



LUND UNIVERSITY

Utformning av utrymningssystem i en tunnelbanestation med utrymningshissar Försök i Virtual Reality-miljö

Mossberg, Axel; Nilsson, Daniel; Wahlqvist, Jonathan

2018

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Mossberg, A., Nilsson, D., & Wahlqvist, J. (2018). *Utformning av utrymningssystem i en tunnelbanestation med utrymningshissar: Försök i Virtual Reality-miljö*. (LUTVDG/TVBB; Nr 7044). Lund University.

Total number of authors:
3

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

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

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

Take down policy

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

LUND UNIVERSITY

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

UTFORMNING AV UTRYMNINGSSYSTEM I EN TUNNELBANESTATION MED UTRYMNINGSHISSAR – FÖRSÖK I VIRTUAL REALITY MILJÖ

AXEL MOSSBERG, DANIEL NILSSON & JONATHAN WAHLQVIST
BRANDTEKNIK | LTH | LUNDS UNIVERSITET



**Utformning av utrymningssystem i en tunnelbanestation med
utrymningshissar – försök i Virtual Reality-miljö**

Axel Mossberg, Daniel Nilsson & Jonathan Wahlqvist

Lund 2018

Utformning av utrymningssystem i en tunnelbanestation med utrymningshissar
- försök i Virtual Reality-miljö

Design of evacuation systems in a subway station with evacuation elevators
- experiments in a Virtual Reality environment

Axel Mossberg, Daniel Nilsson & Jonathan Wahlqvist

Report 7044

ISRN: LUTVDG/TVBB--7044--SE

Number of pages: 27

Illustrations: Axel Mossberg

Keywords

Evacuation elevators, design of evacuation systems, subway, virtual reality, experiments.

Sökord

Utrymningshissar, utformning av utrymningssystem, tunnelbanestation, virtual reality, försök.

Abstract

This report summarizes evacuation experiments performed in a Virtual Reality environment. The experiments are performed in a subway station equipped with evacuation elevators. This study is the second step in the process of ensuring the function of new evacuation solutions. The purpose of the study is to investigate if the exit choice in the subway station can be affected by technical way-finding systems. The results of the study show that evacuation elevators are generally avoided in a subway environment. However, with enhancements of way-finding systems the exit choice was affected and the majority of participants in the study attempted to use an evacuation elevator. The results of the study imply that evacuation elevators can be successfully incorporated in a subway environment. However, to ensure a proper implementation, further studies need to be performed.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2018 / Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2018.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

www.brand.lth.se
Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

www.brand.lth.se
Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Denna rapport är skriven på uppdrag av Förvaltning för utbyggd tunnelbana (FUT) och är tänkt att fungera som ett underlag i arbetet med att använda utrymningshissar inom vissa av de planerade tunnelbanestationerna.

Projektet har genomförts i ett samarbete mellan avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskolan (LTH) och Brandskyddslaget. Författare till rapporten är:

Axel Mossberg, anställd av Brandskyddslaget och verksam som industridoktorand vid avdelningen för Brandteknik, LTH.

Daniel Nilsson, Universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik, LTH.

Jonathan Wahlqvist, doktorand vid avdelningen för Brandteknik, LTH.

Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar experiment utförda i Virtual Reality (VR) miljö av utrymning från en tunnelbanestation utformad med utrymningshissar. I försöken jämförs en grundläggande utformning med en förfinad utformning. Den förfinade utformningen grundas på en fallstudie som presenteras i Mossberg och Nilsson [11].

Försöken utgör laboratorieförsök och är det andra steget i processen för att säkerställa funktion hos nya utrymningslösningar. Dessa försök bör framöver följas upp av fältförsök för att säkerställa att avsedd funktion nås.

De utförda försöken visar att åtgärder är nödvändiga för att hissen ska användas som utrymningsväg i en tunnelbanemiljö. Försöken visade också att den modell som använts för att ta fram utrymningsystem för att uppmuntra hissanvändning var framgångsrik då hissanvändandet ökade från 3 % i grundfallet till cirka 70 % i det utökade fallet. Dock försökte cirka 25 % använda hissen från plattformsnivå, vilket inte var avsikten med utformningen. Detta beror sannolikt på att instruktioner kring hissutrymning gavs i utrymningslarmet på plattformsnivå. Om detta inte önskas bör vidare studier utföras kring lämpliga utformningar av utrymningslarmet på stationen.

Utöver ovanstående var slutsatserna från försöken följande:

- Acceptansen för att använda utrymningshissar vid utrymning från en tunnelbanestation är i grunden låg.
- Det går att påverka valet av utrymningsväg i tunnelbanestationer med hjälp av tekniska väglednings- och informationssystem så att en större andel utrymmande väljer att utrymma via hiss.
- Utifrån utförda försök och intervjuer med försökspersoner bedöms VR vara ett hjälpmedel som med fördel kan användas för att undersöka effekterna av tekniska system kopplat till vägval i denna typ av miljö.

Utöver ovanstående slutsatser bör nedanstående även observeras

- Fältförsök bör utföras innan stationen tas i bruk för att undvika att fel eller missförstånd i systemen förbises i övergången från laboratorieförsök till tillämpning.
- Resultaten i denna rapport ska ses som specifika för den aktuella stationen och om ändringar sker av utformningarna på informationssystemen eller stationen i övrigt kommer resultaten som presenteras i denna studie sannolikt påverkas. Om exempelvis skyltars placering eller utformning avsevärt förändras bör nya utformningar verifieras med vidare försök för att säkerställa att önskad funktion fortfarande uppnås.
- Försöken är utförda individuellt och det finns fortfarande flera faktorer som bör betraktas som osäkra vid dimensionering.
- Fler studier kring hissutrymning kopplat till tunnelbanemiljön bör utföras i enlighet med det som anges i rapporten. Exempelvis bör accepterade väntetider undersökas mer noggrant samt hur dessa kan påverkas med hjälp av tekniska system.

Innehåll

1.	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte och mål.....	3
2.	Metod.....	5
2.1	Pilotförsök.....	5
2.2	Beskrivning av försöksdeltagare.....	5
2.3	VR-modell och utrustning.....	7
3.	Resultat.....	15
3.1	Grundscenario.....	15
3.2	Utökat scenario	16
4.	Diskussion	21
5.	Slutsats.....	23
6.	Förslag på vidare forskning.....	25
	Referenser.....	27

1. Inledning

LTH har tillsammans med Brandskyddslaget fått i uppdrag av Förvaltning för utbyggd tunnelbana (FUT) att undersöka hur system ska utformas för att uppmuntra hissutrymning i framtida tunnelbanestationer. Denna rapport redogör för ett andra steg i processen, vilket involverar försök i Virtual Reality-miljö och som förklaras vidare nedan.

1.1 Bakgrund

Att använda hissar för utrymning är egentligen ingen nyhet. Lösningen har varit uppe för diskussion i över 100 år. På sitt 18:e årliga möte 1914 konstaterade NFPA (National Fire Protection Association) att [1]:

“... elevator shafts properly enclosed and with openings adequately protected have decided value from an escape standpoint, and are absolutely necessary in high buildings.”

Ingenting infördes dock i regelverken kring hissutrymning vid denna tidpunkt. Även något senare diskuterades hissutrymning i USA då NBS (National Bureau of Standards) publicerade en rapport där möjligheten att tillgodose sig en viss del av den utrymningsbredd som krävdes i byggnaden genom att använda hissar togs upp. I rapporten föreslogs fem utrymningshissar kunna motsvara en utrymningstrappa med 56 cm (22 inch) bredd. Förslaget avslogs dock till slut på grund av att man konstaterade att det fanns för stora osäkerheter i tillgänglighet och användande för hissar [2].

En möjlig förklaring till att utrymningshissar ännu inte implementerats i större utsträckning kan vara att inträffade brandincidenter har fått stor uppmärksamhet. Enligt Bukowski, 2011, inträffade ett antal incidenter på 1970- och 1980-talet där bränder nära hissarna kortslutit kallelseknappen och på så vis kallat hissen till brandplanet [3]. Väl där gick inte hissdörrarna igen på grund av att brandgaser bröt fotocellerna, vilket ledde till att hissarna fastnade på brandplanet där personerna omkom. Bukowski anger även att det indikerades att antalet liknande incidenter var markant, men att detta kanske inte är helt korrekt. År 2006 genomfördes en genomgång av dödsbränder kopplade till hissar. I denna genomgång redovisas sju dödsbränder där totalt 19 dödsfall inträffat i hissar [4]. Utöver detta redovisas även sex bränder där hissar använts för utrymning trots att de inte varit utformade som utrymningshissar. I tre av dessa bränder anges det att hissanvändningen troligtvis varit det som räddat de utrymmandes liv [4].

