försöket kommer att undersöka olika sätt att bl a kommunicera med utrymmande personer. För att förbättra möjligheten för kommunikation med personer som utrymmer behövs kunskap om vilken utrustning som är lämplig, hur den ska utformas och hur den ska användas vid en brandsituation.

Syftet med utrymningsförsöket i Norra länken är att öka kunskapen knuten till informationsbehov vid en utrymning av en vägtunnel. Målet med studien är att utveckla nya rekommendationer som kan leda till säkrare vägtunnlar i framtiden.

2. Förfrågan om deltagande

Du har blivit kontaktad eftersom att du anmält ditt intresse av att delta efter att ha läst en annons om försöket. I detta dokument hittar du mer detaljerad information om själva försöket. Efter att ha läst informationen kan du fatta ett beslut om att delta. Försöket är helt frivilligt, och du deltar naturligtvis bara om du själv vill.

3. Hur går studien till?

I försöket kommer du att gå en längre sträcka (maximalt ca 200 meter) i en rökfylld vägtunnel. Tunneln är en del av den blivande Norra Länken i Stockholm. Tunneln är helt avstängd för trafik under försökets genomförande. Vid försöket kommer tunneln att fyllas med konstgjord rök (s k "discorök"). Röken är endast svagt irriterande.

På försöksdagen tar du dig till en samlingsplats (se bifogad information) och åker sedan med en buss tillsammans med ca tio andra försökspersoner till en plats i närheten där försöket ska genomföras. Efter en genomgång utrustas du med hjälm och skyddsoverall och leds därefter till platsen där försöket genomförs.

Du kommer att gå själv i tunneln, men det kommer hela tiden att finnas en brandman nära dig. Brandmannen kommer att filma dig med en värmekamera som kan se dig genom röken. Om du vill avbryta försöken kan du ge en signal till brandmannen som kommer och hjälper dig. Du vistas maximalt 15 minuter i den rökfyllda tunneln.

När du gått genom tunneln kommer en funktionär att hjälpa dig och ledsaga dig till den plats där du ska vänta tills försöket är avslutat. Där ska du också fylla i en enkät om dina upplevelser. Försöket betraktas som avslutat när alla i din grupp (ca 10 personer) deltagit i försöket.

Innan du får lämna försöket kommer du att vara med på en genomgång. I samband med denna genomgång får du mer information om hur du ska agera i händelse av brand i både tunnlar och byggnader. Totalt tar försöket ca tre timmar från det att du kommer tills att du lämnar försöksområdet. En buss tar dig slutligen till samlingsplatsen där du tidigare hämtades av bussen.

4. Vilka är riskerna

I tunneln kommer sikten att vara dålig på grund av den täta röken och det finns en viss risk att snubbla. Du kommer därför att använda skyddsutrustning, nämligen en skyddande overall och en hjälm. Om du har astma bör du undvika att delta i försöket. Orsaken till detta är att konströken kan upplevas som irriterande. Första-hjälpen-utrustning kommer att finnas tillgänglig på försöksplatsen för hantering av mindre åkommor.

Den tunnelmiljö som används kan upplevas som skrämmande och du kan känna obehag. Om du vill avbryta försöket kan du därför när som helst ge en signal till brandmannen som kommer att hjälpa dig ut. Du signalerar till brandmannen genom att vifta häftigt med armarna.

Tunneln befinner sig inom en byggarbetsplats men all trafik är förhindrad att komma i närheten av försöksplatsen. Vid tidpunkten för utrymningsförsöket har Norra länken ännu inte öppnats för ordinarie biltrafik.

5. Finns det några fördelar?

Den viktigaste fördelen är att du får möjlighet att öva utrymning i en rökfylld miljö, dvs i tunneln. Vidare kommer du att få en kortare genomgång om hur du bör agera i händelse av en incident eller olycka i tunnlar. Genom att du får denna information och får en möjlighet till övning i en förhållandevis realistisk miljö kommer du att vara bättre förberedd om du någon gång råkar ut för en verklig incident eller olycka.

