

Tunnelutrymning

Effekten av gångbanans bredd på
förflyttningshastighet vid utrymning i en
spårtunnel

Jenny Ahlfont

Frida Vermina Lundström

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

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5398, Lund 2012

Tunnelutrymning: Effekten av
gångbanans bredd på förflyttnings-
hastighet vid utrymning i en spårtunnel

Jenny Ahlfont
Frida Vermina Lundström

Lund 2012

Titel: Tunnelutrymning: Effekten av gångbanans bredd på förflyttningshastighet vid utrymning i en spårtunnel

Title: Tunnel Evacuation: An investigation into width as a speed determinant in the evacuation of railway tunnels via the use of walkways

Författare/Author: Jenny Ahlfont & Frida Vermina Lundström

Rapportnummer/Report number: 5398

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB-5398-SE

Antal sidor/Number of pages: 141

Bilder och illustrationer/Pictures: Alla bilder är författarnas egna.

Sökord: Utrymning, utrymningsförsök, gångbana, plattform, förflyttningshastighet, personflöde, persontäthet, rörelsemönster, tunnel, järnvägstunnel, tunnelbana

Keywords: Evacuation, evacuation experiment, walkway, platform, walking path, movement speed, flow, density, movement pattern, tunnel, railway tunnel, metro, underground

Språk/Language: Svenska/Swedish

Abstract: A safety feature for the evacuation of a rail tunnel is the construction of walkways running parallel to the tracks, constructed at the level of the train's exits. There is currently a lack of research-based information pertaining to how the width of the walkway may affect evacuation. In September 2012 an evacuation experiment was performed, the aim of which was to explore how the width of the walkway contributes to the density of the evacuees, their speed and flow. The participants mainly consisted of students from Lund's University. Speed and dynamic flow was found to increase on a linear scale alongside increasing width of the walkway.

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

**Avdelningen för 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 Institute of Technology
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 ett examensarbete på brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola, Lund. Rapporten syftar till att härleda relativa samband för förflyttningshastighet och flöde vid utrymning i spårtunnlar. Målgruppen för rapporten utgörs huvudsakligen av brandingenjörer och riskhanterare, men även av andra yrkesgrupper som arbetar med säkerhet i tunnlar för rälstrafik.

Vi vill rikta ett speciellt tack till Daniel Nilsson, lektor vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, som i egenskap av handledare givit oss ovärderlig vägledning. Vi önskar också tacka avdelningschef Robert Jönsson för de ekonomiska resurser som tilldelats projektet. Forskningsingenjör Sven-Ingemar Granemark och labtekniker Per-Olof Rosenkvist har upplåtit en del av sin arbetsplats, vilket vi tackar dem för. Slutligen riktas ett erkännande till de studenter som agerat funktionärer och försökspersoner, samt till er andra som hjälpt oss med arbete och rekvisita – utan er hade denna rapport inte skrivits.

Lund, oktober 2012

Jenny Ahlfont & Frida Vermina Lundström

This publication was produced in the KESØ project
- a project funded by Interreg IV A (Öresund – Kattegatt – Skagerrak)



Sammanfattning

Evakuering av tåg i tunnlar sker i dagsläget på olika sätt. En av metoderna innebär att passagerarna utrymmer längs med rälsen på gångbanor i höjd med tågets utgångar. Idag saknas försöksbaserad information om hur bredden på sådana gångbanor påverkar passagerarnas förflyttningshastighet vid en utrymning.

Syftet med denna studie är att med försök undersöka hur hastighet, flöde och persontäthet påverkas av gångbanans bredd, såväl för gående som för rullstolsburna personer. Ytterligare en aspekt som undersökts är om underlättande installationer, såsom ledstång och golvkantlist, bidrar till en säkrare utrymning. Målet med studien är att ge ett adekvat försöksbaserat underlag för rekommendationer till framtida forskning kring gångbanors bredd i tunnlar.

Försöken utfördes i laborationshallen i V-huset, en del av Lunds Tekniska Högskola. En plattform uppfördes, med måtten $18 \cdot 2,3 \cdot 1,3$ m. På plattformen placerades en flyttbar vägg, för att på så sätt kunna ändra den del av plattformen som försökspersonerna utnyttjade, det vill säga gångbanan. Totalt genomfördes 15 försök, i vilka bredden på gångbanan varierades från 0,60 till 1,35 meter. Fyrtioåtta studenter vid Lunds Tekniska Högskola agerade försökspersoner. Samtliga försök dokumenterades med filmkameror för att möjliggöra beräkningar av flöde och hastighet. Försökspersonerna besvarade en enkät efter varje försök.

Resultaten av försöken visar att förflyttningshastigheten ökar svagt med ökande gångbanebredd, såväl för gående som för rullstolsburna. Flödet [p/s] för den gående populationen ökar linjärt med en ökad bredd. Både gånghastighet och flöde stämmer väl överens med tidigare utförda gånghastighets- och flödesstudier av bland andra Togawa och LTB/Melinek & Booth.

En hypotesprövning av enkätsvar som handlade om trygghetsupplevelsen av breddens inverkan, visade även att det fanns en signifikant skillnad för de smalare bredderna jämfört med de bredare bredderna. Gångbanebredden 0,90 meter är den smalaste som kan rekommenderas för att uppnå en trygg utrymning för gående personer. Ska rullstolsburna ha möjlighet att självutrymma bör bredden heller ej understiga 0,90 meter.

Majoriteten av försökspersonerna använde varken ledstång eller golvkantlist. Av enkäterna framgick att de underlättande installationerna ändå upplevdes positiva. Installationerna medförde ingen påvisad skillnad i förflyttningshastighet, flöde eller persontäthet.

Summary

There are today a number of different procedures for the evacuation of trains in tunnels. One of these procedures is the method of evacuating passengers on walkways running parallel to the tracks, constructed at the level of the train's exits. Currently there is a lack of research-based information regarding how the width of such walkways may affect the evacuation procedure.

The aim of this research project is to explore how the width of the walkway contributes to the density of the evacuees, their speed and flow. The main subject body has consisted of able-bodied participants, however this study has also looked at the evacuation of wheelchair users. This project has also explored how the installation of safety features, such as handrails or raised edges to mark the width, may further contribute to a safer evacuation. The objective of this project is to provide a research basis upon which to conduct further research into the evacuation of train tunnels.

The evacuation experiment was performed in the laboratory hall of V-huset, a part of Lund's University, Faculty of Engineering (LTH). A platform measuring $18 \cdot 2,3 \cdot 1,3$ m was constructed, upon which a movable wall was positioned, allowing for the width of the walkway to be altered. A total of 15 tests were carried out in which the width of the walkway was varied from 0,60 to 1,35 meters. The participants mainly consisted of students from Lund's University. The experiment was documented using video cameras in order to collect data on the flow and speed of the participants. The participants completed a questionnaire regarding their experience of the width and height of the walkway after each respective test.

The results of the experiment show that evacuation speed increases with an increase to the width of the walkway; this result being equally valid for both walking participants and wheelchair users. The flow of the walking evacuees can be shown to increase on a linear scale with the increase of the width of the walkway. Both walkway speed and flow complies with previous research (Togawa and LTB) in this area.

A test of the hypothesis in the questionnaire referred to the participants' experience of the walkways width and the impact this had. The results show a significant difference between the narrower and the wider widths. A width of 0,90 m is the narrowest width recommended to ensure a smooth evacuation of passengers.

The majority of the participants used neither the banister nor the raised edges to mark the width. However through the questionnaire data it was shown that participants felt that the installation of such features increased their sense of safety.

Nomenklatur

F_s	Specifikt flöde [$p/(ms)$]
F	Dynamiskt flöde [p/s]
N	Antal personer [p]
N'	Antal människor inom den undersökta arean [p]
W	Gångbanans bredd [m]
W_e	Gångbanans effektiva bredd [m]
ρ	Persontäthet/Densitet [p/m^2]
Δt	Tidsintervall [s]
Δx	Sträcka [m]

Akronymer

<i>AEIF</i>	Association Européenne pour l'Interopérabilité Ferroviaire (European Association for Railway Interoperability)
<i>ANOVA</i>	Analysis of Variance
<i>EU/EG</i>	Europeiska Unionen/Europeiska gemenskapen
<i>LTB</i>	London Transport Board
<i>LTH</i>	Lunds Tekniska Högskola
<i>SFPE</i>	Society of Fire Protection Engineers
<i>SL</i>	(AB) Storstockholms Lokaltrafik
<i>UIC</i>	Union Internationale des Chemins de Fer (International Union of Railways)
<i>UNECE</i>	United Nations Economic Commission for Europe

Begreppsutredning

Inom vissa vetenskapliga områden är terminologin inte entydig, trots ett terminologiskt samordnande organ. Till exempel har begreppsanvändandet inom vård och omsorg utvecklats, från att på 1980-talet handla om funktionshinder – handikapp – sjukdom, till att på 2000-talet fokusera på aktivitet – delaktighet – hälsa (Frithiof, 2007). I de fall, där synonymer eller dubbelbetydelser inom begreppsvärlden föreligger, har en kort begreppsutredning utförts av rapportens författare. I de fall där termerna är entydiga inom det vetenskapliga fältet definieras termerna utan att diskuteras.

Funktionsnedsättning	Nedsättning av psykisk eller fysisk funktionsförmåga. Enligt Socialstyrelsen avråds begreppen ”handikapp” och ”funktionshinder” från att användas.
Gångbana	Utrymningsväg med plant underlag.
Järnväg	Rälssystem för tyngre järnvägstrafik. För bland annat el-, diesel- eller batteridrivna fordon.
Rullstolsburen	Person som tar sig fram med hjälp av rullstol och inte har möjlighet att resa sig upp ur den för att gå vid behov, till exempel vid smala passager. Detta är en förenkling, då många personer som använder rullstol också kan gå, men använder rullstolen som ett underlättande hjälpmedel för att ta sig fram. För tolkningen av försökens resultat har det varit vitalt att särskilja populationen ”rullstolsburna” från populationen ”gående”. I denna rapport antas de rullstolsburna ej ha behov av assistans.
Självräddningsprincipen	Passagerare och personal räddar sig själva istället för att invänta räddningstjänst.
Spårväg	Rälssystem för lättare transportfordon, ofta i stadsmiljö. Spårvägar har oftare brantare lutningar och skarpare kurvor än vad den konventionella järnvägen har. Systemet är anpassat för eldrivna fordon som får ström via en kontaktledning. Systemet är fränkopplat järnvägsnätet. Hit räknas spårvägar för tunnelbane- och spårvagnstrafik.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Problemformulering	2
1.2 Syfte och mål	3
1.3 Metod	3
1.3.1 Litteraturstudier	3
1.3.2 Försök	4
1.4 Fokus och avgränsningar	4
2 Utrymning	7
2.1 Förflyttningssmönster vid utrymning	7
2.1.1 Förflyttningshastighet	8
2.1.2 Flödesmodeller	9
2.1.3 Persontäthet och gångformationer	10
2.1.4 Betydelsen av orienteringshjälp	10
2.1.5 Hur utrymningsvägens längd och underlag påverkar gånghastigheten	11
2.2 Utrymningsförfaranden i tunnlar	11
3 Tunnlar	13
3.1 Regelverk	13
3.1.1 Europeiska krav på utrymningsvägar i järnvägstunnlar	14
3.1.2 Svenska krav på utrymningsvägar i järnvägstunnlar	14
3.1.3 Krav på utrymningsvägar i spårvägstunnlar	15
4 Försöksbeskrivning	17
4.1 Objektsbeskrivning	17
4.2 Försökspersoner	21
4.3 Enkät	22
4.4 Etik	23
4.5 Ljusstyrka	24
5 Genomförande	25
5.1 Försök med rullstolsburna	25
5.2 Försök med gående personer, plattformens bredd	26
5.3 Försök med gående personer, underlättande installationer	27
6 Resultat	29
6.1 Försök med rullstolsburna	29