I utredningen anges dock ett antal fall där hissen kallats till brandplanet och där blivit kvarhållen av brandgaser. I några fall har personerna i hissen lyckats fly men i vissa fall har detta lett till dödsfall i hissen [4]. Även efter att denna sammanställning publicerades så har minst en liknande incident inträffat [5]. Det är inte fastställt om dessa dödsfall inträffat i samband med utrymning eller normaldrift av hissarna, men det kan konstateras att det finns en risk i byggnader och anläggningar där det finns hissar, som inte är utformade för att användas för utrymning. Sannolikt är det denna typ av incidenter som historiskt har haft störst påverkan på restriktionerna som införts kring detta användande.

Oavsett orsak så har det funnits, och finns ännu, riktlinjer kring att vanliga hissar inte ska användas vid en brand. Dessa riktlinjer är rimliga med hänsyn till de risker som finns med hissanvändande vid brand, men riktlinjerna har även skapat en problematik kring hissars roll vid utrymning. Även om hissar går att tekniskt utforma så att de fungerar med tillfredställande säkerhet vid brand [6] så finns beteendefaktorer som måste beaktas, det vill säga interaktionen mellan människor och byggnadsutformningen måste fungera. Dessutom skulle människors inställning till utrymningshissar sannolikt kunna påverkas av de riktlinjer som generellt gäller för vanliga hissar.

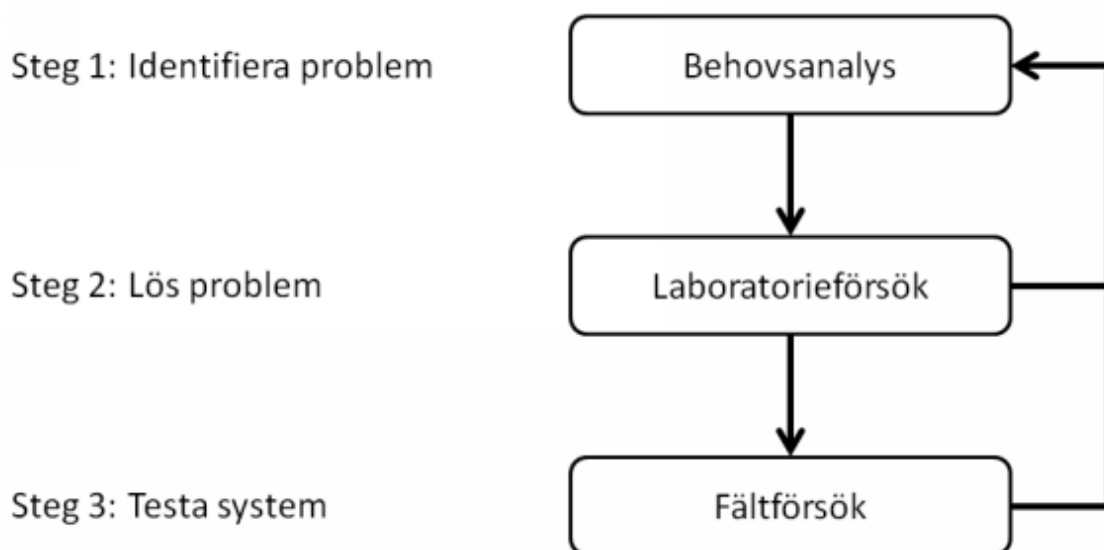
I forskningssammanhang började hissutrymning nämnas i slutet av 1970-talet som ett förslag på hur utrymning av höga byggnader kunde effektiviseras och dessutom som förslag på hur personer som inte kan transportera sig i trappor ska utrymma [7]. En av de första koordinerade forskningsinsatserna skedde i samband med ett seminarium på NIST (National Institute of Standards and Technology, efterföljaren till NBS) i början av 1990-talet [8]. Vid seminariet diskuterades olika aspekter gällande hissar för utrymning, till exempel hur hissarna kunde göras säkra, hur släckvatten kunde förhindras att tränga in i hisschakten, etc. En viktig sak som lyftes fram vid seminariet var att utrymningshissar inte bara måste vara säkra att använda, utan också måste uppfattas som ett säkert alternativ, det vill säga betydelsen av interaktionen mellan människor och byggnadsutformningen betonades [8]. Om denna interaktion inte fungerar finns det stor risk att människor inte kommer att använda utrymningshissar i nödsituationer.

I och med utrymningen av World Trade Center 1993 och sedermera även 2001, det vill säga när tornen kollapsade till följd av en terroristattack, aktualiserades utrymningsproblematiken i höga byggnader och forskningen kring utrymning med hissar har efter detta ökat markant. Dessutom har studier visat att utrymningshissar kan vara ett kostnadseffektivt alternativ till trappor [9] i vissa typer av byggnader, vilket ytterligare ökar incitamentet att introducera utrymningshissar i nya byggnader.

Ännu ett argument för användandet av utrymningshissar är att det är svårt för personer med rörelseedsättning att sätta sig själva i säkerhet om utrymning endast sker med hjälp av en trappa. Det alternativ som finns till utrymningshissar idag är att utnyttja så kallade utrymningsplatser. Studier har dock visat att detta är en lösning som de flesta betraktar som relativt otrygg och helst undviker [10].

Idag finns tekniker för att göra hissar säkra vid brand. Dock kvarstår problemet att kommunicera till personer att hissar ska användas och övertyga dem om att faktiskt använda hissen vid utrymning. Detta område har utforskats begränsat över åren, vilket bedöms vara en stor anledning till att utrymningshissar ännu inte är en utrymningslösning som normalt tillämpas.

Brandskyddslaget och LTH har på uppdrag av FUT (förvaltning för utbyggd tunnelbana) tagit fram en initial rapport kring kunskapsläget gällande utrymningshissar [11]. I denna redovisas utöver gällande kunskapsläge för utrymningshissar ett förslag på process till att ta fram utrymningsssystem för att underlätta användandet av utrymningslösningen inom vissa stationer på den nya tunnelbanan. Denna process är anammand från tidigare forskning på ämnet och visas översiktligt nedan [12].



Figur 1. Process för att säkerställa funktion hos nya utrymningslösningar.

Denna process har föreslagits inom utbyggnaden av tunnelbanan då vissa stationer förses med nya utrymningssystem. Till exempel kommer det att finnas en station som placeras cirka 100 meter under mark [13], vilket gör att utrymningen från denna station kommer att vara beroende av utrymningshissar. Det är utformningen av denna typ av station som undersöks i rapporten.

Virtual Reality (VR) har tidigare använts i liknande försök och har där visat sig vara ett användbart hjälpmedel för att utföra utrymningsförsök [10], [14]. Det har även utförts valideringsstudier av VR-experiment där god överensstämmelse med verkliga försök kunnat visas [15].

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna studie är att undersöka huruvida personers vägval i samband med utrymning från en tunnelbanestation utrustad med utrymningshissar kan påverkas av tekniska system. Mer specifikt kommer två olika systemutformningar jämföras för att se hur vägvalet skiljer sig.

Målet är att ge riktlinjer i utformningen av de vägledande utrymningssystemen inom djupt belägna stationer i den nya tunnelbanan.

2. Metod

Denna rapport utgör avrapportering av steg 2 enligt processen som redovisas i Figur 1. Försöken som ingår i detta steg har genomförts med hjälp försök i VR. I dessa försök har en VR-modell av den aktuella tunnelbanestationen byggts upp.

I denna rapport redovisas försök gjorda i VR där utformningar med två olika utrymningssystem jämförs. Utformningen av dessa system är dels ett ”grundsystem”, kallat *grundscenario*, där i princip en utformning motsvarande vägledningssystem som hade utförts för en utrymningstrappa har ansatts för utrymningshissarna och dels ett ”utökad system”, kallat *utökad scenario*, där ytterligare tekniska system lagts till för att understödja utrymmandes val av utrymningshissar som utrymningsväg. Försöken utfördes i ett VR-laboratorium i V-huset, LTH. Försöken genomfördes individuellt, det vill säga endast en person åt gången befann sig i VR-miljön. Det utökade systemet baseras på tidigare upprättad rapport av Mossberg och Nilsson [11].

