

# **Virtual Reality och människors beteende vid brand**

*Kan försök i virtuell miljö framkalla samma beteenden  
som verkliga försök i en rökfylld tunnel?*

***Fredrik Malthe  
Ivan Vukancic***

---

**Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety  
Lund University, Sweden**

**Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5400, Lund 2012**



# **Virtual Reality och människors beteende vid brand**

**Fredrik Malthe  
Ivan Vukancic**

**Lund 2012**



**Titel/Title**

Virtual Reality och människors beteende vid brand  
Virtual Reality and Human Behaviour in Fires

**Författare/Authors**

Fredrik Malthe  
Ivan Vukancic

**Report 5400****ISSN: 1402-3504****ISRN: LUTVDG/TVBB-5400-SE****Antal sidor/Number of pages**

101 (Inklusive bilagor/Including appendices)

**Språk/Language**

Svenska/Swedish

**Illustrationer/Illustrations**

Fredrik Malthe och Ivan Vukancic om inget annat anges.  
Fredrik Malthe and Ivan Vukancic unless otherwise noted.

**Sökord**

Virtual Reality, immersion, Unity, 3SIV, tunnel, beteende, brand, utrymning, försök, validering

**Keywords**

Virtual Reality, immersion, Unity, 3SIV, tunnel, behaviour, fire, evacuation, experiments, validation

**Abstract**

The aim of this study is to investigate whether a virtual environment can be used as a complement to conventional experiments regarding human behaviour in fires and evacuations. Initially, a study of previous research in the field of human behaviour in fires and Virtual Reality was performed. To be able to do a validation of the use of Virtual Reality in relation to conventional experiments, a previous experiment with a smoke-filled exercise tunnel was recreated as a virtual environment. The experiments in the virtual environment in this study were designed as close to the original experiments as was possible with the available resources and experience of the authors. In total, 46 subjects participated in the experiments on September 24<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup> 2012. Qualitative engineering judgments and statistical comparisons were made on a number of aspects, regarding movement paths and behaviour, in the experiments in this study and the ones in the original study. These statistical tests could not show any significant differences between the two studies. The combination of survey answers and statistical tests is considered to show that there is potential in further using Virtual Reality as a tool to study human behaviour in fires.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2012.

Författarna svarar för innehållet i rapporten.  
The authors are responsible for the contents of the report.

---

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>

Department of Fire Safety Engineering  
and Systems Safety  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>



## Förord

Denna rapport är det slutgiltiga resultatet av ett examensarbete i kursen VBRM01 *Examensarbete i brandteknik*. Det har varit en mycket lärorik och spännande process då ingen av oss hade några tidigare erfarenheter av varken *Virtual Reality* eller spelutveckling. Forskningsområdet människors beteende vid brand är ett intressant sådant med många olika inriktningar. Det känns inspirerande att få utföra en studie på något så pass outforskat som *Virtual Reality*. I slutänden ledde arbetet till resultat som förhoppningsvis kan vara användbara i framtiden.

Vi vill framför allt tacka vår handledare *Daniel Nilsson*, universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik på LTH, för ett stort engagemang och mycket bra handledning under arbetets gång. Daniel kommer alltid med nyttiga synpunkter och nya infallsvinklar på problem när det behövs.

Vidare vill vi även tacka *Håkan Frantzich*, universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik på LTH, för förmedling av allt tänkbart material från det ursprungliga försöket, hjälp med att kalibrera den virtuella miljön efter verkligheten och vägledning genom svåra situationer.

*Joakim Eriksson*, forskningsingenjör vid institutionen för Designvetenskaper på LTH, tackas för möjligheten att utveckla och utföra försök i *Virtual Reality Lab* på Ingvar Kamprad Designcentrum.

Vi vill även tacka *Kristin Andrée*, doktorand vid avdelningen för Brandteknik på LTH, för synpunkter och feedback under arbetets gång.

Slutligen vill vi tacka alla de studenter som deltog i försöken.

Lund, november 2012  
Fredrik Malthe och Ivan Vukancic





## Sammanfattning

Studiens syfte är att undersöka huruvida en virtuell miljö kan användas som ett komplement till konventionella experiment för att studera människors beteende vid brand.

*Virtual Reality*, VR, är en samlingsbeteckning för teknik som eftersträvar att simulera en fysisk närvaro i en datorgenererad miljö. Det finns en rad olika användningsområden, till exempel design, ergonomi, människa-maskin-interaktion och arkitektur men även pilotträning, militära övningar och TV-spel.

Inledningsvis studerades tidigare försök inom området människors beteende vid brand och VR. Dessa visade på att VR kunde vara ett bra verktyg för att studera människors beteende då försökspersoner upplevde realismen som hög och det är ett säkert sätt att utvärdera scenarier som i verkligheten är för komplicerade eller kostnadskrävande att genomföra. Inom området människors beteende vid brand har endast mindre VR-anläggningar studerats och användandet av större, mer omslutande anläggningar är relativt utforskat. Vidare behövs validering av användandet av VR gentemot verkliga försök och denna studie avser att behandla följande problemställningar:

- Hur utforskat är VR inom brandteknik i dagsläget?
- Går det att effektivt skapa de virtuella miljöerna som behövs?
- Hur realistisk upplever försökspersonerna simuleringen?
- Kan VR-teknik användas för att framkalla samma beteenden som uppstår vid verkliga försök?
- Vilka begränsningar är viktiga att vara medveten om gällande VR-tekniken?

För att kunna göra en validering av användandet av VR gentemot verkliga försök reproduceras ett tidigare utfört försök av Frantzich och Nilsson (2003). I försöken användes en rökfylld övningstunnel på dåvarande Räddningsverkets anläggning i Revinge, strax utanför Lund, där syftet var att undersöka förhållandet mellan personernas gånghastighet och röktätheten som de utsätts för samt hur effektiva olika vägledande system är. Detta försök återskapades i denna studie som en virtuell miljö med så snarlika grundförutsättningar som möjligt.

Den virtuella tunneln och programvaran som användes till försöket skapades med spelmotorn Unity och visualiserades i *Triple-Screen Immersive Visualization*, 3SIV, som utgörs av tre stora skärmar med tillhörande projektor.

Försökspersonerna rekryterades bland studenter på LTH för att efterlikna den population som användes i det ursprungliga försöket. Försökspersonerna fördelades på tre olika scenarier, ett scenario med allmänbelysning, ett med blinkande lampor och ett med golvmarkeringar.

Försöken inleddes med att försökspersonerna fick fylla i en enkät gällande tidigare erfarenheter. Därefter fördes de till 3SIV där de tränade på att navigera i VR-miljö. Innan utrymningsförsöket startade visades en filmsekvens med en bilfärd genom en tunnel. Därefter startade utrymningsförsöket och vid starten fick personerna följande instruktion:

*”Du har kört in i tunneln och stannat din bil. Det är rök i tunneln och du ska därför ta dig ut. Gör så som du hade gjort i en verklig situation.”*

Försökspersonerna utrymde tunneln och kunde ta sig ut genom två nödutgångar inne i tunneln eller via tunnelmynningen. När de hade kommit ut ur tunneln avslutades försöket. Personernas gångvägar sparades av programmet under försöket. Avslutningsvis fick de fylla i en enkät gällande deras intryck av den virtuella miljön och försöket.

Totalt deltog 46 personer vid försöken som ägde rum 24:e till 28:e september 2012. Medelåldern var cirka 22 år och deltagarna anmälde sig frivilligt och kom från olika program vid LTH bland annat från Väg och vatten, Lantmäteri, Teknisk fysik samt Industriell ekonomi. Försökspersonerna hade inte någon speciell kunskap gällande bränder, tunnlar och utrymning. Deltagarnas tidigare erfarenhet av TV- och datorspel varierade och fördelades relativt jämnt mellan *mycket låg* och *mycket hög*.

Resultatet visade att försökspersonerna uppvisade beteenden som liknade beteenden i det verkliga försöket. Precis som i det verkliga försöket valde många att utrymma genom tunnelmynningen då de höll sig till tunnelns högra vägg och släppte taget om denna då de stötte på en bil. Enkätundersökningen som genomfördes efter försöket visar positiva intryck bland försökspersonerna gällande den virtuella miljön och försöket. I enkäten fick försökspersonerna bedöma sina intryck gällande den virtuella miljön och försöket. Den övergripande realismen bedömdes vara hög. Känslan av att befinna sig i en tunnel och i en nödsituation bedömdes också vara mycket hög. Vidare hade försökspersonerna lätt för att sätta sig in i situationen trots att utrymningen genomfördes i virtuell miljö.

Enkätundersökningen efter försöket visar även att majoriteten av försökspersonerna ville gå snabbare trots att gånghastigheten som användes på en meter per sekund motsvarar den hastighet som uppmättes i det verkliga försöket. Den visade även att många av deltagarna ville använda kroppen mer och känna sig fram i den mörka miljön.

Statistiska jämförelser i form av hypotesprövningar för olika aspekter, gällande beteenden och gångvägar, i försöken i denna studie och i den ursprungliga visar inte på några signifikanta skillnader. Detta i kombination med att försökspersonerna upplevde den virtuella miljön som realistisk bedöms tyda på att det finns potential att använda VR som ett komplement till verkliga försök för att studera människors beteende vid brand.

## Summary

The aim of this study is to investigate whether a virtual environment can be used as a complement to conventional experiments regarding human behaviour in fires and evacuations.

*Virtual Reality*, hereafter referred to as VR, is a generic term for technology that aims to simulate a physical presence in a computer-generated environment. There are several uses for VR today, for example design, ergonomics, human-machine-interactions, architecture, pilot training, military training, social research and entertainment.

Initially, a study of previous research in the field of human behaviour in fires and VR was performed. The previous studies showed that VR seemed to be a useful tool for studying human behaviour in scenarios that are otherwise hard to safely or cost-effectively study since the subjects experienced the realism as relatively high. In the field of human behaviour in fires, mainly smaller VR-setups have been used and larger, more immersive simulation setups remain relatively unexplored. Further validation is also needed for the use of VR in relation to real world experiments and this study aims to investigate the following issues:

- How much has VR been explored in the field of human behaviour in fires?
- Is it possible to effectively create virtual environments needed for this purpose?
- How realistic do the subjects find the simulations?
- Can VR be used to elicit the same behaviour as a real evacuation experiments?
- What limitations are important to be aware of while working with VR?

To be able to do a validation of the use of VR in relation to conventional experiments, a previous experiment performed by Frantzich and Nilsson (2003) was recreated as a virtual environment. In the original experiments the aim was to investigate movement speed in smoke filled environments and a smoke-filled exercise tunnel at the Swedish Civil Contingencies Agency in Revinge, Sweden, was used. The experiments in the virtual environment in this study were designed as close to the original experiments as was possible with the available resources and experience of the authors.

The virtual tunnel and the software used to make the experiment possible was created using the game engine Unity and was visualised with a *Triple-Screen Immersive Visualization*-setup, hereafter referred to as 3SIV, at the VR laboratory at the Department of Design Sciences, LTH.

Subjects were recruited among students at LTH to emulate the population of subjects used in the original experiment. The subjects were divided over three different scenarios, one standard scenario, one with flashing lights and one with flashing lights and markings in the floor. The subjects filling out a survey regarding previous experiences initialized the experiment process. Thereafter, the subjects got a chance to get used to navigating in the 3SIV-simulation in a training environment. Before the actual experiment started, a short video sequence showing a car driving into a road tunnel was shown and the subjects were told the following instruction,

*“You have driven into a tunnel and stopped your car. The tunnel is filled with smoke and you are going to get out. Do as you would in a real situation.”*

The subjects were then left to make their way out of the tunnel through one of three possible exits. Upon reaching the outside in the virtual environment the experiment was finished. During the experiment, the software logged the subjects' walking path. Finally the subjects filled out a second survey regarding their impressions and experiences in the simulation.

In total, 46 subjects participated in the experiments on September 24<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup> 2012. The mean age was circa 22 years and the participants volunteered from several different programmes at LTH, mainly from Civil Engineering, Surveying and Land Management, Industrial Engineering and Management and Engineering Physics. The participants had no previous knowledge about fire engineering or evacuation. The participants' experience of video games was rated in a survey and showed a relatively even distribution across the whole scale from one to five, representing *very low* to *very high*.

The results showed that the subjects showed a similar behaviour to that in the original experiment. Just like in the original experiment, many subjects chose to follow the right wall and evacuate through the tunnel opening and only let go of the wall when faced with an obstacle in the form of a car. The survey filled out by the participants showed positive impressions regarding the virtual environment and the experiment. The participants got to rate different aspects of the experiment. The overall realism of the situation was rated highly. The feeling of presence and being in a tunnel was rated very high and the feeling of being in an emergency situation also got high ratings. The participants rated their ability to put themselves in the situation, despite knowing that it is only a virtual environment, highly as well.

The survey after the experiment also showed that the majority of the participants wanted to move faster in the virtual environment, despite the set movement speed corresponded to the measured speed in the original experiment. It also showed that many participants wanted to use their bodies more and feel their way with their hands through the dark environment.

Statistical comparisons were made on certain aspects, regarding movement paths and behaviour, in the experiments in this study and the ones in the original study. These tests showed no significant differences between the two studies. This is considered to show that there is potential in further using VR as a complement to conventional experiments to study human behaviour in fires.

# Innehåll

<b>1. Inledning</b> .....	1
<b>1.1. Bakgrund</b> .....	1
<b>1.2. Syfte</b> .....	2
<b>1.3. Mål</b> .....	2
<b>1.4. Metod</b> .....	2
<b>1.5. Avgränsningar</b> .....	2
<b>1.6. Etiska aspekter</b> .....	3
<b>2. Teori</b> .....	5
<b>2.1. Historik och utveckling</b> .....	5
<b>2.2. Användningsområden inom VR-teknik</b> .....	6
<b>2.3. Tidigare forskning inom brandteknik</b> .....	7
2.3.1. Övning av brandsläckning och utrymning .....	7
2.3.2. Övningsverktyg för brandmän .....	8
2.3.3. Serious gaming .....	8
2.3.4. Vidare försök med serious gaming .....	9
2.3.5. Visualisering av utrymningssimuleringar .....	10
<b>2.4. Möjliga tillämpningar inom brandteknik</b> .....	10
<b>2.5. Begränsningar</b> .....	10
2.5.1. Kunskap .....	10
2.5.2. Teknik .....	11
2.5.3. Försökspersoners vana vid datorspel .....	11
2.5.4. Jämfört med riktig brand .....	11
<b>3. Etiska aspekter</b> .....	13
<b>3.1. Etiska aspekter i denna studie</b> .....	13
3.1.1. Lidande och skador .....	13
3.1.2. Risk gentemot nytta .....	14
3.1.3. Informerat samtycke .....	14
3.1.4. Rätt att avbryta .....	14
3.1.5. Skydd av integritet .....	14
<b>4. Metod</b> .....	15
<b>4.1. Ursprungligt försök</b> .....	15
4.1.1. Uppställning av försökstunnel .....	15
4.1.2. Försökspersoner .....	17
4.1.3. Genomförande av utrymningsförsök .....	18
4.1.4. Resultat .....	19
<b>4.2. Reproducerat försök</b> .....	21
4.2.1. Utrustning .....	21
4.2.2. What if-analys .....	24
4.2.3. Skapande av virtuell miljö .....	25
4.2.4. Genomförande av försök .....	32
<b>5. Resultat</b> .....	37
<b>5.1. Beteende och gångvägar</b> .....	37
<b>5.2. Realism</b> .....	39
<b>5.3. Navigation</b> .....	40
<b>6. Analys</b> .....	41
<b>6.1. Statistisk jämförelse av studierna</b> .....	41
6.1.1. Försökspersoner .....	41
6.1.2. Beteende .....	41
<b>6.2. Validering gentemot ursprungligt försök</b> .....	44

6.2.1. Gångvägar.....	44
6.2.2. Strategier.....	44
6.2.3. Rörelse i mörker .....	45
6.2.4. Sikt och rök.....	45
<b>7. Diskussion .....</b>	<b>47</b>
<b>7.1. Utveckling av programvara .....</b>	<b>47</b>
7.1.1. Gånghastighet .....	47
7.1.2. Sikt och rök.....	47
7.1.3. Skapande av miljöer .....	48
7.1.4. Programmering .....	48
<b>7.2. Utrustning .....</b>	<b>48</b>
7.2.1. Navigation.....	48
7.2.2. Stimuli.....	49
7.2.3. Känsla av säkerhet .....	50
<b>7.3. Visuell realism kontra inlevelse .....</b>	<b>50</b>
<b>7.4. Validering av försök.....</b>	<b>51</b>
<b>7.5. Faktorer som skiljde försöken åt .....</b>	<b>52</b>
7.5.1. Försökspersoner .....	52
7.5.2. Försöksuppställning och utförande.....	52
<b>7.6. Statistiska testmetoder .....</b>	<b>52</b>
<b>7.7. Enkätundersökningar .....</b>	<b>53</b>
<b>7.8. Panik.....</b>	<b>53</b>
<b>8. Slutsatser.....</b>	<b>55</b>
<b>9. Fortsatt forskning .....</b>	<b>57</b>
<b>9.1. Visualiseringsmetod .....</b>	<b>57</b>
<b>9.2. Navigation .....</b>	<b>57</b>
<b>9.3. Sikt och rök.....</b>	<b>57</b>
<b>9.4. Interaktion med andra människor .....</b>	<b>58</b>
<b>9.5. Fler sinnesintryck.....</b>	<b>58</b>
<b>9.6. Effektivisering .....</b>	<b>58</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>59</b>
<b>Bilaga A. What if-analys.....</b>	<b>61</b>
<b>Bilaga B. Skriptfiler till programvaran .....</b>	<b>63</b>
<b>Bilaga C. Kallelse av försökspersoner.....</b>	<b>67</b>
<b>Bilaga D. Enkät .....</b>	<b>69</b>
<b>Bilaga E. Gångvägar .....</b>	<b>73</b>
<b>Bilaga F. Rådata från enkätundersökning .....</b>	<b>75</b>
<b>Bilaga G. Sammanställda enkätsvar .....</b>	<b>77</b>
<b>Bilaga H. Statistiska jämförelser .....</b>	<b>83</b>

# 1. Inledning

Denna rapport är det slutgiltiga resultatet av ett examensarbete i kursen VBRM01 *Examensarbete i brandteknik* som är den avslutande delen av Brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. Kursen ges av avdelningen för Brandteknik och riskhantering.

## 1.1. Bakgrund

*Virtual Reality*, i fortsättningen förkortat VR, är en samlingsbeteckning för teknik som eftersträvar att simulera en fysisk närvaro i en datorgenererad miljö. Det används normalt inom ett flertal teknologiska discipliner, till exempel design, ergonomi, människa-maskin-interaktion och arkitektur men även till pilotträning, militära övningar och TV-spel. De flesta VR-anläggningar som finns idag simulerar främst visuella intryck och ljud. De infattar allt från enkla spel i mobiltelefoner till en så kallad HIVE, *Huge Immersive Virtual Environment*, eller CAVE vilken består av ett rum med skärmar på både väggar och golv i vilken användaren kan röra sig i ett större utrymme. (Fox et al., 2009)

VR används bland annat inom beteendevetenskap för att undersöka människors beteenden genom att återskapa eller förlänga verkliga händelser och skapa stimuli som i verkligheten är kostsamt eller opraktiskt att skapa. Bränder är kostsamma att återskapa och om försökspersoner ska användas kan det innebära risker för deras hälsa. Vid allvarliga bränder där många omkommit är det av stort intresse att undersöka hur människorna har betett sig och det är otänkbart att i verkligheten utsätta försökspersoner för de förhållanden som uppstår vid en sådan brand. Därför kan VR vara ett alternativ då en datormodell av byggnaden kan skapas och händelser som är svåra eller omöjliga att behandla i verkliga försök kan simuleras. Det skapar även nya möjligheter att återskapa komplexa byggnader och bränder på ett effektivt och i längden inte lika kostsamt sätt.

Ett antal tidigare studier har utförts kring VR inom forskningsområdet människors beteende vid brand. Slutsatserna i dessa försök var att försökspersoner upplevde realismen som relativt hög och att det kan vara en bra metod för att på ett säkert sätt utvärdera scenarier som i verkligheten skulle vara farliga för försökspersoner (Kobes, 2010). Möjligheten att använda befintliga spelutvecklingsprogram för att skapa VR-miljöer har till viss del undersökts och verkar vara ett effektivt tillvägagångssätt (Smith & Trenholme, 2009).

Mestadels mindre VR-anläggningar har studerats inom området människors beteende vid brand och användandet av större, mer omslutande anläggningar är relativt utforskat. Vidare behövs validering av användandet av VR gentemot verkliga försök. Denna studie avser att undersöka följande problemställningar:

- Hur utforskat är VR inom brandteknik i dagsläget?
- Går det att effektivt skapa de virtuella miljöerna som behövs?
- Hur realistisk upplever försökspersonerna simuleringen?
- Kan VR-teknik användas för att framkalla samma beteenden som uppstår vid verkliga försök?
- Vilka begränsningar är viktiga att vara medveten om gällande VR-tekniken?

## 1.2. Syfte

Studiens syfte är att undersöka huruvida VR-simulering är ett verktyg som kan användas för att studera människors beteende vid brand.

## 1.3. Mål

Målet är att ta fram information som visar på om mer avancerad VR är användbart inom forskningsområdet människors beteende vid brand eller inte. Studien avser även att ge rekommendationer inför framtida studier och tillämpningar samt att ge en ökad kunskap om problematiken.

## 1.4. Metod

Studien kan delas in i följande fyra faser:

- Litteraturstudie och inventering av tidigare försök.
- Precisering och uppbyggnad av virtuell miljö.
- Planering och genomförande av försök i *Virtual Reality Lab* på LTH.
- Sammanställning och analys av resultat.

Inledningsvis genomförs en litteraturstudie som syftar till att samla information och få mer kunskap om VR-tekniken, dess användningsområden och begränsningar. Vidare kommer litteraturstudien bestå av instudering av olika experimentella försök som kommer utgöra grunden för genomförandet av försök i *Virtual Reality Lab* på LTH. Litteratur kring de program som används i studien studeras.

För att kunna göra en validering av hur väl VR-simuleringar fungerar gentemot verkliga försök reproduceras ett tidigare utfört försök. Frantzich och Nilsson (2003), genomförde under hösten 2002 utrymningsförsök i en tunnel där personers utrymning genom tät rök studerades. I försöken användes en övningstunnel på dåvarande Räddningsverkets anläggning i Revinge, strax utanför Lund. Detta försök återskapas som en virtuell miljö för denna studie.

Utrymningsförsöken i tunneln är väldokumenterade och det bidrar till att den virtuella miljön kan skapas med så snarlika grundförutsättningar som möjligt för att uppnå hög realism.

Reproduceringen av försöket sker med hjälp av 3D-programvara och en så kallad spelmotor vilket är ett utvecklingsprogram som innehåller renderingsmjukvara som styr vad spelet skriver ut till skärmen, fysikmotor som bestämmer hur fysiken i spelet fungerar samt andra funktioner som behövs för att skapa den virtuella miljön. Försökspersoner upprepar sedan de utrymningar som gjordes i det ursprungliga försöket i den virtuella miljön.

## 1.5. Avgränsningar

Eftersom området är relativt utforskat inom brandteknik och utrymning finns det många aspekter som kan undersökas men som inte hanteras i denna studie då det inte bedöms finnas tillräcklig tid, resurser och kunskap. Fokus ligger därför på att undersöka människors beteende i simuleringen för att kunna avgöra metodens lämplighet.



Denna studie kan ses som förstudie till vidare forskning kring avancerad VR-teknik i samband med människors beteende vid brand. Begränsningar som är viktiga att ta hänsyn till kommer att avhandlas i avsnitt 2.5.

### **1.6. Etiska aspekter**

Då försök utförs med människor som försökspersoner bör försöken utvärderas ur ett etiskt perspektiv. Studien utgår från de etiska riktlinjerna i Helsingforsdeklarationen och Nürnbergrättegångarna.

En *What if*-analys utförs för att utvärdera försöken innan försökspersonerna genomför dem och upptäcka samt planera åtgärder för eventuella risker. De etiska aspekterna och granskningen av försöket beskrivs mer genomgående i avsnitt 3.



## 2. Teori

En kortfattad definition av begreppet VR kan vara följande,

”En artificiell, datorframställd ’verklighet’, som användaren kan uppleva med flera sinnen, och interagera med på ett naturligt sätt” (Eriksson & Wallergård, 2012).

Begreppet är ett samlingsnamn för teknik som får en användare att uppleva något virtuellt genom att skapa illusioner som fungerar som artificiella bild-, ljud- och ibland även känselintryck. Det är ett väldigt brett begrepp som innefattar allt från enkla spel till enormt sofistikerade simulatorer. (Eriksson & Wallergård, 2012)

Målet med en VR-simulering är att ersätta de verkliga intrycken med simulerade intryck och det är därför viktigt att stimuli från omvärlden blockeras så att användaren kan känna tillit till och enbart fokusera på simuleringen, något som inom VR kallas *immersion* (Fox et al., 2009). Interaktionen mellan användaren och den simulerade miljön är en viktig faktor för VR-simuleringens realism. Med *immersion* eftersträvas att användaren accepterar den datorgenererade upplevelsen, åtminstone tillfälligt, som verklighet (Smith & Trenholme, 2009).

Handlingar som användaren utför måste registreras och tolkas av datorn så att den kan ge en lämplig återkoppling baserat på förutbestämda regler och lagar i den virtuella miljön. Oftast ges återkopplingen multimodalt, det vill säga med stimuli för flera sinnen samtidigt, till användaren i form av visuell och audiell information. Det är även viktigt att återkopplingen sker inom ett visst tidsintervall från användarens handling. Om fördröjningen mellan handling och återkoppling är för lång försämras realismen och kontrollförmågan i simuleringen. (Eriksson & Wallergård, 2012)

### 2.1. Historik och utveckling

Teknik för att skapa artificiella representationer av verkligheten har funnits länge men i slutet av 1950-talet hade teknik som ger en tillfredsställande illusion börjat utvecklas. De första produkterna var försök att ge multimodala upplevelser men saknade interaktivitet. Under 1960-talet ökade användandet av simuleringar i samband med rymdprogram och astronaututbildning men datorgrafik var fortfarande ett outforskat område. Först under 1980-talet fanns teknologin för att använda datorgenererade omgivningar och det användes främst för *telepresence*, det vill säga möjligheten att fjärrstyra en robot. (Eriksson & Wallergård, 2012)

VR används idag ofta för att skapa en virtuell träningsmiljö där användaren kan öva på ett mer effektivt och kontrollerat sätt, till exempel vid utbildning av piloter. Träningsmiljön är en så kallad *virtual environment*, ett digitalt rum där användarens rörelser följs med *tracking* och miljön *renderas*, det vill säga komponeras av datorn och spelas upp för sinnen, därefter i enlighet med användarens rörelser. (Fox et al., 2009)

Ett område inom VR-tekniken som blivit populärt under senare år är *serious gaming*. Det innebär att befintliga spelmotorer, som oftast används till underhållningsspel, används för mer seriösa tillämpningar istället för att bygga upp allt från grunden. En styrka med detta är att moderna spelmotorer har väldigt hög kvalitet och tillåter användaren att skapa avancerade spel på ett smidigt sätt. (Eriksson & Wallergård, 2012)

*Serious gaming* har tidigare undersökts med avseende på brandteknik och utrymning och lyfts fram som ett lovande verktyg för att vidare studera människors beteende vid brand (Smith & Trenholme, 2009).