6.1.1 Förflyttningshastighet.....	29
6.1.2 Medföljarintervjuer	30
6.1.3 Enkät svar.....	30
6.2 Försök med gående personer, plattformens bredd.....	31
6.2.1 Förflyttningshastighet.....	31
6.2.2 Personflöden.....	32
6.2.3 Persontäthet och gångformationer.....	35
6.2.4 Validering av hastighet och flöde.....	38
6.2.5 Enkät svar.....	39
6.3 Försök med gående personer, underlättande installationer	43
6.3.1 Förflyttningshastighet.....	43
6.3.2 Personflöden.....	43
6.3.3 Persontäthet	45
6.3.4 Validering av hastighet och flöde.....	46
6.3.5 Användande av underlättande installationer	47
6.3.6 Enkät svar.....	48
7 Diskussion	51
7.1 Försök med rullstolsburna.....	51
7.2 Försök med gående personer, plattformens bredd.....	52
7.3 Försök med gående personer, underlättande installationer	54
7.4 Övrigt	54
8 Slutsats	57
9 Framtida forskning.....	59

1 Inledning

Tunnlar blir allt vanligare i dagens moderna infrastruktur (Beard & Cope, 2007). Till skillnad från spårtrafikrelaterade olyckor ovan mark, medför olyckor i tunnlar potentiellt katastrofala konsekvenser, eftersom en tunnelmiljö är sluten. Rök och värme, som alstras vid en eventuell brand, stannar kvar inuti tunneln och leder därmed till en farligare situation för de människor som utrymmer i tunneln än om de utrymt i det fria (UIC-Codex, 2002).

Konsekvenserna av rökutveckling i tunnlar är stora, vilket kan exemplifieras med olyckan i Armitunneln i Italien år 1944, då cirka 450 människor avled på grund av rökgaser (Semens, 1994). Ett mer nutida exempel står att finna i branden i Kaprun, Österrike, år 2000, där 155 liv skördades (Beard & Cope, 2007). I en brand i tunnelbanestationen Kings Cross Station i London år 1987 dog 31 personer. Även i Sverige har bränder inträffat i tunnlar. En brand i ett tunnelbanetåg i Rinkeby, år 2005, ledde till att 12 personer fick föras till sjukhus på grund av rökskador (Fridolf, 2010).

Då evakueringsbehov av ett tåg som befinner sig i en tunnel uppstår, ska tåget om möjligt köras ut till det fria, till en station eller annan lämplig plats innan utrymning påbörjas. Om detta inte är utförbart, till exempel om hotbilden är för stor, är istället evakuering inuti tunneln nödvändig (Kecklund, et al 2006). I detta fall är möjligheten till snabb utrymning av betydelse. Evakuering av tåg i tunnlar sker i dagsläget på olika sätt. En av metoderna innebär att passagerarna utrymmer längs rälsen. Själva evakueringen ur passagerarvagnarna sker antingen från vagnarnas utgångar eller från bakre vagnens ände, ner till spåret (Frantzich, 2000; Thomas, 1984).

Tunnelbanorna i Stockholm och London är exempel på tunnelsystem där utrymning sker längs rälsen. Vid inträffad brand i Stockholms tunnelbana, ska tågföraren om möjligt köra tåget till närmaste station eller ut till det fria, innan evakuering påbörjas. Då utrymning mellan två stationer blir nödvändig är strategin följande (Frantzich, 2000):

1. Strömmen till den strömförande skenan stängs av. Tågföraren informerar passagerarna om att evakuering av tåget ska påbörjas. Är detta inte möjligt (om högtalarsystemet till exempel inte fungerar), förväntas passagerarna själva ta initiativ till att lämna tåget.
2. Passagerarna utrymmer genom tågets vanliga utgångar. Från vagnarna tar sig passagerarna ner till den makadambelagda utrymningsvägen längs med rälsen. Höjden från vagnsgolven ner till markytan är 1,3 meter. Det finns en stege i varje vagn som kan användas i utrymningsändamål om passagerarna känner till dess existens.
3. Väl nere vid rälsen går passagerarna till närmaste station.

Vid evakuering av passagerare mellan två stationer, följer Transport for London samma procedur som SL (Storstockholms Lokaltrafik). Skillnaden är att alla passagerare hänvisas bakåt i tåget, till en nödutgång på kortsidan av tågets bakersta vagn, så kallad ändutrymning. Därefter utrymmer passagerarna längs med rälsen till närmaste station (Thomas, 1984).

En alternativ metod för utrymning från spårfordon i tunnlar har utformats, där evakuering istället sker via gångbanor i vagnutgångarnas höjd (Boye, Mølgaard 2002).

Ett exempel på utrymning via gångbanor finns i Köpenhamn. Där finns 0,70 meter breda gångbanor i hela tunnelbanenätet. Vid utrymning av ett tåg transporteras vanligen en tågvärd till tåget för att leda utrymningen. Är läget akut ombedes passagerarna via ett högtalarsystem att lämna tåget (Boye & Mølgaard, 2002).

En aspekt på utrymning i tunnlar som hittills inte har studerats i försök, är hur bredden på gångbanorna påverkar utrymningen. Bredden på en utrymningsväg påverkar hastighet, flöde och persontäthet och därmed också den totala utrymningstiden (Winkens, Klingsch & Seyfried, 2011). Ytterligare en aspekt som inte studerats i försök är hur tunnelns gångbanebredd påverkar möjligheten för personer med funktionsnedsättning att utrymma. En tredje infallsvinkel är om underlättande installationer, såsom ledstänger, kan bidra till en säkrare utrymning.

Hur bred gångbanan i en tunnel kan bli, beror på tunnelns tvärsnittsmått. Ett bredare tvärsnitt på tunneln ger möjlighet till en bredare gångbana. Tunnelns tvärsnitt beror i sin tur på byggherrens budget. Ett större tvärsnitt innebär en ökad kostnad (Girnau & Blennemann, 1989).

1.1 Problemformulering

De frågeställningar som besvaras i rapporten är följande:

- Hur påverkas förflyttningshastigheten för rullstolsburna då gångbanans bredd varieras?
- Hur upplever rullstolsburna gångbanans olika bredder?
- Hur upplever rullstolsburna höjden från gångbanan ner till spåret?
- Hur påverkas förflyttningshastigheten för gående personer då gångbanans bredd varieras?
- Hur påverkas flödet för gående personer då gångbanans bredd varieras?
- Hur påverkas persontätheten då gångbanans bredd varieras?
- Med vilka gångformationer går försökspersonerna på de olika bredderna?
- Hur påverkas förflyttningshastigheten då rullstolsburna är med under evakueringsförsöken med gående försökspersoner?
- Hur påverkas flödet då rullstolsburna är med under evakueringsförsöken med gående försökspersoner?

- Hur påverkas persontätheten då rullstolsburna är med under evakueringsförsöken med gående försökspersoner?
- Vilken inverkan har underlättande installationer (ledstång och golvkantlist) på utrymningen?
- Används ledstången och i så fall – på vilket sätt?
- Används golvkantlisten vid kanten och i så fall – på vilket sätt?
- Vad är försökspersonernas upplevelser av ledstången?
- Vad är försökspersonernas upplevelser av golvkantlisten?

1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att med utrymningsförsök undersöka hur bredden på gångbanorna i tunnlar påverkar förflyttningshastigheten vid utrymning, såväl för gående som för rullstolsburna personer.

Ett annat syfte är att redogöra för hur personer upplever utrymning med avseende på till exempel höjden ner till spåret, för att få en kvalitativ aspekt på försöken som kan ge en förklaring till vad som utöver gångbanebredden kan påverka resultaten.

Ett tredje syfte är att undersöka nyttan med underlättande installationer i en utrymningssituation.

Målet med rapporten är att ge ett adekvat försöksbaserat underlag för rekommendationer till framtida forskning kring gångbanors bredd. Målet är också att ge ett underlag för en kostnads-nytta-analys.

1.3 Metod

Rapportens resultat erhöles genom att analysera data från 15 försök. För att resultaten skulle bli relevanta både för befintliga och framtida gångbanor, utfördes först en litteraturstudie.

1.3.1 Litteraturstudie

Med litteraturstudien avsågs att kartlägga befintligt regelverk för spår- och järnvägstunnlars utformning. Såväl svenska krav som gemensamma europeiska krav studerades.

Litteraturstudier innefattade även inom ämnet vetenskapsmetodik. Enkätteori och etik kopplad till försökspersoner i praktiska försök behandlades. Tidigare hastighets-, flödes- och persontäthetsstudier studerades. Bland annat SL, Trafikverket och Metroselskabet i Köpenhamn kontaktades för att få en uppfattning om hur tunnlar i Norden utryms.

Litteraturgenomgången presenteras i kapitel 2 och 3.

1.3.2 Försök

Två försöksserier utfördes för att studera hur olika gångbanebredder påverkar förflyttningshastighet och flöde. En tredje försöksserie gjordes för att undersöka huruvida underlättande installationer används.

Försöken utfördes i V-husets laborationshall på LTH (Lunds Tekniska Högskola) i Lund. På försöksplatsen uppfördes en plattform. Plattformen antog i sin fulla storlek bredden 2,3 meter, längden 18 meter och höjden 1,3 meter. Uppe på plattformen placerades en flyttbar vägg för att kunna variera bredden på den del av plattformen som försökspersonerna utnyttjade (gångbanan).

Ingen brand eller rök simulerades. Vissa av försöken utfördes kvällstid för att uppnå en dämpad belysning, lik den i tunnlar. Andra försök kunde på grund av tidsbrist inte utföras kvällstid. Totalt gjordes 15 försök, utspridda över tre försöksserier.

I en försöksserie undersöktes hur personer i rullstol hanterar att köra på olika gångbanebredder. I nästa försöksserie utfördes liknande försök men med gående personer. Även ett försök med gående och rullstolsburna blandat gjordes. I sista försöksserien testades hur underlättande installationer påverkar utrymningsförloppet. I den sista försöksserien varierades inte gångbanans bredd.

Försökspersonerna bestod i alla försöken av studenter på Brandingenjörsutbildningen och anställda vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering på LTH i Lund. Försökspersonernas förflyttning dokumenterades med nio videokameror. Med hjälp av videokamerornas filmer beräknades förflyttningshastighet, persontäthet och flöde. Försökspersonerna besvarade även enkätfrågor efter varje försök.