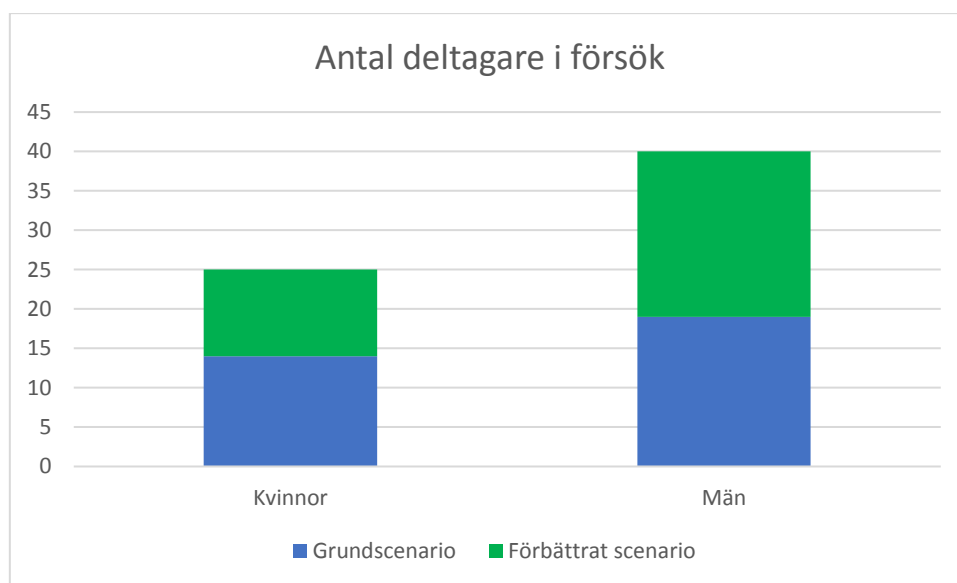
2.1 Pilotförsök

Innan försöken genomfördes så utfördes ett antal pilotförsök. Dessa genomfördes för att säkerställa att försökspersonernas upplevelse var så realistisk som möjligt samt för att kalibrera både enkät och modell.

2.2 Beskrivning av försöksdeltagare

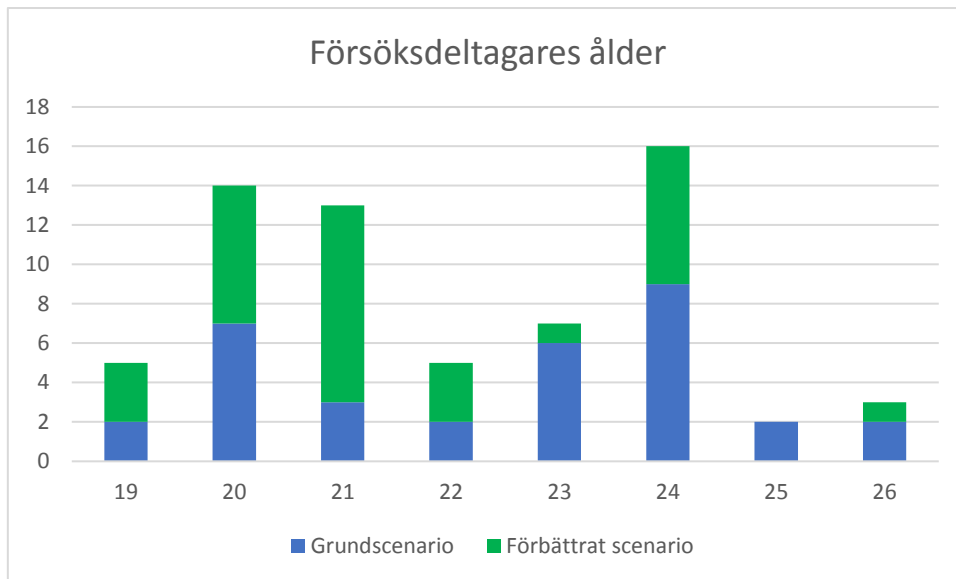
Försöksdeltagarna i studien bestod av studenter vid LTH. Studenterna läste på olika civilingenjörsutbildningar på LTH, men ingen läste på brandingenjörsutbildningen på LTH.

Totalt deltog 65 personer i försöken. Dessa delades upp på 33 personer som genomförde grundscenariot och 32 personer som genomförde det utökade scenariot. I båda försöken var det något fler män än kvinnor som deltog. Grundscenariot genomfördes av 14 kvinnor (42 %) och 19 män (58 %) och det utökade scenariot genomfördes av 11 kvinnor (34 %) och 21 män (66 %). Totalt innebär detta att 25 kvinnor (38 %) och 40 män (62 %) deltog i studien. Fördelningen mellan män och kvinnor illustreras även i figur 2 nedan.



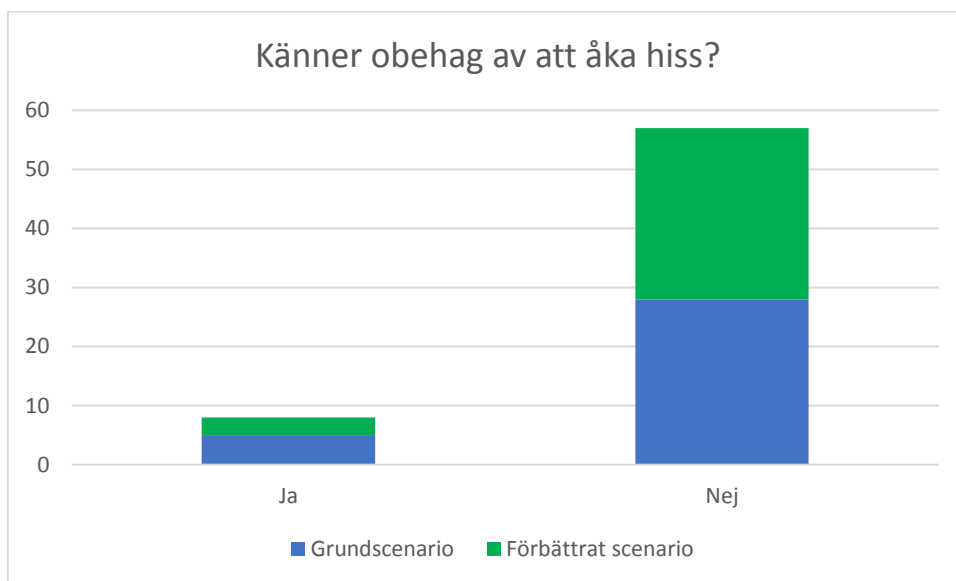
Figur 2. Antal deltagare i försöken.

Åldern på försöksdeltagarna sträckte sig mellan 19 till 26 år. Nedan redovisas antal personer i respektive ålder per försöksscenario (se figur 3).



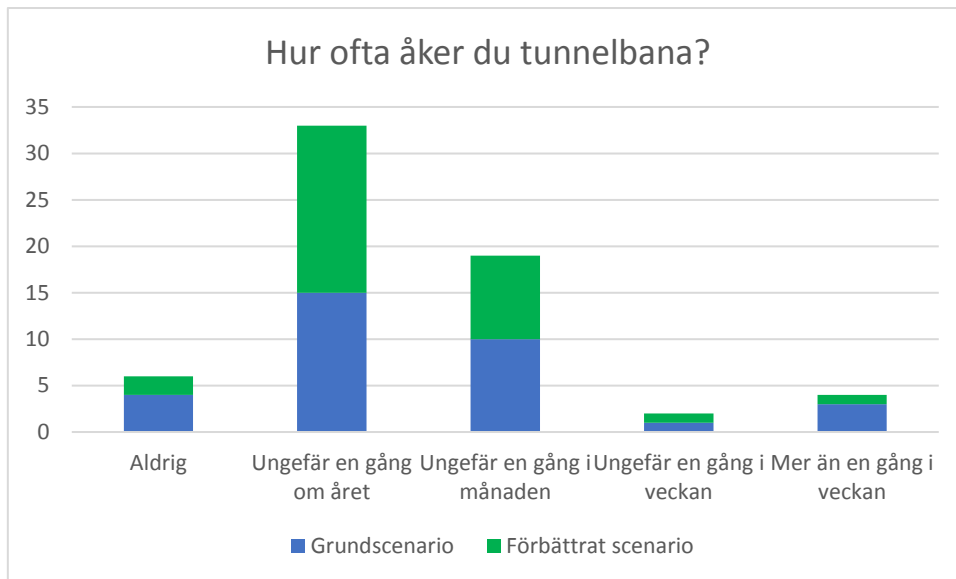
Figur 3. Åldern på försökspersoner.

Av deltagarna kände cirka 12 % någon form av obehag att åka hiss generellt sett. Detta var ungefär samma för båda scenarierna, vilket visas i figur 4 nedan.



Figur 4. Hur många av försökspersonerna som generellt sett känner obehag av att åka hiss.