## 2.2. Användningsområden inom VR-teknik

VR-teknik innefattar en rad olika användningsområden där det gemensamma är strävan efter så bra illusion av verkligheten som möjligt. Det realistiska skapandet av en alternativ verklighet beror till stor del på tillgänglig teknik. Flera försök har genomförts inom VR-tekniken för att undersöka huruvida träning av specifika uppgifter i virtuell miljö kan tillämpas på samma uppgifter i verklig miljö. Träning i virtuell miljö har visats kunna överföras till verkliga uppgifter. (Eriksson & Wallergård, 2012)

År 1993 utfördes det första experimentet vars syfte var att undersöka hur träning av en uppgift i virtuell miljö kunde appliceras på samma uppgift i verklig miljö. Totalt deltog 21 personer där uppgiften var att flytta fem på rad stående burkar till en ny position. Sju av försökspersonerna fick träna på uppgiften i verkligheten, sju andra fick träning i en virtuell miljö, via en *Head-Mounted Display*, en slags hjälm med skärmar framför ögonen, och sju fick ingen träning alls. Slutsatsen från detta experiment var att försökspersonerna som fick träning i virtuell miljö inte direkt kunde överföra denna träning till verkliga uppgiften, troligen på grund av brister i utrustningen. (Eriksson & Wallergård, 2012)

Liknande experiment genomfördes år 1995 där tolv personer fick virtuell träning och tolv personer fick verklig träning på en liknande uppgift. I detta försök användes ett CAVE-system, ett omslutande rum med skärmar, i vilket försökspersonerna kunde se sin riktiga och virtuella hand, vilket inte var möjligt med en *Head-Mounted Display*-system. Mer positiva resultat erhöles och det kunde visas att träning i virtuell miljö med mer avancerad utrustning kunde överföras till samma uppgift i verklig miljö. (Eriksson & Wallergård, 2012)

VR-teknik lämpar sig främst för träning av uppgifter som bygger på kognitiva förmågor, det vill säga uppgifter som bygger på förståelse och minne. År 2000 genomfördes ett experiment där träningen gick ut på att undersöka om personer med utvecklingsstörningar kunde lära sig att handla i en stormarknad samt att montera en lampa. Totalt medverkade 20 försökspersoner och deras förmåga att genomföra dessa två uppgifter före respektive efter träning i virtuell miljö jämfördes. Efter virtuell träning var försökspersonerna betydligt bättre på att genomföra uppgifterna. Liknande resultat kunde erhållas från en annan studie där personer med utvecklingsstörning fick träna på tre köksuppgifter och identifiering av nio riskkällor med olika träningsmetoder: träning i virtuellt kök, verkligt kök och träning med kokbok. Träning i virtuellt kök visade sig vara minst lika effektiv som i verkligt kök. Någon större skillnad i resultat mellan träningsmetoderna vid identifiering av riskkällorna kunde inte observeras. Detta kan bero på att köksuppgifterna grundas på uppgifter som skall genomföras i en bestämd ordning vilket VR lämpar sig bra för, då den bygger på kognitiva förmågor, medan momentet identifiering av riskkällor handlar om igenkänning vilket alla tre träningsmetoder lämpar lika sig bra för. (Eriksson & Wallergård, 2012)

Då flera experiment tyder på att träning i virtuell miljö kan överföras till verklighet används VR i dagsläget som ett träningsmoment inom förarutbildningar, vård, militär och andra områden. Detta görs genom att skapa en virtuell träningsmiljö där användaren kan öva på ett effektivt och kontrollerat sätt. VR används idag även som rehabiliteringsverktyg för personer som exempelvis har balanssvårigheter, fobier eller personer med funktionsnedsättningar som behöver hjälp med träning av vardagliga sysselsättningar som till exempel hämta ut pengar i en bankomat. (Eriksson & Wallergård, 2012)

Andra användningsområden för VR, som inte bygger på träning, är bland annat som visualiseringsverktyg inom arkitektur. På så sätt kan något som inte existerar i dagsläget visualiseras, vilket kan vara användbart för att studera både dåtida och framtida byggnader och miljöer. Vidare används tekniken till stor del inom spelindustrin och som ett verktyg för marknadsföring. (Eriksson & Wallergård, 2012)

I större VR-anläggningar används ofta stereoskopi för att skapa en djupkänsla i projektionen och ge en mer uppslukande upplevelse. Det innebär att användaren utrustas med 3D-glasögon. Det finns aktiva slutartidsstyrda glasögon som växlar mellan höger och vänster öga och synkroniseras med programvaran som visar varannan bild för höger och varannan bild för vänster öga. För att detta ska fungera smidigt behövs en bildväxlingsfrekvens på cirka 120 Hz. Det finns även passiva glasögon som har olika polarisering och släpper igenom olika bilder på höger respektive vänster öga. (Eriksson & Wallergård, 2012)

### **2.3. Tidigare forskning inom brandteknik**

En del VR-försök med inriktning på utrymning och människors beteende vid brand har tidigare gjorts i olika typer av simuleringsmiljöer. För att få en uppfattning om hur väl dessa simuleringar har fungerat och vilka resultat de gett har ett antal rapporter studerats som en inledande fas i denna studie. Detta avsnitt avser att förbereda författarna inför skapandet av programvaran och utförandet av försöken samt att besvara problemställningen *Hur utforskat är VR inom brandteknik i dagsläget?*

Samtliga försök som studerats tydde på att virtuella miljöer är användbara för att få människor att uppleva brand- eller utrymningsscenario på ett säkert men ändå realistiskt sätt. De visade att en relativt hög realism och inlevelse kan uppnås redan med enklare simuleringsförutsättningar (Kobes, 2010).

#### **2.3.1. Övning av brandsläckning och utrymning**

Ett program för utrymningsförsök och övning i brandsläckning i virtuell miljö togs fram i en kinesisk studie 2006. I försöken användes en *Head Mounted Display*, en sorts display-enhet som användaren bär på sitt huvud. (Ren et al., 2006)

Programvaran skrevs helt från grunden och med hjälp av CFD-simuleringar uppskattade utvecklarna hur brandgasutvecklingen skulle se ut och använde sig av det för att skapa rök i programmet. Det nämns i rapporten att systemet fungerade väl men någon utvärdering av realismen eller jämförelse av hur försökspersoner betedde sig i förhållande till verkliga scenarier saknas. Rapportens slutsats var att ett program av denna typ kan användas för att utföra utrymningsövningar och träning på ett enkelt, säkert och billigt sätt. (Ren et al., 2006)

### 2.3.2. Övningsverktyg för brandmän

I ett samarbete mellan Skövde universitet och dåvarande Räddningsverket utvecklades ett övningsverktyg för brandmän i form av ett *serious game*, en återanvändning av färdiga spelmotorer från datorspel, där de kunde öva på rökdykningsinsatser i ett CAVE-system. I detta försök användes *Source*-motorn, spelmotorn från spelet *Half Life 2* som utvecklats av det amerikanska företaget Valve Corporation, i utvecklingen av programvaran. (Backlund et al., 2007)

Förstaårselever från brandmannautbildningen fick genomgå flera olika scenarier i den virtuella miljön. Försökspersonerna hade full rökdykningsutrustning på sig och interagerade med den virtuella miljön genom att röra på fötterna och peka med ett strålrör. Detta innebar att det blev fysiskt krävande att ta sig igenom spelet. För att vidare efterlikna verkligheten så avslutades programmet om de tog för lång tid på sig, missade att kontrollera ett rum eller rädda en person samt om de utsatte sig själva för fara. Försökspersonerna betygsattes baserat på sin prestation och de som fick bäst resultat var också de som hade mest erfarenhet av verklig rökdykning. (Backlund et al., 2007)

Försöket visade att försökspersonerna blev utmattade av uppgifterna och att de satte sig in i situationen trots att det bara var en simulering. Från enkätundersökningar visades att 77 procent av försökspersonerna ansåg att de lärt sig något från spelet. I jämförelse med riktig rökdykning som försökspersonerna utförde efter försöket visades att den virtuella träningen gav en viss fördel i verkligheten. Försöket var även ett bra exempel på hur fysisk aktivitet kan implementeras i den virtuella miljön. (Backlund et al., 2007)

### 2.3.3. Serious gaming

Det kinesiska programmet av Ren et al (2006) utvecklades från grunden vilket kan vara en tids-, kunskaps- och resurskrävande process. Det innebar förvisso att utvecklaren hade stor kontroll över programvarans innehåll men begränsade samtidigt arbetet till utvecklarens programmeringskunskaper vilket inte alltid är optimalt. Vidare utforskning av området gjordes i en engelsk studie där möjligheten att använda *serious gaming* utvärderades. Det skulle underlätta uppbyggnaden av komplexa miljöer och programvaror om färdiga och allmänt tillgängliga system kan användas. Studien behandlade ett flertal kommersiella spelmotorer, bland andra *Source*-motorn som användes i det svenska försöket av Backlund et al (2007). (Smith & Trenholme, 2009)

Även i detta försök utvecklades en programvara med hjälp av *Source*-motorn. Användaren befann sig i ett kontorskomplex och blev tillsagd att utrymma från byggnaden då ett larm utlöstes. Utvecklarna placerade bränder som genererade rök i vissa rum och användaren fick leta sig fram genom byggnaden till en säker utväg. Syftet med studien var att utreda om kommersiella spelmotorer går att använda för att smidigt ta fram virtuella miljöer samt att undersöka realismen och användbarheten av virtuella miljöer för utrymningsförsök. (Smith & Trenholme, 2009)

Realismen utvärderades i en enkät till försökspersonerna. På en skala mellan ett och sju låg medelvärdet mellan fem och sex med någon enstaka person som värderat det som två på skalan. De klagomål som fanns på spelet var bland annat att en del objekt de väntade sig se i miljön saknades, att bränderna ibland var placerade på orealistiska

platser samt att det i vissa fall var svårt att avgöra vilket håll rök kom från. (Smith & Trenholme, 2009)

Virtuella miljöers lämplighet utvärderades även genom att observera hur försökspersonerna betedde sig i spelet. Ett problem med virtuella miljöer som observerades är att vissa användare som har erfarenhet av datorspel behandlar situationen som ett spel och ignorerar uppenbara faror och inte beter sig som de hade gjort i ett verkligt scenario. Ett annat problem som uppenbarades i försöket var att försökspersonerna inte använde fönster som utrymningsvägar trots att alla dörrar i utrymmet var blockerade. När personerna utfrågades om detta visade sig anledningen vara att de inte trodde att programmet hade den funktionen och möjligheten att interagera med omgivningen. Det visade sig även att många försökspersoner öppnade dörrar där rök läckte ut under eller ovan dörren, något som antagligen inte skulle hända i verkligheten då personerna även skulle kunna känna värmestrålning och höra branden tydligare vid dessa dörrar. (Smith & Trenholme, 2009)

Förslag för att höja realismen i simuleringarna gavs i rapporten. Det rekommenderades att en standardkontrollenhet från datorspel inte används. Detta för att undvika en för stor känsla av att det är ett spel samt ta bort vanan för de spelerfarna användarna. Det rekommenderades även att en större skärm används för att projicera simuleringen så att försökspersonerna uppslukas av spelet och lättare kan sätta sig in i situationen.

#### **2.3.4. Vidare försök med serious gaming**

I en holländsk studie kring VR och *serious gaming* inom forskningsområdet människans beteende vid brand har olika display- och kontrollenheter för spel undersökts. Försökspersoner fick använda sig av olika kontrollenheter, en joystick, en handkontroll samt tangentbord med mus och testa en simulering på olika displayenheter, en laptopskärm, en större skärm samt en större projektorsskärm. De fick sedan fylla i en enkät kring hur väl de olika anordningarna fungerade till simuleringen. Det visade sig att joystick och handkontroll är i princip lika bra kontrollenheter medan tangentbord med mus inte var lika lämpligt att använda. Laptopskärmen ansågs vara tillräcklig men de större projektionerna ansågs ge en bättre inlevelse. (Kobes, 2010)

Försökspersonerna fick även i detta försök betygsätta sin uppfattning av den virtuella miljön. Spelets realism ansågs vara hög, i snitt 7,7 på en skala mellan ett och tio, och känslan av att befinna sig i en nödsituation ansågs vara måttlig, i snitt 6,2 på samma skala. (Kobes, 2010)

En viss skillnad observerades även i detta försök mellan personer med eller utan tidigare erfarenhet av datorspel men preferenserna gällande kontroll- och displayenheter var i princip desamma oavsett erfarenhet. Båda grupperna ansåg att lättheten att navigera i simuleringen var hög och människa-maskin-gränssnittets påverkan på beteendet ansågs inte vara särskilt stor. (Kobes, 2010)

Det visade sig även att i försöken som utfördes så skiljde sig avstånden som försökspersonerna gick eller vägarna de tog inte heller nämnvärt mellan verkliga och virtuella försök. I rapporten drogs slutsatsen att i ett normalt fall finns det ingen större skillnad i personers beteende mellan de verkliga och virtuella försöken. (Kobes, 2010)

Gånghastighet gick inte att undersöka eftersom programvaran endast använde sig av förbestämda rörelsehastigheter för gång, springande och krypande och användaren inte kunde reglera hastigheten utöver dessa. (Kobes, 2010)

### **2.3.5. Visualisering av utrymningssimuleringar**

En annan användning av VR undersöktes i ett tyskt försök där resultat av utrymningssimuleringar studerades i en virtuell miljö. Syftet var att kunna göra en analys av problem som kan uppstå vid utrymning av stora skepp och färjor. Utrymningssimuleringen görs med konventionella program men visualiserades sedan som en virtuell miljö där utrymningen skedde i realtid och granskaren kunde följa med och observera förloppet. (Mesing et al., 2011)

Slutsatserna i rapporten var att den virtuella miljön gav ett realistiskt intryck av utrymningsförloppet samt att det är ett bra verktyg för att visa ej insatta personer hur utrymningssvägarnas utformning påverkar utrymningen. Möjligheten att använda en virtuell miljö för att träna besättningen på skepp i att utrymma passagerare togs även upp i rapporten. (Mesing et al., 2011)

## **2.4. Möjliga tillämpningar inom brandteknik**

Baserat på teori, andra tillämpningar av VR och de tidigare försök som studerats i föregående avsnitt ges här exempel på möjliga tillämpningar inom brandteknik. Det som virtuella miljöer främst kan användas till är att studera människors beteenden och hur effektiva vägledande system kan vara eller för att träna och förbereda personer för olika scenarier.

Beteenden som kan studeras kan vara till exempel val av utrymningssväg, iakttagelser och påverkan från andra människor. Genom att studera beteenden i en virtuell miljö skulle det kunna vara möjligt att återskapa allvarliga bränder eller olyckor och få en uppfattning av hur folk agerade och vad som kan ha gått fel.

Kvantitativa aspekter inom utrymning, till exempel gånghastighet och flöden, är svårt att studera med virtuella miljöer då försökspersoner inte kan interagera med omgivningen och andra personer i simuleringen på samma sätt som i verkliga, fysiska försök. I en virtuell miljö måste även en del förutbestämda inställningar av rörelseförmåga och gånghastighet göras.

## **2.5. Begränsningar**

I detta avsnitt avhandlas eventuella begränsningar som användandet av VR kan innebära vilka upptäcktes under litteraturstudien. Detta avsnitt besvarar delvis problemställningen om vilka begränsningar som bör beaktas. Vidare begränsningar och problem som upptäcks under studiens gång redovisas senare i avsnitt 6.

### **2.5.1. Kunskap**

Virtuella miljöer är begränsade och starkt beroende av den teknik som används för att bygga upp dem. Med mer avancerade system och program kan mer realistiska miljöer byggas men det ställer samtidigt högre krav på kunskap om 3D-modellering och spelskapande och kräver större arbetsbörda för att utveckla dem. (Huang & Alessi, 1998)



En stor fördel med att använda sig av färdiga spelmotorer är att utvecklandet blir enklare då många av de funktioner som krävs finns förprogrammerade och det inte ställs lika stora krav på utvecklarens programmeringsförmåga. Dock krävs ändå en viss grundläggande förståelse för programmering för att kunna åstadkomma önskade funktioner i programvaran.

### **2.5.2. Teknik**

Även om VR-teknik har utvecklats mycket under senare år så finns fortfarande begränsningar i vad systemen kan uppnå. Det går till exempel inte att skapa en perfekt illusion av visuellt stimuli med dagens teknik, det skulle antagligen kräva en direkt koppling till synnerven eller bildskärmar som kan bäras som kontaktlinser. (Eriksson & Wallergård, 2012)

Möjligheten att röra sig i simuleringen begränsas ofta av kontrollanordningen. Oftast används en handkontroll liknande sådana som används till datorspel men det finns även mer avancerade system där användaren går på ett sorts rullband. Detta är en bidragande faktor till hur stor inlevelse användaren känner i simuleringen. (Eriksson & Wallergård, 2012)

Sättet som användaren interagerar med objekt, till exempel dörrar, i den virtuella miljön är också en begränsning. Med en handkontroll eller liknande trycker användaren på en knapp för att agera och det ger inte en särskilt hög realism och bidrar till spelkänslan. Det finns mer avancerade anordningar där en handske med sensorer används för att simulera handrörelser och interaktion med objekt men det kräver mer i utvecklingen av simuleringen. (Eriksson & Wallergård, 2012)

### **2.5.3. Försökspersoners vana vid datorspel**

Något som påpekades i tidigare försök var att huruvida de försökspersoner som används är erfarna av datorspel eller inte kan inverka på deras beteende i en VR-simulering. Ett problem med för erfarna användare kan vara att de inte tar simuleringen på lika stort allvar som en ej erfaren användare gör och att de ignorerar händelser som i verkligheten skulle hindra en utrymmande person. Detta kan leda till ett beteende som avviker från det som skulle observerats i en verklig situation och det försvårar eventuella tolkningar av resultat från försök. (Kobes, 2010)

Åtgärder för att förbättra detta kan vara att använda sig av en kontrollanordning som skiljer sig från de standardanordningar som vanligtvis används till datorspel för att ta bort en del av vanan och bekvämheten som erfarna datorspelare kan känna inför en spelliknande simulering. Det kan även tänkas att simuleringen innefattar ett system för att räkna hur pass mycket skada personen i spelet tar av omgivningen så att användaren inte kan utsättas för allvarliga förhållanden under längre tid utan att simuleringen avbryts (Smith & Trenholme, 2009).

### **2.5.4. Jämfört med riktig brand**

En begränsning med att använda VR-teknik för att simulera förhållanden vid brand är att det kan vara svårt att få med alla de sorters stimuli en person utsätts för i verkligheten. Ofta kan det vara kombinationen av till exempel att se rök, känna lukten av brand och värmen som får personer att undvika att röra sig genom brandgaser. Detta är svårt att simulera då värme och lukt inte är de enklaste intrycken att skapa på artificiell väg. De flesta virtuella miljöerna ger endast visuella och audiella intryck. En mer optimal miljö skulle kunna innefatta fler sorters stimuli.

Lukt skulle gå att ordna genom att till exempel placera ett kärl med ett nyligen bränt material i rummet. En begränsning kan då vara att de elektroniska komponenterna till simuleringsanordningen kan vara mycket dyra och känsliga för nedsmutsning samt att lukten möjligtvis skulle kunna vara svår att vädra ut.

Värmestrålning kan ordnas genom strålningspaneler kopplade till programvaran så att strålningsintensiteten ökar då användaren rör sig mot ett varmare område. Dock kan det vara svårt att använda i en simulering då det påverkar både människor och teknisk utrustning negativt om nivåerna blir för höga. Det skulle även kräva mer ingående etisk analys för att kunna utsätta försökspersoner för ökad värmestrålning.

### 3. Etiska aspekter

Eftersom människor kommer att användas som försökspersoner i de försök som ska utföras bör dessa utvärderas ur ett etiskt perspektiv. Detta är inget krav i kursen men det anses vara bra att utföra en etisk utvärdering och granskning för försökspersonernas skull. För att gå genom vilka risker som finns och hur de kan åtgärdas görs en *What if*-analys vilken redovisas i bilaga A.

Enligt de etiska riktlinjerna från Helsingforsdeklarationen (World Medical Association, 2008) och Nürnbergrättegångarna (Nuremberg War Tribunals, 1949) bör följande aspekter beaktas då försök med människor utförs.

- Lidande och skador på försökspersonerna ska begränsas.
- Risken ska vägas mot nyttan av försöken.
- De deltagande ska ha gett ett informerat samtycke.
- De deltagande ska ha rätten att avbryta försöket.
- De deltagandes integritet ska skyddas.

#### 3.1. Etiska aspekter i denna studie

Nedan redogörs för hur varje riktlinje beaktas i denna studie av virtuella miljöer.

##### 3.1.1. Lidande och skador

Försöken som ska utföras kommer inte att innebära något större lidande eller bestående skador på försökspersonerna. Visst lidande skulle kunna uppstå om en försöksperson drabbas av åksjuka. Vid *vection*, en illusion av att vara i rörelse framkallad av visuell stimuli, kan en sorts åksjuka uppstå hos vissa personer när de använder ett VR-system. Förekommande symptom är till exempel illamående, huvudvärk, ansträngda ögon, blekhet och yrsel. I tidigare försök som utförts inom området har ett fåtal försökspersoner drabbats så illa av åksjuka att de varit tvungna att avbryta försöket. (Kobes, 2010)

För att försöka undvika att försökspersoner i denna studie far illa kommer de att bli tillfrågade om de vanligtvis eller någon gång tidigare drabbats av åksjuka. De som brukar drabbas kommer att exkluderas från försöket av säkerhetsskäl. Övriga försökspersoner kommer naturligtvis informeras om att det finns en viss risk att drabbas av de ovan nämnda symptomen vid simuleringarna och instrueras att genast meddela om de mår dåligt så försöket kan avbrytas.

Det skulle även kunna tänkas att försökspersoner känner sig stressade av scenariot i simuleringen och det kan innebära lidande. Stressnivån anses dock vara relativt låg då försöken sker virtuellt, till skillnad från verkliga försök med riktig rök, och det inte händer särskilt mycket i försöket.

Mindre skador skulle kunna uppstå om en försöksperson blir desorienterad efter en tid i simuleringen, tappar balansen och trillar. Dessa risker och åtgärder för dem går igenom i bilaga A.

### **3.1.2. Risk gentemot nytta**

Försöken bedöms inte innebära någon större risk för försökspersonerna. Det som kan hända är inget som anses vara allvarligt och sannolikheten för att det ska hända bedöms vara låg.

Den potentiella nyttan bedöms kunna vara hög om försöken visar att VR-teknik är användbart till utrymningsförsök. Därför bedöms nyttan överväga risken för försökspersonerna.

### **3.1.3. Informerat samtycke**

Försökspersonerna kommer att bli informerade om försöket och dess risker innan de accepterar att delta. Om de har några frågor kring försöket kommer dessa att besvaras i den mån det går utan att förändra förutsättningarna. De kommer att skriva under på en enkät att de förstått vad försöket innebär och att de samtycker till att delta.

### **3.1.4. Rätt att avbryta**

Försökspersonerna kommer när som helst kunna avbryta försöket om de känner att de mår illa eller inte vill fortsätta. Detta ingår i informationen de får innan de accepterar att delta. Beslut att avsluta försöket kommer inte ifrågasättas och ersättningen uteblir inte om de avbryter.

### **3.1.5. Skydd av integritet**

Personerna kommer inte filmas eller liknande under försöket. Endast deras rörelser i simuleringen kommer att sparas av programmet. Information de fyller i enkäterna kommer endast att kopplas till deras beteende i simuleringen och inte till dem personligen och inga detaljer om vem försökspersonerna är kommer att avslöjas i redovisning av försöken. Därför anses försöket inte kränka försökspersonernas integritet.

## 4. Metod

I detta avsnitt avhandlas metoden för studien. Den innebar att ett tidigare försök av Frantzich och Nilsson (2003) reproducerades med hjälp av en virtuell miljö. Först presenteras en sammanställning av förutsättningar och resultat från det ursprungliga försöket. Därefter beskrivs processen med att reproducera försöket som en virtuell miljö.

### 4.1. Ursprungligt försök

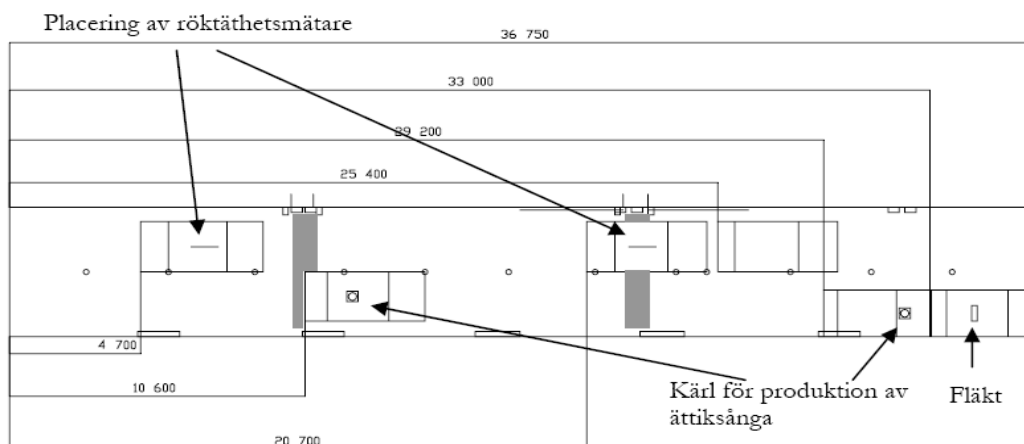
Frantzich och Nilsson (2003) genomförde under hösten 2002 utrymningsförsök i en tunnel på dåvarande Räddningsverket i Revinge, strax utanför Lund. Syftet var att undersöka förhållandet mellan personernas gånghastighet och röktätheten som de utsätts för samt hur effektiva olika vägledande system är. Författarna till den ursprungliga rapporten arbetar på avdelningen för Brandteknik och riskhantering vilket underlättar kontakt och diskussion kring återskapande av försöket.

I detta avsnitt presenteras sammanställd information kring uppställning av försökstunnel, försökspersonerna, genomförandet och resultat från försöket av Frantzich och Nilsson (2003). Detta för att kunna återskapa försöket i virtuell miljö med så snarlika grundförutsättningar som möjligt för att eftersträva hög realism. Samtlig information i detta avsnitt har hämtats från rapporten av Frantzich och Nilsson (2003).

#### 4.1.1. Uppställning av försökstunnel

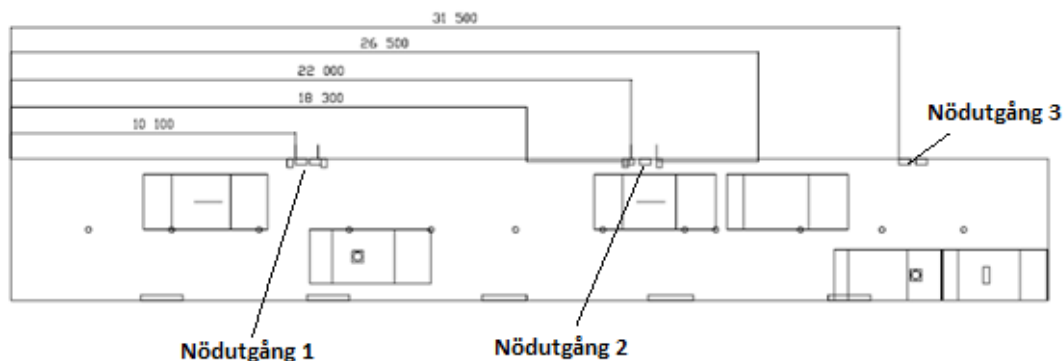
Utrymningsförsöken genomfördes i en övningstunnel som var cirka 37 meter lång och 5 meter bred. Höjden i tunneln var cirka 2,6 meter men varierade något då golvet lutade in mot mitten med cirka 2,5 grader. Tunneln var uppbyggd av transportcontainrar som var placerade efter varandra i två parallella rader utan mellanväggar. Vid ena långsidan av övningstunneln fanns en smalare gång som var sammanbunden med övningstunneln via två dörrar. Övningstunneln var även öppen mot det fria i båda mynningarna. Dörrarna som ledde ut från övningstunneln till sidogången var cirka 0,9 meter breda och behövde skjutas åt sidan för att öppnas.

För att efterlikna övningstunneln med en verklig utrymning av en vägtunnel användes sex bilar utplacerade i övningstunneln, se Figur 1. Bilarna var placerade med framdelarna riktade mot utgångsportarna och utgjorde naturliga hinder som skulle kunna tänkas uppstå i samband med en verklig utrymning av vägtunnel. Som Figur 1 visar så placerades bilarna längs en rad av pelare som löper genom tunnelns centrumlinje. Denna placering av bilarna gjorde det möjligt för försökspersonerna att passera mellan bilen och tunnelns yttervägg, även om utrymmet var smalt. Två bilar placerades direkt mot högra tunnelväggen som inte hade någon dörr till sidogången för att undersöka hur personerna skulle reagera på detta hinder och lösa problemet med att hitta en ny utrymningsväg.



Figur 1. Visar bilarnas placering i övningstunneln. Reproducerad med tillstånd från Frantzich och Nilsson (2003).

Tunnelns allmänbelysning bestod av fem takarmaturer placerade på jämna avstånd mellan varandra och gav jämn belysning över hela tunneln. Belysningen monterades i takhöjd längs långsidan som inte hade dörrar till sidogången, se Figur 2. Belysningsnivån varierade mellan 2 och 21 lux vid de två dörrarna till sidogången då belysningen var tänd men utan rök i tunneln. För samma positioner sjönk belysningsnivån när rök fanns i tunneln till mellan 0 och 8 lux. När tunnelbelysningen kompletterades med blinkande lampor vid nödutgångarna ökade nivåerna till mellan 2 och 10 lux.



Figur 2. Visar utrymnings skyltar och ljusslinga. De fem rektanglarna i bildens underkant representerar armaturerna för allmänbelysning. Reproducerad med tillåtelse från Frantzich och Nilsson (2003).

Utrymningsvägarna från tunneln markerades med genomlysta utrymnings skyltar. Två uppsättningar fanns monterade över dörrarna till sidogången, nödutgång 1 och 2, och en tredje skylt mellan sista dörren till sidogången och porten vid tunnelmynningen, som skulle representera en möjlig nödutgång för att undersöka om utgången skulle väljas utifrån skylt placeringen. I Figur 2 är denna plats märkt som nödutgång 3. Skyltarna som användes hade en storlek på cirka 38 gånger 13 kvadratcentimeter.