Hela försöksförfarandet presenteras i sin helhet i kapitel 4 och 5.

1.4 Fokus och avgränsningar

Rapportens fokus är på gångbanebreddens betydelse för förflyttningshastighet, persontäthet och flöde. Såväl spår- som järnvägar i tunnlar har behandlats, eftersom konsekvenserna vid brand är potentiellt katastrofala i båda fallen.

I studien fokuseras på ett kort tidsförlopp efter det att tågevakuering påbörjats och där självräddningsprincipen tillämpas.

Studien inbegriper ingen kostnads-nytta-analys. En undersökning av hur dyra olika gångbanebredder blir, i förhållande till hur många liv som kan räddas, lämnas åt framtida forskning att utreda.

Tågutgångarnas höjd varierar beroende på tågets fabrikat. En avgränsning gjordes i försöken då gångbanans höjd inte varierades.

Då begreppet *personer med funktionsnedsättning* är mycket brett har det inte gått att utan avgränsningar finna en homogen population av försökspersoner inom denna

grupp. En bestående funktionsnedsättning kan bland annat vara förlamning, synskada, dövhet eller autism. En person kan också ha en tillfällig funktionsnedsättning på grund av exempelvis graviditet eller olycksfall. Olika typer av funktionsnedsättning ställer olika krav på utformningen av utrymningsvägar. Hur funktionsnedsatta personer klarar av att utrymma vid brand varierar därför. I rapporten lades fokus på rullstolsburna då de, på grund av rullstolarnas bredd, sannolikt även påverkar utrymningen för övriga resenärer. Även rullstolsburna utgör en stor heterogen grupp med olika behov. I rapporten har enbart möjlighet till självutrymning på gångbanor undersökts. Ingen hänsyn har tagits till att det kan finnas grupper och individer, däribland vissa rullstolsburna, som behöver assisteras vid utrymning.

Under försöken togs inte hänsyn till att tågets utgångar kan vara smalare än gångbanebredden. Inte heller att passagerarna vid en riktig utrymning inledningsvis rör sig med tåget som skydd från att ramla ner för kanten. Ingen rökutveckling, värme eller synlig brand simulerades för att göra försöken mer realistiska.

2 Utrymning

Utrymningstid omfattar den tid det tar från att en brand startar till dess att alla berörda personer tagit sig till en säker plats. Utrymningstiden beror på flera olika fysiska och sociala faktorer. Ett sätt att försöka uppskatta tiden för hela utrymningsförloppet är att dela upp tiden i tre delar:

- Varseblivningstid
- Förberedelsetid
- Förflyttningstid

och därefter uppskatta tiden för de olika delarna för sig (Frantzich, 2001).

Beräkning av utrymningstiden är en viktig del vid exempelvis analytisk dimensionering, där den tillgängliga tiden måste vara större än tiden för utrymning. Det är därför av intresse att kunna göra så rättvisa beräkningar som möjligt för att undvika att under- eller överskatta tiderna.

I denna rapport kommer enbart förflyttningshastighet för den specifika miljön i spår- och järnvägstunnlar undersökas. Förflyttningstiden är förhållandevis ganska lätt att bestämma eftersom den beror på personers förflyttningsförmåga men även här spelar vissa faktorer in (Frantzich, 2001).

En faktor som påverkar utrymningstiden är människors beteende. Beteenden vid utrymning är i hög grad beroende av sociala faktorer samt vilken roll en individ har eller förväntas ha. Exempelvis har en auktoritär person ofta stor inverkan på förberedelsetiden vilket därmed även påverkar den följande förflyttningstiden (Frantzich, 2001).

Vakenhet är ytterligare en faktor som påverkar förflyttningshastigheten. Om en person till exempel är alkoholpåverkad eller lider av sömnstörningar kan detta leda till att personen blir desorienterad och ostadig (Tokley, 2009).

Gånghastigheten påverkar utrymningstiden och kan variera kraftigt mellan olika individer, till exempel om det är gamla eller unga personer eller om det är någon person med fysisk funktionsnedsättning. Även andra typer av funktionsnedsättning som syn- eller hörselnedsättning kan påverka förflyttningshastigheten. Gånghastigheten avtar även med ökande persontäthet (Frantzich, 2001).

2.1 Förflyttningsmönster vid utrymning

En folkmassas rörelse vid utrymning kan kvantitativt beskrivas med dess förflyttningshastighet, flöde och persontäthet (Pauls, 1987). Rörelsemönstret kan även beskrivas av kvalitativa aspekter, såsom huruvida underlättande installationer används och på vilket sätt de används.

2.1.1 Förflyttningshastighet

Hastigheten mäts som en funktion av den tid det tar för den enskilde att gå en viss sträcka. Frantzich (1993) har i diagram 1 sammanställt hur förflyttningshastigheten beror av persontätheten i tidigare undersökningar. Vid låg persontäthet är gånghastigheten cirka 1,4 m/s och sjunker mot noll då persontätheten är 4 p/m². Fruin (1971) visar att personer som går ostört håller en hastighet av 0,9-1,5 m/s, där den vanligaste hastigheten är 1,25 m/s. Då persontätheten ökar, börjar förflyttningen ske som grupp rörelse och den enskilde får svårare att röra sig fritt.

I diagram 1 presenteras fyra stycken tidigare undersökningsresultat med avseende på gånghastighet. Fruins undersökning är baserad på observationer vid tåg- och busstationer, samt ute på gator. De undersökta personerna har alltså inte utsatts för någon brandrelaterad stressituation (Fruin, 1971). Togawa (1955) och LTB (London Transport Board) (1958) är undersökningar på pendlare i tunnelbanestationer, den förstnämnda gjord i Tokyo och den sistnämnda gjord i London. Dessa personer har heller inte befunnit sig i någon brandrelaterad stressituation. Däremot tenderar pendlare att röra sig snabbare, med högre persontäthet, än vad samma personer hade gjort i ett annat sammanhang. Detta på grund av att de rör sig i kända miljöer (Togawa, 1955; Melinek & Booth, 1975). Kendiks linje bygger på studier gjorda på 60-talet i Sovjetunionen där observationer utfördes vid 3600 olika tillfällen och undersökningsmaterialet är därför brett. Hastigheterna gäller för normala situationer (Kendik, 1986).

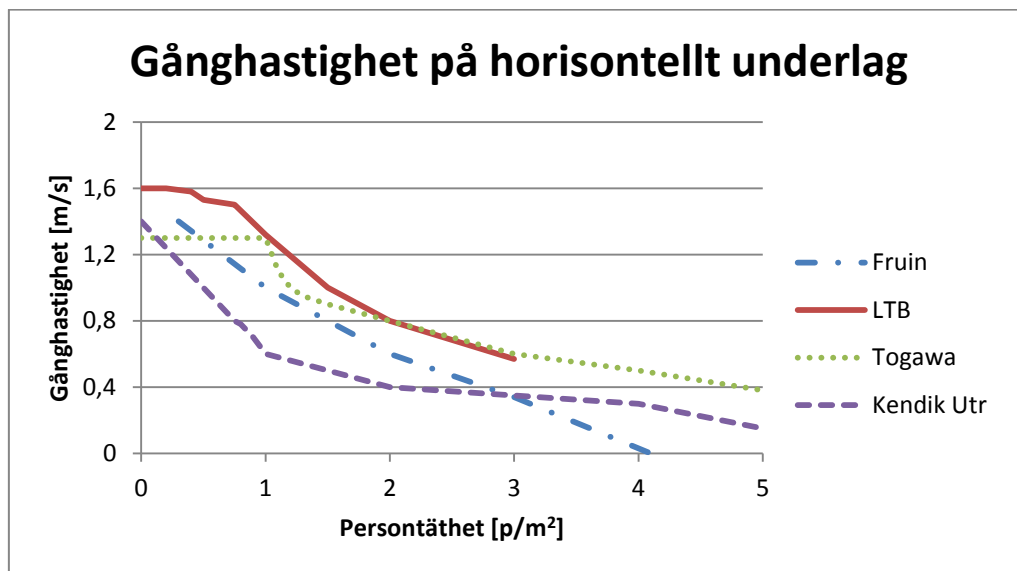


Diagram 1. Relationen mellan gånghastighet och persontäthet på horisontellt underlag (Frantzich, 1993).

Frantzich (2000) har utfört utrymningsförsök i Stockholms tunnelbana. I dessa försök gick försökspersonerna i 1,4 m/s på den makadambelagda markytan, efter att de vant sig vid denna ytstruktur. Den mörka tunnelmiljön antogs likna en rökfylld miljö.

I SFPE-handboken (Society of Fire Protection Engineers) finns rekommenderande förflyttningshastigheter för rullstolsburna. Förflyttningshastigheten för en rullstolsburen är 0,69 m/s och 1,30 m/s för en rullstolsburen som blir assisterad (Proulx, 2002).

2.1.2 Flödesmodeller

Det finns olika modeller för att beräkna flöde. Antingen kan flödet anges som *dynamiskt flöde* [personer/sekund], eller som *specifikt flöde* [personer/(meter · sekund)]. I förstnämnda fallet beräknas flödet med ekvation 1.

$$F = \frac{N}{\Delta t} \quad \text{Ekvation 1 (Nelson \& Mowrer, 2002)}$$

Det specifika flödet beräknas med ekvation 2.

$$F_s = \frac{N}{W \cdot \Delta t} \quad \text{Ekvation 2 (Nelson \& Mowrer, 2002)}$$

Vid beräkning av specifikt flöde avses vanligen den verkliga bredden W på gångbanan. Med Pauls (1980) modell bestäms flödet istället utifrån en effektiv bredd W_e ; den del av gångbanan som de facto används. Pauls observationer visar att det uppstår ett outnyttjat utrymme vid det som avgränsar utrymningsvägen, till exempel en vägg. Han upptäckte också att detta utrymme varierar i storlek beroende på vilken slags avgränsning det gäller. Utrymmet uppstår på grund av människors svajande i sidled vid gång. Exempelvis ger en slät korridorvägg vid sidan av utrymningsvägen ett 20 cm brett outnyttjat utrymme. Den effektiva bredden blir således 20 cm smalare än den verkliga bredden. Då en ledstång är fastmonterad på en vägg beräknas den effektiva bredden på två olika sätt. Första sättet innebär att räkna den effektiva bredden från väggen med en minskning med 20 cm. Detta sätt används då avståndet mellan vägg och ledstångens ytterkant är 11 cm eller mindre. Andra sättet används då avståndet mellan väggen och ledstångens ytterkant överskrider 11 cm. I detta fall räknas den verkliga bredden från ledstångens ytterkant och därefter reduceras den verkliga bredden med 9 cm.

Den verkliga bredden och den effektiva bredden är densamma om personerna kan "svaja" med överkroppen över avgränsningen, till exempel över en stolsrad. Vidare anger Pauls att flödet sjunker 4 % om ytstrukturen i väggen är grov. Om de utrymmande personerna bär ytterplagg minskar flödet 6-10 % (Frantzich, 1993).