De flesta deltagare hade en relativt begränsad erfarenhet av att åka tunnelbana. De flesta hade åkt tunnelbana någon gång, men de gjorde det inte regelbundet. Nedan visas deltagarnas ”tunnelbanevana” (se figur 5).



Figur 5. Redovisning av deltagarnas tunnelbanevana.

Alla försöksdeltagare angav att de kunde gå i trappor utan svårigheter.

2.3 VR-modell och utrustning

Modellen som tagits fram i VR har baserats på 3D-ritningar av en tunnelbanestation inom nya tunnelbanesystemet. De delar som inte kommer vara tillgängliga för publik togs bort från modellen.

För att uppleva VR-miljön fick försökspersonerna ta på sig en så kallad Head Mounted Display (HMD) och ett par hörlurar. Rörelse och interaktion i modellen skedde med hjälp av handkontroller. Figuren nedan visar en försöksperson i VR-miljön. Försökspersonerna kunde följas under försöket på en datorskärm. Samtliga försökspersoners upplevelse i VR-miljön spelades in.



Figur 6. Försöksperson inom VR-miljön.

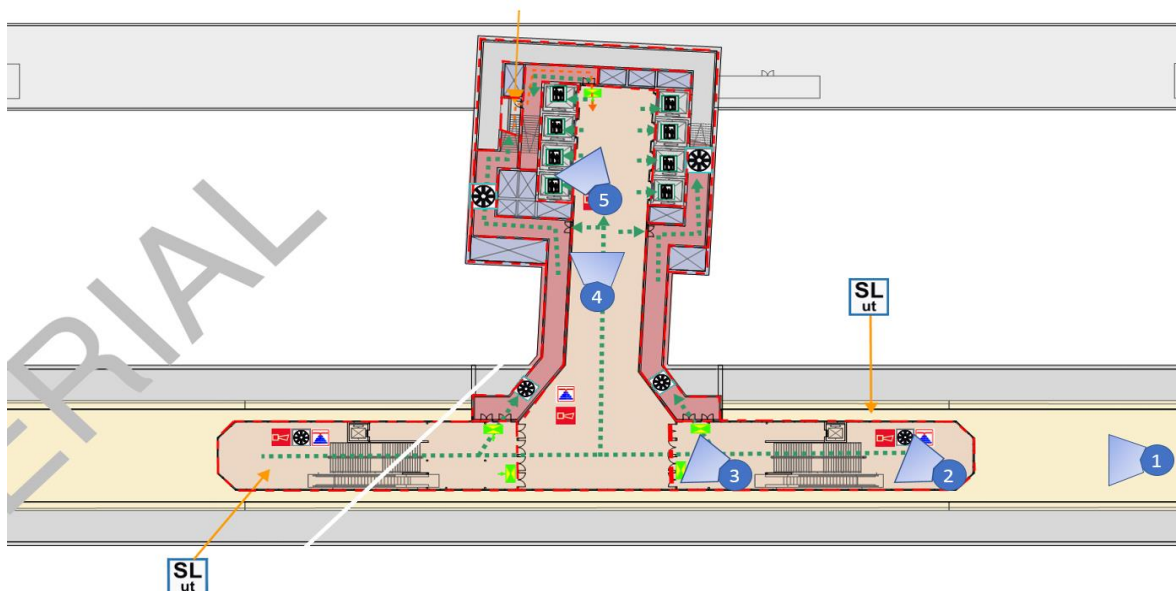
Nedan redovisas översiktligt skillnaderna i de olika scenarierna som testades.

Grundscenario

I bildserien nedan redovisas ett antal bilder från grundscenariot med en tillhörande ritning (se figur 7-12).
I detta scenario bestod utrymningsystemen av:

1. utrymningsskyltning till trappa och hissar
2. ett talat utrymningslarm som gav följande information:

”Viktigt meddelande, viktigt meddelande. En brand har utbrutit i tunnelbanan. Vi ber alla att lämna stationen omedelbart”



Figur 7. Översiktsbild över tunnelbanemiljön och var följande fem stillbilder är tagna.



Figur 8. Bild 1 från VR-miljön enligt figur 7.



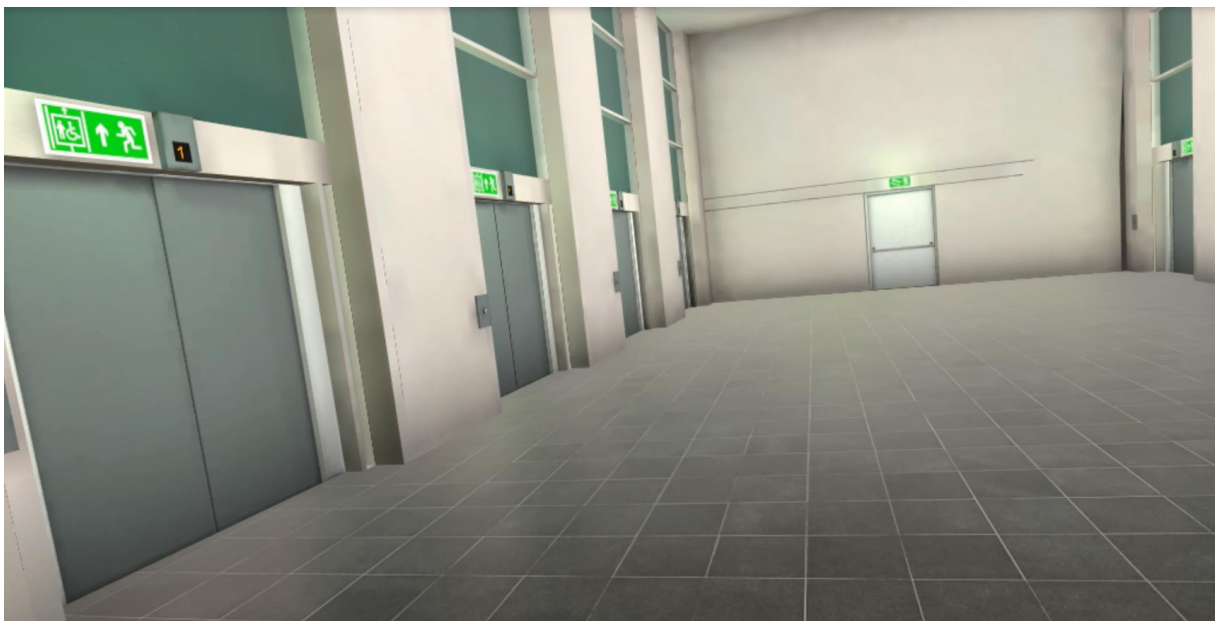
Figur 9. Bild 2 från VR-miljön enligt figur 7.



Figur 10. Bild 3 från VR-miljön enligt figur 7.



Figur 11. Bild 4 från VR-miljön enligt figur 7.



Figur 12. Bild 5 från VR-miljön enligt figur 7.

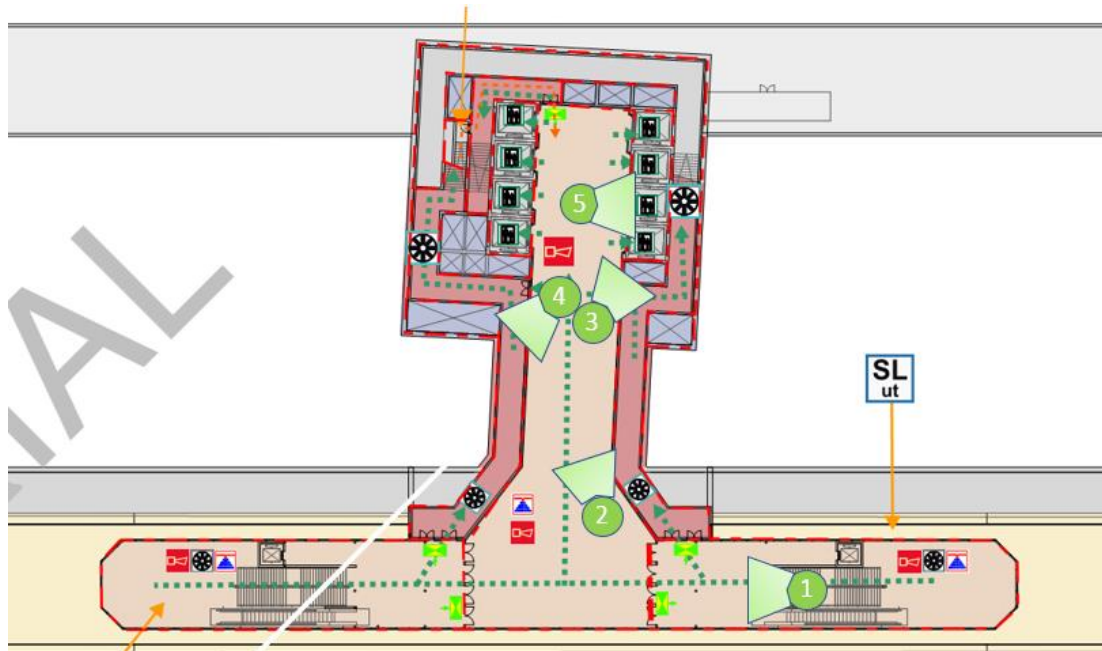
Om en försöksperson valde att kalla på hissen så tog det 8 minuter för denna att anlända. Hissen reagerade genom att hissknappen lyste upp i grönt och siffran över hissdörrarna byttes till en rullande pil nedåt för att visa att hissen var i rörelse.