Två lampor fanns monterade på var sin sida av de två dörrarna till sidogången, se Figur 3. Lampornas färg var orange och de var placerade på dörrarnas ovkant och riktades ut från respektive dörr.



Figur 3. Utrymnings skyltar och blinklampor vid utgång till sidogång. Reproducerad med tillåtelse från Frantzich och Nilsson (2003).

I några av utrymningsförsöken användes en golvmarkering för att personer lättare skulle iakttä nödutgångarnas placering. Golvmarkeringen bestod av en vit matta med glasfiberväv som var 1,2 meter bred och sträckte sig ut från dörrarna tvärs tunnelns bredd, se Figur 1.

För att representera ett verkligt utrymningsscenario i en vägtunnel användes konströk i tillräcklig omfattning. Konströken producerades av två rökaggregat som var placerade utanför tunneln i anslutning till mynningarna. Ättika blandades i röken för att erhålla den irriterande effekten från brandgaser. Två kärl med kokande ättika placerades på olika platser i tunneln och med hjälp av en fläkt kunde en jämn omblandning av ättiksånga i röken uppnås. Fläkten blåste rök och ättika i riktning mot försökspersonerna, se Figur 1.

Två högtalare användes i utrymningsförsöken för att efterlikna ljudet av brandgasfläktar och brand. Dessa gav kontinuerligt ett bakgrundsljud och ljudnivån uppskattades vara i storleksordningen 80 till 100 decibel, vilket motsvarar buller vid gatutrafik. Första högtalaren var monterad cirka 5 meter in i tunneln och den andra cirka 20 meter in i tunneln sett från ingången.

Utrymningsförsöken dokumenterades med video- och IR-kameror där videoinspelningarna lagrades på dator och försökspersonerna kunde följas från flera kameravinklar samtidigt. En rökdykare följde försökspersonerna genom tunneln och filmade dem med en IR-kamera.

#### 4.1.2. Försökspersoner

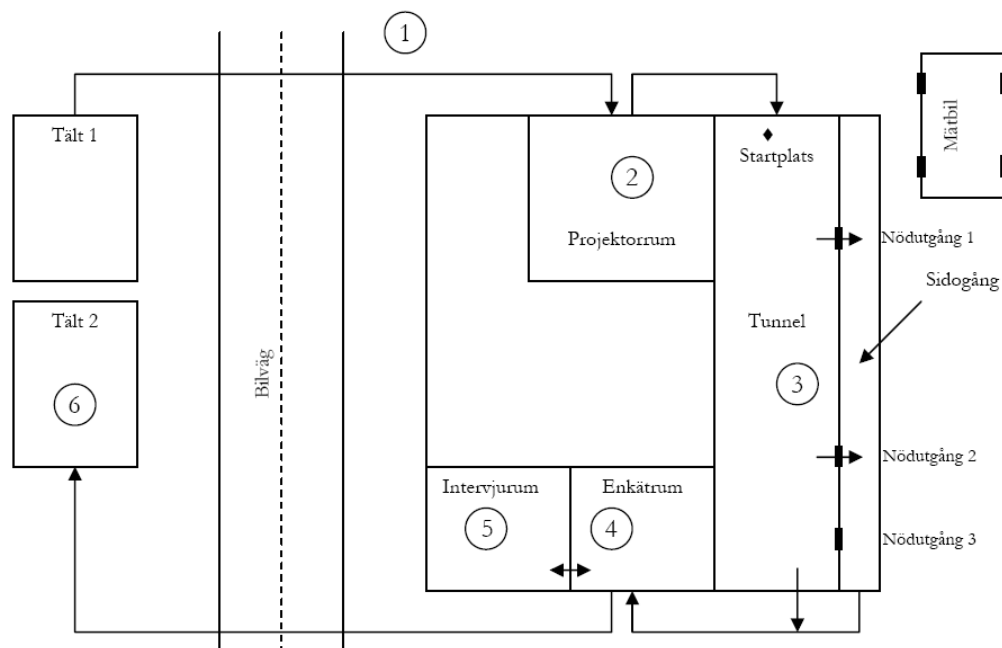
Under utrymningsförsöken medverkade totalt 46 försökspersoner med en medelålder på cirka 22 år, varav 30 män och 16 kvinnor. Dessa rekryterades bland Väg- och vattenprogrammet samt Lantmäteriprogrammet vid LTH. Anledning till detta urval var att deltagarna inte skulle ha mycket större brandkunskaper utöver vad som kan förväntas bland allmänheten.

De försökspersoner som hade deltagit i utrymningsförsöken hölls åtskilda från de som inte hade medverkat i utrymningsförsöken ännu för att få en så jämna grundförutsättningar som möjligt då ingen av försökspersonerna fick se

övningstunneln innan utrymningsförsöken. Därför hade de ingen uppfattning om tunneln eller försökets omfattning.

#### 4.1.3. Genomförande av utrymningsförsök

Utrymningsförsöken genomfördes 9 och 10 november. Tunneln försågs med utrustning i form av utrymningsskyltar, belysning och mätinstrument. Medverkande försökspersoner blev informerade om vilka säkerhetsinstruktioner samt vilka förutsättningar som gällde för utrymningsförsöken. Genomförandet illustreras i Figur 4 nedan.



Figur 4. Genomförandet av utrymningsförsöken där siffrorna anger försöksordningen. Reproducerad med tillåtelse från Frantzich och Nilsson (2003).

Efter att försökspersonen blivit informerad om förutsättningar och säkerhetsrutiner i tält 1, se Figur 4, fick denne se en kort filmsekvens som visade en bilfärd genom en vägtunnel utifrån bilförarens position i projektorummet, se Figur 4. Filmsekvensen varade i cirka 30 sekunder och tanken med filmen var att försöka få försökspersonen att uppnå en större inlevelse i situationen.

Efter filmsekvensen leddes försökspersonen till ingången av tunneln med ögonbindel och placerades strax innanför ingångsportarna, startplats i Figur 4. Innan ögonbindeln togs bort fick försökspersonen en sista instruktion:

*”Du har kört in i tunneln och stannat din bil. Det är rök i tunneln och du ska därför ta dig ut. Gör som du hade gjort i en verklig situation”.*

Därefter startade försöket och försökspersonen fick på egen hand leta sig ut ur tunneln. Efter avslutad utrymning besvarade försökspersonen på en enkät i enkätrummet och eventuellt intervjuades försökspersonen i intervjorummet, se Figur 4. Därefter leddes försökspersonen till tält 2, vilket var slutdestinationen för försökspersonen.

Utrymningsförsökskombinationer var begränsade på grund av antal försökspersoner, antal möjliga utrymningsskyltar och ljus. De kombinationer som undersöktes och



innebar enbart ett utrymningsförsök per försöksperson redovisas i Tabell 1. Vidare undersöktes tre scenarier med försökspersoner som redan hade varit med om ett tidigare försök men dessa redovisas inte i tabellen då de inte kommer att undersökas vidare.

**Tabell 1. Försökskombinationer av utrymningsutrustning. Reproducerad med tillstånd från Frantzych och Nilsson (2003).**

Utrustning i tunneln	Utrymningsscenario		
	1	2	3
Allmänbelysning	Ja	Ja	Ja
Vägledande markeringar	Ja	Ja	Ja
Blinkande lampor	Nej	Ja	Ja
Golvmarkering	Nej	Nej	Ja

Eftersom antalet försökspersoner var en begränsande faktor samt att varje försöksperson enbart deltog i ett utrymningsförsök delades försökspersonerna upp där olika antal deltog i de olika utrymningsscenarierna. Tabell 2 visar antalet personer som deltog i respektive utrymningsscenario. En del andra scenarier utfördes även men redovisas som tidigare nämnt inte här.

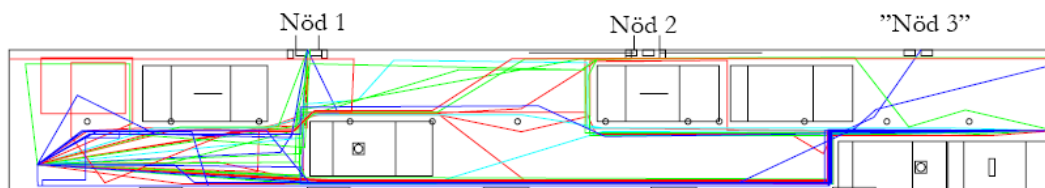
**Tabell 2. Antal personer som deltog i respektive utrymningsscenario. Reproducerad med tillstånd från Frantzych och Nilsson (2003).**

Utrymningsscenario	Antal
1. Allmänbelysning	15
2. Allmänbelysning och blinkljus	7
3. Allmänbelysning, blinkljus och golvmarkering	7
Totalt	29

#### 4.1.4. Resultat

Försökspersonernas gångväg genom tunneln registrerades med hjälp av inspelat videomaterial. De rörde sig på olika sätt i tunneln genom att följa en vägg, följa en bil, gå mot en skylt eller gå utan någon direkt orientering i tunneln. Personerna som gick utan någon direkt orientering följde oftast olika föremål i tunneln, till exempel bilar. Då de passerat bilen tvingades de känna sig framåt till dess att de funnit något annat föremål att följa.

Majoriteten av försökspersonerna valde att söka sig framåt längs den högra väggen då de släpptes in genom dörren på den högra sidan av tunneln. Användningen av nödutgångarna var inte stor då de flesta valde att känna sig fram längs den högra väggen och utrymma genom tunnelmynningen. Totalt 66 procent av den sträcka som försökspersonerna gick i tunneln gick de längs en vägg. Figur 5 nedan visar en sammanställning av försökspersonernas gångvägar.



**Figur 5. Personernas gångväg genom tunneln. Reproducerad med tillåtelse från Frantzych och Nilsson (2003).**

Tabell 3 visar hur personerna valde att utrymma genom tunneln. Förklaringen till att så få valde att använda nödutgångarna var att personerna inte uppmärksammade skyltarna då majoriteten valde att hålla sig till den högra väggen där det var svårt att se skyltarna på andra sidan och dessutom saknades skyltning som informerade om att nödutgångar fanns på motstående sida. Försöken visade även att de som uppmärksammade skyltarna var mestadels personer som gick på måfå inne i tunneln och höll sig närmare mitten av tunneln. Tabellen visar samtliga resultat då dessa kommer användas senare för att göra en total jämförelse mellan dessa försök och de som utförs i denna studie.

**Tabell 3. Personernas val av utgång för respektive utrymningsscenario. Reproducerad med tillstånd från Frantzich och Nilsson (2003).**

Scenario	Ingång	Nödutgång 1	Nödutgång 2	Nödutgång 3	Mynning	Summa
1	1	2	0	0	12	15
2	0	2	0	1	4	7
3	0	1	0	0	6	7
4	0	0	0	0	4	4
5	0	4	0	0	8	12
Summa	1	9	0	1	34	45

Av samtliga försökspersoner var det ungefär 80 procent som följde en vägg någon längre sträcka i tunneln varav cirka 37 procent av dessa någon gång lämnade den vägg som de följde på grund av olika orsaker. Främsta orsaken till att försökspersonerna lämnade den vägg de följde var framförallt för de stötte på en bil och valde att gå längs en av bilarna. I några av fallen då försökspersonerna observerade skyltar släppte de taget om väggen och gick mot en skylt istället. Detta sammanfattas i Tabell 4 nedan.

**Tabell 4. Andelen av sträckan som försökspersonerna totalt gick på olika sätt i tunneln. Reproducerad med tillstånd från Frantzich och Nilsson (2003).**

		Följa vägg	Måfå	Följa bil	Mot skylt	Totalt
		andel	andel	andel	andel	andel
<b>Urval</b>	Samtliga fall	66 %	18 %	14 %	2 %	100 %
	Gick ut genom tunnelmynning	71 %	15 %	14 %	0 %	100 %
	Gick ut genom tunnelmynning & såg ej skylt	82 %	10 %	8 %	0 %	100 %
	Gick ut genom tunnelmynning & såg skylt	32 %	32 %	36 %	0 %	100 %
	Gick ut genom nödutgång 1 & såg skylt	25 %	41 %	14 %	20 %	100 %

Vid enkätundersökningen besvarade cirka 80 procent av de tillfrågade att deras förflyttning var målmedveten med en grundstrategi att leta efter en dörr eller tunnelmynningen medan andra strategier var att söka efter ljus eller symboler. Enkäten visade även på att majoriteten av de tillfrågade uppgav att de under utrymningen inte ändrade sin grundstrategi utan fortsatte som de hade planerat från första början.

I stora drag gällande försökspersonernas beteende och gångväg valde majoriteten att hålla sig till den högra väggen och övergav sällan dessa. Vanligtvis krävdes att de stötte på en bil eller såg en utrymningsskylt att gå till. Då svårigheter förekom att observera skyltarna på vänster vägg valde försökspersonerna att gå hela vägen längs den högra väggen och utrymma genom tunnelmynningen.

De observationer som gjordes vid det ursprungliga försöket var att användningen av nödutgångarna inte ökade i någon större grad då nödutgångarna gjordes mer attraktiva. De flesta försökspersonerna valde att utrymma genom tunnelmynningen. Genomlysta utrymningsskyltar fanns med i samtliga försök. Av de försökspersoner som såg en skylt under försöket valde ändå en stor andel av dessa att utrymma genom tunnelmynningen. Vanligaste anledningen till detta beteende var att de inte trodde att skylten ingick i försöket eller att de inte trodde att de fick gå ut genom nödutgången.

I scenariot med blinkande lampor vid det ursprungliga försöket utrymde en större andel genom nödutgångarna då dessa blev synligare och mer attraktiva. Totalt deltog 14 försökspersoner där sex av dessa angav i enkäten att de sett blinkande lampor under utrymningsförloppet. Hälften av dem som hade sett blinkande lampor valde att utrymma genom tunnelmynningen medan resterande gick ut genom nödutgång 1. I enkäten fick försökspersonerna redogöra hur de uppfattat det blinkande ljuset som användes i scenariot. Av sex personer som hade sett blinkande lamporna angav två att de inte hade tänkt så mycket på ljuset utan bara fortsatt genom hela tunneln. Av de tre som utrymde genom nödutgång 1 angav två av dessa att de förknippade blinkande ljuset med säkerhet eller utgång medan en försöksperson hade förknippat det med osäkerhet eller att man inte skulle gå dit. Resultatet visar även att det oftast krävdes en kombination av blinkande ljus och utrymningsskylt för att personerna skulle välja att utrymma genom nödutgången då det blinkande ljuset hjälpte till att göra nödutgångarna mer attraktiva medan skylten bidrog med ytterligare information som var lätt för personerna att tolka.

I scenariot med blinkande lampor och golvmarkering vid det ursprungliga försöket valde endast en försöksperson att utrymma genom nödutgång 1 medan resterade valde att utrymma via tunnelmynningen. Totalt deltog sju försökspersoner. I enkäten fick de försökspersoner som deltog i scenariot med golvmarkering ange om de hade lagt märke till någon annan installation, förutom utrymningsskyltar och blinkande lampor, som kunde vara till hjälp för dem att hitta ut. Ingen av personerna hade under utrymningen lagt märke till golvmarkeringen. Anledning till detta kan vara att golvmarkeringen var vit och syntes dåligt genom den vita röken.

## **4.2. Reproducerat försök**

I detta avsnitt avhandlas arbetsgången för att reproducera försöket i ovanstående avsnitt som en virtuell miljö vilken användes till försök i *Virtual Reality Lab* på LTH. Utrustningen och programmen som användes redogörs för och skapandeprocessen för programvaran beskrivs. Slutligen beskrivs försökspersonerna och utförandet av försöken.

### **4.2.1. Utrustning**

I detta avsnitt presenteras simuleringsanordningen och de program som använts för att utveckla programvaran.

#### **4.2.1.1. Triple-Screen Immersive Visualization – 3SIV**

Programvaran som skapades kan spelas upp med en rad olika display-produkter. I denna studie användes *Triple-Screen Immersive Visualization*, vidare kallat 3SIV, som finns i VR-laboratoriet på Lunds universitet att användas. Systemet byggdes som ett enkelt och relativt billigt alternativ till ett CAVE-system, ett omslutande rum med projicering på väggar, golv och ibland tak, vilket är dyrt att installera, känsligt och kräver att ett flertal datorer samverkar i ett kluster. 3SIV-systemet utgörs istället av tre

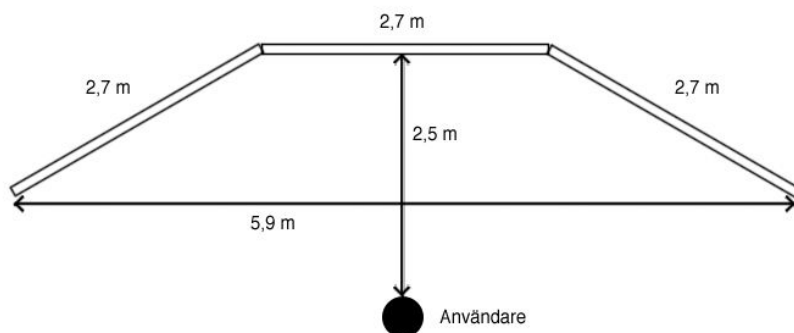
stora skärmar med tillhörande projektor. Samtliga skärmar styrs av en gemensam dator och det gör det därför lättare att anpassa programvaran till display-enheten. För att förbättra den omslutande upplevelsen och få en djupkänsla i projektionen används aktiv stereoskopi i detta system.

Vidare är fördelen med tre stora skärmar gentemot en vanlig mindre bildskärm att en uppslukande upplevelse som täcker större delen av synfältet skapas. Detta gör att denna studie skiljde sig från de tidigare försöken med anknäring till utrymning som studerats där endast en mindre skärm användes. En annan fördel med 3SIV-systemet är att bilden med hjälp av speglar projiceras bakifrån på skärmen så att projektorerna kan monteras nära skärmarna. Detta gör att systemet blir kompakt och inte upptar särskilt stor plats.

3SIV-systemet på Lunds universitet som användes bestod av följande komponenter:

- En dator utrustad med grafikkort med stöd för *3D Vision Surround*, det vill säga stereoskopisk projicering på flera synkroniserade skärmar.
- *NVIDIA 3D Vision*, ett system för aktiv stereoskopi, bestående av en IR-sändare och 5 slutartidsstyrda 3D-glasögon.
- Tre *BenQ MX812ST*-projektorer, med stöd för 120 Hertz bildväxlingsfrekvens och aktiv stereoskopi.
- Tre speglar på cirka 120 gånger 90 centimeter.
- Tre projektdukar, vardera med en projektduk på cirka 270 gånger 210 centimeter
- Tre flexibla och demonterbara ramar, byggda med standardaluminiumprofiler och konsoler.
- Ett 5.1 surround-ljudsystem.

Användaren stod cirka 2,5 meter ifrån den mittersta skärmen då försöken genomfördes i 3SIV-systemet och använde en kontrollenhet för navigering. Figur 6 nedan visar uppställningen av 3SIV-systemet.



Figur 6. Uppställningen av 3SIV-systemet.

Figur 7 nedan visar kontrollenheten, vilken är mycket lik sådana som normalt används till TV-spelskonsoler, som användes för att navigera i programmet. Handkontrollen är en trådlös kontrollenhet med dubbla analoga styrspakar av modellen Logitech F710. 3SIV-systemet kunde vid försöken endast användas med denna trådlösa handkontroll eller med tangentbord och mus. Enligt de tidigare försöken som studerats skulle en

mindre konventionell kontrollenhet dock vara mer optimalt (Smith & Trenholme, 2009). Handkontrollen valdes framför tangentbord och mus eftersom den var den mest föredragna i de försöken (Kobes, 2010).



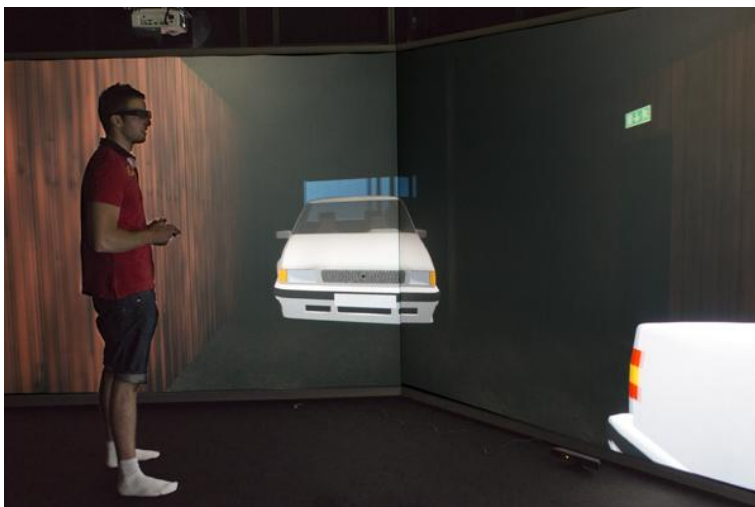
Figur 7. Logitech F710-handkontrollen som används för att navigera i programmet.

Användaren utrustades med slutartidsstyrda 3D-glasögon, vilka visas i Figur 8 nedan, med bildväxlingsfrekvens på 120 Hertz.



Figur 8. Slutartidsstyrda 3D-glasögon för aktiv stereoskopi.

Figur 9 nedan visar hur systemet såg ut vid användning, här med en tidig version av programvaran. Vid försöken var takbelysningen nedsläckt och rummet mörkare än vad figuren visar.



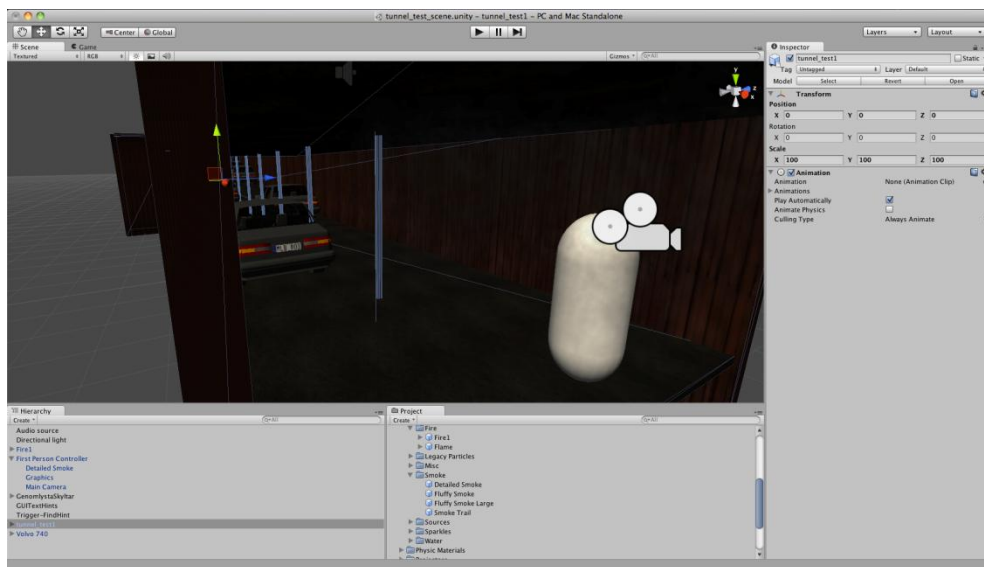
Figur 9. Test med tidig version av programvaran i 3SIV-systemet.

### 4.2.1.2. Unity 3

För att bygga upp programvaran som användes till simuleringen i försöken behövdes en spelmotor, det vill säga ett program för utveckling av spel som innehåller renderingsmjukvara, fysikmotor och andra funktioner som behövs för att skapa den virtuella miljön. Att använda sig av en färdig, tillgänglig spelmotor ansågs vara den smidigaste lösningen i denna studie, till skillnad från att skriva hela programvaran från grunden. Användandet av en tillgänglig spelmotor stöds även av resultat från tidigare försök av Smith och Trenholme (2009) samt Backlund et al (2007) som studerats.

Unity är en spelmotor framtagen för fristående utvecklare och använder de tre programmeringsspråken JavaScript, C# och Boo. Med Unity går det att skapa spel till en mängd plattformar, bland annat Windows, Mac, Microsoft Xbox 360 och diverse handhållna enheter. Det har en mängd färdiga inbyggda funktioner för 3D-modellering och spelskapande och möjlighet att snabbt ändra eller lägga till kod i programvaran. Användargränssnittet har en förhandsgranskning och testfunktion så att det kontinuerligt går att se hur programvaran byggs upp och kontinuerligt testa dess funktioner under arbetets gång. Unity kompilerar sedan enkelt programvaran till en körbar fil.

I denna studie har gratisversionen 3.5.2f2 från 2012 använts. Figur 10 nedan visar användargränssnittet i Unity med olika rutor för inställningar och filhantering samt en stor förhandsgranskningsruta.



Figur 10. Användargränssnittet i Unity 3.5.2f2.

### 4.2.1.3. Autodesk Maya

För att skapa 3D-modeller av utrymmena som ska användas i försöken används programmet Maya från Autodesk. Det är ett program för 3D-modellering och animering vilket lämpar sig väl för filmskapande, arkitekturgestaltning och spelutveckling och är direkt kompatibelt med Unity. I denna studie har studentversionen från 2012 använts.

### 4.2.2. What if-analys

Syftet med en *What if*-analys är att identifiera, och på så sätt kunna åtgärda, ett systems riskkällor. Detta gjordes genom att gå igenom vilka följder tänkbara

avvikelser från systemets planerade funktion kunde ha på dess fortgång. Metoden är kvalitativ och används vanligtvis i samband med utveckling och utformning av system för att värdera riskförhållanden (Nystedt, 2000).

Arbetsgången för metoden var följande (Nystedt, 2000):

- Ställ frågan ”*Vad händer om.....?*”.
- Uppskatta denna händelses sannolikhet.
- Identifiera denna händelses konsekvens.
- Föreslå en åtgärd.
- Ställ ny fråga.

Sannolikheten uppskattades kvalitativt genom bedömningar baserade på tidigare försök, utrustningens skick och erfarenheter från arbetets gång. Frågeställningarna som behandlades i analysen är de som bedömdes vara av störst relevans för försöken. Det finns självklart fler riskkällor men de bedömdes vara ytterst osannolika eller irrelevanta. Resultaten av analysen av försöken i denna studie presenteras i bilaga A.

#### **4.2.3. Skapande av virtuell miljö**

I detta avsnitt redovisas hur försöket med återskapandet av den rökfyllda tunneln från Frantzich och Nilssons (2003) försök byggdes upp och utfördes.

##### **4.2.3.1. Förutsättningar**

I skapandet av den virtuella miljön eftersträvades en stor likhet med den riktiga tunneln som användes. För att få modellen så verklighetstrogen som möjligt gjordes ett studiebesök vid den riktiga tunneln på övningsfältet i Revinge. Foton togs på olika ytor vilka sedan har använts för att göra texturer till 3D-modellen och tunnelns uppfattade storlek studerades för att kunna ställa in kamerafunktionen i programmet rätt. CAD-ritningar, videosekvensen samt ljudspåret som användes vid ursprungsförsöket erhöles för användning i denna studie. Dessutom användes information från rapporten vilket sammanstälts och redovisats i avsnitt 4.1. I Figur 11 nedan visas bilder från tunneln som använts som underlag för att utforma den virtuella miljön.



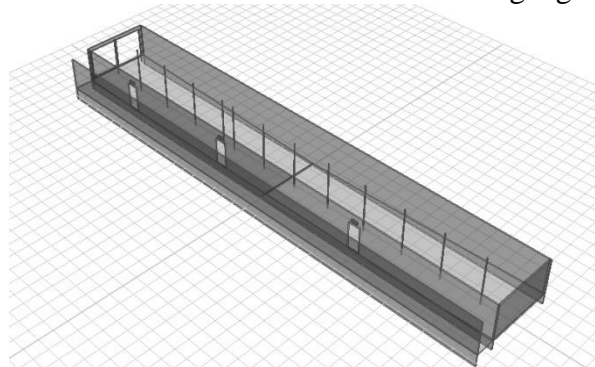
Figur 11. Foto från mitten av tunneln samt tunnelmyningen sett inifrån tunneln.

Den virtuella miljö som användes i försöken byggdes, enligt vad som beskrivits i tidigare avsnitt, med hjälp av programmen Autodesk Maya och Unity. Den spelbara programvaran bestod dels av en 3D-modell över tunneln och dels av olika funktioner

och skript som skapade visuella effekter samt gjorde att användaren kunde röra sig i den.

#### 4.2.3.2. 3D-modellen

I Autodesk Maya byggdes modellen av tunneln baserat på CAD-ritningar och observationer från studiebesöket. Det var en relativt enkel process där polygonfigurer i ursprungsformen av en kub formades och skalades om och sattes ihop till rum med golv, tak och omslutande väggar. Det krävdes ingen större erfarenhet av 3D-modellering för att bygga en enkel geometri som denna. Figur 12 nedan visar en översiktssbild av tunneln med den extra gången på vänster sida.



Figur 12. Översiktssbild över 3D-modellen av tunneln.