Frantzich (1993) har sammanställt sambandet mellan det specifika flödet (verklig bredd) och persontätheten i tidigare gjorda undersökningar, vilket kan ses i diagram 2. I föregående avsnitt redogörs för de olika undersökningarna.

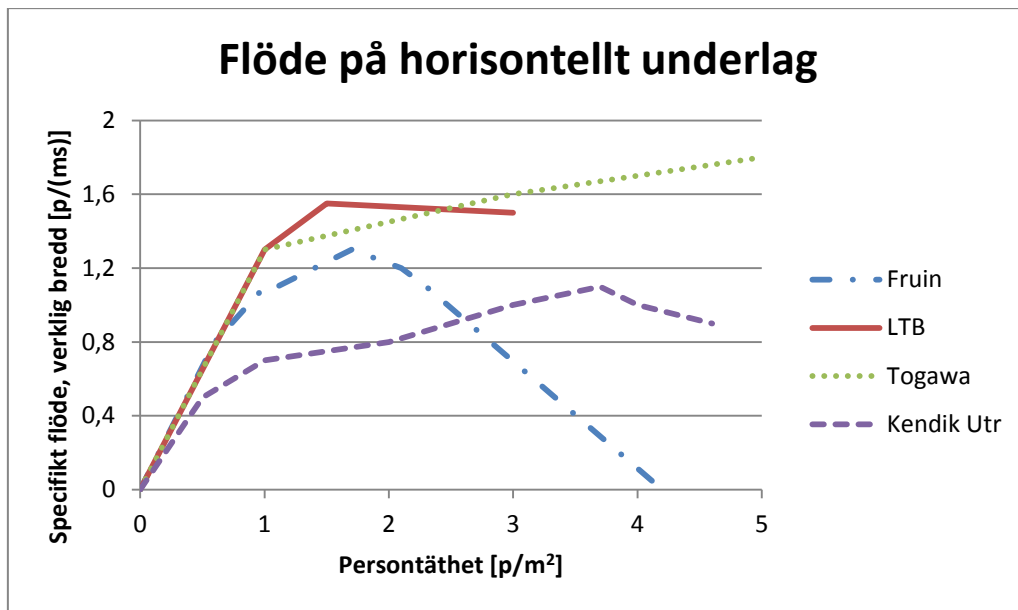


Diagram 2. Relationen mellan specifikt flöde och persontäthet på horisontellt underlag (Frantzich, 1993).

2.1.3 Persontäthet och gångformationer

Persontätheten (ρ) beräknas med ekvation 3.

$$\rho = \frac{N'}{W \cdot \Delta x} \quad \text{Ekvation 3 (Frantzich, 1993)}$$

N' är antalet människor inom den undersökta golvarean och $W \cdot \Delta x$ ger golvarean.

Pauls (2003) konstaterar att en individ tar upp en större yta med ökande gånghastighet. Detta beror dels på en ökad steglängd, men även på att avståndet till framförvarande person ökar.

2.1.4 Betydelsen av orienteringshjälp

Frantzich och Nilsson (2003) har undersökt om gånghastigheten påverkas av huruvida utrymmande personer följer tunnelväggen eller inte vid rökfylld utrymning ur tunnel. Av deras försök framgår att de personer som följer en vägg förflyttar sig snabbare än de som inte gör det.

Ytterligare ett utrymningsexperiment har utförts i en rökfylld tunnel av Fridolf, et al (2012). Där visade det sig att 91 % av personerna följde en vägg i mer än 75 % av tiden och att de flesta av dem höll en eller två händer i väggen. Anledningen att försökspersonerna höll i väggen var dock främst för att inte tappa orienteringen då tunneln var mörk och rökfylld.

Kvarnström (1977) har gjort en studie i hur ledstänger i trappor används vid utrymning. I raka trappor användes ledstängerna av 17 % av försökspersonerna vid utrymning med normala miljöbetingelser (dagtid, ingen rök). Han konstaterar

också att ledstängerna inte användes som gångstöd, utan att försökspersonernas händer gled ovanpå stängen som en extra säkerhet.

2.1.5 Hur utrymningsvägens längd och underlag påverkar gånghastigheten

I ett utrymningsförsök som gjorts av Fridolf, et al (2012) var gångsträckan 160 till 180 meter lång. Med tanke på sträckans längd fanns det anledning att undersöka om gånghastigheten skulle variera med avståndet. Det visade sig inte finnas någon signifikant skillnad på gånghastigheten.

I försöket av Fridolf, et al (2012) utfördes en del av utrymningen i en lutning på 10 grader och även en del på ojämnt underlag i form av makadam. Resultatet visade att varken lutningen eller det ojämna underlaget hade någon direkt inverkan på gånghastigheten. Skillnaderna i hastighet var mycket små och hastigheten var något högre för det ojämna underlaget.

2.2 Utrymningsförfaranden i tunnlar

Hur utrymning sker ur en rälsbelagd tunnel beror bland annat av:

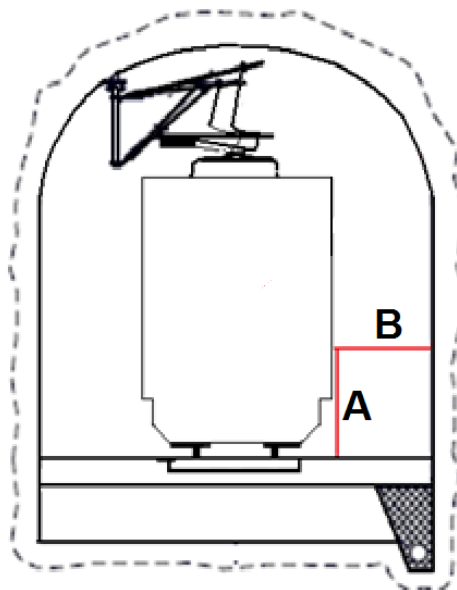
- Tunnelns längd
- Avståndet till närmaste utrymningsväg
- Antal spår i tunneln
- Typ av trafik
- Stationstäthet
- Trafiktäthet
- Tillgång till gångbanor

Alla dessa skillnader medför att utrymnings- och beredskapsplaner skiljer sig åt mellan olika tunnlar. Det finns dock några fundamentala principer för utrymning som är gemensamma för de flesta tunnlar med spår- eller rälstrafik. Dessa innebär att rökgaser ventileras så snabbt som möjligt från olycksplatsen. Utrymning sker i motsatt håll av ventilationsflödet. Räddningspådrag sker från den station eller tunnelöppning som ligger närmast och sker i samma riktning som ventilationsflödet. (Olesen, 2005)

3 Tunnelar

Tunnelarna i tunnelbanesystem är ofta smala, med inga eller minimala gångbanor. Flertalet tunnelbanesystem i Europa började byggas redan i början av 1900-talet och har byggts om och ut kontinuerligt sedan dess. Tunnelarnas varierande bredd är en följd av att det förr inte fanns samma borrh- och sprängteknik som nu, samt att dimensioneringskraven såg annorlunda ut. (Olesen, 2005)

Att tunneldimensionerna varierar både inom tunnelsystem och mellan olika tunnelar, tydliggörs vid en närmare granskning av Stockholms tunnelbana, Köpenhamn Metro och Citytunneln i Malmö. Höjden och bredden på gångbanorna har undersökts, vilket illustreras i figur 1 markerat som A och B.



Figur 1. Tvärsnittsvy av tåg i tunnel.

Mellan stationerna i Stockholms tunnelbana finns inte gångbanor i höjd med tågets utgångar. Där är höjden från räls underkant till tågets utgångar 1,3 meter¹. Bredden mellan tågets dörrar och tunnelväggen varierar mellan 0,1 och ett par meter². I Köpenhamn Metro är gångbanehöjden 0,85 meter och bredden 0,70 meter. I Citytunneln, Malmö är gångbanebredden 1,20 meter (U.S. Department of Transportation, 2012).

3.1 Regelverk

Under åren 2003-2005 publicerades tre dokument med internationella riktlinjer avseende säkerhet i järnvägstunnelar. De tre dokumenten skiljer sig åt beträffande förpliktelserna i rekommendationerna och vilken målgrupp dokumenten riktar sig till. Rapporterna återspeglar bästa praxis i befintliga järnvägstunnelar inom EU, med undantag av tunnelbanesystem, järnvägstunnelar under vatten, tunnelar längre än 15 000 meter och andra specialfall. Spårvägar och tunnelbanesystem berörs inte av harmoniseringsarbetet inom EU. SL har trots det använt sig av regelverk för järnvägstunnelar då de utformat delar av Stockholms tunnelbana³.

Det första dokumentet är ett kompendium framtaget av UIC (International Union of Railways). Riktlinjerna i detta bygger på samlad erfarenhet av ägare och

¹ Andersson Agnes, SL Kundtjänst, mailkontakt 2012 -05-01.

² Fridolf Karl, doktorand Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, LTH, muntlig källa, 2012-08-25.

³ Per Vedin, Strateg bergteknik och tunnelsäkerhet, Trafikverket, mailkontakt 2012-09-17.

operatörer i europeiska järnvägstunnlar, kombinerat med kunskapen i en expertpanel bestående av operatörer och infrastrukturförvaltare. Kompendiets åtgärdsförslag bygger således på empiri. Varje åtgärdsförslag är framlagt i termer av förslagets kostnadseffektivitet.

I kompendiet bedöms ett tillhandahållande av gångbanor i tunnlar som ett kostnadseffektivt redskap för säkerheten. Även ledstänger längs tunnelväggen värderas positivt. Minimibredden på gångbanan bedöms vara 0,7 meter och den optimala bredden 1,20 meter (UIC-Codex, 2002).

Den andra riktlinjen, sammanställd av UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), baseras delvis på UIC:s kompendium, men även på en inventering av de befintliga tunnelarna inom EU och deras skyddssystem.

Även i UNECE:s rapport föreslås gångbanor med en minimibredd på 0,7 meter och en optimal bredd av 1,20 meter (UN, 2003).

Det tredje dokumentet, uppfört av AEIF (European Association for Railway Interoperability), är en teknisk specifikation för driftskompatibilitet. Denna specifikation är en bindande förordning för alla EU:s medlemsländer och publiceras av EG-kommissionen (Europeiska Gemenskapernas kommission). AEIF:s specifikationer bygger på UIC:s kompendium, UNECE:s rapport och en del andra rekommendationer. Kraven från AEIF presenteras i EG-kommissionens beslut från 2007 (Transportstyrelsen, 2012).