Försöket avslutades när försökspersonen nådde första trappsteget eller när denne klev ur hissen uppe i entréhallen.

Utökat scenario

I bildserien nedan redovisas ett antal stillbilder från det utökade scenariot med tillhörande ritning (se figur 13-18). I detta scenario bestod utrymningssystemen av:

1. utrymningsskyltning till trappa och hissar
2. ett talat utrymningslarm på perrongen och i trappan som gav följande information:
"Viktigt meddelande, viktigt meddelande. En brand har utbrutit i tunnelbanan. Vi ber alla att lämna stationen omedelbart. Hissarna kan användas för utrymning på denna station"
3. ett talat utrymningslarm inom hisshallen som gav följande meddelande:
"Du står i ett skyddat utrymme. Hissarna kan användas för utrymning"
4. blinkande gröna lampor över skyltarna efter glaspartiet
5. blå informationsskyltar bredvid samtliga trapphusdörrar som gav följande information:
"Du befinner dig cirka 100 meter under mark. Detta motsvarar att gå upp cirka 30 våningar."
6. grön informationsskylt bredvid hissarna som gav följande meddelande:
"Du står i ett skyddat utrymme. Hissarna kan användas för utrymning"
7. kommunikationsutrustning vid hissarna.



Figur 13. Översiktsbild över tunnelbanemiljön och var följande fyra stillbilder är tagna.



Figur 14. Bild 1 från VR-miljön i det utökade scenariot enligt figur 13. De blinkande lamporna är tända vid skylten bakom glaspartiet.



Figur 15. Bild 2 från VR-miljön i det utökade scenariot enligt figur 13. De blinkande lamporna är tända vid skylten i taket.



Figur 16. Bild 3 från VR-miljön i det utökade scenariot enligt figur 13.



Figur 17. Bild 4 från VR-miljön i det utökade scenariot enligt figur 13.



Figur 18. Bild 5 från VR-miljön i det utökade scenariot enligt figur 13.

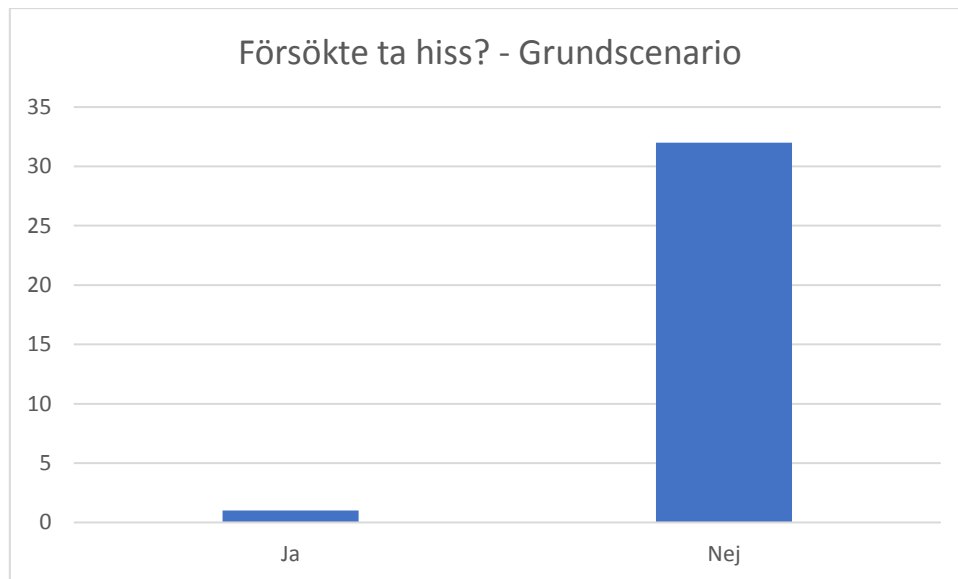
3. Resultat

När försöksdeltagarna tillfrågades angav de att de upplevde miljön som realistisk. Det som många reagerade på att det upplevdes som orealistiskt att vara ensam på stationen.

Studiens resultat i detalj beskrivs vidare nedan.

3.1 Grundscenario

I grundscenariot valde 1 av 33 deltagare (3 %) att ta hissen som första utrymningsalternativ. Fördelningen visas nedan.



Figur 19. Antal som försökte ta hiss grundscenariot.

Personen som valde hiss väntade i cirka 20 sekunder innan personen istället valde att utrymma via trappan. Försökspersonen angav intervjun efter försöket följande kring sitt vägval:

"Första tanken är 'jag tar hissen', men jag fattar efter jag tryckt på knappen att det inte kommer gå när det brinner" – försöksperson som valde hiss i grundscenariot.

In intervjuerna så nämnde 24 av försökspersonerna negativa uttryck kring hiss användning vid utrymning, exempelvis:

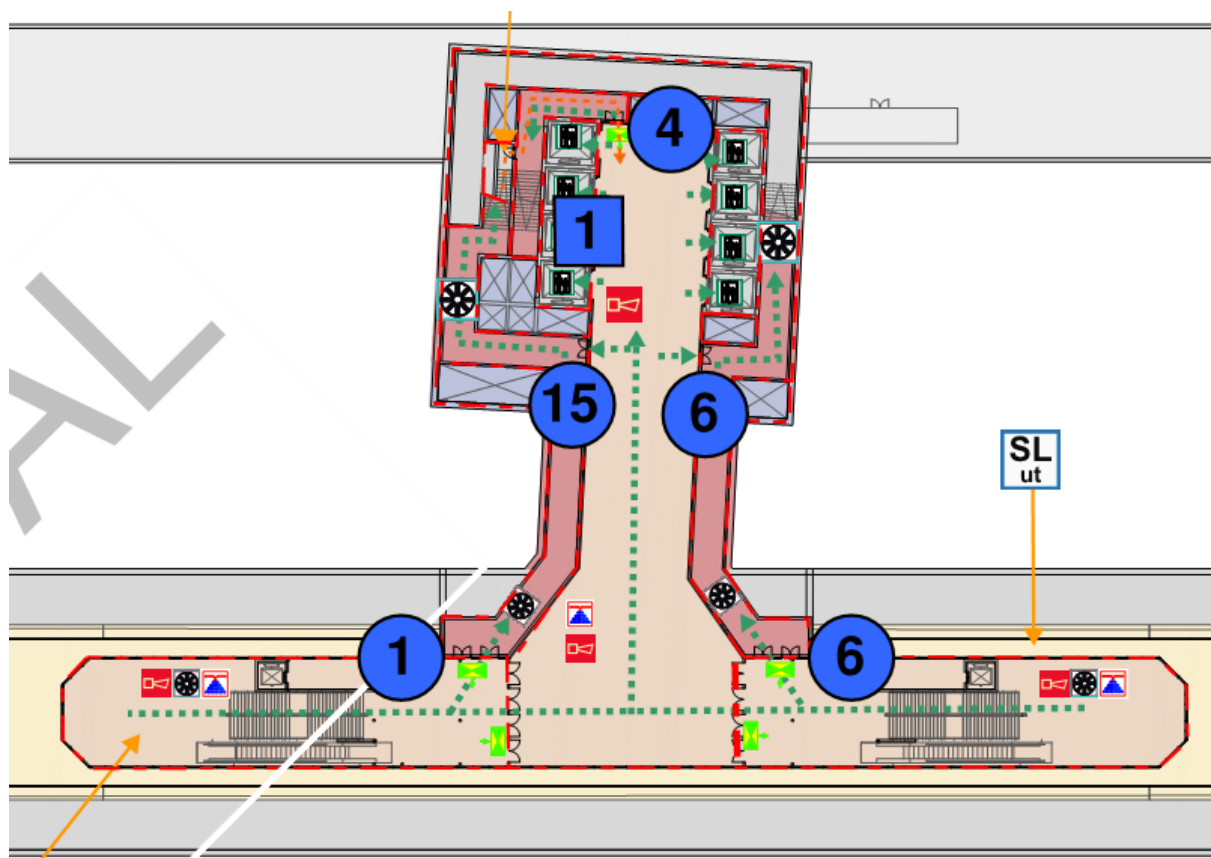
"Man ska undvika elektriska saker, t.ex. hissar, vid brand om de inte funkar"- försöksperson som valde trappa i grundscenariot.