Modellen hade samma mått som den riktiga tunneln samt ett golv som lutade ungefär 2,5 grader in mot mitten från båda ändarna av tunneln. Tolv vertikala stolpar var placerades längs tunnelns mitt i enlighet med den verkliga tunneln. Ytor som utgjorde väggar, golv, tak et cetera gavs olika texturer för att ge ett verkligare intryck. Vid studiebesöket till tunneln observerades att de flesta ytor var täckta av ett lager sot så att det mesta hade en svart ton. Detta återspeglades i modellen genom att göra samtliga texturer mörka.

Sex bilar placerades sedan i tunneln på de platser som specificerats i avsnitt 4.1. 3D-modellerna av bilarna var en modell av Volvo 740 som erhöles från *Google 3D Warehouse* där användare kan dela med sig av egenskapade modeller. Bilmodellen valdes som en troligt förekommande modell bland skrotbilar på övningsfältet baserat på observationer vid platsbesöket.

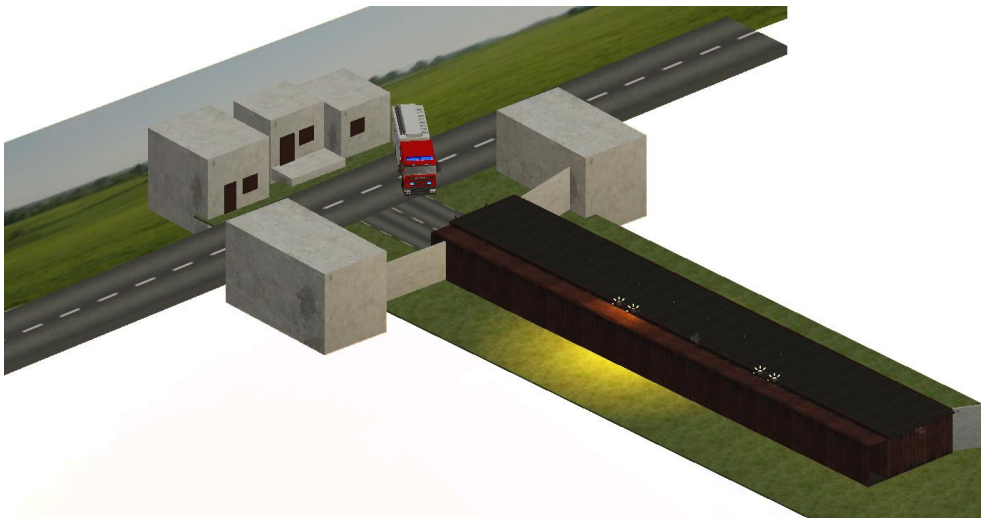
En texturerad version av modellen, med bilar, visas i Figur 13 nedan.





Figur 13. Översiktsbild över 3D-modellen av tunneln med bilar och texturer.

En mindre utomhusmiljö byggdes upp utanför tunneln så att försökspersonerna kommer någonstans efter att de utrymt tunneln. Denna bestod av ett par enkla byggnader samt en brandbil så att försökspersonerna skulle känna att de hade kommit till säkerhet. Även brandbilen erhöles från *Google 3D Warehouse*. En översiktsbild av tunneln med utomhusmiljö visas i Figur 14 nedan.



Figur 14. Översiktsbild över komplett 3D-modell för försöken.

#### 4.2.3.3. Programvaran

För att sedan skapa möjligheten att röra sig i 3D-modellen och projicera detta i 3SIV-systemet användes spelmotorn Unity. Som beskrivits tidigare är detta ett utvecklingsprogram för spel och det har en mängd färdiga funktioner som kan användas till spelskapande.

För att användaren skulle kunna flytta sig i miljön i ett förstapersonsperspektiv användes en färdig *First Person Controller*-funktion vilken innehåller olika skript som bland annat reglerar hur användaren styr och med vilka hastigheter kameran rör

sig i olika riktningar. Kontrollenheten som användes i 3SIV-systemet, se Figur 7, istället för tangentbord och mus, vilket är standardinställningen i Unity, krävde att ett av skripten byts ut mot ett för enheten specifikt skript. *First Person Controller*-funktionen placeras ut som en cylinderliknande figur i miljön som innehåller kameran och representerar användarens kropp vid kollisioner med omgivningen. 3D-modellen skalades så att den överensstämde med figurens storlek. Gånghastigheten i programmet ställdes in med en övre gräns på en meter per sekund baserat på det ursprungliga försöket, genom att röra handkontrollens joystick olika mycket kan användaren reglera hur snabbt den rör sig i miljön.

För att skapa bakgrundsljud lades en *Audio Source*-funktion in i programmet vilken spelade upp en ljudfil med det fläktljud som erhållits från det ursprungliga försöket. Denna lades in i en punkt i miljön och styrde ljudets volym samt hur ljudet förändras när användaren rörde sig kring den utsändande punkten.

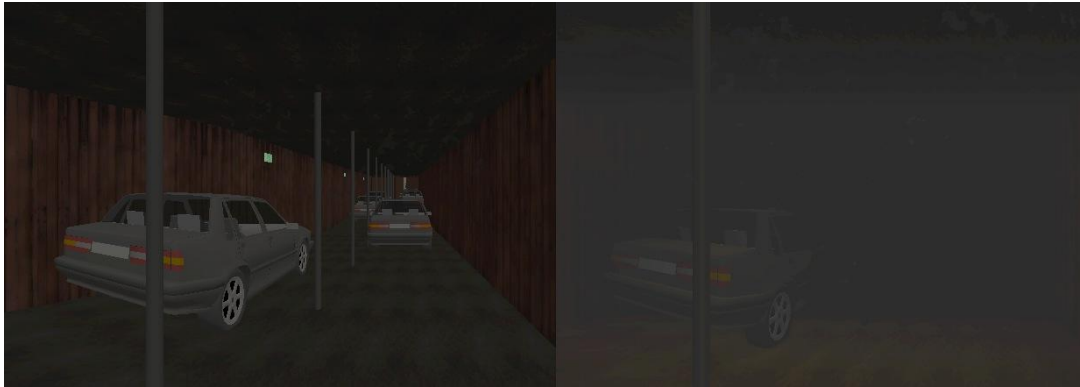
Ljussättningen i miljön styrdes av en *Directional Light*-funktion som skapar en ljussättning med specifik färg, intensitet och infallsvinkel.

Då scenariot som byggdes upp innefattar nedsatt sikt på grund av rök användes funktionen *Fog* i programmets renderingsinställningar. Denna funktion gör att sikten försämras med avståndet från kameran. Färgen på dimman kan väljas och inställningar av start- och slutpunkt kan göras. Nedsättning av sikt med denna funktion räknas som en linjär funktion av avståndet. Inom brandsammanhang beskrivs siktnedsättningen av optisk densitet, som är en logaritmisk funktion av avståndet (Holmstedt & Nilsson, 2007). Sikten i förhållande till avståndet kommer därför att förändras annorlunda i programvaran och det kan bli en skarp övergång mellan synligt och icke synligt.

För att vidare ge en känsla av rök användes ett i Unity inbyggt partikelsystem kallat *Detailed Smoke* som ger ett rökliknande flöde av partiklar. Partiklarna sänds ut ur en punkt, en *emitter*, och denna fästes en bit framför användarens kamera och riktad mot den vilket gjorde att användaren kontinuerligt möttes av flödande partiklar.

Ett ljusfenomen som inte kunde återskapas i programvaran är *scattering*. Det innebär att ljus reflekteras på partiklar och sprids ut när det färdas genom luft eller andra gaser och är anledningen till att himmeln är blå under dagen istället för att rymden syns som på natten (Beeson & Mayer, 2008). I ett fall med en rökfylld tunnel kan detta leda till att till exempel blinkande lampor är svåra att lokalisera då det blinkande ljuset reflekteras i ett stort område i röken och dess ursprung blir svårt att urskilja. I programvaran har partiklar ingen inverkan på ljusets gång.

Figur 15 nedan visar tunneln utan respektive med siktnedsättning. Ljus och siktförhållanden i denna figur är inte helt korrekta utan har senare kalibrerats i samråd med författarna till den ursprungliga rapporten.



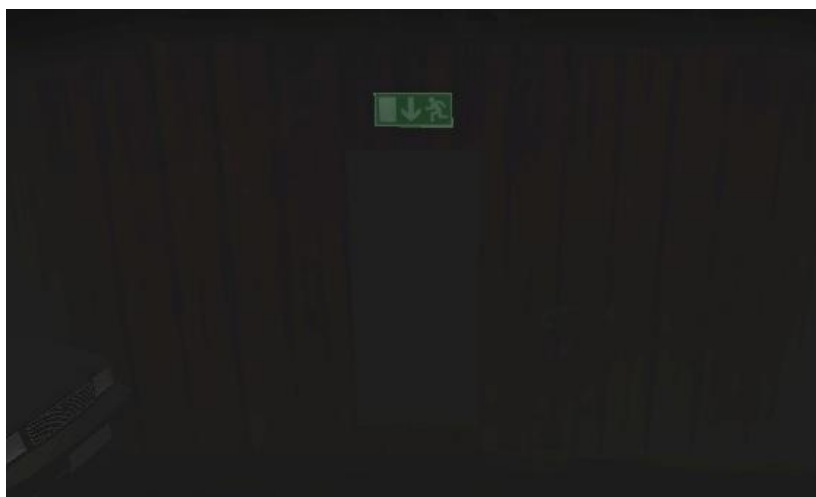
Figur 15. Vy i tunneln utan respektive med siktnedsättning.

Då försökspersonen nådde någon av utgångarna i tunneln ändrades renderingsinställningarna med hjälp av ett kollisionstyrt skript så att siktdämpningen och partikelflödet stängdes av. Detta fungerade på så sätt att när *First Person Controller*-figuren passerade genom, och därmed kolliderade med, en bestämd volym i omgivningen så aktiverades ett skript som styr renderingsinställningarna. Figur 16 nedan visar hur försökspersonens vy såg ut precis då denne kommit ut ur tunneln.



Figur 16. Försökspersonens vy innan programvaran avslutas.

Skyltar som skulle vara genomlysta samt de blinkande lampor som förekom försågs med en *self-illuminating*-textur vilken gör att ytan ser ut att sända ut ljus trots att inget ljus faller på den. De blinkande lamporna kompletterades även med *Spot Light*-funktioner vilka fungerar som en ljuskälla som ger ett sken på närliggande ytor. Figur 17 nedan visar hur en utgång med utrymningsskylt såg ut. Ljus och siktförhållanden i denna figur är inte helt korrekta utan har senare kalibrerats i samråd med författarna till den ursprungliga rapporten.



Figur 17. Utgång med utrymningsskylt.

För att skapa en illusion av blinkande lampor användes ett av författarna skrivet skript som reglerade renderingen av texturerna och ljuskällorna. Med en frekvens på en Hertz skiftades renderingen av och på vilket i den mörka omgivningen gav intrycket av att det var en lampa som släcktes respektive tändes. Detta skript redovisas tillsammans med övriga använda skript i bilaga B. Figur 18 visar en bild av en utgång utrustad med lampor. I programvaran skiftade vyn mellan denna och den i Figur 17 ovan vilket gav ett intryck av blinkande lampor med orange ljus. Ljus och siktförhållanden i denna figur är inte helt korrekta utan har senare kalibrerats i samråd med författarna till den ursprungliga rapporten.



Figur 18. Utgång med utrymningsskylt och lampor.

I de ursprungliga försöken hade försökspersonernas gångvägar ritats upp. För att kunna göra detsamma som jämförelse i denna studie användes ett skript som skrev ut försökspersonens koordinater, i form av en vektor innehållande x-, y- och z-koordinat, två gånger per sekund. Detta skript skrevs av författarna och använde en inbyggd debug-funktion som kan skriva ut textsträngar till en textfil medan programmet körs. Skriptet skickade kontinuerligt *First Person Controllerns* koordinater till debug-funktionen. Data från detta kunde sedan matas in i Excel och plottas till en kurva som visuellt beskriver gångvägen.

Uppdelningen på tre skärmar krävde skript som omvandlar bilden som sändes ut av programmet till en som passade systemet. Till detta fanns ett färdigt skript tillgängligt från VR-laboratoriet vilket lades till i programvaran.

För att programvaran skulle avslutas då försöket slutförts användes ett kollisionsstyrt skript likt det som beskrivits för renderingsinställningarna ovan vilket istället avslutade programmet då försökspersonen nådde en viss sträcka utanför tunneln. Detta och samtliga andra skript som använts redovisas i bilaga B.

#### **4.2.3.4. Scenarier i programvaran**

Scenarierna i denna studie behandlade inte alla försökskombinationer från det ursprungliga försöket i Revinge. De försökskombinationer som valdes att undersökas var ett fall med allmän belysning, ett fall med allmänbelysning och blinkande lampor samt ett fall med allmänbelysning, blinkande lampor och golvmarkering. Scenarierna valdes i samråd med författarna till den ursprungliga rapporten och var de som uppvisade tydligast resultat vid det ursprungliga försöket. Detta för att beteendet skulle vara enklare att tolka och jämföra mellan de två försöken. De tre scenarierna beskrivs vidare nedan.

##### **Allmänbelysning**

Scenariot med allmänbelysning var det enklaste fallet och utgjorde standardfallet i simuleringarna. Försökspersonen kunde utrymma tunneln via de två nödutgångarna samt via tunnelmynningen. Ovanför nödutgångarna inne i tunneln fanns endast utrymningsskyltar som visade möjliga vägar ut. Vidare fanns ytterligare en utrymningsskylt mellan nödutgång 2 och tunnelmynningen. Detta var ingen egentlig utgång utan representerade endast en möjlig sådan. Utrymningsskyltarna utformades i samma storlek som i det experimentella försöket och var självlysande. De skript som användes i detta scenario är skript 1 till 6 som beskrivs närmare i bilaga D. Detta krävde en del kunskaper inom programmering då vissa av skripten var färdiga för användning medan andra var tvungna att skrivas från grunden. Figur 19 illustrerar en av nödutgångarna i scenariot med endast allmänbelysning.



Figur 19. Scenario med allmänbelysning.

##### **Allmänbelysning med blinkande lampor**

Fallet med allmänbelysning och blinkande lampor baserades på samma uppbyggnad som fallet med endast allmänbelysning. Skillnaden var att blinkande lampor användes i detta fall. Två blinkande lampor placerades ovanför nödutgång 1 och 2. För att åstadkomma detta behövs ytterligare skript utöver de som användes i standardfallet med allmänbelysning. Skript 7 och 8 användes för att åstadkomma den blinkade effekten med en frekvens på en Hertz. Skripten beskrivs närmare i bilaga B. Figur 20

illustrerar en av nödutgångarna i scenariot med allmänbelysning och blinkande lampor med orange ljus.



Figur 20. Scenario med blinkande lampor.

#### **Allmänbelysning, blinkande lampor och golvmarkering.**

Detta scenario baserades på samma uppbyggnad som fallet med blinkande lampor. Skillnaden är att en golvmarkering lades till vid nödutgång 1 och 2. Golvmarkeringen var utformad i vit färg, 1,2 meter bred och sträckte sig ut från dörrarna tvärs över tunnelns bredd. Figur 21 illustrerar en av nödutgångarna i detta scenario. Det bör nämnas att golvmarkeringen inte var så synlig som på bilden när försöken utfördes.



Figur 21. Scenario med golvmarkering.

#### **4.2.4. Genomförande av försök**

I detta avsnitt beskrivs genomförandet av försöken. Försöken genomfördes under en vecka, 24:e till 28:e september 2012.

##### **4.2.4.1. Försökspersoner**

Försökspersonerna rekryterades bland studenter vid LTH. Rekryteringen fungerade så att en kallelse skickades ut och studenterna anmälde sig sedan frivilligt, kallelsen redovisas i bilaga C. Kallelsen skickades främst till studenter på Väg- och vatten samt Lantmäteriprogrammet. Anledningen till detta urval av försökspersoner var att efterlikna det ursprungliga försöket så mycket som möjligt gällande bakgrund och ålder. Försökspersonerna anmälde sig frivilligt till försöken och fick ersättning i form av en biobiljett. Personer som har lätt för att bli åksjuka uppmanades att inte delta i försöken för att undvika den åksjuka som kan uppstå.

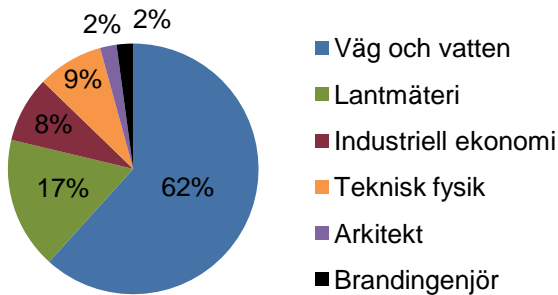


Totalt medverkade 47 försökspersoner vid försöken, varav en exkluderas på grund av tekniska missöden, och medelåldern för deltagarna var cirka 22 år. Tabell 5 nedan visar mer detaljerad information om dem.

**Tabell 5. Fördelning av försökspersoner och medelålder för respektive försöksdag.**

Dag	Män	Kvinnor	Medelålder	Summa
Måndag 24/9	4	4	23	8
Tisdag 25/9	7	3	21	10
Onsdag 26/9	5	3	23	8
Torsdag 27/9	5	5	22	10
Fredag 28/9	6	4	21	10
Totalt	27	19	22	46

Majoriteten av försökspersonerna kom från väg- och vattenprogrammet och i Figur 22 nedan visas fördelningen av olika program hos försökspersonerna. Studenter från brandingenjörsprogrammet uppmanades inte att delta i försöket men av misstag råkade en förstaårsstudent från brandingenjörsprogrammet dyka upp vid försöket. Då dennes tidigare erfarenhet och beteende inte skilde sig från de övriga försökspersonerna så kommer även detta inkluderas i sammanställning och analys av resultatet.



**Figur 22. Fördelning av program hos försökspersonerna.**

Ingen av försökspersonerna hade sett tunneln eller utrymningssimuleringen tidigare och hade därför ingen uppfattning om försökets omfattning. Vidare hade ingen av dem någon erfarenhet av 3SIV-systemet eller någon liknande anläggning. Försökspersoner som deltog i försöket hölls åtskilda från försökspersoner som ännu inte hade deltagit. Detta för att information om tunnelns utseende, längd, utformning et cetera inte skulle spridas vidare utan att alla försökspersoner skulle ha så snarlika grundförutsättningar som möjligt.

För att undersöka försökspersonernas tidigare erfarenheter gällande bränder, tunnlar, utrymning och brand i största allmänhet fick de besvara en enkät innan försöket. Försökspersonerna verkade inte ha någon speciell kunskap om utrymning. Ungefär två tredjedelar av försökspersonerna angav att de hade någon erfarenhet av brandövningar. Ingen av försökspersonerna uppgav att de hade någon erfarenhet av utrymning i tunnel. Av 46 tillfrågade hade 40 personer, cirka 85 procent, angivit att de hade åkt genom en väg- eller järnvägstunnel på sista tiden. Av försökspersonerna som nyligen färdats genom väg- och järnvägstunnlar uppgav knappt en tredjedel att de då tänkt på säkerheten. Majoriteten av dem funderade då på hur och var man egentligen tar sig ut om det skulle hända något som kräver utrymning av tunneln. Ett fåtal personer hade även tänkt på utrymningsvägarnas tillgänglighet samt om det fanns

nödtelefoner i anslutning till utgångarna. En försöksperson nämnde att denne hade tänkt på branden som skedde i den fransk-italienska Mont Blanc-tunneln år 1999.

Cirka 43 procent av försökspersonerna hade varit med om ett verkligt utrymningsförlopp. Ungefär 68 procent hade deltagit i någon form av brandövning där majoriteten av dessa provat på att släcka bränder under kontrollerade former. Bland försökspersonerna hade cirka 9 procent gått en längre sträcka i en vägtunnel och ingen hade någon gång varit med om en tunnelutrymning. Övriga tidigare erfarenheter som efterfrågades i enkätundersökningen redovisas i Tabell 6 nedan.

**Tabell 6. Tidigare erfarenheter hos försökspersoner baserat på enkätundersökning.**

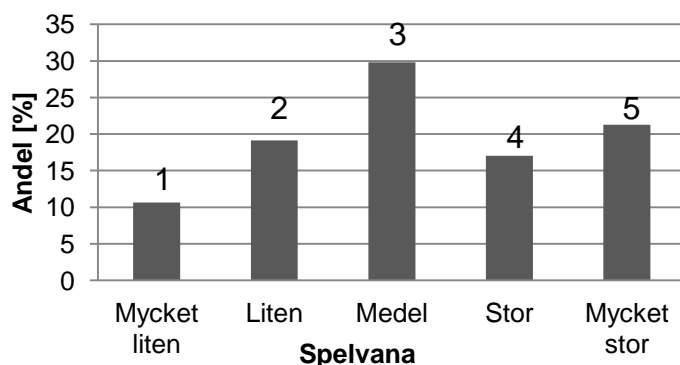
Erfarenhet	Antal [-]	Andel [%]
Varit med om en verklig brand	10	21
Varit med om en verklig utrymning	20	43
Deltagit i utrymningsförsök	30	64
Utrymning från tunnlar	0	0
Deltagit i brandövning	32	68
Provat släcka brand under kontrollerade former	18	39
Gått en längre sträcka i vägtunnel	4	9
Gått en längre sträcka i järnvägstunnel	0	0

I princip alla försökspersoner uppgav att de skulle leta efter närmaste utrymningsväg eller annan säker plats om de skulle råka ut för en brand i en tunnel. Ungefär hälften av de som kommenterade nämnde att de antagligen skulle springa. Några skulle även försöka ringa efter hjälp samt hjälpa andra ut ur tåget eller deras bilar.

Några försökspersoner ansåg att de antagligen skulle drabbas av panik, vad de menar med panik är dock inte känt. Lika många personer uppgav dock att de skulle göra sitt bästa för att hålla sig lugna och hjälpa andra.

I tidigare studier har det konstaterats att de personer som har stor erfarenhet från spel ofta tenderar att inte bruka lika stort allvar med övningar i virtuell miljö eftersom det för mycket liknar ett spel. För att undersöka hur stor spelvana som förekommer bland försökspersonerna fick de uppskatta sin egen erfarenhet av spel och relatera den till den tid de ägnar åt det på en femgradig skala.

Enligt Figur 24 nedan var det en relativt jämn fördelning bland försökspersonerna när det gäller deras spelvana. Ungefär en tredjedel angav sin spelvana som *medel* och medelvärdet låg på 3,2.



**Figur 23. Fördelning av spelvana bland försökspersonerna.**



Då *Virtual Reality Lab* ligger på IKDC på LTH:s område var det nära till hands för försökspersonerna som själva tog sig dit då de skulle utföra försöken. För att säkerställa att försökspersonerna kom samt hittade till laboratoriet kontaktades de dagarna innan försöken för att påminnas.

#### 4.2.4.2. Enkätundersökning

En enkätundersökning gjordes i samband med försöken för att kunna samla in information om försökspersonerna och besvara problemställningen gällande simuleringens realism. En enkät fylldes i av försökspersonerna innan försöken och en efter, båda enkäterna finns redovisade i bilaga D. Enkäternas frågeställningar baserades delvis på det ursprungliga försökets enkät och delvis på erfarenheter från de tidigare försök som studerats.

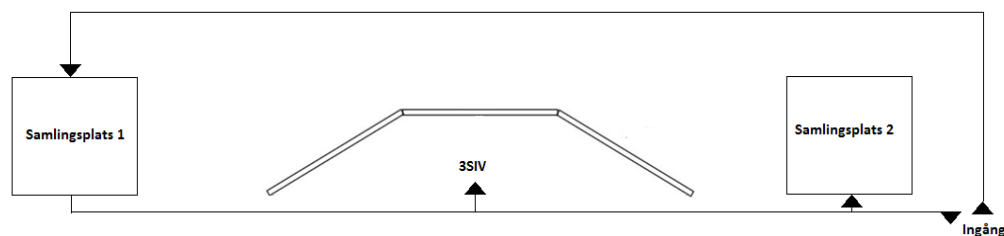
Enkäten som fylldes i innan försöket behandlade försökspersonens tidigare erfarenheter av utrymning, tunnlar et cetera. Försökspersonen ombads även bedöma sin erfarenhet av datorspel för att kunna undersöka om datorspelsvana påverkar resultatet även i denna studie. I tidigare studier har det som tidigare nämnts funnits en del skillnader mellan försökspersoner med olika vana av datorspel (Kobes, 2010).

Den enkät som fylldes i efter försöket behandlade försökspersonens intryck från försöket. Den bestod till stor del av frågor rörande simuleringens realism där försökspersonen fick betygsätta denna på en elvgradig skala mellan noll och tio.

Frågor i enkäter fungerar ofta inte som de var tänkta att göra (Foddy, 1993). För att undvika att frågorna feltolkades allt för mycket, och se till att svaren blev de som eftersöktes, granskades enkäterna av utomstående personer innan de användes. För att vidare reducera antalet frågor som inte fungerar har en del ofta förekommande typer av frågor som feltolkas av den svarande studerats och undvikits i enkäterna. Dessa inkluderar bland annat två frågor presenterade som en, långa frågor, frågor med svåra eller för den svarande okända ord samt frågor som har uteslutande fraser (Foddy, 1993).

#### 4.2.4.3. Försöksgång

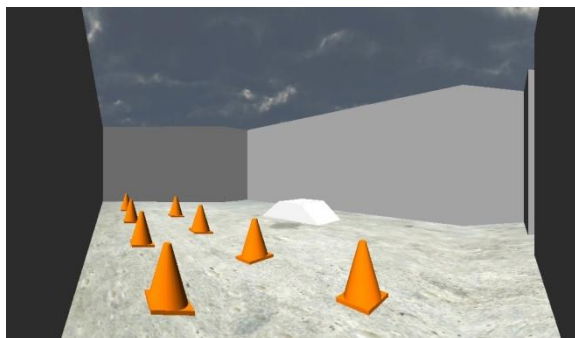
Utrymningsförsöken genomfördes under fem halvdagar i *Virtual Reality Lab*. Försökspersonerna samlades i laboratoriet där de informerades om förutsättningarna för försöken samt vilka säkerhetsåtgärder som gällde. Varje försök tog cirka 20 minuter. Figur 24 nedan visar en översiktsskiss över uppställningen av försöken.



Figur 24. Översikt över försökssupställningen i VR-laboratoriet.

Försöken inleddes med att deltagarna startade vid samlingsplats 1, där de fick fylla in en enkät, vilken beskrevs i ovanstående avsnitt och redovisas i bilaga D, gällande deras bakgrund, erfarenheter samt kunskaper om utrymning. Därefter fördes de till 3SIV-systemet. Innan försökspersonen genomförde sitt försök fick de öva på att

navigera i programvaran med hjälp av handkontrollen i ett enkelt rum med koner, se Figur 25.



Figur 25. Övningsrum innan försök.

Detta för att deltagarna skulle känna sig säkra på navigeringen och på så sätt undvika förvirring i det faktiska försöket. Innan själva försöket visades den filmsekvens av en bilfärd genom en vägtunnel som användes vid ursprungsförsöken. Därefter startades tunnelprogrammet där försökspersonen själv fick navigera i den uppbyggda tunneln och avslutades då de kommit ut ur tunneln, antingen via nödutgångarna eller via tunnelmynningen. Då en försöksperson hittar nödutgång 3, som inte har en egentlig utgång, räknas de som att de utrymt genom den. Efter avslutat försök fördes deltagarna till samlingsplats 2 där de fick fylla i ytterligare en enkät.

De 46 försökspersonerna fördelades på de tre olika utrymningsscenarierna där minimikravet på antal personer per utrymningsscenario baseras på antalet försökspersoner per utrymningsscenario i det ursprungliga försöket. Antalet försökspersoner som deltog i varje scenario redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Fördelning av försökspersoner på de tre scenarierna.

Utrymningsscenario	Antal
1. Allmänbelysning	25
2. Allmänbelysning och blinkljus	10
3. Allmänbelysning, blinkljus och golvmarkering	11
Totalt	46

## 5. Resultat

I detta avsnitt avhandlas resultat och observationer från de genomförda reproducerade försöken i *Virtual Reality Lab*. Gångvägar och samtlig data från enkätundersökningarna redovisas i bilaga E respektive F.

### 5.1. Beteende och gångvägar

Många av försökspersonerna uppgav att de var förvirrade då försöket började och inte hade en aning om var de skulle ta vägen då de inte kunde se något på grund av den nedsatta sikten. Flertalet av dem uppgav dock att de avsåg att leta efter nödutgångar, antingen genom skyltar eller konturen av en dörr, en del tänkte även ta sig till tunnelmynningen. Majoriteten av försökspersonerna tänkte följa den högra väggen där de började i hopp om att stöta på en utgång eller vägvisare som kunde leda dem rätt. Ett fåtal angav att de bara gick på måfå i tunneln. En försöksperson tänkte se sig omkring efter människor som kunde behöva hjälp.