3.1.1 Europeiska krav på utrymningsvägar i järnvägstunnlar

I EG-kommissionens beslut fastslås att det ska finnas gångbanor för utrymning i järnvägstunnlar och att dessa ska vara minst 0,75 meter breda. Vidare krävs en ledstång på tunnelväggssidan av gångbanan. Ledstången ska vara uppsatt approximativt 1 meter över gångbanans nivå. Tunnlar under 100 meter är undantagna kraven. Tunnlar längre än 20 kilometer ska utredas ytterligare och den förenklade dimensioneringen gäller inte dessa tunnlar. (Transportstyrelsen, 2012)

3.1.2 Svenska krav på utrymningsvägar i järnvägstunnlar

De krav som EG-kommissionen ställt på järnvägstunnlar är av bindande karaktär för EU:s medlemsländer. De enskilda länderna har möjlighet att komplettera eller höja kraven, vilket Trafikverket gjort i Sverige. Tunnlar, vars längd understiger 100 meter, är undantagna kraven. Trafikverket kräver en gångbanebredd på minst 0,90 meter för järnvägstunnlar som är 100-500 meter långa. För tunnlar längre än 500 meter kräver Trafikverket att gångbanans bredd ska vara minst 1,20 meter. (Trafikverket, 2012)

Förutom kraven på gångbanornas bredd, ställs även bland annat krav på 1 lux som den minsta ljusstyrka som ska finnas på gångbanan i järnvägstunnlar. (Trafikverket 2012)

3.1.3 Krav på utrymningsvägar i spårvägstunnlar

Tunnelbanesystem och andra spårvägstunnlar berörs inte av regelverket för gångbanor i järnvägstunnlar. Säkerheten i spårtunnlar regleras av Plan- och Bygglagen. En spårvägstunnel ska således vara projekterad på ett sådant sätt att personer som befinner sig i tunneln kan självutrymma, eller räddas på annat sätt, vid tillfälle av brand (PBF, 2011). För att i praktiken utföra detta, används vanligen regelverk och handböcker för järnvägstunnlar⁴.

⁴ Per Vedin, Strateg bergteknik och tunnelsäkerhet, Trafikverket, mailkontakt 2012-09-17.

4 Försöksbeskrivning

I detta kapitel beskrivs förutsättningarna för de försök som utförts för att ta fram samband mellan förflyttningshastighet och gångbanans bredd. Försöksuppställningen baserades på genomgången litteraturstudie.

Den praktiska delen av undersökningen delades in i tre försöksserier. De två första ägde rum torsdagen den 30 augusti 2012. Den tredje försöksserien skedde måndagen den 3 september 2012. Alla försök utfördes i laborationshallen i V-huset, LTH, Lund.

I den första försöksserien undersöktes hur rullstolsburna upplever gångbanans olika bredder. I andra serien undersöktes gående personers hastighet på gångbanan och i tredje delen utreddes om underlättande installationer, såsom ledstång i väggen, påverkar utrymningen.

För att studera människors beteende i utrymningssituationer krävs en autentisk miljö. I sju av försöken studerades gångformationer, vilket angränsar till forskningsområdet *beteende*. I andra försök studerades individernas beteende genom att undersöka om de använde de underlättande installationerna. Miljön vid försöken gjordes så realistisk som möjligt för att erhålla relevanta resultat. Bland annat eftersträvades att låta ljusstyrkan i försöken vara densamma som i tunnlar och gångbanan var upphöjd över golvets nivå.

4.1 Objektsbeskrivning

Grundstommen i konstruktionen bestod av aluminiumbalkar. Förutsättningarna för hela konstruktionens utseende byggde på aluminiumbalkarnas befintliga längd och hur stor yta av V-husets laborationshall som kunde utnyttjas.

Den upphöjda plattformen antog i sin fulla storlek bredden 2,3 meter, längden 18 meter och var 1,3 meter hög. Höjden 1,3 meter valdes då detta är perronghöjden i Stockholms tunnelbanesystem. Bredden var 2,3 meter, då flertalet aluminiumbalkar hade denna längd. Längden 18 meter var den maximala längden plattformen kunde ha, eftersom en längre plattform hade stört övrigt arbete i laborationshallen.

Uppe på plattformen placerades en flyttbar vägg för att kunna variera bredden på den del av plattformen som försökspersonerna utnyttjade (gångbanan). Väggens höjd var 2,4 meter. Inför varje försök monterades väggen fast i plattformsgolvet med bultar. Konstruktionens uppbyggnad illustreras i figur 2.

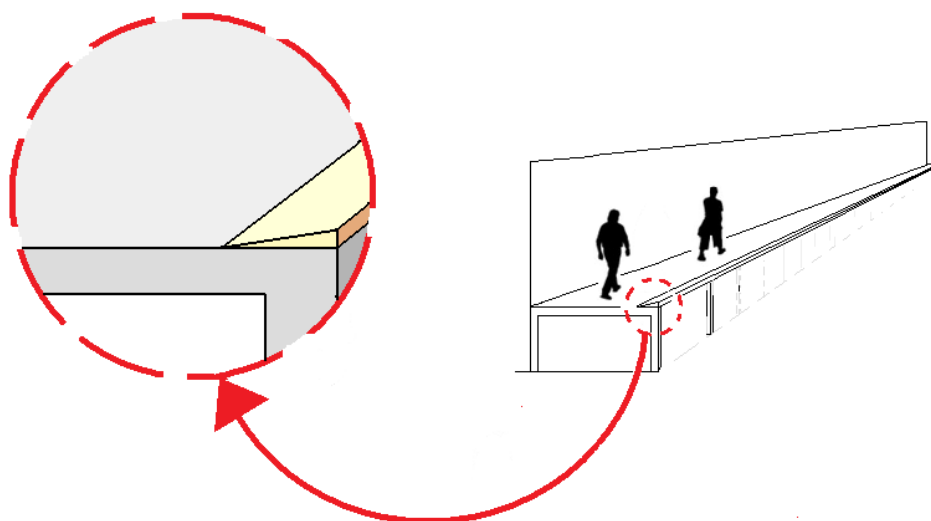


Figur 2. Till vänster: Konstruktionen sedd från startpunkten. Till höger: Konstruktionen sedd från slutpunkten. På högra bilden syns även videokamerornas placering över väggen.

I början och slutet av gångbanan tog försökspersonerna sig upp- och nedför gångbanan på 1,5 meter breda trappor. Denna bredd valdes för att trapporna inte skulle styra utrymningsflödet, då bredaste gångbanebredden 1,35 meter var smalare än trappans bredd.

Gångbanans underlag bestod av golvspånskivor. Väggens ytskikt utgjordes av OSB-skivor. På väggen monterades belysning. Belysningen bestod av två lysrörsarmaturer med 8 meters mellanrum. Dessa var placerade på 1 meters höjd över gångbanan. Dessa mått motsvarar belysningen i Stockholms tunnelbana (Fridolf, et al 2012).

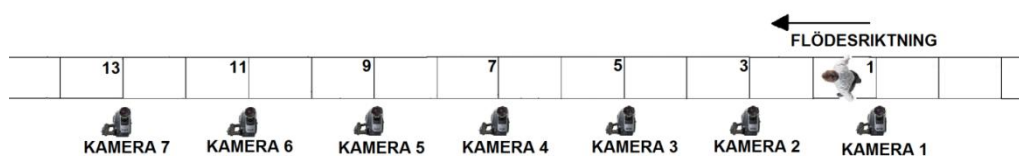
Inför försöksserie 3 monterades en ledstång fast i väggen på 1 meters höjd. Avståndet mellan väggen och ledstångens ytterkant var 8 cm. Ledstången bestod av en rundstav med tillhörande infästningsanordning. En list placerades också längst ut på gångbanan, vid kanten mot försökslokalens golv. Denna bestod av en bräda sågad på diagonalen. Detta medförde att en svag lutning i golvet uppstod, då försökspersonerna närmade sig gångbanans kant, se figur 3.



Figur 3. Illustration av golvkantlisten.

Mätutrustning

För att i efterhand kunna observera försökspersonernas rörelser filmades försöken. I försöken med lägre ljusstyrka användes IR-belysning på videokamerorna. Denna påverkade inte det synliga ljuset för försökspersonerna men möjliggjorde filminspelning i mörker. Kamerorna placerades över den flyttbara väggen med 2 meters mellanrum. Första kameran var belägen 3 meter in på gångbanan och därefter följde ytterligare 6 kameror. Kamerorna filmade neråt. På gångbanan markerades varje meter med ett streck. Dessa streck användes sedan för att beräkna förflyttningshastighet, flöde och densitet. Vartannat streck markerades även med en siffra. Hur kamerauppställningen och golvmarkeringarna såg ut visas i figur 4 och 5.



Figur 4. Skiss över kamerornas placering över gångbanan. 1-metersstrecket placerades 3 meter in på gångbanan och efter 13-metersstrecket fanns även där 3 meter tillgodo.



Figur 5. Till vänster: Kamerauppställningen för de vertikalt filmande videokamerorna. Till höger: Golvmarkeringarna målades med svart spritpenna. Skyltarna med bokstäver angav försöksnummer. Dessa lappar togs bort innan varje försöksstart.

Förutom de vertikalt filmande kamerorna, placerades även två kameror med lateral vy.

Försökslokalen tillät ett stort ljusinsläpp. Därför mättes infallande ljus mot gångbanan med en luxmeter. Försöksserie 1 genomfördes klockan 17.00–18.00 på eftermiddagen, medan försöksserie 2 utfördes klockan 21.00–22.30. Försöksserie 3 utfördes klockan 12.00–13.00.

Gångbanans bredd

I tabell 1 motiveras valet av gångbanornas bredd i försöken. Av konstruktions-tekniska skäl valdes bredder med 15 centimeters intervall, utom i försöksserie 3, där väggen inte flyttades.

Tabell 1. Motivering till val av gångbredder.

Bredd [m]	Motivering
0,60	För att kunna undersöka skillnaden mellan minimibredden 0,75 m och en smalare bredd.
0,75	Minimibredden enligt EG-kommissionens regelverk (se avsnitt 3.1.1).
0,85	Minimibredden enligt EG-kommissionen inklusive ytterligare plats för ledstång.
0,90	Minimibredden enligt Trafikverket för tunnlar med längd 100-500 m (se avsnitt 3.1.2).
1,05	15 centimeters intervall från 0,90 m.
1,20	Minimibredden enligt Trafikverket för tunnlar med längd över 500 m. I Citytunneln (Malmö) är gångbanornas bredd 1,20 m (se avsnitt 3).
1,35	Bredaste gångbanebredden som konstruktionen tillät.

4.2 Försökspersoner

Försökspersonerna bestod i alla försök av brandingenjörsstuderande och personal vid Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering. Under försöken hade försökspersonerna inte ytterplagg och bar inte med sig väskor eller annat bagage.

I försöksserie 1 medverkade en man (24 år) samt en kvinna (23 år). Dessa agerade även rullstolsburna i försöksserie 2. Ingen av dem hade en autentisk funktionsnedsättning.

Totalt medverkade 48 personer i försöksserie 2 (exklusive rullstolsburna) och samtliga av dessa 48 försökspersoner svarade efteråt på en enkät. En försöksperson avbröt sin medverkan efter försöksomgång 4 och därmed var det endast 47 personer i försök 5 och 6. Av de medverkande var det 31 män (65 %) och 17 kvinnor (35 %). Åldern varierade mellan 18 och 27 år med en medelålder på 21 år.