Resterande försökspersoner angav att de inte uppfattade att hissar fanns som utrymningsalternativ från stationen. Exempelvis angavs nedan:

"Jag såg inte att det var hissar, tog bara första närmsta dörren"- försöksperson som valde trappa i grundscenariot.

När deltagarna ombads uppskatta hur djupt de befann sig svarade de mellan 6-30 meter under mark med ett medelvärde på cirka 12 meter under mark.

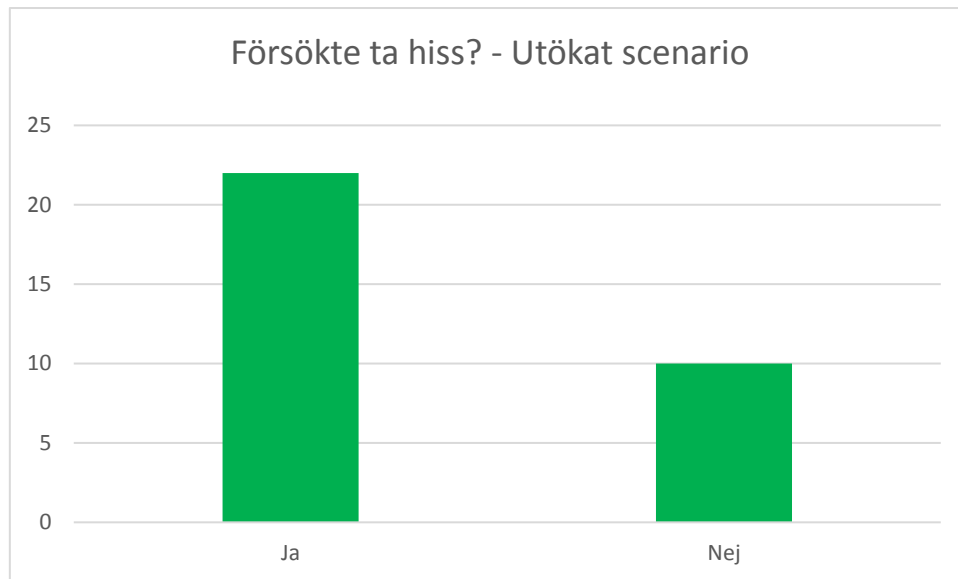
Nedan visas försöksdeltagarnas första val av utrymningsväg i grundscenariot. Siffrorna bredvid dörrarna visar hur många försöksdeltagare som valt respektive utrymningsväg. Siffror inom fyrkant förtydligar val av hiss.



Figur 20. Försöksdeltagarnas val av utrymningsväg i grundscenariot. Siffran visar antal försöksdeltagare som valt respektive utrymningsväg. Siffran inom fyrkanten visar val av hiss.

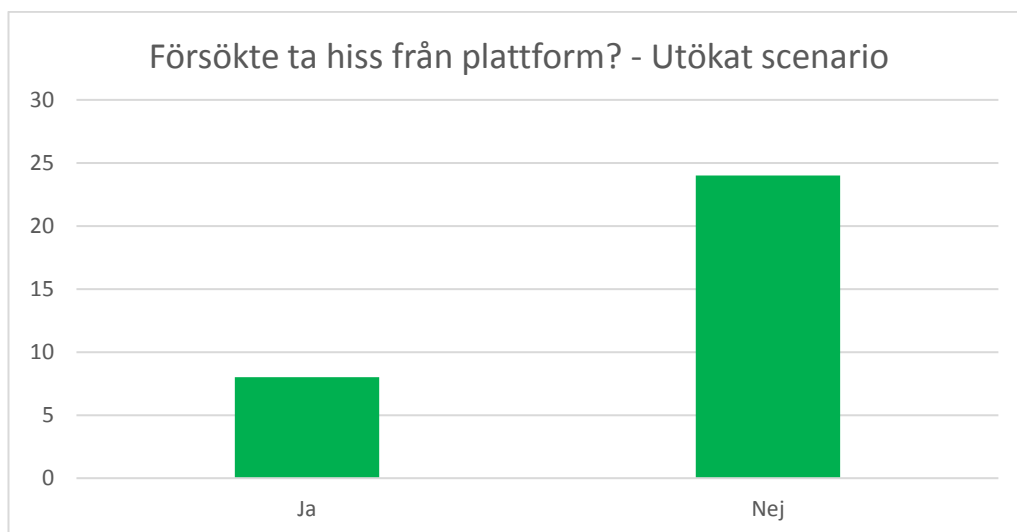
3.2 Utökade scenario

I det utökade scenariot försökte 22 av 32 deltagare (69 %) att ta någon av hissarna under utrymningen. Detta visas nedan.

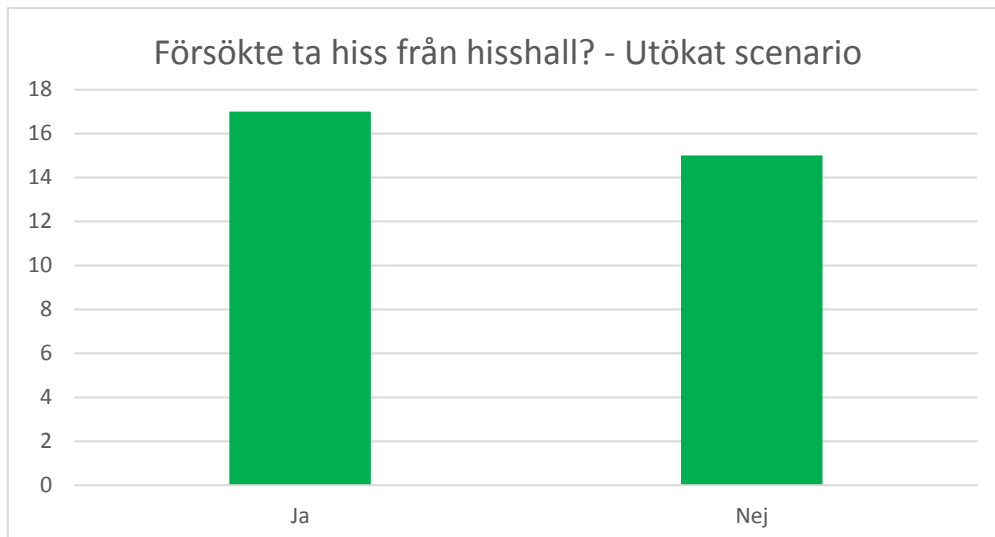


Figur 21. Antal som försökte ta hiss i det utökade scenariot.

I detta scenario uppkom dock en oförutsedd faktor i att 7 av deltagarna valde att försöka ta hissen direkt från plattformen, vilken inte hade getts någon funktion i modellen. Detta påverkade sedan deras beslut i den vidare utrymningen där endast 2 av dessa valde att försöka ta hissen igen när de nådde hisshallen. Uppdelat per hiss visas resultaten nedan.



Figur 22. Antal deltagare som försökte ta hiss direkt från plattformen.



Figur 23. Antal deltagare som försökte ta hiss från hisshallen.

Enligt vad som nämnt ovan så var det alltså 2 personer av de 8 som försökte ta hiss från plattformen som även försökte ta hissen från hisshallen, vilket är anledningen till att summan av de ovanstående två figurerna inte är densamma som det som anges i det sammanställda resultatet.

Även i detta försök uttryckte vissa av försökspersonerna negativa tankar kring hissutrymning, dock i mindre utsträckning än i grundscenariot. Av de 32 deltagarna i detta scenario nämnde 12 personer negativa tankar kopplade till hissutrymning, exempelvis:

"Även fast hon sa att man kunde ta hiss så ville jag inte det, man har lärt sig att inte ta den" – försöksperson som inte valde hiss i det utökade scenariot.

"Ska man verkligen använda hissar? De kan stanna... Men eftersom hon sa att man kunde använda den så tänkte jag att jag provar" – försöksperson som valde hiss i det utökade scenariot.