En stor del av försökspersonerna angav att de bytte strategi under sin utrymning, oftast genom att släppa den högra väggen då de stötte på bilar som blockerade vägen. De flesta gick då runt bilarna och tillbaka till väggen men ett fåtal bytte sida. Ett sidbyte ledde ofta till att försökspersonen fann en nödutgång då dessa var synliga då personerna närmade sig tunnelns vänstra vägg. Ett par försökspersoner bytte strategi från att leta efter tunnelmynningen till att istället leta efter en nödutgång då de började inse att det kanske var mycket längre till mynningen. Ett fåtal nämnde även att de stannade upp för att lugna ner sig och börja leta mer systematiskt.

Majoriteten av försökspersonerna angav att de letade efter signaler i form av ljus eller symboler för att hitta en väg ut men en del letade även efter konturerna av en dörr. En person försökte lyssna efter ljud som kunde hjälpa.

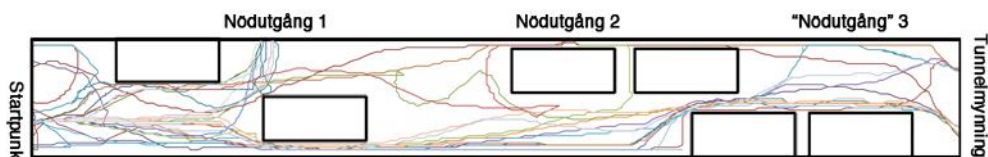
Av de som fann en nödutgång såg de flesta utrymningsskylten men ett par av de som utrymde i scenarierna med blinkande lampor hade inget minne av att ha passerat en skylt. Många försökspersoner uppgav att de sett blinkande ljus men majoriteten av dem kunde inte hitta ljuskällan eller koppla det till utgångar. Endast det blinkande ljuset var inte tillräckligt för att deltagarna skulle hitta nödutgången. Nödutgångarna gjordes i synnerhet mer attraktiva men det krävdes en kombination av både skylt och blinkande lampor i scenario två och tre för att nödutgången skulle hittas och väljas. De flesta försökspersonerna sa efteråt att de trodde ljuset var bilarnas blinkers eller liknande. Ett fåtal försökspersoner som utförde det första scenariot utan blinkande lampor angav att de ändå såg blinkande lampor, det är oklart vad som kan ha orsakat detta.

Tabell 8 visar hur många som deltog vid respektive scenario samt hur många personer som utrymde tunneln genom respektive utgång.

**Tabell 8. Fördelning av försökspersoner på de olika utgångarna i respektive scenario.**

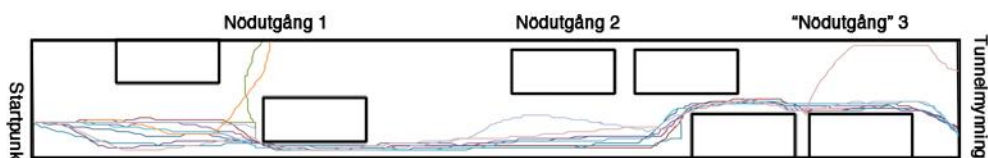
Scenario	Nödutgång 1	Nödutgång 2	"Nödutgång" 3	Mynning	Summa
1. Allmänbelysning	11	2	1	11	25
2. Blinkande lampor	2	0	1	7	10
3. Golvmarkering	2	1	2	6	11
Summa	15	3	4	24	46

Figur 26 visar försökspersonernas gångvägar i scenariot med allmänbelysning. Enligt vad som nämnts tidigare uppstod en del förvirring i början då försökspersonerna inte visste vart de skulle ta vägen och detta framgår i figuren nedan med cirkulerande rörelser i början av tunneln. Av totalt 25 försökspersoner utrymde elva genom nödutgång 1, två utrymde genom nödutgång 2 och en av försökspersonerna såg den tredje skylten som skulle symbolisera en möjlig utgång. Totalt elva personer gick genom hela tunneln och utrymde genom tunnelmynningen. En person gick längs vänstra väggen men missade både nödutgång 2 och 3 och fortsatte ut genom mynningen.



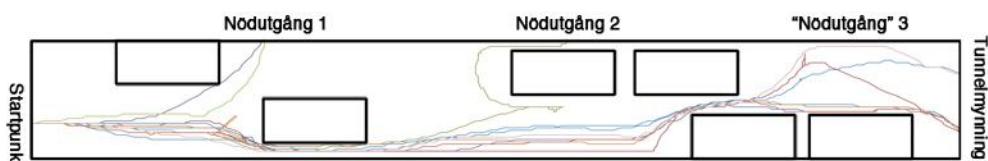
Figur 26. Gångvägar från försök med scenario 1.

I scenariot med blinkande lampor deltog totalt tio försökspersoner varav två utrymde genom nödutgång 1, en ville utrymma genom "Nödutgång" 3 och resterande försökspersoner gick genom tunnelmynningen, se Figur 27.



Figur 27. Gångvägar från försök med scenario 2.

I det sista scenariot användes förutom blinkande lampor även golvmarkering. Totalt genomgick tolv försökspersoner detta scenario men för en person kraschade programmet och detta resultat kommer som tidigare nämnt inte att användas vidare. Av de elva kvarvarande utrymde två genom nödutgång 1, en genom nödutgång 2 och två personer hittade den tredje nödutgången. Resterande sex försökspersoner utrymde genom tunnelmynningen. Detta redovisas i Figur 28.



Figur 28. Gångvägar från försök med scenario 3.

I scenariot med golvmarkering syntes golvmarkeringen endast om försökspersonen var mycket uppmärksam. Av de som deltog i detta scenario hade ingen angivit att de lagt märke till någon golvmarkering. I det fallet där programmet kraschade uppstod även ett tekniskt missöde på grund av att en programversion med fel ljussättning laddades då programvaran startades om. Sikten var betydligt bättre i tunneln än vad den skulle vara och golvmarkeringen var väl synlig, men trots detta lade försökspersonen inte märke till något.

För att undvika att försökspersonerna skulle bli förvirrade från början av tunneln fick de instruktioner då utrymningen började om att det inte fanns något bakom dem. Detta gjordes med anledningen att undvika förvirring samt för att efterlikna det ursprungliga försöket så mycket som möjligt. I det ursprungliga försöket leddes försökspersonen in i tunneln med en ögonbindel och när ögonbindeln togs av började denne utrymma framåt med kännedom om att det inte fanns någonting bakom. Detta syns i Figur 27 och Figur 28 med rakare linjer i gångvägarnas början till skillnad från scenariot med allmänbelysning där cirkulerande rörelser förekommer.

## 5.2. Realism

På frågorna rörande simuleringens realism i enkätundersökningen kommenterade ett flertal försökspersoner att de tyckte det kändes obehagligt eller trångt trots att det inte var på riktigt samt att de faktiskt blev stressade av situationen. En något mindre andel ansåg dock att vetskapen om att det inte var på riktigt gjorde att de kände sig säkra i situationen. Ett antal personer ansåg att den mörka ljussättningen var realistisk och ett fåtal kommenterade även att de tyckte ljudet bidrog mycket till realismen och känslan av att befinna sig i en tunnel.

Några försökspersoner ansåg att det hände för lite, att det borde funnits andra människor samt att siktdämpningen kändes konstig. Flertalet försökspersoner ansåg att det saknades lukt och värme för att skapa en mycket realistisk simulering. Dock var det många som ansåg att de visuella och audiella intrycken räckte för att de skulle sätta sig in i situationen och att de inte tänkte på att det saknades intryck under försöket. Känslan var ett annat sinne som försökspersoner saknade, främst eftersom de ville känna sig fram i den mörka miljön. En del försökspersoner lämnade vidare förslag på saker som de ansåg kan förbättra simuleringarna, bland annat att inkludera andra människor i scenariot samt att ha någon form av tidsbegränsning eller fallande hälsomätare så att försökspersonen inte kan befinna sig i utrymmet för länge.

I Tabell 9 nedan redovisas försökspersonernas svar på enkätfrågor gällande försökets realism. I svarsalternativen representerar noll i skalan *inte alls* och tio *väldigt mycket* förutom i första frågan där de representerar *har inget med riktig brandmiljö att göra* respektive *mycket verklighetsnära*. Figurer med stapeldiagram över svarsalternativen på respektive fråga redovisas i bilaga G.

**Tabell 9. Medelvärden och percentiler på enkätfrågor gällande försökets realism.**

Fråga	Medelvärde	25-percentil	Median	75-percentil
Hur skulle du beskriva den övergripande realismen i försöket?	7,7	7	8	8
Kändes det som att du befann dig i en tunnel?	8,2	7,25	8	9
Kändes det som att du befann dig i en nödsituation?	7,1	6	7	8
Tyckte du att sikten var rimlig för en tunnel med rök?	8,3	7,3	9	9
Tyckte du att utrymningsskyltarna var realistiska?	9	8,8	10	10
Tyckte du att ljussättningen var rimlig?	7,9	7	8	9
Kände du dig stressad under försöket?	4,2	2,3	4	6
Tyckte du att du kunde sätta dig in i situationen trots att det inte var på riktigt?	7,6	7	8	8

En del försökspersoner belyste som sagt problemet med att man känner sig säker då det endast är en simulering och nämnde att detta till viss del drar ner realismen. Även efter försöket trodde ett antal försökspersoner att de antagligen skulle drabbats av panik om det vore ett verkligt scenario.

Inga tydliga skillnader i beteenden kunde observeras mellan försökspersoner med olika tidigare erfarenheter av bränder eller tunnlar. De som svarade att de tänkt på säkerheten vid en färd genom tunnel utrymde på samma sätt som övriga försökspersoner och hade inga avvikande mönster i svaren på enkäten.

### 5.3. Navigation

Majoriteten av försökspersonerna ville gå snabbare i simuleringen och flera ansåg att det var den största bidragande faktorn till sänkningen av realismen. Många trodde att de i verkligheten skulle ha gått snabbt eller sprungit. Ett fåtal försökspersoner uppgav dock att de ansåg att programvarans gånghastighet var realistisk för ett scenario med så pass dåliga siktförhållanden. Övriga navigationsfunktioner som försökspersoner efterfrågade var möjligheten att klättra över bilar, svänga snabbare, ducka, se sig mer omkring samt kunna känna sig fram.

Under försöken observerades att många av de personer med liten spelarefarenhet rörde sig enkelt och obehindrat i programvaran medan ett antal av de med mycket hög erfarenhet blev förvirrade av styrningen då den skilde sig från vad de var vana vid. Av de som virrade bort sig mest under försöken hade de flesta, tre av fyra, hög eller mycket hög erfarenhet. Detta var en oförutsedd effekt vilken avviker från idén om att erfarna spelare inte skulle ta försöket på allvar och enkelt ta sig igenom miljön.

I enkätundersökningen var spridningen stor i frågorna angående hur försökspersonerna upplevde kontrollmöjligheterna. I Tabell 10 nedan redovisas försökspersonernas svar på enkätfrågor gällande kontrollmöjligheter i programvaran där noll i skalan representerar *inte alls* och tio *väldigt mycket*. Figurer med stapeldiagram över svarsalternativen på respektive fråga redovisas i bilaga G.

**Tabell 10. Medelvärden på enkätfrågor gällande programvarans kontrollmöjligheter.**

Fråga	Medelvärde	25-percentil	Median	75-percentil
Tyckte du att det var svårt att förflytta dig i tunneln?	5,6	3,3	5	8
Tyckte du att handkontrollen begränsade din rörelseförmåga?	3,4	1	3	5
Tyckte du att navigerandet med handkontroll påverkade ditt beteende?	3,9	1	3	7
Tyckte du att gånghastigheten i programmet var rimlig?	5,4	4	5	7
Kände du dig yr eller illamående under försöket?	1,3	0	0	1,75

På frågan om försökspersonerna tyckte det var svårt att förflytta sig i programvaran syns ett visst mönster. De som hade låg eller mycket låg erfarenhet av spel tenderade att tycka att det var svårt, i medelvärde 7 på skalan. Försökspersonerna med medel erfarenhet tyckte att det var lätt, i medelvärde 4, och de med hög eller mycket hög erfarenhet tyckte att det var något svårare, i medelvärde 5,7. För övrigt fanns inga tydliga skillnader mellan försökspersoner med olika erfarenhet av spel.

## 6. Analys

Syftet med denna studie var att ta reda på om virtuella miljöer kan användas som ett komplement till verkliga försök för att studera människors beteende vid brand. För att göra ett försök att svara på denna fråga ska det reproducerade försöket valideras gentemot ursprungsförsöket. I detta avsnitt redovisas därför en analys som jämför försöken med hjälp av resultat från de båda studierna.

### 6.1. Statistisk jämförelse av studierna

För att se hur resultaten i denna studie förhöll sig statistiskt till resultaten från det ursprungliga försöket utfördes statistiska hypotesprövningar gällande olika aspekter i de båda försöken. Det hypotestest som främst används är Fishers exakta test vilket är ett icke-parametriskt test som används för att jämföra två stickprov som kan delas i två kategorier (Bower, 2003). Metoderna som används och beräkningar som görs redovisas i bilaga H.

#### 6.1.1. Försökspersoner

För att undersöka hur de båda populationerna av försökspersoner i de verkliga försöken och försöken i denna studie förhöll sig till varandra utfördes ett par olika statistiska test.

Försökspersonernas ålder kunde inte testas parametriskt mot det ursprungliga försöket på grund av för litet stickprov då inte alla försökspersoner i den studien angivit ålder i enkätundersökningen. Medelvärde och percentiler jämförs dock i Tabell 11 nedan.

Tabell 11. Medelvärde och percentiler för försökspersoners ålder i respektive försök

	Verkligt försök	Virtuellt försök
Medelvärde	22	22
25 % percentil	21	21
Median	22	22
75 % percentil	23	23

#### 6.1.2. Beteende

Först prövades proportionerna mellan antalet försökspersoner som utrymt genom tunnelmynningen och det totala antalet deltagare i de båda försöken parametriskt. Detta kunde endast göras med det totala antalet då varje scenario för sig hamnade utanför giltighetsområdet för metoden. Efter beräkningar kunde det med ett 95-procentigt konfidensintervall, med ett  $\alpha$  på 0,05, visas att det fanns en signifikant skillnad mellan de verkliga och virtuella försöken.

Andelen som följde väggen i de båda försöken prövades också på samma sätt. Även i detta fall kan endast de totala antalen användas då det blev för små populationer i varje försök. Vid prövning med 95-procentigt konfidensintervall uppvisades ingen signifikant skillnad mellan verkliga och virtuella försök.

Därefter testades ett antal beteendenaspekter icke-parametriskt med Fishers exakta test. Testen gjordes med ett  $\alpha$  på 0,05, det vill säga ett 95-procentigt konfidensintervall, och utfördes med hjälp av ett färdigt beräkningsverktyg på Internet av Briggs & Preacher (2001). Först jämförs antalet som utrymde genom tunnelmynningen i varje scenario. Resultaten redovisas nedan, med scenario 1 i Tabell 12.

**Tabell 12. Fishers exakta test för scenario 1.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Utrymde i nödutgång	3	14
Utrymde i tunnelmykning	12	11
$p$ (ensidigt test)	0,027	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Ja</b>	

Enligt tabellen fanns en signifikant skillnad på hur många som utrymde genom en nödutgång och hur många som utrymde genom tunnelmyningen mellan de verkliga och virtuella försöken i scenario 1. Sedan testades scenario 2 och resultatet redovisas i Tabell 13 nedan.

**Tabell 13. Fishers exakta test för scenario 2.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Utrymde i nödutgång	3	3
Utrymde i tunnelmykning	4	7
$p$ (ensidigt test)	0,484	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Nej</b>	

Här syns att det i scenario 2 inte kunde påvisas någon signifikant skillnad mellan verkliga och virtuella försök angående vilken väg försökspersonerna utrymde genom. Därefter testades även scenario 3, vilket redovisas i Tabell 14 nedan.

**Tabell 14. Fishers exakta test för scenario 3.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Utrymde i nödutgång	1	5
Utrymde i tunnelmykning	6	6
$p$ (ensidigt test)	0,199	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Nej</b>	

I denna tabell syns att det inte kunde påvisas någon signifikant skillnad angående vilken väg försökspersonerna utrymde genom i scenario 3 heller.

Vidare undersöktes även mer specifika delar i försökspersonernas beteende. En aspekt som undersöktes var huruvida de försökspersoner som utrymt genom tunnelmyningen följt en vägg eller inte. Då följandet av höger vägg var ett vanligt beteende i både de verkliga och de virtuella försöken ansågs detta var intressant att undersöka. Resultatet av ett Fishers exakta test redovisas i Tabell 15 nedan.

**Tabell 15. Fishers exakta test av huruvida försökspersoner som utrymde i tunnelmyningen följde väggen.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Följde vägg	24	21
Följde inte vägg	10	3
$p$ (ensidigt test)	0,114	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Nej</b>	

Det visades att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan de verkliga och virtuella försöken angående denna aspekt.

Ytterligare en aspekt som undersöktes var hur försökspersonerna som följde väggen agerade då de stötte på ett hinder, antingen fortsatte de följa väggen så gott de kunde eller så vek de av från väggen och rörde sig på måfå eller mot tunnelns motsatta vägg. Resultatet av testet redovisas i Tabell 16 nedan.



**Tabell 16. Fishers exakta test av huruvida försökspersoner viker av från väggen då de stöter på hinder.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Viker av från tänkt väg	4	5
Fortsätter på tänkt väg	23	18
$p$ (ensidigt test)	0,394	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Nej</b>	

Även denna aspekt kunde inte påvisas ha någon signifikant skillnad mellan verkliga och virtuella försök.

Vidare undersöktes om det råder någon signifikant skillnad mellan verkliga och virtuella försöket gällande hur många försökspersoner som såg en skylt under utrymningen. Resultatet redovisas i Tabell 17.

**Tabell 17. Fishers exakta test av andel försökspersoner som såg en skylt under utrymningen.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Såg skylt	17	22
Såg inte skylt	28	24
$p$ (ensidigt test)	0,225	
Signifikant skillnad	<b>Nej</b>	

Även denna aspekt kunde inte påvisa någon signifikant skillnad mellan verkliga och virtuella försök.

Det syns i resultaten ovan att det är scenario 1 som påverkar huruvida det totalt sett går att påvisa någon signifikant skillnad. Dock var det fem försökspersoner i scenario 1 som blev förvirrade i början av försöket innan de blev informerade om att det inte fanns något bakom dem och gick i cirkulära banor längs den bakre väggen. Av dessa fem personer fann fyra stycken därför nödutgång 1. Om dessa försökspersoner inte inkluderas i testet, eftersom deras förutsättningar inte riktigt är desamma som övriga försökspersoner, blir resultatet istället så som redovisas i Tabell 18 nedan.

**Tabell 18. Fishers exakta test för korrigerat scenario 1.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Utrymde i nödutgång	3	10
Utrymde i tunnelmykning	12	11
$p$ (ensidigt test)	0,087	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Nej</b>	

Då syns att  $p$  blir något större och det inte kan påvisas någon signifikant skillnad längre mellan verkliga och virtuella försök. Samma korrigering görs på det totala antalet försökspersoner och redovisas i Tabell 19 nedan.

**Tabell 19. Fishers exakta test för korrigerat totalt antal.**

	<b>Verkligt</b>	<b>Virtuellt</b>
Utrymde i nödutgång	7	18
Utrymde i tunnelmykning	22	24
$p$ (ensidigt test)	0,084	
Signifikant skillnad ( $p < \alpha$ )	<b>Nej</b>	

Det syns även i detta test att korrigeringen ger ett förändrat resultat då  $p$  blir större och det inte längre går att påvisa någon signifikant skillnad.

## 6.2. Validering gentemot ursprungligt försök

Överlag bedöms försökspersonernas beteende i denna studie stämma överens med de beteenden som uppvisades i det ursprungliga försöket. Detta stöds även av de statistiska hypotesprövningar som utförts.

### 6.2.1. Gångvägar

Försökspersonernas gångvägar studerades i både denna studie och det ursprungliga försöket. I det ursprungliga försöket hade majoriteten av försökspersonerna följt den högra väggen och tagit sig ut genom tunnelns mynning. Ett liknande mönster uppvisades vid försöken i denna studie, många av försökspersonerna höll sig så gott de kunde längs höger vägg och avvek inte från den vägen tills de nådde tunnelmynningen. Dock var det en något större del försökspersoner som fann nödutgångarna i denna studie. Vid jämförelse av andelen som valde att utrymma genom tunnelmynningen visar statistiska tester att totalt sett och i scenario 1 kan en signifikant skillnad påvisas. I scenario 2 och 3 kunde däremot inte någon signifikant skillnad påvisas. En av anledningarna till denna skillnad är att i scenario 1 uppstod en viss förvirring i början då försökspersonerna skulle utrymma eftersom flertalet av dessa började gå bakåt och kunde inte navigera i tunneln. Därför kan slumpen haft en mer avgörande faktor än uppmärksamheten till att de just valde att utrymma genom första nödutgången. Denna förvirring drabbade fyra personer och därefter fick resterande försökspersoner instruktioner om att det inte fanns någonting bakom dem, vilket i fortsättningen minskade förvirringen.

För att undersöka hur stor inverkan data från de fyra försökspersonerna påverkar det statistiska resultatet i scenario 1 och totalt sett, undersöktes om det råder någon signifikant skillnad mellan försöken då dessa inte inkluderas. Resultatet visar att om dessa fyra försökspersoner inte inkluderas kan en signifikant skillnad inte längre påvisas. Då samtliga andra statistiska test som utförts visade att det inte råder någon signifikant skillnad mellan försöken, samt att de fyra personernas beteenden inte var representativa för resten av populationens, bedöms denna korrigering vara rimlig.

### 6.2.2. Strategier

Vidare undersöktes även om det råder någon signifikant statistisk skillnad angående hur försökspersonerna som följde väggen höll sig till sin strategi. De kunde antingen följa väggen tills de nådde tunnelmynningen eller vika av då de stötte på ett hinder. Resultatet av ett Fishers exakta test tyder på att det inte råder någon signifikant skillnad mellan verkliga och virtuella försöket. De flesta som valde att följa väggen var i de virtuella försöken måna om att hålla sig till den. Endast ett hinder i form av en bil var inte tillräckligt för att få dem att avvika från sin strategi, precis som i det ursprungliga försöket.

De försökspersoner som inte gick längs höger vägg följde även de gångvägar som fanns representerade i det ursprungliga försöket. Fördelningen av utrymmande försökspersoner vid nödutgång 2 och 3 i tunneln var lik den i det ursprungliga försöket.

Försökspersonernas inledande strategi för att ta sig ut samt vilka signaler de letade efter stämde bra överens med det ursprungliga försöket. Majoriteten letade efter ljus eller symboler för att orientera sig och tänkte leta efter en dörr eller tunnelns mynning. En något större del av försökspersonerna i denna studie angav att de bytt strategi under försökets gång än i den ursprungliga studien. Detta gällde oftast hur de

följde höger vägg, och de ansåg att de bytt strategi då de lämnade väggen för att ta sig runt bilar, majoriteten av de som lämnade höger vägg när de stötte på ett hinder återvände dock till väggen när de tagit sig runt hindret.

Enstaka försökspersoner i denna studie letade efter personer att hjälpa i bilarna, samma beteende uppvisades även i det ursprungliga försöket.

### 6.2.3. Rörelse i mörker

I det ursprungliga försöket hade mörkret en stor inverkan, vilket bidrog till att försökspersonerna i första hand förlitade sig på känseln istället för synen. Förmågan att känna sig fram i den virtuella miljö saknades och därför bedöms försökspersonerna i denna studie istället ha förlitat sig mest på synen, vilket kan ha bidragit till att en högre andel valde att utrymma genom nödutgångarna.

I denna studie visade det sig dock att en del försökspersoner hade velat kunna känna sig fram i miljön, trots att det var en virtuell projektion. Att försökspersoner känna sig fram bedöms vara ett tecken på att de kunde sätta sig in i situationen och att simuleringen fungerade tillfredställande.

### 6.2.4. Sikt och rök

Sikten var även något bättre i denna virtuella miljö än i de verkliga försöken, en kompromiss som fick göras i utvecklingen då en mer korrekt sikt hade lett till att skyltarna över nödutgångarna hade varit i princip osynliga på den höjd de satt på då försökspersonerna i programvaran inte kunde vrida sitt synfält uppåt. Försökspersoner som följde höger vägg hade dock stora svårigheter att se skyltarna på vänster sida, samma sak gällde i det ursprungliga försöket. Statistiskt sett rädde det dock ingen signifikant skillnad mellan hur många försökspersoner som såg skyltar eller inte i de båda försöken.

Den annorlunda siktdämpningen i och med den linjära funktionen i Unity märktes ibland då det blev skarpa övergångar mellan det som var synligt och det som var dolt i röken. Detta uppmärksammades även av en försöksperson. Siktdämpningen bedöms dock inte ha haft särskilt stor inverkan på försökspersonernas beteende då det huvudsakliga syftet var att sikten skulle vara dålig och en klar majoritet av försökspersonerna ansåg att det var svårt att se i tunneln.

Avsaknaden av *scattering* skiljde försöken åt då den vita röken i det ursprungliga försöket reflekterade mycket ljus. Som nämnts tidigare ledde detta till att en del försökspersoner lättare såg lampor och skyltar när de närmade sig, men ett antal andra försökspersoner uppgav ändå att de hade svårt att lokalisera ljuskällor till de blinkande ljus de såg.



## 7. Diskussion

I detta avsnitt diskuteras resultaten från de genomförda försöken samt studiens metod.

### 7.1. Utveckling av programvara

Vid utvecklandet av programvaran till försöken upptäcktes en del problem och begränsningar som kan vara nämnvärda. Dessa bör gå att lösa för andra projekt med större programmeringskunskap och mer förarbete av utförarna.

#### 7.1.1. Gånghastighet

Precis som i den holländska studien som presenterades i avsnitt 2.3.4 så var det även i denna studie svårt att skapa en verklighetstrogen gånghastighetsfunktion. En sådan skulle kräva mer information om vilken acceleration samt maximal hastighet en person har men det är fortfarande svårt att avgöra om den skulle bli korrekt i programvaran. Det visade sig i enkätundersökningen att majoriteten tyckte att gånghastigheten var för långsam då de menade på att de vid verklig utrymning skulle springa genom tunneln. Ett fåtal av försökspersonerna ansåg att de vid en verklig utrymning av tunneln hade gått ännu långsammare. Valet av gånghastigheten baserades på det ursprungliga försökets uppmätta hastigheter, därför sattes den övre gränsen på en meter per sekund i programvaran.

På frågan *Tyckte du att gånghastigheten i programmet var rimlig*, bedömde majoriteten av försökspersonerna gånghastigheten som för långsam. En minoritet av dem ansåg dock att gånghastigheten var rimlig och att de till och med vid verklig utrymning skulle ha varit ännu försiktigare och gått långsammare. Det sistnämnda stämmer väl överens med det ursprungliga försöket där försökspersonerna utrymde relativt långsamt i mörker där hastigheten varierade mellan kring ungefär samma som i programvaran i denna studie och ingen av försökspersonerna sprang genom tunneln.

#### 7.1.2. Sikt och rök

Det är svårt att bedöma huruvida röken och siktnedsättningen blir korrekt då de inbyggda funktionerna i Unity inte bygger på något som går att direkt översätta till de fenomen kring rök och sikt som studeras inom brandteknik. Ljusintensiteten i Unity är inte heller direkt översättbar till vetenskapliga skalor.

För att få så bra ljussättning och siktförhållanden som möjligt i dessa försök konsulterades författarna till den ursprungliga rapporten vid slutskedet av arbetet med programvaran. Ljus och sikt kalibrerades för att, så väl det gick, efterlikna de förhållanden som rådde vid det ursprungliga försöket. Detta är dock sällan en möjlighet om liknande program ska skapas för andra utrymmen eller byggnader. Vid skapande av miljöer som inte är byggda än eller återskapande av olyckor är det i princip omöjligt att uppskatta hur sikt- och ljusförhållanden kommer att se ut.

Ett fenomen som programvaran i denna studie inte klarar, både på grund av bristande programmeringskunskaper hos författarna samt begränsningar i processorkraft, är så kallad *scattering* av ljus i rök. I verkligheten reflekteras ljus på partiklar och detta ger ett ljussken i röken. Att denna effekt saknas i programvaran ledde till att en del försökspersoner lättare hittade lampor och skyltar i den virtuella miljön än i verkligheten, men många försökspersoner uppgav ändå att de inte kunde lokalisera ljuskällor till det blinkande ljus de såg.

### 7.1.3. Skapande av miljöer

Skapandet av byggnader var inte helt optimalt i Autodesk Maya, men programmet är direkt kompatibelt med Unity då det kan spara filer i .fbx-formatet som är det Unity använder för 3D-modeller. Det vore enklare och effektivare att använda sig av ett mer ingenjörsmässigt program som till exempel AutoCAD eller något annat program mer anpassat för arkitektverksamhet för att rita upp byggnader. Problemet är att filerna måste konverteras till .fbx-filer och det är oklart om möjlighet till att smidigt göra detta finns för andra CAD-program.