Eftersom populationen i försöksserie 2 bestod av brandingenjörsstuderande som varit på en middag med alkoholservering utfördes en alkometermätning på varje deltagare. De personer, vars test visade en alkoholhalt på över 0,3 ‰, nekades att delta i försöken av säkerhetsskäl.

I försöksserie 3 medverkade totalt 24 försökspersoner varav 21 svarade på en enkät efter försöken. Av dessa var 17 män (81%) och 4 kvinnor (19%). Åldern varierade mellan 18 och 30 år med en medelålder på 23 år.

Rullstolarna som användes i försöksserie 1 och 2, lånades från Trafikteknik, LTH. Rullstolarna var inte av modernaste modell, men deras bredd, 64 cm respektive 67 cm, är bredder som är vanliga även bland moderna rullstolar⁵.

4.3 Enkät

En enkät kan utformas på många olika sätt, i detta fall valdes att utforma enkäten med flervälsfrågor, med tolv så kallade åsiktsfrågor. Enkätens utformning kan ses i bilaga A. Dessa frågor utformades som olika påståenden om plattformen, bland annat vilken inverkan dess bredd och höjd hade med avseende på gånghastigheten. Svarsalternativen till påståendena bestod av en gradskala med fyra olika uttryck som bedömde hur väl dessa påståenden stämde in med de olika svarsalternativen. De olika svarsalternativen var; *Instämmer helt*, *Instämmer delvis*, *Tar delvis avstånd*, *Tar helt avstånd*.

I enkäten valdes att ha just fyra alternativ för att på så sätt tvinga försökspersonerna att göra ett ställningstagande av påståendet. Ett vanligt problem är annars att många svarar "vet ej" på frågan, för att slippa ta ställning (Trost, 1994).

Enkäten bestod av tolv frågor för varje försök med upp till sju olika försök. Totalt är det ganska många frågor som ska besvaras och det finns alltid en risk att försökspersonerna ledsnar på frågorna och börjar svara på måfå och inte bry sig om vad frågorna egentligen handlar om. Särskilt när frågorna är av karaktären med påståenden, då dessa tröttar ut de svarandena eftersom varje påstående kräver viss eftertanke. Därför är det viktigt att försöka undvika att ha alltför många frågor i formuläret (Trost, 1994). I enkäten bedömdes det dock vara acceptabelt med så många frågor då de besvarades efter varje försök för sig, alltså med tolv frågor åt gången.

I början av enkäten ombads försökspersonerna svara på de inledande frågorna kön och ålder. Försökspersonerna fick även skriva under på att de fått information om försöken samt att de är införstådda med att de ställer upp frivilligt och när som helst kan avbryta försöken. Denna namnunderskrift innebar enbart en försäkran om att insamlat material skulle få användas som underlag till rapporten. Försökspersonerna skulle i övrigt vara helt anonyma.

Frågorna i enkäten utformades parvis där de var varandras motsatser. Till exempel;

"Höjden på plattformen gjorde att jag gick försiktigare än vanligt."

samt dess motsats;

"Plattformens höjd påverkade inte min gånghastighet."

⁵Agneta Ståhl, professor, Avdelningen för Trafikteknik, LTH, muntlig källa, 2012-08-24.

På så sätt kunde de försökspersoner som svarat sanningsenligt urskiljas från de personer som tröttnade eller hastade igenom frågorna. Frågorna utformades inte ordagrant till varandras motsatser för att även få med nyanser av samma fråga.

För att se hur sanningsenligt försökspersonerna svarade gjordes en kontroll av svaren. De fall där försökspersonerna svarat motsägelsefullt på de motställda frågorna har givit en uppfattning om hur stor andel av svaren som kan bidra med fel finns i enkätsvaren. Alla svar har dock redovisats.

Ett hypotestest kan göras för att undersöka om det finns någon signifikant skillnad mellan två olika försök. På de enkätfrågor vilka handlade om hur bredden uppfattades av försökspersonerna utfördes ett hypotestest, se bilaga B.

Efter försök sju, i slutet av enkäten fanns två öppna frågor, där försökspersonerna fick skriva fritt som svar. En fråga var kopplad till försök nummer 7;

”Hur anser du att de rullstolsburna påverkade din gånghastighet i försök 7?”

Samt en övergripande fråga/uppmaning om försöket som helhet;

”Om du har några synpunkter kring försöken, eller om det är något i enkäten som du anser saknas, är du välkommen att lämna dina ytterligare kommentarer här:”

Ett problem med sådana öppna fritextfrågor är att många människor ofta drar sig för att svara på dem och inte skriver någonting alls. Ofta för att det tar tid att skriva något och det helt enkelt är väldigt lätt att bara strunta i att svara, men det kan även vara på grund av att de känner sig osäkra på vad de ska skriva samt att de tycker det är besvärligt att formulera svar skriftligt. Svarsbortfallet på sådana frågor är ofta väldigt stort (Trost, 1994).

I enkäten valdes dock att ha dessa frågor för att få en kvalitativ synvinkel på det sista försöket där rullstolar medverkade samt att ge en chans till försökspersonerna att ge sina övriga synpunkter om de skulle vilja.

4.4 Etik

För att minimera riskerna för olyckor under försöken utfördes en riskanalys av typen ”what if” -analys. Denna presenteras i sin helhet i bilaga C. Exempel på de säkerhetsåtgärder som vidtogs, var att ge de rullstolsburna personerna hjälmar och att ha en sjukvårdsansvarig person på plats.

I enlighet med lag (2003:460) togs vissa etiska principer kring försökspersonerna i beaktning. Försökspersonerna informerades innan försökens början om hur försöken skulle gå till och hur insamlat material skulle behandlas. Ingen information var dold för försökspersonerna och medverkan var frivillig, vilket de upplystes om. På framsidan av enkäterna som delades ut fick försökspersonerna ge sitt samtycke till medverkan med en underskrift, efter att ha läst följande text:

"Jag är medveten om att dessa försök är frivilliga och jag vet att jag när som helst kan avbryta min medverkan i försöken genom att meddela detta till försöksledarna. Jag godkänner med min underskrift att det undersökningsmaterial som insamlas vid försöken får användas i rapporten om plattformsbredder i tunnlar. Även material innan ett eventuellt avbrott får användas.

Bilder och videoupptagningar vid försöken kommer endast behandlas av författarna av rapporten och deras handledare. Bilder där personer kan identifieras kommer ej att användas i rapporten."

Det bör ej föreligga ett beroendeförhållande mellan försökspersonerna och de som leder försöket. I detta fall utgörs både rapportens författare (försöksledarna) och försökspersonerna av studenter på brandingenjörsprogrammet vid LTH.

4.5 Ljusstyrka

Försöksserie 1 pågick mellan klockan 17.00 och 18.00. Under försöksseriens gång började solen gå ner och ljusintensiteten minskade ju längre försöket pågick. Det infallande ljuset mättes i 7 punkter rakt under de 7 vertikalt filmande kamerorna efter varje försök. Lägsta uppmätta ljusnivå var 45,9 lux och högsta 3400 lux. Ljusintensiteten varierade även längs plattformen beroende på ljusinsläpp genom laborationshallens fönster, se figur 2 i avsnitt 4.1.

Försöksserie 2 påbörjades klockan 21.00 på kvällen och pågick i cirka 90 minuter. Under tiden blev det allt mörkare utomhus. Ljusstyrkan mättes på 7 olika mätpunkter, rakt under de 7 kamerorna efter varje försök. Lägsta uppmätta ljusnivå var 0,2 lux och högsta 29,8 lux. Lägsta uppmätta värde är något lägre än vad regelverket tillåter (se avsnitt 3.1.2).

Försöksserie 3 utfördes måndagen den 3 september med start klockan 12.00 och pågick ungefär 45 minuter. Det infallande ljuset mättes rakt under de 7 kamerorna efter varje försöksomgång. Lägsta uppmätta ljusnivå var 960 lux och högsta 2100 lux. Den något stigande ljusnivån från kamera 1-7 berodde på ljusinsläppet genom laborationshallens stora fönster, se figur 2 i avsnitt 4.1.

Tabeller med samtliga mätvärden kan ses i bilaga D.

5 Genomförande

Försökspersonerna ombads i alla försök att gå/köra med normal hastighet och att utnyttja trappornas fulla bredder. Ingen rök eller brand simulerades. Lamporna i taket släcktes inför varje försök, men ljusinsläpp från laborationshallens fönster begränsades ej.

5.1 Försök med rullstolsburna

Första försöksserien bestod av försök A-E, se tabell 2.

Tabell 2. Försöksserie 1.

Försök	Plattformsbredd [m]	Försökspersoner
A	1,35	Rullstolsburna
B	1,20	Rullstolsburna
C	1,05	Rullstolsburna
D	0,90	Rullstolsburna
E	0,75	Rullstolsburna

Bredden 0,75 meter var den smalaste som testades, eftersom rullstolarna är 0,64 respektive 0,67 meter breda.

I dessa försök medverkade två försökspersoner. De tilldelades varsin rullstol som de körde över gångbanan med. Under pågående försök blev försökspersonerna intervjuade. Försökspersonerna blev först ombedda att skriva under samtycket på enkätens försättsblad. Vid försöksstart placerade sig försöksperson 1 i sin rullstol på gångbanan. En medföljarintervjuare ställde sig bakom försökspersonen, för att kunna ställa öppna frågor av undersökande karaktär på vad försökspersonen berättade, exempelvis ”Kan du berätta mer om...?”, ”Har du något att tillägga?”. Medföljarintervjuaren instruerades att ställa frågor av sonderande karaktär för att inte leda intervjuobjektet att försöka ”svara rätt”.

Vid signal påbörjades försöket. Den rullstolsburne började köra över gångbanan, medan hon samtidigt beskrev sina upplevelser av gångbanans bredd och höjd för medföljarintervjuaren. Intervjun spelades in på en ljudinspelningsutrustning och presenteras i sin helhet i bilaga E. Vid slutet av gångbanan tog medföljarintervjuaren med sig ljudinspelningsutrustningen för att genomgå samma förfarande med försöksperson 2. Efter varje försök fyllde försökspersonerna i enkäter. Dessa enkätfrågor presenteras i bilaga A.

För att ge ytterligare kunskap om i vilken kronologisk ordning delhändelser i försöken utspelade sig, presenteras en förkortad försöksplan i bilaga F.

5.2 Försök med gående personer, plattformens bredd

Andra försöksserien bestod av försök 1-7, se tabell 3.

Tabell 3. Försöksserie 2.

Försök	Plattformsbredd [m]	Försökspersoner
1	0,60	Gående
2	0,75	Gående
3	0,90	Gående
4	1,05	Gående
5	1,20	Gående
6	1,35	Gående
7	1,35	Gående och rullstolsburna

Då försökspersonerna anlände, tilldelades de varsitt enkäthäfte och ombads underteckna sitt samtycke till medverkan i försöken. Därefter samlades de vid trappan upp till gångbanan och instruerades att hålla hög persontäthet uppför trappan, för att inte trappan skulle begränsa flödet, men att sedan gå på gångbanan på det sätt som föreföll naturligt.