6. Hantering av data

I tunneln kommer du att filmas med en värmekamera. Det kommer inte att vara möjligt att identifiera dig i filmerna eftersom de kameror som används bara registrerar värme. Dokumentation med vanliga videokameror kommer också att förekomma. Båda filmtyperna kommer att användas i analysen av försöket. När de inte används förvaras de inlästa på avdelningen Brandteknik vid Lunds universitet. Filmerna kommer bara att analyseras av forskare på avdelningen, men ett urval av filmerna kan komma att visas i undervisningssyfte.



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Håkan Frantzich, Universitetslektor

De filmer som väljs ut för visning i undervisningssyfte granskas extra noga för att garantera att det inte går att identifiera dig.

De resultat som presenteras i rapporter och artiklar kommer att vara kodad och det kommer inte att vara möjligt att identifiera dig. Dina kontaktuppgifter sparas i maximalt 6 månader, men de kommer aldrig att kopplas till insamlad data. Kontaktuppgifterna sparas för att vi ska kunna hantera utbetalningen av ersättningen.

7. Hur får jag information om studiens resultat?

Studiens resultat kommer att publiceras på hemsidan www.brand.lth.se. Avsikten är att resultaten ska vara publicerade senast i januari 2015. Resultaten kommer där att vara tillgängliga i form av en kortfattad populärvetenskaplig artikel.

8. Försäkring och ersättning

I samband med försöket är du försäkrad i en särskild personskadeskyddsförsäkring som tecknats av Lunds universitet via statliga Kammarkollegiet. Försäkringen är en olycksfallsförsäkring som täcker alla delar av försöket. Du kommer att erhålla 300 kronor efter skatt för att du deltar och utbetalningen av din ersättning administreras av Lunds universitets lönekontor. Utbetalning sker någon till några månader efter genomfört försök.

9. Frivillighet

Deltagande i försöket är frivilligt. Du kan när som helst välja att avbryta din medverkan i försöket. Om du väljer att avbryta under pågående försök ska du ge en signal till brandmannen som hjälper dig att hitta ut ur tunneln. Du kommer att erhålla ersättningen på 300 kronor efter skatt även om du väljer att avbryta din medverkan under pågående försök.

10. Ansvariga

Försöken genomförs av forskare på avdelningen Brandteknik vid Lunds universitet. Huvudansvarig forskare är Håkan Frantzich. Du kan nå Håkan via mejl (hakan.frantzich@brand.lth.se) eller telefon (046-222 79 24).

Du är välkommen att kontakta mig om du har frågor om studien. Detta gäller även efter eventuellt genomfört försök om du i efterhand känner tendenser till obehag.

Vänliga hälsningar

Håkan Frantzich
Universitetslektor LTH

Tel: 046-222 27 24
E-post: hakan.frantzich@brand.lth.se



Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Håkan Frantzich, Universitetslektor

Denna blankett får du nu för kännedom. Vid försöket kommer du att få fylla i en likadan blankett. Du behöver inte ta med detta exemplar av blanketten.

Samtycke – Utrymningsförsök i Norra länken

Jag har tagit del av ovanstående information om försöket i vägtunneln i Norra länken som genomförs under vecka 27 år 2014. Dessutom har jag fått möjlighet att ställa frågor och fått på de frågor jag har. Jag samtycker även till att filmningen med värmekamera av mitt deltagande kan komma att användas i utbildningssyfte men att de då inte får vara möjligt att identifiera mig som person. Jag är därför insatt i vad försöken innebär och samtycker härmed till att delta i studien.

Signatur

Ort och datum

Namnförtydligande

Bilaga 6: Sammanställning av siktsträckor och gånghastigheter

I Tabell 27 redovisas en sammanställning av beräknad och upplevd siktsträcka på individnivå, liksom dokumenterade gånghastigheter i rökfylld och rökfri miljö. Avseende den beräknade siktsträckan så har beräkning gjorts för det tidsintervall som försökspersonen vistades i den rökfyllda delen av försöksområdet. Den upplevda siktsträckan är hämtad från försökspersonernas enkätsvar.

För två personer (ID 34 och 43) kunde ingen beräkning göras p.g.a. röktätheten låg utanför det preciserade dämpningsintervallet ovan. För tre personer (ID 24, 36 och 55) låg en av i storleksordningen 10 mätpunkter utanför det preciserade dämpningsintervallet (de har markerats med orange färg).