Överlag gick det ändå att skapa den virtuella miljön på ett relativt enkelt och effektivt sätt. Försökspersonerna ansåg att känslan av att befinna sig i en tunnel var bra och därför bedöms miljön vara tillräcklig. Detta besvarar därför en del av problemställningen men omfattar i första hand detta fall med en tunnel, andra miljöer kan vara svårare att skapa på ett sådant sätt att försökspersonerna känner en bra närvarokänsla.

### 7.1.4. Programmering

Som nämnts i utförandedelen i avsnitt 4.2 behövs en del egenförfattade skript för att få önskade funktioner i programvaran. Författarna till denna studie har löst detta genom att läsa på hjälpforum för Unity på internet samt prova sig fram. För att göra detta på ett effektivt sätt behövs en del programmeringserfarenhet, förslagsvis med JavaScript. Det kan tänkas att en mall skapas för programvaran med de funktioner som vanligen behövs för att underlätta för framtida bruk så att det endast krävs att byggnadens geometri byggs upp och anpassas för utrymningsscenarier.

## 7.2. Utrustning

Nedan diskuteras den utrustning som använts vid försöken.

### 7.2.1. Navigation

På frågan *Tyckte du att det var svårt att förflytta dig i tunneln?* varierade svaren. Detta bedöms bero till stor del på skillnaden i försökspersonernas tidigare erfarenhet från spel. Innan försöket fick varje försöksperson på en femgradig skala ange sin tidigare erfarenhet från spel. Av de försökspersoner som ansågs sig tillhöra gruppen som har *låg* eller *mycket låg* spelerfarenhet tyckte att det var relativt svårt att förflytta sig. Detta kan bero på att de inte är bekanta med denna typ av miljö och framförallt inte vana vid navigation med hjälp av en handkontroll. Försökspersoner med en *medel* spelerfarenhet ansåg att det var relativt lätt att förflytta sig. En anledning till detta kan vara att denna grupp har tidigare erfarenhet av navigation med handkontroll och varit i kontakt med olika spelmiljöer men samtidigt inte är låsta vid en typ av rörelsebeteende. De försökspersoner som hade *hög* eller *mycket hög* spelerfarenhet upplevde en del svårigheter vid förflyttning i den virtuella miljön. En förklaring till detta kan vara att de som spelar regelbundet är låsta vid en viss typ av rörelsebeteende och är vana att en handkontroll fungerar på ett visst sätt.

I försöket navigerade försökspersonerna endast med en av kontrollspakarna medan i de flesta spel används båda kontrollspakarna vilket de med stor erfarenhet är vana vid. Det var från början tänkt att försökspersonerna skulle kunna se sig omkring fritt med den ena kontrollspaken på handkontrollen men detta fungerade av okänd anledning inte med den aktuella uppställningen i 3SIV-systemet. Under försöken kunde försökspersonerna endast röra sig framåt och bakåt samt svänga åt höger eller vänster till skillnad från standardlösningen till förstapersonsspel där användaren kan röra sig i

alla riktningar och se sig omkring i samtliga led. Att kunna se sig omkring mer är en funktion som är viktig då det gör det lättare för försökspersonen att kontrollera sin omgivning på ett verklighetstroget sätt och det är oturligt att det inte gick att lösa i denna studie. Samtidigt hade antagligen en del oerfarna försökspersoner tappat orienteringsförmågan om de tittat i tak eller på golv i den mörka miljön och inte lyckats hitta väggarna igen.

Användandet av handkontrollen i 3SIV-systemet istället för möjligheten att fysiskt röra på sig är en stor skillnad. Fördelen med en handkontroll är att det är ett färdigt system som är väl anpassat för datorspel och liknande samt att de finns kommersiellt tillgängliga men den har sina brister. Den mest förekommande kommentaren från försökspersonerna var att de saknade förmågan att känna sig fram under utrymningen. En mer realistisk försöksuppställning skulle kunna vara en sådan som användes i försöken av Backlund et al. (2007). Där förflyttade sig försökspersonerna genom rörelsesensorer fästa på benen och bestämde riktning genom att peka med en annan sensor. Dock är detta en mer avancerad och antagligen dyrare teknik att använda, men skulle antagligen ge en djupare *immersion* i den virtuella miljön. Det finns kommersiella motsvarigheter utvecklade för Xbox och Nintendo Wii som även går att använda.

### 7.2.2. Stimuli

En av de största skillnaderna mellan försöken anses vara det som nämnts i avsnittet om begränsningar med användandet av virtuella miljöer. En virtuell miljö är bara en illusion av en fysisk närvaro och med dagens teknik saknas fortfarande många typer av stimuli. I den anläggning som användes i denna studie simuleras som tidigare nämnt endast visuella och audiella stimuli. Det som främst saknas är möjligheten att känna sig fram, något som försökspersonerna i det ursprungliga försöket förlitade sig på när de rörde sig i en mörk, okänd miljö. Efter försöken gjordes löpnade intervjuer och majoriteten av försökspersonerna ansåg att bakgrundsljudet i kombination med det visuella medförde större inlevelse och realism i försöket. Genom att enbart illustrera en fysisk närvaro med visuella intryck hade inlevelsekänslan minskat menade många försökspersoner. På frågan *Tänkte du på att övriga sinnesintryck saknades? T.ex. lukt, känsel, etc.* gav de flesta försökspersonerna låga svar, det vill säga att de inte tänkte på detta särskilt mycket.

Givetvis saknas stimuli då en virtuell miljö endast är en illusion av verkligheten men många försökspersoner menade på att de inte alls tänkte på att några sinnesintryck saknades när försöken väl utfördes utan detta var något de tänkte på i efterhand. En stor andel av försökspersonerna ansåg att irriterande rök och lukten som denna medför skulle kunna förbättra simuleringen. Det är en god tanke men bedöms svårt att verkställa. Först och främst eftersom det inte går att fullt kontrollera artificiell rök så att det stämmer överens med scenariot i simuleringen men även då en rökig miljö, både med och utan irriterande tillsatser, inte är optimal för den tekniska utrustning som finns i 3SIV-systemet eller liknande system och kan skada känsliga komponenter.

Ju fler stimuli som involveras desto djupare *immersion* uppnås i den virtuella miljön. Genom att involvera både de audiella och visuella uppnåddes en viss djupare *immersion* till skillnad om enbart det audiella intrycket skulle ha använts. Vidare ställs högre krav på utformningen av den visuella delen i form av väldigt detaljerade

miljöer om enbart visuella intryck skulle ha använts, då försökspersonen enbart skulle kunna uppnå en *immersion* via en sorts stimuli. Därför bör så många stimuli som möjligt inkluderas i den virtuella miljön, audiella, visuella, lukt, känsel et cetera för att undvika att hela inlevelsebördan läggs på en sorts stimuli. Detta kan jämföras med att titta på en film utan ljud där upplevelsen inte alls kommer vara lika stor som med ljud på.

3SIV-systemet som användes i denna studie bedöms vara nästan tillräckligt för att uppnå den *immersion* som behövs. Det kan förbättras med hjälp av ytterligare sinnesintryck och andra kontrollmöjligheter. Mer om detta finns i avsnitt 8 om förslag på framtida utveckling.

### 7.2.3. Känsla av säkerhet

Känslan av att vara säker eftersom det bara är en simulering belystes av en del försökspersoner och detta är en aspekt som antagligen är mycket svår att bli av med. Den bör dock kunna minimeras med tillräckligt djup *immersion*.

### 7.3. Visuell realism kontra inlevelse

Något som diskuterades under studiens utförande var huruvida viktigt det är att den virtuella miljön är detaljerad och verklighetstrogen. Om försökspersonerna kan leva sig in i situationen ändå, utan avancerad grafik och detaljerade miljöer, behövs det kanske inte läggas så mycket arbete på detta. En verklighetstrogen miljö är tidskrävande att bygga och ju mer detaljerade modeller, olika texturer och effekter som används, ju mer processorkraft krävs för att köra programmet.

Programvaran som användes i denna studie var inte särskilt detaljerad eller avancerad, det var en enkel byggnad med släta väggar som dekorerades med texturer och enkla effekter för att simulera rökfyllnad och ljus. I detta fall var även miljön mycket mörk och hade dåliga siktförhållanden vilket bedömdes vara en anledning till att inte lägga för mycket tid och kraft på att bygga en överdrivet detaljerad miljö då det ändå inte skulle synas särskilt tydligt i den slutgiltiga programvaran.

Trots miljöns relativt låga detaljnivå ansåg försökspersonerna att den övergripande realismen var hög. Detta kan jämföras med resultaten från en tidigare studie där motsvarande enkätfråga även gav höga resultat, något högre i förhållande till denna studie (Kobes, 2010). En anledning till att resultatet i denna studie är något lägre bedöms vara att sikten var så pass dålig och försökspersonerna inte såg särskilt mycket under sin vandring genom tunneln, därför hade de kanske inte så mycket att gå på när de skulle betygsätta realismen.

Känslan av att befinna sig i en nödsituation var även den hög i denna studie. Motsvarande i den tidigare studien var något lägre (Kobes, 2010). Anledningen kan vara att utrustningen som användes i denna studie var mer avancerad och ger en mer omslutande upplevelse. Det kan även tilläggas att ett flertal försökspersoner sade att de kände obehag och stress i den simulerade situationen i denna studie. På frågan hur stressade försökspersonerna kände sig var gav de flesta låga värden men spridningen på svaren var stor och ungefär en sjättedel var höga värden. Detta bör visa på att försökspersonerna kan sätta sig in i situationens allvar och agera på ett mot verkligheten snarlikt sätt.



Den fysiska närvarokänslan, i denna studie känslan av att befinna sig i en tunnel, vilket inom VR ofta kallas *presence* betygsattes högt av försökspersonerna. Medelbetyget på denna aspekt var mycket högt i denna studie. En stor anledning var enligt några försökspersoner den djupkänsla som stereoskopin skapade i kombination med ljudspåret. Detta är ett intressant resultat då närvarokänslan bedöms vara en viktig del i att uppnå en tillräckligt djup *immersion* i situationen. Ett antal försökspersoner nämnde i kommentarer på enkätundersökningen att de kände att de ville känna sig fram med händerna någon gång under försöket, detta bedöms vara ett vidare bevis på att närvarokänslan är hög då personerna inte bör ha fått en sådan känsla om de inte kände en viss närvaro i miljön.

I enkätundersökningen ställdes även en fråga om hur väl försökspersonerna kunde sätta sig in i situationen, trots att det inte var på riktigt. Även denna fråga fick höga betyg av försökspersonerna. Ungefär hälften av svaren låg på mycket höga värden. Detta bedöms vara ett bra resultat då det visar på att den virtuella miljö som användes i denna studie kunde få försökspersonerna att leva sig in i situationen trots att den var relativt simpel och inte fick högre betyg på realismen än programvaran i det tidigare försöket som studerats (Kobes, 2010). Även detta styrker att den virtuella miljön som skapades i denna studie var tillräcklig.

Överlag bedöms programvaran och 3SIV-systemet i denna studie, genom en relativt hög realism och hög *presence*, ha gett en hög *immersion* för försökspersonerna. Detta ledde till att de kunde sätta sig in i situationen och agera på ett sätt som inte skilde sig signifikant från hur försökspersoner agerade i det ursprungliga försöket.

#### **7.4. Validering av försök**

Vid validering av försöket i virtuell miljö gentemot det verkliga försöket användes kvalitativa bedömningar och statistiska jämförelser. Statistiska jämförelser, som redovisas i avsnitt 6.1, visar att det inte råder någon signifikant skillnad mellan olika aspekter, gällande beteende och gångvägar. Vidare visar även enkätundersökningen, se avsnitt 5.2, att försökspersonerna upplevde den virtuella miljön som realistisk och att de kunde leva in sig i situationen, trots att det inte var på riktigt. Kombinationen av dessa resultat tyder på att det finns potential att använda VR för att studera människors beteende vid brand. Resultaten visar endast på att det är användbart i ett sådant scenario som de som undersökts i försöken.

Försökspersonerna tyckte att de behövde känna sig fram i den mörka miljön. Detta anses vara positivt då det bör innebära att de satt sig in i situationen och faktiskt kände en viss närvarokänsla av att befinna sig i en mörk miljö.

Denna studie är en inledande del i validering av virtuella försök gentemot verkliga och behandlar endast en sorts scenario. Därför krävs vidare validering inom området. Trots att denna studie visar positiva resultat bör andra typer av scenarier valideras. Vidare validering kan inkludera till exempel utrymningsförlopp i dagsljus, med och utan rök samt med inslag av andra människor. Detta för att kunna dra några generella slutsatser gällande användningen av VR inom forskningsområdet människors beteende vid brand.

## 7.5. Faktorer som skiljde försöken åt

Nedan diskuteras skillnader mellan de verkliga och virtuella försöken.

### 7.5.1. Försökspersoner

Försökspersonerna i denna studie är givetvis inte samma som i det ursprungliga försöket men populationen har i bästa möjliga mån försökts efterliknas. I det ursprungliga försöket rekryterades försökspersoner från Väg- och vattenprogrammet samt Lantmäteriprogrammet på LTH, i denna studie rekryterades personer från Väg- och vatten, Lantmäteri, Arkitekt samt Teknisk fysik. Studenter på Arkitekt- och Teknisk fysikprogrammen bedöms inte skilja sig avsevärt i avseende av kunskaper om brand och utrymning gentemot de på Väg- och vatten och Lantmäteri. Av misstag råkade en förstaårsstudent från Brandingenjörsprogrammet delta i försöket, trots att dessa uppmanades att inte delta. Av enkäten framgår det dock att studentens tidigare erfarenhet inte skiljde sig mot resterande försökspersoner och därför har även dennes resultat använts.

Åldersfördelningen i de båda populationerna försökspersoner verkar inte skilja sig åt nämnvärt. Något statistiskt test utfördes inte men jämförelse av medelvärde och percentiler uppvisar i princip inga skillnader. Andelen kvinnor respektive män efterliknades även men slutade med en något högre andel kvinnor än i ursprungsförsöket. I försöket deltog 19 kvinnor och 27 män.

### 7.5.2. Försökuppställning och utförande

I det ursprungliga försöket försågs försökspersonerna med ögonbindel medan de fördes till tunneln efter att ha sett videosekvensen med tunnelfärden där de därefter började utrymma tunneln i riktning mot tunnelmynningen. Något motsvarande fanns inte i denna studie. Istället övergår försöket från videosekvensen direkt till försöksprogramvaran utan att försökspersonen behöver göra något. Detta bedöms inte ha någon större inverkan på resultaten då ögonbindelsaspekten inte bör vara en faktor som bidrar till känslan av att vara i en tunnel, det bör snarare ge en större inlevelse i situationen om videon direkt övergår till försöket utan avbrott. En del förvirring uppstod bland de första försökspersonerna då de tenderade att gå bakåt i tunneln. Några försökspersoner insåg inte att de var i en tunnel när försöket börjat då de inte förväntade sig att det skulle vara så mörkt. För att undvika denna förvirring fick de senare försökspersonerna instruktioner, precis efter videosekvensen, att de befann sig i tunneln och att det inte fanns något bakom dem och att de kunde börja utrymma. Denna ändring i instruktionerna bedöms inte påverka resultatet nämnvärt förutom att den initiala förvirringen undviks.

Självklart hade försöken i denna studie inte samma uppställning med tält där försökspersonerna väntade och fyllde i enkäter som i det ursprungliga försöket. Det eftersträvades dock att ha ett liknande upplägg med två samlingsplatser, en innan försöket och en efter för att skilja försökspersoner åt. Försökuppställningen i denna studie bedöms uppfylla samma uppgift som uppställningen i det ursprungliga försöket och det bör inte påverka resultaten av försöken i någon större utsträckning.

## 7.6. Statistiska testmetoder

Det bör påpekas att de metoder som använts för att dra statistiska slutsatser i denna studie endast är modeller och inte presenterar någon definitiv sanning.

Dessutom kan de inte bevisa att de två populationerna är lika, de kan endast visa om nollhypotesen, vilken i dessa fall sattes till att de är lika, kan förkastas eller ej. Resultaten från de statistiska testen i denna studie visar därför inte att de verkliga och virtuella försöken i vissa aspekter är likvärdiga, endast att det inte går att påvisa några stora skillnader mellan dem. Populationerna som undersöktes statistiskt i denna studie är små och det kan innebära att vissa skillnader som hade uppstått i en större population inte kunde upptäckas i testen.

Metoderna används för att ge stöd till resonemang och argumentation angående de uppmätta och observerade resultaten. Då nollhypotesen inte kan förkastas i de flesta fall i denna studie bedöms detta innebära att det inte finns något stort fel i att använda virtuella miljöer istället för verkliga försök. Det bör dock som sagt nämnas att det inte är ett definitivt bevis för att försöken är lika, endast att det inte föreligger någon stor skillnad mellan dem.

### **7.7. Enkätundersökningar**

En aspekt som kan ha inverkan på försökets resultat är hur försökspersonerna tolkar frågorna och skalorna i enkätundersökningen. Detta är alltid mer eller mindre ett problem då enkäter och intervjuer används (Foddy, 1993). Då försökspersoner ska betygsätta olika upplevelser på en skala tolkar de antagligen inte skalan på samma sätt då var och en har olika erfarenheter och relaterar dessa olika till upplevelserna i försöket. Försökspersonerna kan ha väldigt skilda uppfattningar och erfarenheter om stress, nödsituationer och så vidare. För att se till att försökspersonerna har så lika definitioner som möjligt av skalorna kan exempel användas för att hjälpa dem att tolka siffrorna, detta gjordes inte i denna studie.

### **7.8. Panik**

Panik är ett komplicerat begrepp och är sällsynt och förekommer under väldigt specifika omständigheter. Paniksituationer kännetecknas av två faktorer, för det första att människor befinner sig i omedelbar livsfara. För det andra att människor tror att de finns en chans att undkomma faran men att möjligheterna till detta agerande snabbt kommer att minska. (Enander, 2005)

En del försökspersoner nämnde att de trodde att de skulle ha drabbats av panik i en verklig händelse men de utfrågades inte om hur de definierade panik. Vad de antagligen menade var nog att de skulle bli mycket stressade och rädda. Människors uppfattning av panik i brandsituationer influeras starkt av media vilket leder till att begreppet ofta missuppfattas (Sime, 1980). Ett snabbt utrymningsförlopp handlar snarare om stress och ett målmedvetet beteende (Enander, 2005).



## 8. Slutsatser

Den övergripande slutsatsen i denna studie är att kombinationen av försökspersonernas upplevda realism, närvarokänsla och inlevelse, samt det faktum att deras beteenden och gångvägar inte påvisar signifikant statistisk skillnad mot de i det ursprungliga försöket, visar på att ett system som det som använts i denna studie kan vara ett användbart verktyg för att studera människors beteende vid brand. Dock krävs vidare validering med andra typer av scenarier. Nedan besvaras kortfattat de frågeställningar som behandlades i studien.

### *Hur utforskat är VR inom brandteknik i dagsläget?*

Det är ett relativt utforskat område men det finns ett par väl genomförda studier. Dock saknas validering gentemot verkliga försök och större VR-anläggningar har inte undersökts i någon större utsträckning.

### *Går det att effektivt skapa de virtuella miljöerna som behövs?*

Det går att göra på ett tillfredställande sätt, dock finns potential att göra det ännu effektivare och möjligheten att kombinera CAD-modeller och CFD-simuleringar bör undersökas. Vidare bör en mer realistisk modell för siktnedsättning i den virtuella miljön tas fram.

### *Hur realistisk upplever försökspersonerna simuleringen?*

Överlag tyckte försökspersonerna att det fanns en hög realism, närvarokänsla och goda möjligheter att sätta sig in i situationen. Realismen är inte enbart beroende av grafik utan snarare en kombination av flera sinnesintryck.

### *Kan VR-teknik användas för att framkalla samma beteenden som uppstår vid verkliga försök?*

Resultatet visar att det inte råder någon signifikant skillnad i beteenden, gångvägar och trender mellan det verkliga försöket och försöket i virtuell miljö. Detta bevisar inte att virtuella försök är likställda med verkliga, men det bedöms innebära att det inte finns något stort fel med att använda virtuella miljöer för att undersöka beteenden. Vidare validering krävs av andra scenarier och med större populationer av försökspersoner.

### *Vilka begränsningar är viktiga att vara medveten om gällande VR-tekniken?*

En begränsande faktor är att det förekommer svårigheter med att inkludera många sinnesintryck i simuleringen. I simuleringarna som utfördes i denna studie användes visuella och audiella intryck. För en bättre *immersion* kan det vara bra att inkludera kroppsliga rörelser et cetera. Det bör dock ha i åtanke är att det antagligen aldrig kommer gå att skapa en helt övertygande illusion av verkligheten.

Då försöken sker framför skärmar kommer den stress och känsla av att befinna sig i en nödsituation som kan finnas vid allvarliga verkliga scenarier antagligen aldrig att riktigt uppnås. Dessutom finns vissa begränsningar angående visualisering av vissa brandfenomen i programutvecklingen. Detta bör gå att utveckla vidare.



## 9. Fortsatt forskning

I detta avsnitt redovisas förslag på eventuella förbättringar av användandet av VR inom forskningsområdet människors beteende vid brand.

Överlag bedöms det krävas mer forskning på detta område. Även om beteenden i denna studie stämt överens med ursprungsförsöket behövs ytterligare validering av andra typer av scenarier för att vidare kunna avgöra metodens tillförlitlighet.

### 9.1. Visualiseringsmetod

I denna studie användes ett system bestående av tre skärmar framför försökspersonen. En del av synfältet försvinner på grund av begränsningar med skärmarna. Ett antal försökspersoner påpekade detta efter de utförda försöken och nämnde att det hade gått att navigera smidigare om det gick att se mer av golvet framför sig. Det finns möjlighet att använda fler skärmar, bland annat på golvet under användaren. Ett sådant system, i form av ett CAVE-system, finns tillgängligt på VR-laboratoriet vid LTH och vid en demonstration av detta syntes det tydligt att projektion på golvet gav en större närvarokänsla än med bara tre skärmar framför sig. Dock är detta system mer avancerat än 3SIV-systemet som användes vid detta försök och kräver att ett flertal datorer samverkar med algoritmer för att projektionen ska bli rätt på alla skärmar samtidigt.

### 9.2. Navigation

Att navigera med en handkontroll har i tidigare studier avfärdats (Smith & Trenholme, 2009). Begränsningarna med handkontroll uppvisades även i denna studie. Flertalet försökspersoner nämnde att de hade velat känna sig fram eller på annat sätt röra sig för att interagera med miljön. I en studie av övningsprogram för brandmän användes sensorer så att försökspersonerna fick röra på kroppen för att ta sig runt i den virtuella miljön (Backlund et al., 2007). Detta bedöms kunna vara ett bättre navigeringssystem då det skulle kunna ge försökspersonen mer att tänka på och mer inlevelse i situationen.

En variant hade kunna vara att använda navigeringstekniken i *Kinect*. Det är ett system utvecklat för spelkonsolen Microsoft Xbox, som registrerar rörelser som hela kroppen åstadkommer och kopplar dessa till ett digitalt skelett. Skelettet kan sedan användas för att styra figurer i spelet. (Microsoft, 2012)

Ett annat alternativ är att använda sig av *Wii Remote* och *Wii Sensor Bar* som används till spelkonsolen Nintendo Wii. En sensor placeras då framför spelaren och med hjälp av triangulering kan spelarens position och rörelser beräknas i förhållande till sensorn. För att komplettera detta används även en handkontroll med inbyggd rörelsesensor. (Nintendo, 2012)

Båda dessa system finns kommersiellt tillgängliga till ett förhållandevis lågt pris. *Pro*-versionen av Unity har även stöd för utveckling av programvara till båda spelkonsolerna. Det är oklart huruvida navigeringssystemen kan användas till en PC men möjligheten bör undersökas.

### 9.3. Sikt och rök

För att få en verkligare och mer korrekt rökfylld av en virtuell byggnad kan det tänkas att CFD-simuleringar översätts till en animation som kan användas i

spelprogramvaran. På så sätt skulle mer verklighetstrogen rök som dessutom utvecklas med tiden kunna skapas. Dock bör det nämnas att detta antagligen skulle bli mycket beräkningskrävande.

Funktioner gällande siktdämpning bör även vidare studeras och förbättras då det kan vara en viktig faktor vid studier av människors beteende i brandsituationer. Även *scattering*-effekten i rök bör utvecklas för att få en mer verklighetstrogen ljussättning i rökiga miljöer.

#### **9.4. Interaktion med andra människor**

För att undersöka hur försökspersoner reagerar då det finns andra personer i scenariot som följer specifika beteendemönster bör möjligheten att implementera artificiella personer som rör sig i den virtuella miljön. Detta har även påpekats som förslag på förbättringar av försökspersoner i denna studie. Det kan även tänkas att utrymningssimuleringar kombineras med VR-simuleringar. Det finns möjlighet att programmera andra varelser som kan interagera med miljön och försökspersonen. Dock är det mycket svårt att skapa realistiska människor i programvaran.

#### **9.5. Fler sinnesintryck**

Något som försökspersonerna i denna studie påpekade var att värmestrålning samt irritation från rökgaser kunde varit bra för realismen. Båda idéerna är goda men innebär en del problem då det kan påverka känslig datorutrustning eller utsätta försökspersonerna för onödiga risker. Dock kan det undersökas om låga nivåer kan ha en stor effekt på realismen utan att skapa en för stor risk.

#### **9.6. Effektivisering**

Då andra aspekter utforskats och en bättre möjlighet att skapa realistiska virtuella miljöer med lämpliga navigeringssystem för att studera området människors beteende vid brand bör en form av mall för program utvecklas. Detta så att det i fortsättningen kan bli lättare och effektivare att skapa programvaran till ett specifikt försök. Då det inte är säkert att de som vill använda sig av tekniken har programmeringskunskaper eller erfarenhet av spelutveckling kan det vara ett onödigt hinder i arbetet. Det kan tänkas att denna mall består av ett paket med nödvändiga skript, användbara texturer och objekt, exempel, samt instruktioner för att implementera den aktuella geometrin i programvaran.



## Referenser

- Backlund, P., Engström, H., Hammar, C., Johannesson, M., Lebram, M. (2007). Sidh – a Game Based Firefighter Training Simulation. *11th International Conference Information Visualization*, 2007, 899-907.
- Beeson, S., Mayer, J.W. (2008). *Patterns of Light – Chasing the Spectrum from Aristotle to LEDs*. New York: Springer.
- Bower, K.M. (2003). When to Use Fisher's Exact Test. *American Society for Quality, Six Sigma Forum Magazine*, vol. 2, 35-37.
- Briggs, N.E., Preacher, K.J. (2001). *Calculation for Fisher's Exact Test: An Interactive Calculation Tool for Fisher's Exact Probability Test for 2x2 Tables*. (Datorprogram) Tillgänglig: <<http://www.quantpsy.org/fisher/fisher.htm>> (2012-10-11).
- Enander, A. (2005). *Människors förhållningssätt till risker, olyckor och kriser*. Karlstad: Räddningsverket.
- Eriksson, J., Wallergård, M. (2012). *Virtual Reality i teori och praktik*. Lund: Institutionen för designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola.
- Foddy, W. (1993). *Constructing Questions for Interviews and Questionnaires: Theory and Practice in Social Research*. Cambridge: Press Syndicate, Cambridge University.
- Fox, J., Arena, D., Bailenson, J.N. (2009). *Virtual Reality: A Survival Guide for the Social Scientist*. Stanford: Stanford University.
- Frantzich, H., Nilsson, D. (2003). *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Holmstedt, G., Nilsson, D. (2007). *Kompendium i Aktiva system – Detektion*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Huang, M.P., Alessi, N.E. (1998). *Current Limitation Into The Application Of Virtual Reality To Mental Health Research*. Ann Arbor: University of Michigan, Department of Psychiatry.
- Kanji, G.K. (2006). *100 Statistical Tests – 3<sup>rd</sup> Edition*. London: SAGE Publications.
- Kobes, M. (2010). *Understanding Human Behaviour in Fire – Validation of the Use of Serious Gaming for Research into Fire Safety Psychonomics*. Amsterdam: Vrije University.
- Körner, S. (2000). *Tabeller och formler för statistiska beräkningar*. Lund: Studentlitteratur.
- Körner, S., Wahlgren, L. (2006). *Statistisk dataanalys – andra upplagan*. Lund: Studentlitteratur.

Microsoft. (2012). *Kom igång med Kinect*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.xbox.com/sv-SE/Kinect/GetStarted>> (2012-10-08).

Nintendo. (2012). *Wii Accessories*. (Elektronisk). Tillgänglig: <[http://www.nintendo.co.uk/NOE/en\\_GB/systems/accessories\\_1243.html](http://www.nintendo.co.uk/NOE/en_GB/systems/accessories_1243.html)> (2012-10-08).

Nuremberg War Tribunals. (1949). *Trials of War Criminals before the Nuremberg Military Tribunals under Control Council Law No. 10*", Vol. 2, 181-182. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Nystedt, F. (2000). *Risikanalytiska metoder*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Ren, A., Chen, C., Shi, J., Zou, L. (2006). *Application of Virtual Reality Technology to Evacuation Simulation in Fire Disaster*. Beijing: Department of Civil Engineering, Tsinghua University.