Av de som valde hiss så varierade väntetiden mellan 5 och 400 sekunder. I medeltal väntade försökspersonerna cirka 90 sekunder innan de omvärderade och valde trappan istället för hissen. Följande citat illustrerar några av försökspersonernas tankar:

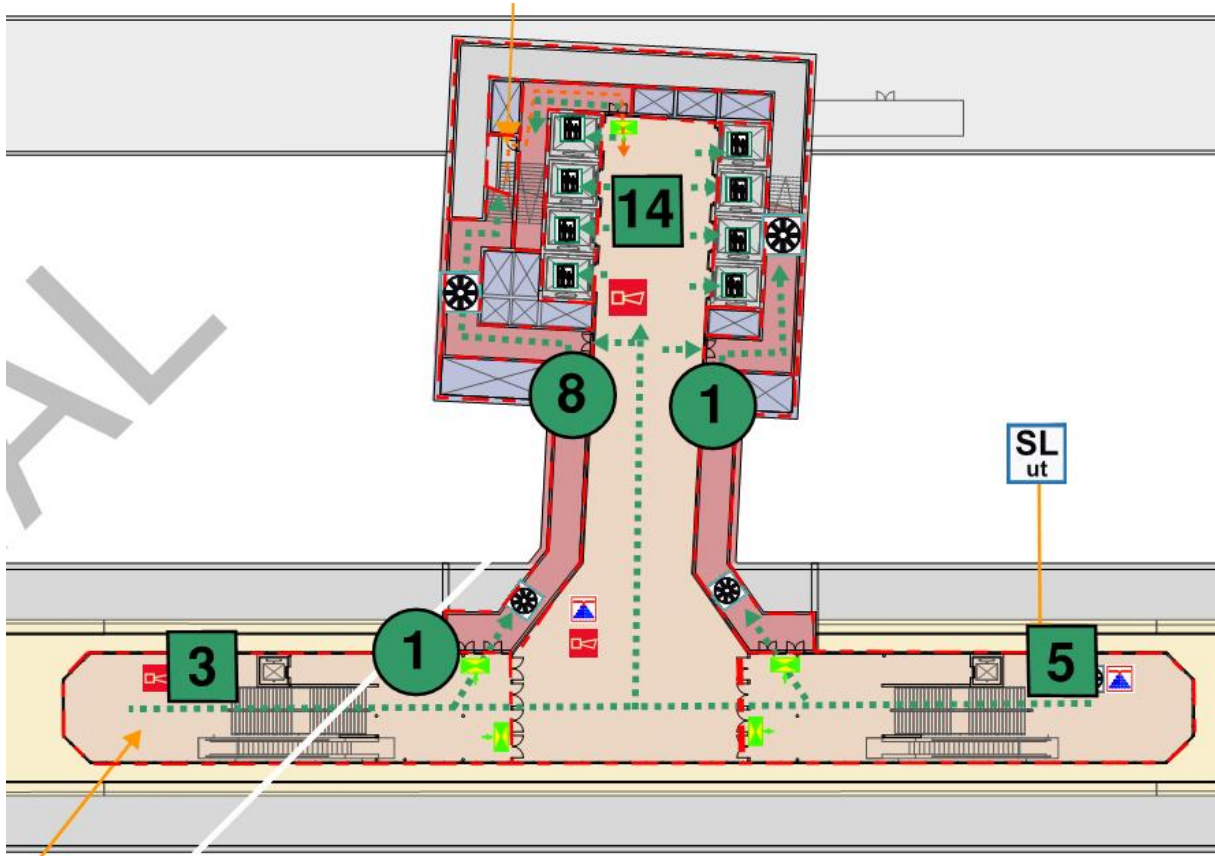
"Jag tänkte att jag väntar tills hissen kommer men den kom inte" – försöksperson som valde hiss i det utökade scenariot men sen bytte till trappa.

"Hade jag vetat att jag var 100 m under mark hade jag väntat på hissen" – försöksperson som valde hiss i det utökade scenariot men sen bytte till trappa.

Av 32 deltagare angav 28 (88 %) i intervjuerna att de uppfattat av utrymningslarmet att man kunde använda hissarna för utrymning.

När deltagarna tillfrågades om hur djupt de befann sig angav försökspersonerna 6-300 meter under mark. I medeltal angavs cirka 60 meter under mark. Att döma av de tal som angetts på enkäten så har 13 personer (41 %) läst på skyltarna och kommit ihåg informationen kring stationsdjupet.

Nedan visas försöksdeltagarnas första val av utrymningsväg i det utökade scenariot. Siffrorna bredvid dörrarna visar hur många försöksdeltagare som valt respektive utrymningsväg. Siffror inom fyrkanter förtydligar val av hiss. Observera att endast första valet visas, så för de deltagare som exempelvis valt hiss från plattform och sedan trappa så visas valet av hiss vid plattform.



Figur 24. Försöksdeltagarnas val av utrymningsväg i det utökade scenariot. Siffran visar antal försöksdeltagare som valt respektive utrymningsväg. Siffror inom fyrkanter visar val av trappa.

4. Diskussion

Av de utförda försöken kan det konstateras att särskilda insatser krävs för att utrymning via hiss ska accepteras i en tunnelbanemiljö. Trots att utrymningshissarna var skyltade som utrymningsvägar så valde endast 1 av 33 försökspersoner att använda detta utrymningsmedel i grundscenariot. Denna person valde även att vänta avsevärt kortare tid än medelvärdet var för de som väntade i det utökade scenariot.

Det kan även konstateras att den systematiska modell som tidigare föreslagits i rapporten som Brandskyddslaget och LTH tagit fram [11] ger förutsättningar för att systematiskt och framgångsrikt ta fram nya utrymningssystem i denna typ av miljö. De förbättringar som gjordes i det utökade scenariot gav avsevärd påverkan på de utrymnandes beteende och utrymning via hiss accepterades i större utsträckning. Förbättringarna ledde till att 70 % försökte använda sig av hiss som utrymningsmedel i det utökade scenariot jämfört med 3 % i grundscenariot.

Något som identifierades i det framtagna systemet var att en del försökspersoner försökte utrymma via hiss direkt från plattformsnivå, vilket inte förväntats. Denna hiss hade inte getts någon funktion i VR-modellen och när denna hiss inte fungerade så valde de flesta att endast fortsätta utrymma via trappa även när de kom till hisshallen, eftersom att de uppfattade det som att hissarna i modellen inte fungerade alls. Om många personer, dvs även personer som är tänkta att använda rulltrappa, vid en utrymning skulle välja att ta hissen även från plattformsnivå kan detta leda till en ineffektivare utrymningsituation och det rekommenderas därför att delen med instruktioner kring hissutrymning i utrymningslarmet kommer först efter att personerna lämnat plattformen samt att utformningen testas utförligt i tillämpning. Det bör dock poängteras att det kan finnas personer som behöver använda hissen från plattformen för att kunna utrymma, t ex personer med rörelsenedsättning, så denna möjlighet bör finnas och tydliggöras via skyltning. Att ge allmänna instruktioner att använda hissarna i utrymningslarmet bedöms dock inte behövas för att denna hiss ska ge avsedd effekt för de som behöver använda den även från plattformsnivå.

De blinkande lamporna vid skyltarna bakom glaspartiet (se figur 14 och 15) ledde även till att fler valde att utrymma via hisshallen, istället för att använda sig av dörren in i utrymningskorridoren vid sidan om glaspartiet. I grundscenariot använde cirka 21 % av försökspersonerna denna dörr som första utrymningsval. Motsvarande siffra i det utökade scenariot var 3 %.

Försökspersonerna var unga studenter utan problem att gå i trappor. Det kan tänkas att detta påverkat resultaten på så sätt att försökspersonerna var mer benägna att välja trapporna än en genomsnittlig användare av tunnelbanan kan tänkas vara. Med det resonemanget blir dock resultaten alltså att betrakta som ett sämsta fall utifrån hissanvändning.

Ännu en faktor gällande försökspersonerna var att cirka 60 % använde tunnelbanan i snitt mindre än en gång i månaden och får därför anses vara ovana vid transportmedlet (se figur 5). Detta kan innebära en viss påverkan på resultaten av studien. Dock var fördelningen mellan vana och ovana tunnelbaneåkare mellan scenarierna jämnt fördelad, vilket innebär att jämförelser mellan scenarierna fortfarande kan betraktas som giltiga och relevanta.

Det bör även nämnas att det faktum att stationen har hissar som primärt färdmedel i normalanvändning sannolikt kommer påverka resultaten. Vid en utrymning av stationen kommer personer som är vana vid stationen och att använda hissarna för att ta sig in och ut i normalfallet antagligen vara mer benägna att använda dessa även vid en utrymningsituation. Även detta innebär alltså att hissanvändning sannolikt skulle öka i en verklig utrymning.