Efter att ha gått över gångbanan instruerades försökspersonerna att återigen samlas vid startpunkten för att gå samma bredd igen. Förfarandet upprepades 5 gånger för varje bredd. På så vis kunde fler mätvärden erhållas för gånghastighet, flöde och persontäthet.

Mellan försöken gjordes gångbanan bredare och bredare, istället för att variera bredderna mellan smalare och bredare bredder. Detta på grund av säkerhetsskäl, vilket beskrivs närmare i ”what if” -analysen i bilaga C.

I försök 7, då gångbanans bredd var 1,35 meter, placerades en rullstolsburen försöksperson på gångbanan inför varje varv. Denne instruerades att inte börja köra innan de gående försökspersonerna hunnit upp på gångbanan och att sedan köra framåt i lugnt tempo. Att rullstolsburna bara medverkade på den bredaste bredden berodde dels på tidsbrist och dels på att det ansågs relevant att utföra ett försök i vilket de gående kunde ta sig förbi den rullstolsburne. I andra fall hade hastigheten styrts helt av den rullstolsburne.

Efter varje försök ombads försökspersonerna att fylla i en enkät.

5.3 Försök med gående personer, underlättande installationer

Tredje försöksserien bestod av försök I-III, se tabell 4.

Tabell 4. Försöksserie 3

Försök	Plattformsbredd [m]	Installationer
I	0,85	Ledstång och golvkantlist
II	0,85	Golvkantlist
III	0,85	Inga installationer

Ledstången monterades fast på 1 meters höjd på väggen. Golvkantlisten placerades längst ut på kanten på plattformen så att en person som gick där skulle kunna känna när denne kom för nära kanten.

I denna försöksserie undersöktes huruvida försökspersonerna använde sig av de underlättande installationerna eller ej. Försökspersonernas förflyttningshastighet mättes, för att undersöka om de underlättande installationerna skulle påverka gånghastigheten. Även i denna försöksserie gick försökspersonerna 5 varv över plattformen.

Inför försöket delades enkäthäften ut till försökspersonerna och de ombads underteckna samtycke till medverkan i försöken. Därefter instruerades de hur de skulle gå över plattformen. Instruktionerna var desamma som i försöksserie 2. Efter varje försök fyllde försökspersonerna i sina enkätformulär.

6 Resultat

I kapitlet presenteras de resultat som erhållits vid datainsamlandet i försöken. Inledningsvis framställs resultaten från försöksserie 1; försöken där rullstolsburna personer kört över olika bredder. Därefter redogörs för resultaten från försöksserie 2. I denna försöksserie har gående personers hastighet vid olika gångbanebredder analyserats. Slutgiltigen presenteras resultaten från försöksserie 3; försöken där gående personers användande av underlättande installationer observerats.

6.1 Försök med rullstolsburna

I detta avsnitt presenteras resultaten från försöksserie 1 – försöken med rullstolsburna.

6.1.1 Förflyttningshastighet

Hastigheten för de rullstolsburna personerna är mätt mellan 3- och 13-metersstrecket (kamera 2 och 7). 1-metersstrecket (kamera 1) har inte använts i mätningarna, eftersom försökspersonerna startade från stillastående uppe på plattformen och inte bedömdes ha uppnått konstant hastighet efter 1 meter. I tabell 5 och diagram 3 presenteras de båda rullstolsburna personernas förflyttningshastighet i försök A-E. Av diagrammet framgår, att hastigheten ökar med ökande gångbanebredd. Vid bredden 1,35 meter är hastigheten 1,8 m/s, för att sedan sjunka till 0,7 respektive 0,9 m/s vid bredden 0,75 meter.

Tabell 5. Hastighet för de rullstolsburna försökspersonerna i försök A-E.

Försök	Gångbanans bredd [m]	Hastighet [m/s] (Försöksperson 1)	Hastighet [m/s] (Försöksperson 2)
A	1,35	1,8	1,8
B	1,20	1,9	1,5
C	1,05	1,6	1,5
D	0,90	1,4	1,5
E	0,75	0,7	0,9

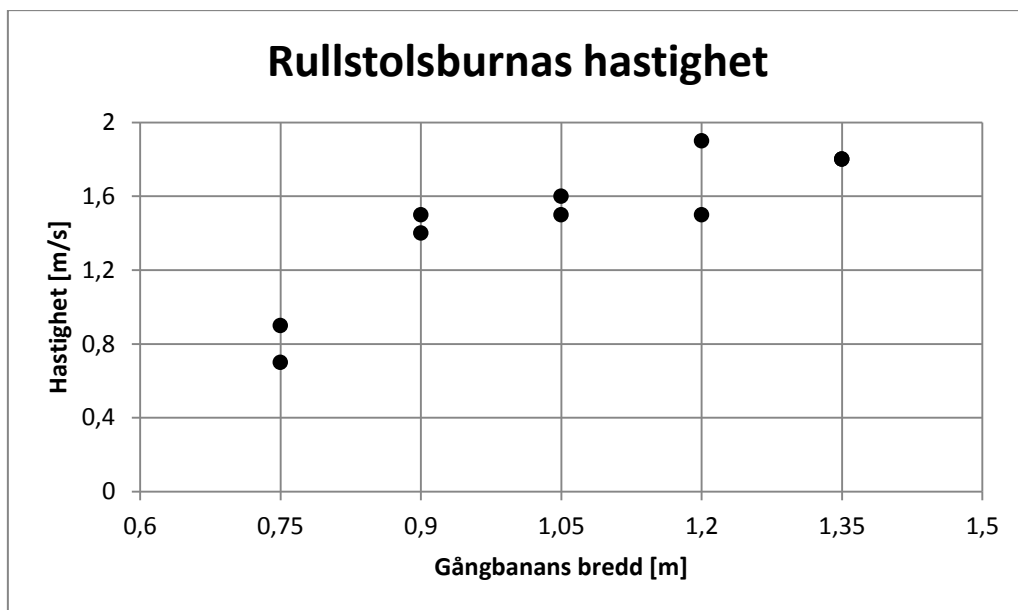


Diagram 3. De två rullstolsburnas hastigheter vid de olika gångbanebredderna.

6.1.2 Medföljarintervjuer

Medföljarintervjuerna presenteras i sin helhet i bilaga E. Av intervjuerna framgår att försökspersonerna inte under något av försöken var oroliga över gångbanans höjd. Bredden i försök A-C var heller inget orosmoment. Då bredden blev 0,90 meter, i försök D, kommenterade försöksperson 1 bredden med:

”Det börjar inte kännas obehagligt, det är mest att jag är nära väggen som påverkar litegrann. Jag söker mig mot väggen”

Även försöksperson 2 upplevde att bredden kändes smal.

Vid gångbanebredden 0,75 meter blev en skillnad från de andra försöken märkbar. Både försöksperson 1 och 2 kände att bredden inte innebar någon marginal för dem. Försöksperson 1 uttryckte det med:

”Nu är det väldigt mycket tigtare och jag känner att hastigheten måste sänkas avsevärt för att jag ska kunna hålla mig på rätt linje. Jag kör väldigt nära väggen. Min arm tar emot väggen hela tiden. Det är för att jag är rädd för kanten. Jag känner fortfarande inte av höjden utan det är just att det är en kant. Höjden spelar ingen som helst roll hittills utan det är mest det faktum att det är just en kant och att det är en smal plattform.”

Försöksperson 2 uttryckte sig på liknande vis:

”Nu börjar det bli ordentligt smalt. Höjden är fortfarande inga problem men bredden är... lite marginal hade varit skönt. Jag försöker att hålla mig i mitten än så länge. Höjden spelar ingen roll känns det som.”

6.1.3 Enkät svar

I försöksomgång 1 fanns inga motsägelsefulla svar.

Nedan presenteras försökspersonernas svar från enkäten.

Försöksperson 1:

"Höjden var för mig personligen inget problem över huvud taget. Det enda som begränsar hastigheten och obehagskänslan är bredden, kan även tänka mig att ljusstyrkan påverkar då man skulle ta det extra försiktigt om man inte riktigt såg kanten så bra."

Försöksperson 2:

"Försök A: hade kört fortare om jag hade haft den fysiska möjligheten, (starkare, haft rätt teknik), körde obehindrat.

Försök B: samma som i försök A.

Försök C: nämnvärt mindre bredd men det kändes inte obehagligt. Körde lika fort men höll mer fokus på var jag hade kanten. Höjden påverkade inte alls.

Försök D: Nu var det smalt. Fokuserade på att köra nära väggen. I en tunnel kanske denna är ojämnhet vilket kan bidra till att man inte kan köra så nära väggen.

Försök E: Höjden inga problem (skulle kanske kunna vara för en person som är höjdrädd), körde väldigt nära väggen och slog i handen några gånger. Hastigheten berodde endast på bredden. Hade varit omöjligt att köra förbi om något varit fäst på väggen som t.ex. en brandsläckare, slang etc., varje cm kändes viktig. Även om jag haft den fysiska möjligheten hade jag inte kört fortare."

6.2 Försök med gående personer, plattformens bredd

I detta avsnitt presenteras de resultat som rör försöksserie 2 – försöken med gående personer på olika gångbanelängder.

6.2.1 Förflyttningshastighet

Vid det inledande försöket sprang försökspersonerna. Det har därför tagits bort helt och gjorts om. Försökspersonerna instruerades då att inte springa över gångbanan utan att gå med normal gånghastighet. För varje försök finns därför 5 gångsekvenser där försökspersonerna går över gångbanan, utom i försök 1, där det bara finns 3 gångsekvenser.

Eftersom köbildning uppstod vid 11- och 13-metersstreck (kamera 6 och 7) på grund av trappan i slutet av gångbanan, har förflyttningshastigheten mätts mellan 1- och 9-metersstreck (kamera 1 och 5). Köbildning påverkar resultatet av gånghastigheten och detta visas i bilaga G. Där köbildning uppstått i kamera 5, har mätningar bara gjorts till dess att kö bildats i det aktuella varvet. Kö har sammantaget bildats vid 5 tillfällen.

Gånghastigheten har mätts för varje person genom att dividera sträckan mellan kamerorna (8 m) med den tid förflyttningen för varje enskild person tar. Därefter har medianvärde, 5:e och 95:e percentil för varje försök beräknats.

Gånghastigheterna för de enskilda personerna finns presenterade i bilaga H. Hur gånghastigheten varierar mellan de olika bredderna illustreras i diagram 4. I detta kan avläsas, att försökspersonernas hastighet ökade något ju bredare gångbanan blev. I diagrammet markerar punkterna medianhastigheten och strecken visar 5:e och 95:e percentilerna. En variansanalys av förflyttningshastigheten återfinns i bilaga I.