Sime, J.D. (1980). The Concept of Panic. In: Canter, D. (ed.), *Fires and human behavior*, 63-81. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Smith, S.P., Trenholme, D. (2009) Rapid Prototyping a Virtual Fire Drill Environment Using Computer Game Technology. *Fire Safety Journal*, vol. 44, 559-569.

World Medical Association. (2008). *World Medical Association Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. Ferney-Voltaire: World Medical Association Secretariat.

## Bilaga A. What if-analys

Resultaten av analysen av försöken i denna studie presenteras i Tabell A20 nedan.

Tabell A20. What-if analys av utrymningsförsöken.

Vad händer om	Sannolikhet	Konsekvens	Åtgärd
Programvaran kraschar eller hänger sig under försök.	Låg	Det aktuella försöket kan ej slutföras. Försökspersonen kan bli stressad eller yr om simuleringen betar sig underligt.	Testa programvaran och utrustningen noggrant före försöken.
En försöksperson blir åksjuk av simuleringen.	Medel	Personen blir tillfälligt yr och illamående.	Personer som lätt blir åksjuka ska ej delta men ändå meddela försökspersonerna om risken innan försöken. Om det skulle hända så kommer försöket avbrytas, salens belysning tändas och personen ombeds sätta sig ner.
En försöksperson tappar balansen efter försöket på grund av tillfällig yrsel vid övergången från den virtuella miljön till verkligheten.	Låg	Personen kan få mindre skador, men inget allvarligt då försöken sker på golvnivå och det inte finns några kanter eller trösklar.	Meddela försökspersonerna om risken innan försöken. Se till att försökspersonerna tar det försiktigt efter försöken samt att en funktionär är beredd att agera. Om en olycka skulle hända finns första förband på plats i lokalen.
En försöksperson känner att simuleringen är obehaglig eller otäck	Mycket låg	Personen kan känna sig stressad eller illa till mods under och/eller efter försöket.	Tydligt meddela försökspersonerna att de när som helst får lov att avbryta försöket om de känner att de inte vill fortsätta. Följa upp efter varje försök och kontrollera att personerna mår bra. Om det skulle hända att någon känner sig stressad eller illa till mods kommer försöket avbrytas, salens belysning tändas och personen ombeds sätta sig ner och prata med en funktionär.
En eller flera projektorer inte fungerar eller går sönder under försök.	Mycket låg	Det aktuella försöket kan ej slutföras.	Kontrollera innan försök att utrustningen fungerar.
Handkontrollen inte fungerar eller går sönder under försök.	Mycket låg	Det aktuella försöket kan ej slutföras.	Kontrollera innan försök att utrustningen fungerar.

VIRTUAL REALITY OCH MÄNNISKORS BETEENDE VID BRAND

Handkontrollens batterier tar slut.	Medel	Det aktuella försöket kan ej slutföras.	Kontrollera innan försök att utrustningen fungerar. Ha extra batterier tillgängliga vid försök.
3D-glasögonen inte fungerar eller går sönder under försök.	Medel	Djupkänslan i simuleringen försvinner och försöket blir mindre verklighetstroget.	Kontrollera innan försök att utrustningen fungerar. Ha ett flertal par glasögon tillgängliga vid försök.
3D-glasögonens batterier tar slut.	Låg	Djupkänslan i simuleringen försvinner och försöket blir mindre verklighetstroget.	Kontrollera innan försök att batterierna är laddade. Ha ett flertal par glasögon tillgängliga vid försök.
Färre försökspersoner än väntat deltar vid försök.	Medel	Mindre data erhålls från försöken och det blir svårare att dra slutsatser.	Ha kontakt med försökspersonerna och påminna dem innan försöket.

## Bilaga B. Skriptfiler till programvaran

I denna bilaga redovisas skript som använts vid utvecklingen av programvaran. Samtliga är skrivna i JavaScript och används i Unity som .js-filer.

### Skript 1 - Handkontrollskript

Skriptet möjliggör att programmet som skapas i Unity kan styras med hjälp av Logitech F710-handkontrollen. Skriptet är skrivet av Joakim Eriksson, IKDC, Lunds Universitet.

```
private var controller : CharacterController;
private var moveDirection = Vector3.zero;
private var grounded : boolean = false;

function Awake(){
    if ( PlayerPrefs.HasKey("Master") )
        Master = PlayerPrefs.GetInt("Master");

    controller = GetComponent(CharacterController);
}

function Update() {
    if ( Master == 1 ){
        if (grounded) {
            // We are grounded, so recalculate
            movedirection directly from axes
            moveDirection = Vector3(0, 0,
            Input.GetAxis("Vertical"));
            moveDirection =
            transform.TransformDirection(moveDirection);
            moveDirection *= speed;

            if (Input.GetButton ("Jump")) {
                moveDirection.y = jumpSpeed;
            }
        }
        // rotate
        transform.Rotate( 0, Input.GetAxis("Horizontal")*
0.2, 0);

        // Apply gravity
        moveDirection.y -= gravity * Time.deltaTime;

        // Move the controller
        //var controller : CharacterController =
        GetComponent(CharacterController);
        var flags = controller.Move(moveDirection *
Time.deltaTime);
        grounded = (flags & CollisionFlags.CollidedBelow) !=
0;
    }
}

@script RequireComponent(CharacterController)
```

### Skript 2 – PrismaView-skript

Skriptet används för att programmet ska kunna visas i 3SIV-systemet. Skriptet är skrivet av Joakim Eriksson, IKDC, Lunds Universitet.

```
var spread_angle = 55.0; //Set corresponding to screen angle (in
degrees)
var normVpW = 0.333333333333; // normalized width for each of the 3
viewports
```

```

var fov : float; // typical 104.8;
var tanAlphaHalf : float; // typical 0.57735;

var left_cam : GameObject;
var right_cam : GameObject;

function Awake ()
{
    camera.rect = Rect(normVpW, 0, normVpW, 1.0);
    tanAlphaHalf = Mathf.Tan(spread_angle* Mathf.Deg2Rad / 2.0);
    fov = 2.0 * Mathf.Atan( (camera.pixelHeight/camera.pixelWidth)
* tanAlphaHalf) * Mathf.Rad2Deg;
    camera.fieldOfView = fov;

    left_cam = new GameObject( "left_cam", Camera ); // create a
new camera
    left_cam.camera.CopyFrom (camera); // copy settings from main
camera
    var leftCameraTransform = left_cam.transform; //Get the
transform of the new camera
    leftCameraTransform.parent = transform; // make it a child of
this object
    leftCameraTransform.localPosition = Vector3(0, 0, 0); // place
it at this object
    leftCameraTransform.localRotation.eulerAngles = Vector3( 0, -
spread_angle, 0); // Set the rotation according to spread_angle
    left_cam.camera.rect = Rect( 0, 0, normVpW, 1.0 );

    right_cam = new GameObject( "right_cam", Camera ); // create a
new camera
    right_cam.camera.CopyFrom (camera); // copy settings from main
camera
    var rightCameraTransform = right_cam.transform; //Get the
transform of the new camera
    rightCameraTransform.parent = transform; // make it a child of
this object
    rightCameraTransform.localPosition = Vector3(0, 0, 0); // place
it at this object
    rightCameraTransform.localRotation.eulerAngles = Vector3( 0,
spread_angle, 0); // Set the rotation according to spread_angle

    right_cam.camera.rect = Rect( 1.999*normVpW, 0, normVpW, 1.0 );
}

```

### Skript 3 – Koordinatloggning

Skriptet används för att kunna registrera hur försökspersonen rör sig under försöksförloppet. *First Person Controllers* koordinater registreras två gånger i sekunden och loggas i en textfil.

```

private var person : GameObject;

function Start() {
    person = GameObject.Find("First Person Controller");
    positionlog();
}

function positionlog() {
    while(1) {
        Debug.Log(person.gameObject.transform.position);
        yield WaitForSeconds(.5);
    }
}

```

### Skript 4 – Avsluta programmet

Skriptet används för att kunna avsluta programmet efter försöket är avslutat.

```
function OnTriggerEnter (other:Collider) {
  if (name == "Trigger-End"){
    yield WaitForSeconds(5);
    Application.Quit();
  }
}
```

### Skript 5 – Stänga av siktnedsättningen

Skriptet används för att kunna stänga av *Fog*-renderingen då försökspersonen har kommit ut ur tunneln.

```
function OnTriggerEnter (other:Collider) {
  if (name == "Trigger-Render"){
    RenderSettings.fog = false;
  }
}
```

### Skript 6 – Stänga av röken

Skriptet används för att kunna stänga av partikelsystemet som annars följer med *First Person Controllern* då den kommit ut ur tunneln.

```
private var SmokeGen : GameObject;

function Start() {
  SmokeGen = GameObject.Find("FPS_SmokeGen");
}
function OnTriggerEnter (other:Collider) {
  if (name == "Trigger-Render"){
    Destroy (SmokeGen, 3);
  }
}
```

### Skript 7 – Blinkande ljuskällor

Skriptet används för att få ljuskällor till de blinkande lamporna att stängas av respektive sättas på med ett specifikt tidsintervall.

```
private var displayGameObject = false;

function Start() {
  BlinkGameObject();
}
function BlinkGameObject() {
  while(1) {
    displayGameObject = true;
    yield WaitForSeconds(1);
    displayGameObject = false;
    yield WaitForSeconds(1);
  }
}
function Update() {
  if(displayGameObject == true)
    light.enabled = true;
  else
    light.enabled = false;
}
```

### Skript 8 – Blinkande lampor

Skriptet används för att själva lamporna ska synas respektive inte synas i samma takt som ljuskällan sätts på och stängs av. Det är identiskt med skriptet för ljuskällorna bortsett från att det istället reglerar renderingen av lamporna.

```
private var displayGameObject = false;

function Start() {
    BlinkGameObject();
}
function BlinkGameObject() {
    while(1) {
        displayGameObject = true;
        yield WaitForSeconds(1);
        displayGameObject = false;
        yield WaitForSeconds(1);
    }
}
function Update() {
    if(displayGameObject == true)
        renderer.enabled = true;
    else
        renderer.enabled = false;
}
```



## Bilaga C. Kallelse av försökspersoner

Nedan redovisas den kallelse som skickades ut för att rekrytera försökspersoner.

### Försök i virtuell miljö

Hej!

Vi är två brandingenjörsstudenter som just nu skriver examensarbete om människans beteende vid brand och ska utföra en del försök. I korthet handlar det om att undersöka människans beteende i en virtuell 3D-miljö. Till dessa försök söker vi ett antal försökspersoner vilket vi hoppas att du kan hjälpa till med!

Utrymningsförsöken kommer att äga rum den 24-28 september mellan 8.00 och 12.00 i VR-labbet på IKDC. Försöket tar cirka 30 minuter per person. Försöket inleds med en kort presentation. Därefter kommer du att utföra försöken i virtuell miljö. Innan samt efter försöket kommer du få fylla i en enkät. Som belöning för att du ställer upp får du en biobiljett. För att registrera er klickar ni på följande länk:

<http://doodle.com/3upthf9z42x7tpp6#table>

Där skriver du upp dig på önskad tid som är ledig och därefter skickar ni mail till [gbr09ivu@student.lu.se](mailto:gbr09ivu@student.lu.se) med tiden du valde samt dina kontaktuppgifter så att vi kan nå dig innan försöket.

OBS! Personer som lätt blir åksjuka bör av säkerhetsskäl ej delta i försöken.

Hoppas att du kan komma!

Ivan Vukancic  
Fredrik Malthe  
Bi09



## Bilaga D. Enkät

Nedan redovisas enkätundersökningen från försöket.

Skriv gärna till egna synpunkter på frågorna. Dina svar kommer i redovisning av försöken att behandlas så att de inte kan spåras till dig. Genom att skriva under accepterar du att resultatet används och att du deltar på egen risk.

Försöksperson: \_\_\_\_\_

Kön: \_\_\_\_\_

Ålder: \_\_\_\_\_

Program: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

### Frågor att besvara före försöket:

1. Har du någon gång varit med om en riktig brand?

- Ja  
 Nej

2. Har du någon gång varit med om en riktig utrymning?

- Ja  
 Nej

3. Har du deltagit i utrymningsförsök tidigare?

- Ja  
 Nej

4. Har du åkt genom någon tunnel (väg eller järnväg) på sista tiden?

- Ja, vägtunnel  
 Ja, järnvägstunnel  
 Ja, båda  
 Nej, gå direkt till fråga 6.

5. Funderade du då något på säkerheten i tunneln?

- Ja, kommentera gärna

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Nej

6. Vad skulle du göra om du råkade ut för en brand i en tunnel?

Jag tror jag skulle...

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. Har du någon erfarenhet av följande (kryssa i de alternativ som stämmer)

- Utrymning från tunnlar  
 Deltagit i brandövning  
 Provat släcka bränder under kontrollerade former  
 Gått en längre sträcka i en vägtunnel  
 Gått en längre sträcka i en järnvägstunnel

8. Hur stor erfarenhet har du av dator- eller tv-spel?

- Mycket stor  
 Stor  
 Medel  
 Liten  
 Mycket liten

**Frågor att besvara efter försöket:**

Försöksperson: \_\_\_\_\_

**1. Hur skulle du beskriva den övergripande realismen i försöket?**

Har inget med riktig brandmiljö att göra      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10      Mycket verklighetsnära

**Kommentera gärna dina svar!**

---

---

---

**2. Kändes det som att du befann dig i en tunnel?**

Inte alls      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10      Våldigt mycket

---

---

---

**3. Kändes det som att du befann dig i en nödsituation?**

Inte alls      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10      Våldigt mycket

---

---

---

**4. Tyckte du att sikten var rimlig för tunnel med rök?**

Inte alls      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10      Våldigt mycket

---

---

---

**5. Tyckte du att utrymningsskyltarna var realistiska?**

Inte alls      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10      Våldigt mycket

---

---

---

**6. Tyckte du att ljussättningen var rimlig?**

Inte alls      0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10      Våldigt mycket

---

**7. Vad var dina första tankar när du befann dig i tunneln och skulle börja gå?**

---

---

**8. Vad hade du för förflyttningsstrategi? Kryssa i det du tänkte först**

- Gick på måfå
- Letade efter en dörr
- Letade efter tunnelmynningen
- Annat, kommentera

---

---

9. Vad var det för tecken eller signaler du letade efter när du gick genom tunneln?

- Ljud
  - Symboler
  - Ljus
  - Annat, kommentera
- 
- 

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



- Ja
- Nej

11. Såg du några blinkande lamporna i tunneln?

- Ja
- Nej

12. Såg du några golvmarkeringar i tunneln?

- Ja
- Nej

13. Ändrade du strategi någon gång under utrymningen?

- Ja, kommentera hur och varför
- 
- 

- Nej, höll mig till samma strategi

14. Tyckte du att det var svårt att förflytta dig i tunneln?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

**Kommentera gärna dina svar!**

---



---

15. Tyckte du att handkontrollen begränsade din rörelseförmåga?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

16. Tyckte du att navigerandet med handkontroll påverkade ditt beteende?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

17. Tyckte du att gånghastigheten i programmet var rimlig?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

18. Kände du dig yr eller illamående under försöket?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

19. Kände du dig stressad under försöket?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

20. Jämför detta försök med en riktig utrymning. Tänkte du på att övriga sinnesintryck saknades? T.ex. lukt, känsel, etc.

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

21. Tyckte du att du kunde sätta dig in i situationen trots att det inte var på riktigt?

Inte 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Våldigt  
alls             Våldigt  
mycket

---



---

22. Tänkte du på något annat som kan förbättra dessa försök och realismen i en virtuell utrymning?

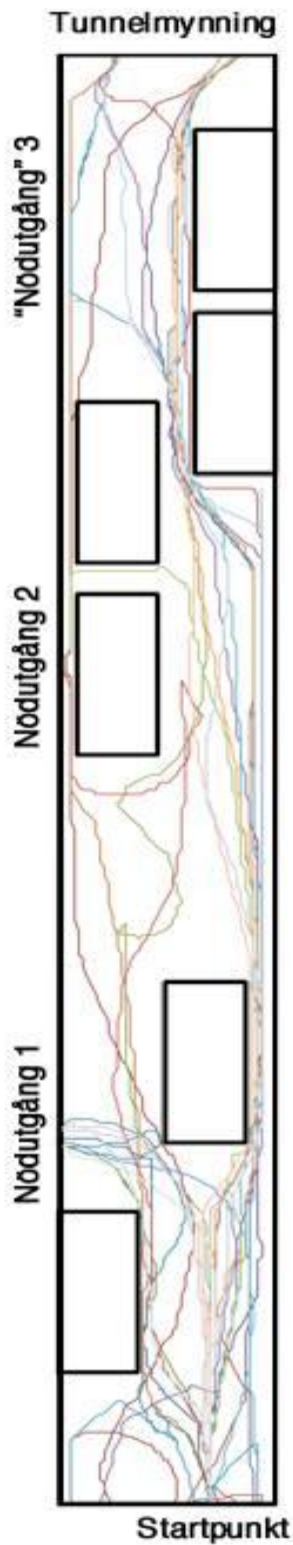
---



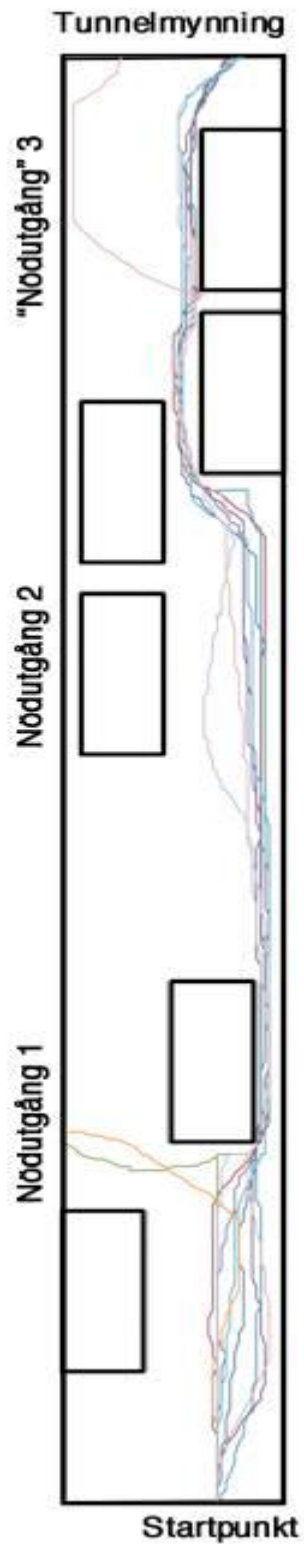
---

## Bilaga E. Gångvägar

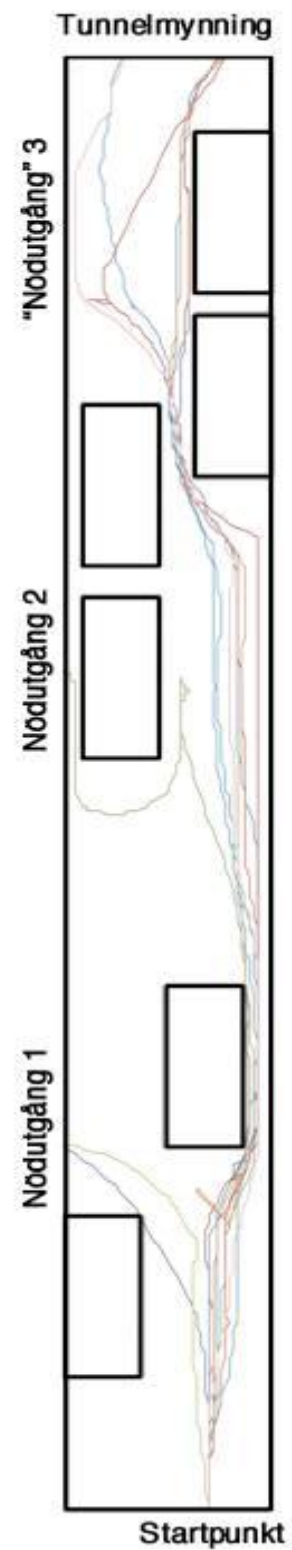
Nedan redovisas samtliga gångvägar för scenario med allmänbelysning, blinkande lampor och golvmarkeringar.



Scenario 1.  
Allmänbelysning



Scenario 2.  
Blinkande lampor



Scenario 3.  
Golvmarkeringar





## Bilaga F. Rådata från enkätundersökning

Nedan presenteras rådata från samtliga enkätfrågor.

Scen.	Kön	Ålder	Prg.	1	2	3	4	5	7	8	1	2	3	4	5	6	14	15	16	17	18	19	20	21
1	m	22	F	Nej	Nej	Nej	2	Nej	3	3	8	9	9	10	9	10	1	8	7	2	6	9	3	7
1	m	22	F	Nej	Nej	Ja	Nej	-	2,3	4	7	8	9	8	10	7	8	2	0	8	0	4	2	9
1	m	23	V	Ja	Nej	Ja	Nej	-	2	4	9	8	9	10	10	-	7	0	7	6	0	2	10	8
1	m	25	V	Nej	Nej	Ja	1	Ja	3	5	8	10	10	10	-	6	9	1	8	3	0	1	10	7
1	k	21	L	Nej	Nej	Ja	3	Nej	2	3	8	9	8	9	8	9	0	2	7	6	7	3	4	5
1	k	23	L	Nej	Nej	Ja	1	Ja	3	2	9	8	5	9	-	7	2	8	5	5	0	3	7	7
1	k	22	V	Nej	Ja	Ja	3	Nej	-	3	9	9	5	9	10	9	5	3	1	10	9	6	0	9
1	k	26	V	Nej	Ja	Ja	2	Nej	2,4	2	8	8	6	7	-	10	5	2	1	8	0	0	8	-
1	k	23	V	Nej	Nej	Nej	1	Ja	2,3,4	2	7	9	8	7	-	7	5	3	6	4	0	6	6	7
1	m	21	V	Nej	Ja	Ja	1	Nej	2,3	5	8	6	8	7	-	4	6	3	1	4	2	4	2	7
1	m	21	F	-	Nej	Ja	2	Ja	2,3	5	7	8	5	10	10	10	2	4	3	6	0	6	0	7
1	m	22	F	Nej	Nej	Ja	2	Nej	2	5	8	8	10	7	-	8	2	8	8	7	0	4	5	8
1	m	20	V	Ja	Nej	Nej	1	Ja	2,4	2	9	9	8	10	10	9	10	0	5	5	0	5	2	8
1	m	22	V	Nej	Nej	Ja	1	Nej	-	3	6	7	6	8	9	6	3	9	9	3	0	0	8	4
1	m	20	V	Nej	Nej	Ja	1	Nej	3	4	8	8	6	9	8	9	3	0	0	6	0	5	7	5
1	m	19	V	Nej	Ja	Nej	2	Ja	2,3	5	8	9	9	9	5	8	3	4	6	8	0	7	2	7
1	k	21	L	Nej	Nej	Nej	Nej	-	-	3	8	7	6	7	-	8	5	0	0	7	4	9	7	10
1	k	20	L	Ja	Nej	Ja	2	Nej	2	2	7	9	7	10	-	8	7	4	4	9	2	5	0	6
1	k	22	I	Ja	Ja	Ja	3	Ja	2,3	2	7	8	6	8	-	7	5	5	3	3	0	6	9	8
1	k	21	I	Nej	Nej	Ja	1	Ja	2	1	6	7	4	9	-	8	9	1	1	4	0	3	5	5
1	m	23	V	Nej	Nej	Nej	2	Nej	2	4	6	6	8	8	10	6	5	7	8	7	0	6	0	7
1	m	21	V	Ja	Ja	Ja	1	Ja	2,3	3	8	6	8	8	9	8	3	4	7	2	3	5	0	8
1	m	20	V	Ja	Nej	Nej	3	Nej	-	4	7	9	9	9	10	9	4	0	0	6	0	3	7	7

VIRTUAL REALITY OCH MÄNNISKORS BETEENDE VID BRAND

1	m	21	V	Nej	Nej	Nej	3	Nej	2	3	8	9	9	8	10	7	4	4	2	6	0	2	7	8
1	m	20	V	Nej	Nej	Nej	3	Nej	-	4	7	9	8	7	8	7	10	0	0	5	0	0	5	8
2	k	22	V	Nej	Ja	Ja	2	Ja	2, 3	2	7	9	7	9	-	9	9	3	0	10	0	7	0	9
2	k	21	V	Nej	Ja	Ja	3	Nej	2	3	7	10	6	9	-	9	10	0	2	5	0	3	6	8
2	k	22	V	-	Ja	Ja	3	Nej	2, 3	1	8	7	5	7	9	8	8	1	2	7	0	6	0	-
2	m	26	V	Ja	Nej	Ja	2	Nej	2, 3	4	8	9	8	9	-	9	7	2	3	6	0	7	4	8
2	m	25	A	Nej	Nej	Nej	3	Ja	3	3	8	10	10	10	-	9	2	6	8	5	0	3	6	8
2	m	22	V	Ja	Ja	Ja	3	Ja	2	3	8	10	6	10	-	8	4	8	8	2	0	2	6	8
2	m	22	V	Ja	Ja	Nej	3	Nej	2	5	6	7	4	6	-	8	7	2	3	5	1	2	7	8
2	m	22	V	Nej	Ja	Ja	3	Nej	-	3	7	8	7	9	8	8	5	5	4	6	0	2	7	7
2	m	23	V	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	2	1	9	9	9	9	-	9	7	3	4	2	3	3	4	8
2	k	20	I	Nej	Nej	Nej	3	Ja	2	1	8	9	8	2	-	3	10	10	10	5	10	8	2	-
3	k	23	V	Nej	Ja	Ja	2	Nej	2, 3	2	7	7	6	8	-	10	10	0	1	10	0	5	0	10
3	m	20	Bi	Nej	Ja	Ja	3	Nej	-	5	8	8	4	9	10	7	4	10	10	7	0	0	6	8
3	m	25	V	Nej	Nej	Ja	Nej	-	2, 3	5	8	7	7	6	9	7	6	2	2	3	0	3	0	9
3	k	23	L	Nej	Nej	Nej	1	Nej	-	3	7	8	7	7	10	8	3	3	0	5	0	5	0	6
3	k	21	L	Nej	Ja	Nej	3	Ja	2	2	10	10	8	9	10	9	8	0	8	2	7	8	8	10
3	k	22	L	Ja	Nej	Ja	1	Nej	2	3	8	8	7	9	-	8	4	5	4	4	1	4	0	7
3	k	22	L	Nej	Ja	Nej	4	-	4	3	7	5	3	9	-	6	8	2	9	5	0	6	4	9
3	m	22	V	Nej	Ja	Nej	3	Nej	2	5	8	7	5	10	10	9	7	3	2	4	3	6	5	8
3	m	21	V	Nej	Ja	Ja	3	Nej	2	4	7	9	8	8	4	8	8	5	3	4	3	7	3	7
3	m	22	V	Nej	Ja	Ja	3	Nej	2	5	8	8	6	5	-	7	5	7	0	3	0	0	5	8
3	k	23	V	Nej	Ja	Ja	3	Ja	2, 3	1	8	9	8	8	10	10	3	0	0	10	0	1	0	8

## Bilaga G. Sammanställda enkätsvar

Nedan redovisas fördelningarna på enkätundersökningen för samtliga försökspersoner.

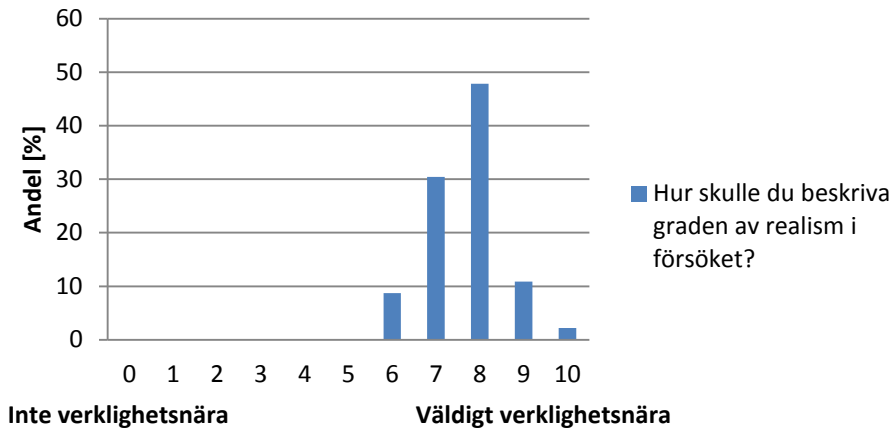


Diagram F1. Enkätsvar gällande frågan; Hur skulle du beskriva graden av realism i försöket?