En annan punkt som inte behandlas i studien är social påverkan, det vill säga hur agerandet påverkas av andra individers agerande. Detta är relevant att studera i framtiden eftersom köbildning och liknande kan leda till att andra val görs än de som denna studie visar. Det är dock viktigt att som första steg studera individuellt agerande eftersom att en grupp agerande till stor del kommer baseras på valen som görs av vissa individer. Det rekommenderas att inverkan av andra personer i miljön studeras vidare, men det är då viktigt att utforma studien så att det är tydligt vad som ska studeras. Att exempelvis sätta in agenter (det vill säga datorstyrda personer) vars beslut om val av utrymningsväg bestämts på förhand kan påverka försökspersonens vägval. Exempelvis kan man förvänta sig olika resultat om majoriteten av agenter ansätts till att välja trappa eller om merparten ansätts till att välja hiss.

5. Slutsats

De utförda försöken visar att åtgärder är nödvändiga för att hissen ska användas som utrymningsväg i en tunnelbanemiljö. Försöken visade också att den systematiska modell som använts för att ta fram utrymningssystem för att uppmuntra hissanvändning var framgångsrik då hissanvändandet ökade från 3 % i grundfallet till cirka 70 % i det utökade fallet. Dock försökte cirka 25 % använda hissen från plattformsnivå, vilket inte var avsikten med utformningen. Detta beror sannolikt på att instruktioner kring hissutrymning gavs i utrymningslarmet på plattformsnivå. Om detta inte önskas bör vidare studier utföras kring lämpliga utformningar av utrymningslarmet på stationen.

Utöver ovanstående var slutsatserna från försöken följande:

- Acceptansen för att använda utrymningshissar vid utrymning från en tunnelbanestation är i grunden låg.
- Det går att påverka valet av utrymningsväg i tunnelbanestationer med hjälp av tekniska väglednings- och informationssystem så att en större andel utrymmande väljer att utrymma via hiss.
- Utifrån utförda försök och intervjuer med försökspersoner bedöms VR vara ett hjälpmedel som med fördel kan användas för att undersöka effekterna av tekniska system kopplat till vägval i denna typ av miljö.

Utöver ovanstående slutsatser bör nedanstående även observeras

- Fältförsök bör utföras innan stationen tas i bruk för att undvika att fel eller missförstånd i systemen förbises i övergången från laboratorieförsök till tillämpning.
- Resultaten i denna rapport ska ses som specifika för den aktuella stationen och om ändringar sker av utformningarna på informationssystemen eller stationen i övrigt kommer resultaten som presenteras i denna studie sannolikt påverkas. Om exempelvis skyltars placering eller utformning avsevärt förändras bör nya utformningar verifieras med vidare försök för att säkerställa att önskad funktion fortfarande uppnås.
- Försöken är utförda individuellt och det finns fortfarande flera faktorer som bör betraktas som osäkra vid dimensionering.
- Fler studier kring hissutrymning kopplat till tunnelbanemiljön bör utföras i enlighet med det som anges i rapporten. Exempelvis bör accepterade väntetider undersökas mer noggrant samt hur dessa kan påverkas med hjälp av tekniska system.

6. Förslag på vidare forskning

Försöken som redovisas i denna rapport är ett steg mot ökad förståelse kring hissutrymning i tunnelbanemiljöer. Med hänsyn till de genomförda försöken samt tidigare utförd litteraturstudie bedöms det finnas behov av ytterligare forskning inom följande områden gällande utrymning med hissar.

Accepterad väntetid vid utrymning av hiss – VR-försök

Väntetid vid utrymning har endast studerats översiktligt i denna studie. Det kan även konstateras att acceptansen för att vänta på hissen är låg. Hur denna acceptans kan påverkas av tekniska system bör studeras för att undvika att personer ändrar sitt val av utrymningsväg om hissen inte finns tillgänglig direkt. Detta bör utforskas vidare i VR, likt uppställningen i denna studie.

Vägval och accepterad väntetid vid utrymning - fullskaleförsök

Det bedöms behövas fullskaleförsök med utrymningshissar för att tillförlitlig information ska kunna fås kring hur en realistisk fördelning mellan trappa och hiss samt hur acceptansen för väntetider kan se ut vid en utrymning. Detta skulle även kunna användas som validering av de VR-försök som utförts.

Denna punkt berör primärt utrymning ur byggnader, eftersom att det är främst detta som studerats i olika forskningssammanhang tidigare. Dessa försök skulle därför kunna användas till att validera hur väl olika metoder/försök i mindre skala uppskattar andelen hissutrymmande.

Hissutrymning från tunnelbanestation – fullskaleförsök

VR-försök har validerats mot fullskaleförsök tidigare och då har god överensstämmelse uppvisats [15], vilket gör att denna metod bedöms ha relativt god tillförlitlighet. Dock behövs ytterligare validering av metoden kopplat till utrymning med hissar från tunnelbanemiljö då detta inte studerats tidigare.

Det är även viktigt att genomföra fullskaleförsök inom projektet innan stationen tas i bruk för att undvika designmisslag, vilket annars kan förbises i övergången från laborieförsök till tillämpning.

Vägval och accepterad väntetid vid utrymning i grupp

De försök som genomförts baseras på individuellt agerande. Dock spelar social påverkan en stor roll i en utrymningssituation. Det skulle därför behövas försök med många personer för att studera hur detta påverkar vägvalet samt informationsbehovet. Dessa parametrar kan påverkas av vilken roll man har samt vilken position man har i gruppen som väntar på hissen. Det är därför intressant att studera hur gruppens beteende påverkas av olika system. Denna typ av försök skulle eventuellt även kunna ge information om hur persontäthet i hisshall påverkar vägval och acceptans, samt om det kan finnas risk för överlastning av hissen vid utrymning.

Referenser

- [1] National Fire Protection Association, "Proceedings of the 18th annual meeting", Boston, 1914.
- [2] National Bureau of Standards Miscellaneous Publication M151, "Design and Construction of Building Exits", Washington DC, 1935.
- [3] R. W. Bukowski, "Incorporating Elevators and Escalators into Emergency Evacuation Models", presenterad vid Fire and Evacuation Modeling Conference, Baltimore, 2011.
- [4] J. R. Hall, "Selected Serious Fires with References to Elevators Based on Literature Review and Search of NFPA Databases", Fire Analysis and Research Division, Quincy, 2006.
- [5] CBS Interactive Inc, "Woman rode elevator to death in Chicago high-rise fire", *CBS News*, Chicago, 09-jan-2012.
- [6] N. Åhnberg, A. Jönsson, K. Andréé, och D. Nilsson, "Incorporation of Evacuation Elevators in Performance-based Design", presenterad vid 10th Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Gold Coast, 2014.
- [7] J. L. Pauls, "Management and movement of building occupants in emergencies", presenterad vid 2nd Conference on Designing to Survive Severe Hazards, Chicago, 1977.
- [8] J. H. Klote, S. P. Deal, B. M. Levin, N. E. Groner, och E. A. Donoghue, "Workshop on Elevator Use During Fires", National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 1993.
- [9] D. T. Butry, R. E. Chapman, A. L. Huang, och D. S. Thomas, "A Life-Cycle Cost Comparison of Exit Stairs and Occupant Evacuation Elevators in Tall Buildings", *Fire Technol.*, vol. 2012, nr 48, s. 155–172, 2012.
- [10] K. Andréé, A. Jönsson, S. Bengtson, och H. Frantzich, "Utformning av utrymningsplats", Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lund, 3190, 2015.
- [11] A. Mossberg och D. Nilsson, "Användande av utrymningshissar vid utrymning av tunnelbanestation - Litteraturstudie och fallstudie", Stockholm, mar. 2017.
- [12] D. Nilsson och A. Jönsson, "Design of Evacuation Systems for Elevator Evacuation in High-Rise Buildings", *J. Disaster Res.*, vol. 6, nr 6, 2011.
- [13] Stockholms läns landsting, Förvaltning för utbyggd tunnelbana, "Här vill vi placera stationerna", *Tunnelbana till Nacka, Södermalm och söderort*.
- [14] K. Andréé, D. Nilsson, och J. Eriksson, "Evacuation experiments in a virtual reality high-rise building: exit choice and waiting time for evacuation elevators", *Fire Mater.*, vol. 2016, nr 40, s. 554–567, 2016.
- [15] F. Malthe och I. Vukancic, "Virtual Reality och människors beteende vid brand - Kan försök i virtuell miljö framkalla samma beteenden som verkliga försök i en rökfylld tunnel?", Lunds Universitet, Lund, 5400.