Tabell 27. Sammanställning av siktsträckor och gånghastigheter på individnivå.

ID	Siktsträcka [m]		Gånghastighet [m/s]		
	Beräknad	Upplevd	Rökfylld	Rökfri	Fraktion
51	3,44	1,5	0,87	1,71	0,51
54	3,77	1	1,32	1,60	0,82
57	3,85	2	1,46	1,46	1,00
58	3,88	5	1,86	1,95	0,95
56	3,96	2-3	1,14	1,63	0,70
60	3,99	3	1,53	1,71	0,89
55	3,39	0,79	1,50	1,73	0,87
65	2,95	0,5	0,77	1,52	0,51
63	2,20	2	1,15	1,73	0,66
61	1,87	1	1,34	1,76	0,76
49	1,92	1	0,81	1,17	0,69
67	2,01	2-3	2,36	1,73	1,37
70	2,55	0,5-1	0,70	1,55	0,45
71	2,61	1	1,00	1,54	0,65
48	2,67	2	1,50	1,58	0,95
47	2,75	1,5-2	0,90	1,60	0,56
46	2,88	0,5-2	1,18	1,74	0,68
45	2,98	2	0,93	1,89	0,49
44	3,03	1-2	1,34	1,64	0,82
43	-	5	1,16	1,59	0,73
34	-	1-2	1,32	1,63	0,81
42	2,44	2	0,70	0,97	0,72
41	2,69	2	1,20	1,76	0,68
40	2,95	3	0,99	1,90	0,52
39	3,09	3	1,05	1,65	0,64
38	3,35	2	1,44	1,78	0,81
37	3,81	2	1,42	1,54	0,92
36	3,80	1,5	0,88	2,12	0,41
35	3,95	1,5	1,39	1,68	0,83
31	3,43	1	1,20	1,89	0,64
33	3,03	3	1,20	1,49	0,81

ID	Siktsträcka [m]		Gånghastighet [m/s]		
	Beräknad	Upplevd	Rökfylld	Rökfri	Fraktion
30	2,95	1	1,13	1,48	0,76
32	3,38	1	1,63	1,78	0,91
29	3,96	2	1,39	1,44	0,96
25	3,08	2	0,70	1,33	0,53
28	3,20	1,5	1,15	1,60	0,72
28	3,10	2-3	1,63	1,83	0,89
27	3,01	1	1,81	1,95	0,93
26	2,93	1,5	1,70	1,66	1,02
24	3,07	1,5	0,93	1,32	0,70
23	2,94	100	1,20	1,37	0,87
21	3,43	2-3	1,10	1,46	0,75
19	3,71	2	1,03	1,37	0,75
20	2,69	1-2	1,70	1,65	1,03
18	3,06	1,5-2	0,96	1,57	0,61
17	3,09	1	0,72	1,18	0,61
16	2,07	2	0,60	1,40	0,43
14	2,37	1,5-2	1,63	1,76	0,92
15	3,05	1,5	1,26	1,80	0,70
13	3,05	1,5	1,63	1,63	1,00
12	2,69	1-2	0,94	1,47	0,64
11	2,19	2	0,96	1,63	0,59
10	2,34	1	1,07	1,56	0,69
8	2,33	0,4	0,81	1,50	0,54
7	2,34	3	0,77	1,54	0,50
5	2,42	2-3	1,34	1,60	0,84
4	2,76	1-1,5	1,42	1,60	0,88
2	2,72	2	1,11	1,51	0,74
53	2,41	3	0,74	1,57	0,47
3	2,75	1	1,28	1,48	0,86
89	2,75	0,5-1	0,75	1,72	0,44
64	2,61	2-3	1,24	1,65	0,75
1	2,33	1,5	0,91	1,90	0,48
72	1,93	0,1	1,05	1,78	0,59
73	2,42	2	0,98	1,65	0,59
52	2,45	1-2	1,20	1,62	0,74



LUND
UNIVERSITY

Lunds universitet, Lunds tekniska högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknologi,
Avdelningen för brandteknik.