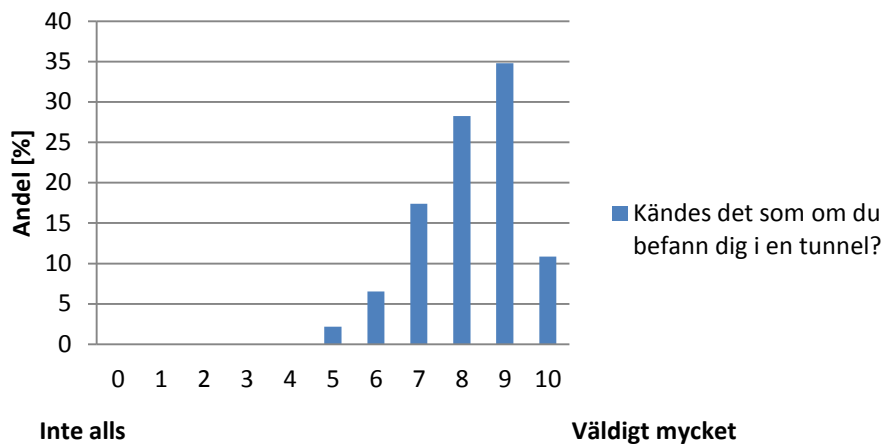


Diagram F2. Enkätsvar gällande frågan; Kändes det som du befann dig i en tunnel?

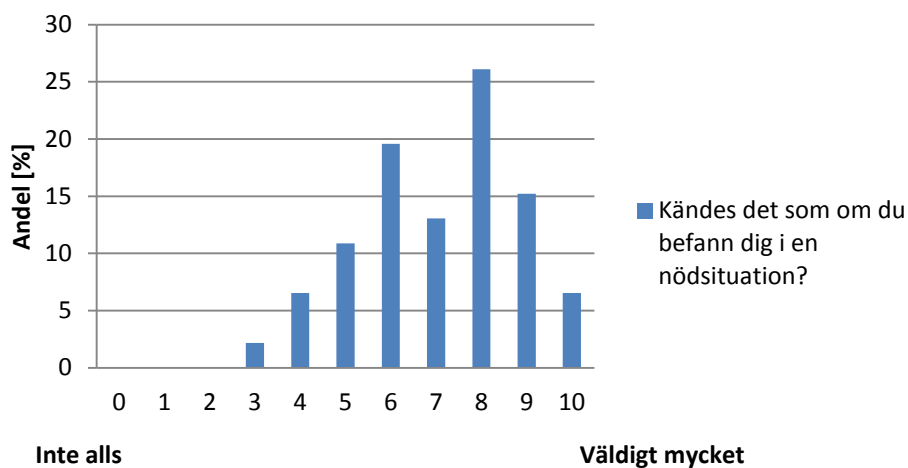


Diagram F3. Enkätsvar gällande frågan; Kändes det som du befann dig i en nödsituation?

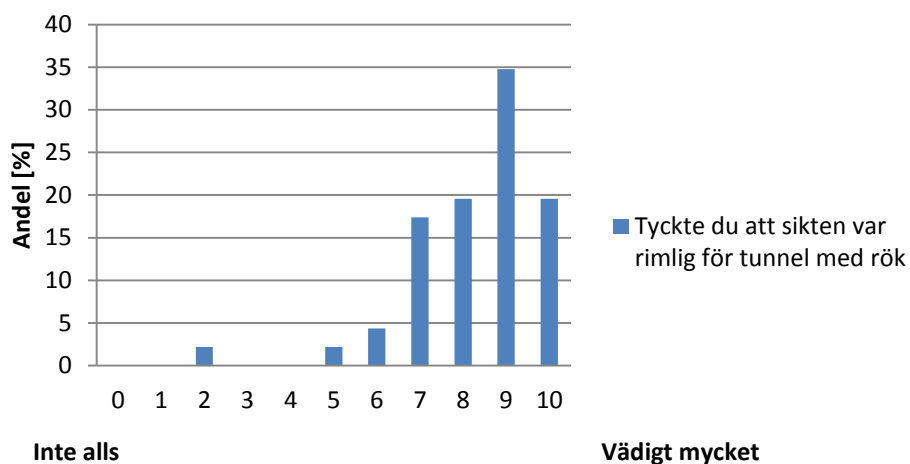


Diagram F4. Enkät svar gällande frågan; Tyckte du att sikten var rimlig för tunnel med rök?

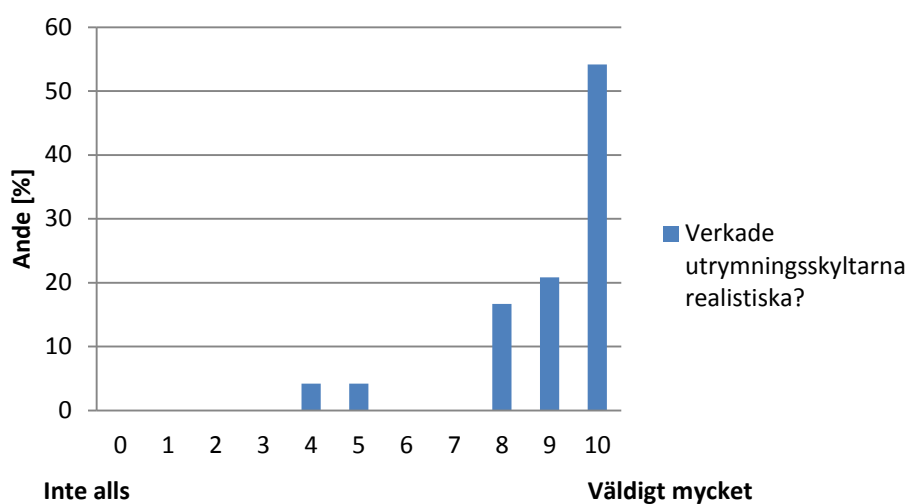


Diagram F5. Enkät svar gällande frågan; Verkade utrymningsskyltarna realistiska?

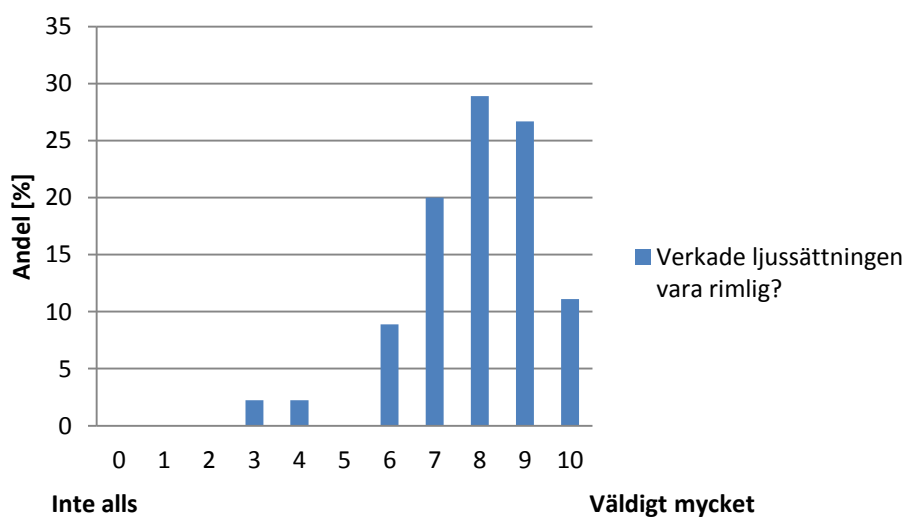


Diagram F6. Enkät svar gällande frågan; Verkade ljussättningen vara rimlig?

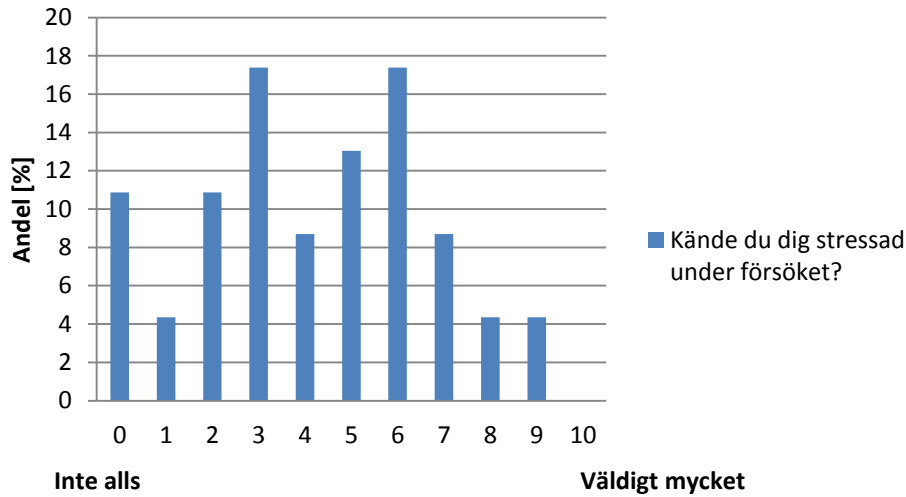


Diagram F7. Enkät svar gällande frågan; Kände du dig stressad under försöket?



Diagram F8. Enkät svar gällande frågan; Tyckte du att du kunde sätta dig in i situationen trots att det inte var på riktigt?

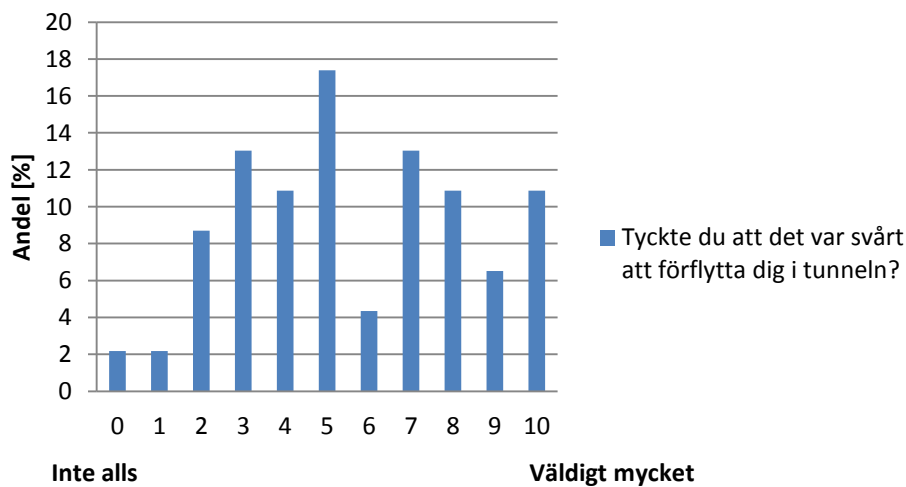


Diagram F9. Enkät svar gällande frågan; Tyckte du att det var svårt att förflytta dig i tunneln?

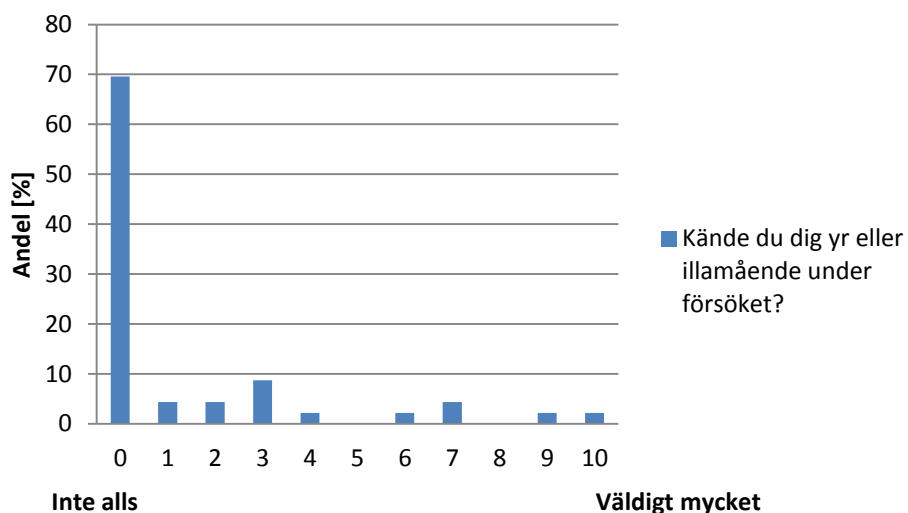


Diagram F10. Enkät svar gällande frågan; Kände du dig yr eller illamående under försöket?

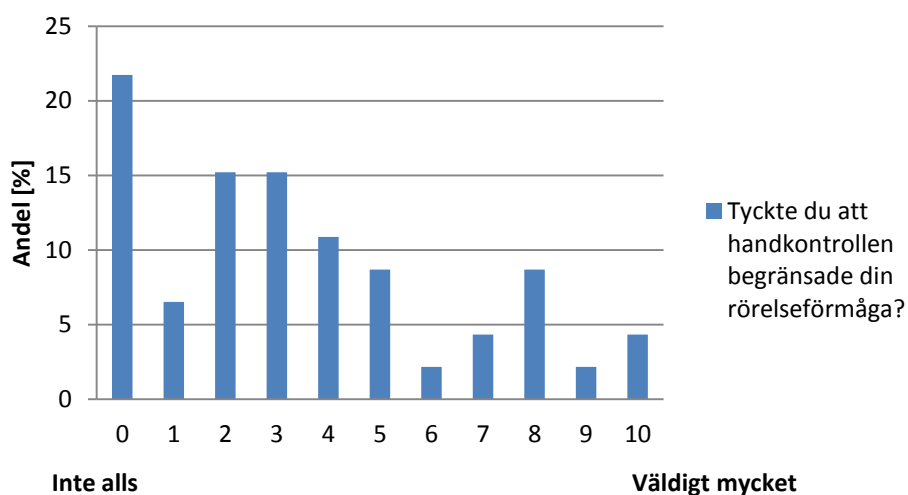


Diagram F11. Enkät svar gällande frågan; Tyckte du att handkontrollen begränsade din rörelseförmåga?

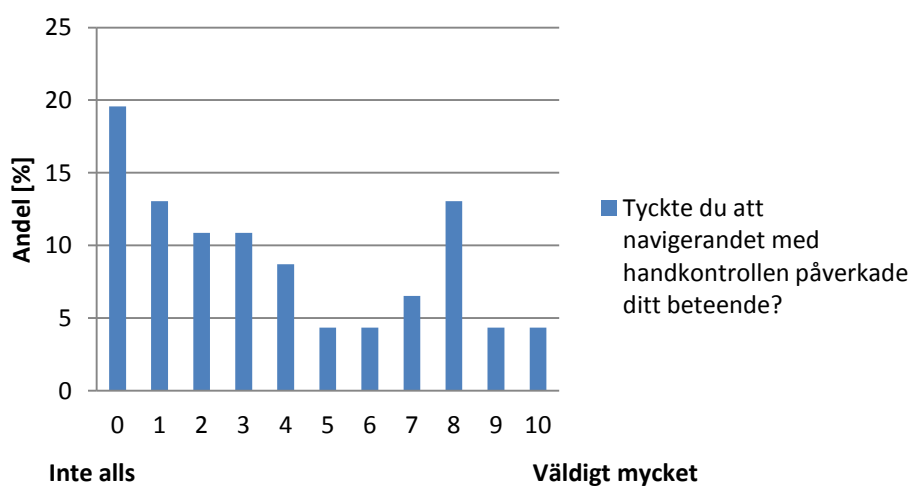


Diagram F12. Enkät svar gällande frågan; Tyckte du att navigerandet med handkontrollen påverkade ditt beteende?

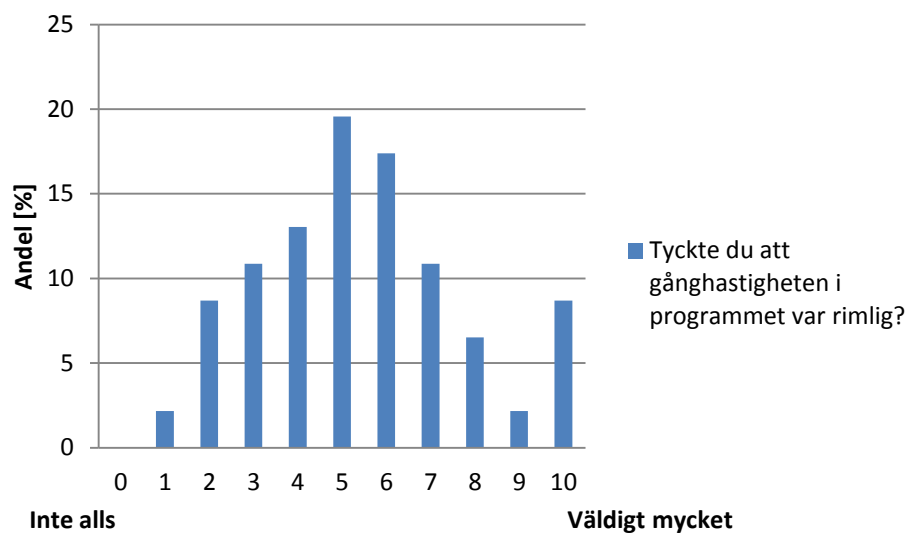


Diagram F13. Enkätvar gällande frågan; Tyckte du att gånghastigheten i programmet var rimlig?





## Bilaga H. Statistiska jämförelser

I denna bilaga redogörs de statistiska testmetoder och beräkningar som användes för att jämföra resultaten från denna studie med resultaten från den ursprungliga studien.

### Parametriskt test angående proportionstal

Metoden är en statistisk prövning av hypoteser angående proportionstal. Detta är en kvantitativ metod som används för att analysera och jämföra resultat från två olika stickprov. Metoden antar normalfördelning och Ekvation 1 nedan visar hur testet beräknas. (Körner, 2000).

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{P(1-P)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Ekvation 1. Parametriskt test angående proportionstal (Körner, 2000).

Där  $Z$  är en standardiserad normalfördelad variabel,

$P_1$  är proportionstal för stickprov 1,

$P_2$  är proportionstal för stickprov 2,

$n_1$  är stickprovsstorleken för stickprov 1,

$n_2$  är stickprovsstorleken för stickprov 2 och

$P$  beräknas enligt Ekvation 2.

$$P = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{n_1 + n_2}$$

Ekvation 2.  $P$  till ekvation för test angående proportionstal (Körner, 2000).

Ekvation 1 är tillämpbar om Ekvation 3 nedan uppfylls för både stickprov 1 och 2,

$$n_i p_i (1 - p_i) > 5$$

Ekvation 3. Giltighetsvillkor för stickprov.

### Hypotesprövning gällande antal som valde att utrymma genom tunnelmyningen.

För att validera utrymningsförsöket i VR gentemot det verkliga försöket analyseras och jämförs data från VR respektive verkliga försöket. I detta avsnitt analyseras antalet försökspersoner som valde att utrymma genom tunnelmyningen. Då data finns på den andel som valde att utrymma genom tunnelmyningen i respektive försök kan en hypotesprövning genomföras för att undersöka om det råder någon signifikant skillnad mellan försöken.

I verkliga försöket utrymde totalt 22 av 29 försökspersoner att utrymma genom tunnelmyningen. I försöket i VR utrymde 24 av totalt 46 försökspersoner genom tunnelmyningen. Proportionstalen blir följande:

$$P_1 = \frac{22}{29} = 0,759 \text{ (Frantzich & Nilsson, 2004)}$$

$$P_2 = \frac{24}{46} = 0,522$$

$$n_1 = 29$$

$$n_2 = 46$$

Ekvation 1 kan användas då kraven uppfylls:

$$n_1 p_1 (1 - p_1) > 5$$

$$(29 \cdot 0,759)(1 - 0,759) = 5,30 > 5$$

$$n_2 p_2 (1 - p_2) > 5$$

$$(46 \cdot 0,522)(1 - 0,522) = 11,47 > 5$$

Ekvation 2 används för att räkna ut  $P$ -värdet:

$$P = \frac{(29 \cdot 0,759) + (46 \cdot 0,522)}{29 + 46} = \frac{22 + 24}{29 + 46} = 0,613$$

Nu undersöks två olika hypoteser. Nollhypotesen innebär att det inte råder någon signifikant skillnad mellan proportionstalen från verkliga försöket och från VR. Mothypotesen innebär att det råder en signifikant skillnad mellan proportionstalen. Hypoteserna blir följande:

$$H_0: \pi_{VR} = \pi_{\text{Verkligt försök}}$$

$$H_1 = \pi_{VR} \neq \pi_{\text{Verkligt försök}}$$

I detta fall undersöks tvåsidig mothypotes med två lika stora kritiska området, det vill säga de värden för vilka nollhypotesen ska förkastas. För att beräkna  $Z$ -värdet används Ekvation 1.

$$Z = \frac{0,759 - 0,522}{\sqrt{0,613(1 - 0,613)\left(\frac{1}{29} + \frac{1}{46}\right)}} = 2,05$$

För ett 95-procentigt konfidensintervall förkastas nollhypotesen om det beräknade  $Z$ -värdet, i detta fall 2,05 överstiger  $\pm 1,96$ . Detta innebär att det beräknade  $Z$ -värdet hamnar i det kritiska området, vilket innebär att nollhypotesen förkastas och det råder en signifikant skillnad mellan antal som valde att utrymma genom tunnelmynningen i VR och det verkliga försöket.

### Hypotesprövning gällande antalet som valde att följa en vägg

För att undersöka om det råder någon signifikant skillnad mellan försöken i andel av försökspersonerna som valde att följa en vägg görs ytterligare en hypotesprövning.

$$P_1 = 0,66 \quad (\text{Frantzich \& Nilsson, 2004})$$

$$P_2 = \frac{33}{46} = 0,717$$

$$n_1 = 45$$

$$n_2 = 46$$

Ekvation 1 kan användas då kraven uppfylls:

$$n_1 p_1 (1 - p_1) > 5$$

$$(45 \cdot 0,66)(1 - 0,66) = 10,1 > 5$$

$$n_2 p_2 (1 - p_2) > 5$$

$$(46 \cdot 0,717)(1 - 0,717) = 9,33 > 5$$

Ekvation 2 används för att räkna ut  $P$ -värdet:

$$P = \frac{(45 \cdot 0,66) + (46 \cdot 0,717)}{45 + 46} = 0,689$$

Nu undersöks två olika hypoteser. Nollhypotesen innebär att det inte råder någon signifikant skillnad mellan proportionstalen från verkliga försöket och från VR. Mothypotesen innebär att det råder en signifikant skillnad mellan proportionstalen. Hypoteserna blir följande:

$$H_0: \pi_{VR} = \pi_{\text{Verkligt försök}}$$

$$H_1 = \pi_{VR} \neq \pi_{\text{Verkligt försök}}$$

I detta fall undersöks tvåsidig mothypotes med två lika stora kritiska området, det vill säga de värden för vilka nollhypotesen ska förkastas. För att beräkna  $Z$ -värdet används formel 1:

$$Z = \frac{0,66 - 0,717}{\sqrt{0,689(1 - 0,689)\left(\frac{1}{45} + \frac{1}{46}\right)}} = -0,59$$

För ett 95-procentigt konfidensintervall förkastas nollhypotesen om det beräknade  $Z$ -värdet, i detta fall  $-0,59$ , hamnar innanför intervallet  $\pm 1,96$ . Detta innebär att det beräknade  $Z$ -värdet hamnar i det acceptabla området, vilket innebär att nollhypotesen accepteras och att det inte råder en signifikant skillnad mellan antal som valde att följa en vägg mellan försöket i VR och det verkliga försöket.

### Fishers exakta test

För att vidare kunna statistiskt jämföra resultaten mellan de virtuella och de verkliga försöken tillämpades en annan metod, ett icke-parametriskt test kallat Fishers exakta test. Ett icke-parametriskt test innebär att inga antaganden görs om fördelningar i de undersökta populationerna, till skillnad från det parametriska test som beskrivs ovan då det förutsätter normalfördelning. (Kanji, 2006).

Ett ofta använt icke-parametriskt test är  $X^2$ -testet, men det kan ge missvisande svar då antalet observationer är litet. Ett mer lämpligt test i fall med lågt antal observationer är Fishers exakta test. (Bower, 2003).

Fishers exakta test undersöker i korthet fall då två oberoende populationer kan delas in i två uteslutande kategorier. Testet använder nollhypotesen att de två populationerna som värdena kommer från är lika. Metoden förutsätter dock att alla alternativen är lika troliga. (Bower, 2003).

Populationerna och kategorierna ställs upp som en  $2 \times 2$ -matris enligt Tabell 21 nedan.

Tabell 21.  $2 \times 2$ -matris för Fishers exakta test (Kanji, 2006).

	Population 1	Population 2	Summa
Kategori 1	$a$	$b$	$a + b$
Kategori 2	$c$	$d$	$c + d$
Summa	$a + c$	$b + d$	$n = a + b + c + d$

Själva testet går sedan ut på att beräkna EKV nedan.

$$\sum p = \frac{(a+b)!(c+d)!(a+c)!(b+d)!}{n!} \sum_i \frac{1}{a_i!b_i!c_i!d_i!}$$

Ekvation 4. Ekvation för Fishers exakta test (Kanji, 2006).

Om  $\sum p$  är mindre än den valda signifikansnivån  $\alpha$  så kan nollhypotesen förkastas (Kanji, 2006).

Detta test kan dock kräva en stor mängd beräkningar beroende på hur värdena förhåller sig till varandra, så ett färdigt beräkningsverktyg på Internet av Briggs & Preacher (2001) användes istället för handberäkningar. Om det erhållna värdet på  $p$  är mindre än  $\alpha$  förkastas nollhypotesen och det finns en signifikant skillnad (Bower, 2003).

### Hypotesprövning gällande försökspersonernas stressupplevelse

I detta avsnitt undersöks om det råder någon signifikant skillnad mellan försökspersonernas stressupplevelse mellan det verkliga försöket och försöket i VR.

Anledning till att denna aspekt jämförs är för att frågan *Kände du dig stressad under försöket?* förekom vid båda försöken och är därför jämförbar. Försökspersonerna fick ange på en 11-gradig skala huruvida de upplevde sina stressupplevelser under försöket. Resultatet från försöken presenteras i Tabell 22 nedan.

Tabell 22. Data från försök.

Verkligt försök				Virtuellt försök			
Antal(f)	Skala(x)	$f \cdot x$	$f(x_1 - \bar{x})$	Antal(f)	Skala(x)	$f \cdot x$	$f(x_1 - \bar{x})$
11	0	0	111.1	5	0	0	87.1
4	1	4	4	2	1	2	2
7	2	14	28	5	2	10	20
5	3	15	45	8	3	24	72
2	4	8	32	4	4	16	64
3	5	15	75	6	5	30	150
5	6	30	180	8	6	48	288
7	7	49	343	4	7	28	196
1	8	8	64	2	8	16	128
0	9	0	0	2	9	18	162
0	10	0	0	0	10	0	0
<b>Summa</b>				<b>Summa</b>			
45		143	882.1	46		192	1169.1

Då materialet redovisas i en frekvenstabell beräknas medelvärdet och variansen med ekvationerna nedan.

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{n}$$

Ekvation 5. Beräkning av medelvärde (Körner, 2000).

$$s^2 = \frac{\sum f_i(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Ekvation 6. Beräkning av standardavvikelse (Körner, 2000).

Genom att använda Ekvation 5 och Ekvation 6 beräknas medelvärdet och variansen för båda försöken. De redovisas i Tabell 23.

Tabell 23. Medelvärde och standardavvikelser för verkliga respektive virtuella försök.

	Verkligt försök	Virtuellt försök
$\bar{x}$	3,17	4,17
$s^2$	20,05	25,98
$s$	4,48	5,1

Med hjälp av beräknade medelvärde och varians för respektive försök kan en hypotesprövning genomföras. Metoden används när stickproven är oberoende och tillräckligt stora, det vill säga med minst 30 observationer i varje stickprov (Körner & Wahlgren, 2006).

Testfunktionen som används beskrivs i Ekvation 7 nedan.

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Ekvation 7. Testfunktion för medelvärde (Körner, 2000).

Där  $n_1$  och  $n_2$  är stickprovsstorlekarna,  $\bar{x}_1$  och  $\bar{x}_2$  är stickprovsmedelvärdena och  $s_1$  och  $s_2$  är standardavvikelseerna i de båda stickproven.

Följande hypoteser formuleras. Om nollhypotesen accepteras innebär detta att det inte råder någon signifikant skillnad mellan det verkliga försöket och försöket i VR gällande försökspersonernas stressupplevelser. Om nollhypotesen förkastas innebär detta att det en signifikant skillnad kan påvisas mellan försöken. Uttrycket  $(\mu_1 - \mu_2)$  innebär differensen mellan populationsmedelvärdena enligt nollhypotesen. Eftersom nollhypotesen formuleras så att det inte finns någon skillnad mellan populationsmedelvärdena innebär detta att uttrycket blir noll. Hypoteserna blir följande:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Ekvation 7 används för att beräkna ett Z-värde.

$$Z = \frac{4,17 - 3,17}{\sqrt{\frac{25,98}{46} + \frac{20,05}{45}}} = 0,9948$$

Ett 95- procentigt konfidensintervall innebär ett Z-värde på 1,96. Då det beräknade värdet är mindre 1,96 accepteras nollhypotesen, det vill säga att det inte råder någon signifikant skillnad mellan försöket på frågan *Kände du dig stressad under försöket?*