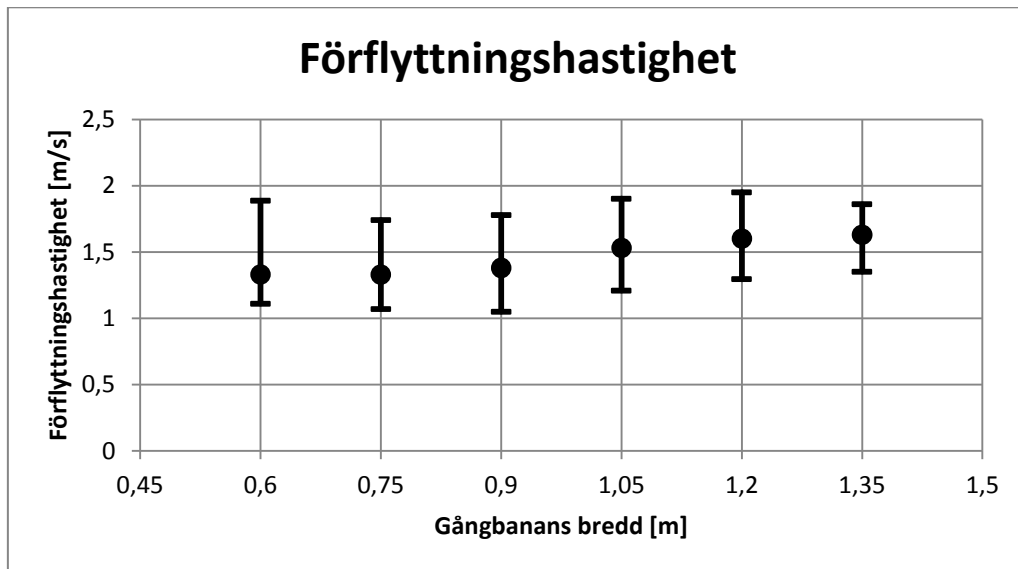


Diagram 4. Gånghastighet i försök 1-6.

6.2.2 Personflöden

Flödesmätning har gjorts vid 7-metersstrecket (kamera 4), då detta är i mitten av plattformen och inga köbildningar stör utrymningsflödet. I tabell 6 och 7 samt diagram 6-8 presenteras de beräknade flödeshastigheterna i [p/s] och [p/(ms)].

Antal försökspersoner: 48 st i försök 1-4
 47 st i försök 5-6
 47 st gående + 1 rullstolsburen i försök 7

Dynamiskt flöde [p/s]

I tabell 6 och diagram 6 presenteras värden för det dynamiska flödet; hur många personer som tar sig förbi en viss punkt på gångbanan per sekund. Detta ökar i det närmaste linjärt från 0,9 p/s, då gångbanans bredd är 0,60 meter, till att bli 1,8 p/s, vid en gångbanebredd på 1,35 meter.

Tabell 6. Dynamiskt flöde vid de olika bredderna. Strecken anger uteblivna varv, se avsnitt 6.2.1.

Försök	Gångbanans bredd [m]	Flöde [p/s]					
		Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5	Medel
1	0,60	0,92	0,92	0,94	-	-	0,93
2	0,75	0,99	0,98	0,98	1,06	1,07	1,02
3	0,90	1,19	1,16	1,16	1,12	1,15	1,16
4	1,05	1,31	1,40	1,29	1,38	1,43	1,36
5	1,20	1,63	1,67	1,64	1,62	1,57	1,63
6	1,35	1,81	1,85	1,84	1,87	1,73	1,82
7	1,35	1,76	1,96	2,00	1,85	1,76	1,87

En regressionsanalys har utförts för det dynamiska flödet, se bilaga J. Regressions-ekvation och -linje presenteras i ekvation 4 och diagram 5.

$$\text{Dynamiskt flöde} = 1,27 \cdot \text{Bredd} + 0,07 \quad \text{Ekvation 4}$$

Det linjära sambandet överensstämmer väl med punkterna ($r = 0,98$) och 96 % av flödesvariationen kan förklaras av gångbanans bredder (r^2).

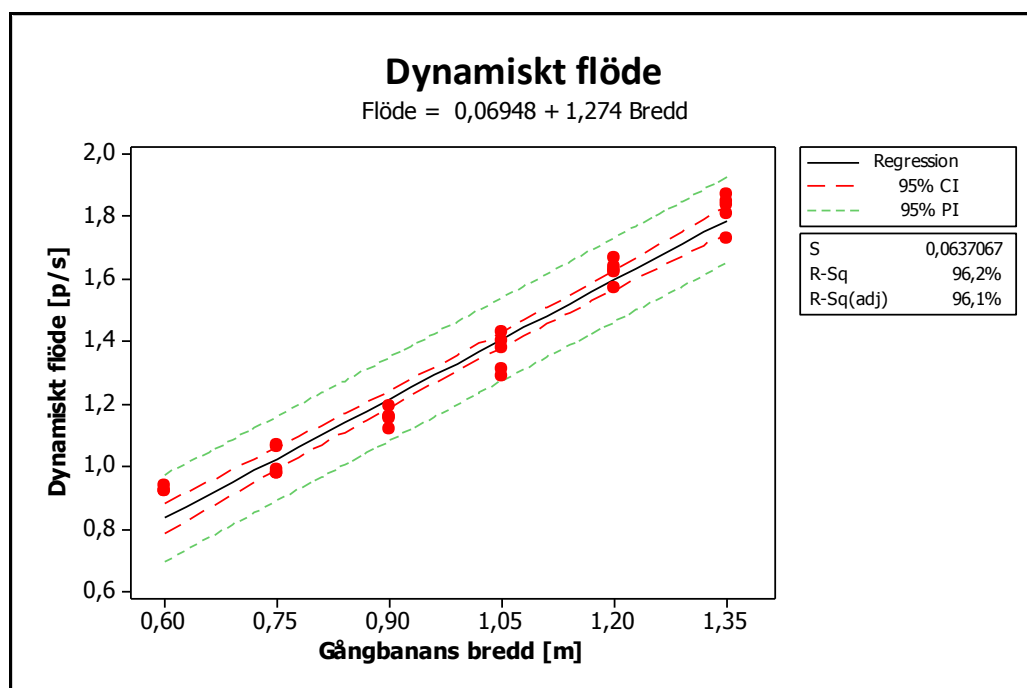


Diagram 5. Dynamiskt flöde i försök 1-6.

Specifikt flöde [p/ms]

Den effektiva bredden på gångbanan beräknas vara 20 cm mindre än den verkliga bredden (se avsnitt 2.1.2). Detta på grund av att det fanns en vägg på ena sidan av gångbanan. På andra sidan, där det fanns en kant, anses inte bredden inskränkas, eftersom försökspersonernas gungning i sidled inte stördes av något föremål. Att lamporna stod ut från väggen har inte tagits med i beräkningarna. Av tabell 7 och

diagram 6 framgår, att det specifika flödet sjunker från 2,3 p/(ms), då bredden är 0,60 meter (effektiv bredd 0,4 m) till att bli 1,65 p/(ms) vid en gångbanebredd på 0,90 meter (effektiv bredd 0,7). Vid de större gångbanebredderna håller sig det specifika flödet i det närmaste konstant på 1,6 p/(ms).

Tabell 7. Specifikt flöde. Strecken anger uteblivna varv, se avsnitt 6.2.1.

Försök	Gångbanans bredd [m]	Flöde [p/(ms)]					
		Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5	Medel
1	0,60	2,29	2,31	2,36	-	-	2,30
2	0,75	1,80	1,78	1,78	1,93	1,95	1,85
3	0,90	1,70	1,65	1,66	1,60	1,64	1,65
4	1,05	1,54	1,65	1,51	1,62	1,68	1,60
5	1,20	1,63	1,67	1,64	1,62	1,57	1,63
6	1,35	1,58	1,61	1,60	1,62	1,50	1,58
7	1,35	1,53	1,70	1,74	1,61	1,53	1,62

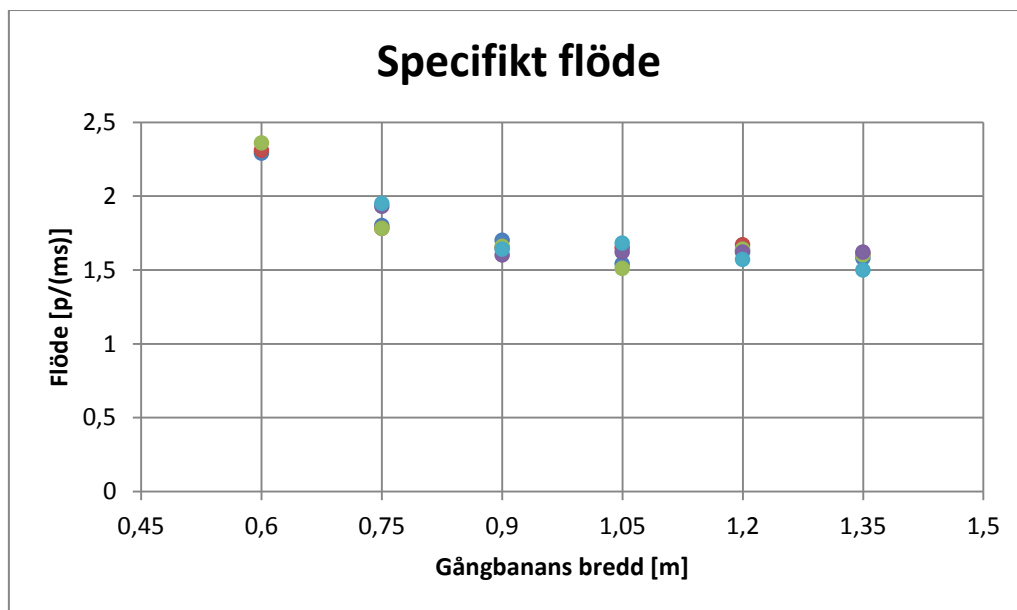


Diagram 6. Specifikt flöde i försök 1-6.

6.2.3 Persontäthet och gångformationer

För att kunna uppskatta persontätheten på gångbanan räknades antalet personer som befann sig på gångbanan vid den tidpunkt då första person gått 13 meter. Persontätheten beräknades för varje varv. Detta tillvägagångssätt valdes för att en eventuell köbildning inte skulle räknas med. Videouppspelningarna har synkroniserats för att på så vis kunna räkna hur många personer som befinner sig mellan 1- och 13-metersstrecket samtidigt. Persontäthet presenteras i tabell 8 och diagram 7. Av diagram 7 framgår, att persontätheten ändras från 1,20 p/m² vid gångbanebredden 0,60 meter, till att bli 1,00 p/m² då gångbanan är 0,75 meter bred. Därefter är persontätheten 0,90 p/m² i alla försök, utom i försök 7. I figur 6 illustreras en översikt av de gångformationer som iakttagits.

Tabell 8. Persontäthet i försök 1-7.

Försök	Gångbanans bredd [m]	Persontäthet [p/m ²]					
		Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5	Medel
1	0,60	1,25	1,11	1,25	-	-	1,20
2	0,75	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	0,90	0,83	0,93	0,93	0,83	1,11	0,90
4	1,05	0,87	1,03	0,87	0,87	0,95	0,90
5	1,20	1,04	0,97	0,90	0,97	0,83	0,90
6	1,35	0,86	0,93	0,86	0,86	0,93	0,90
7	1,35	1,17	1,23	1,05	1,36	1,11	1,20

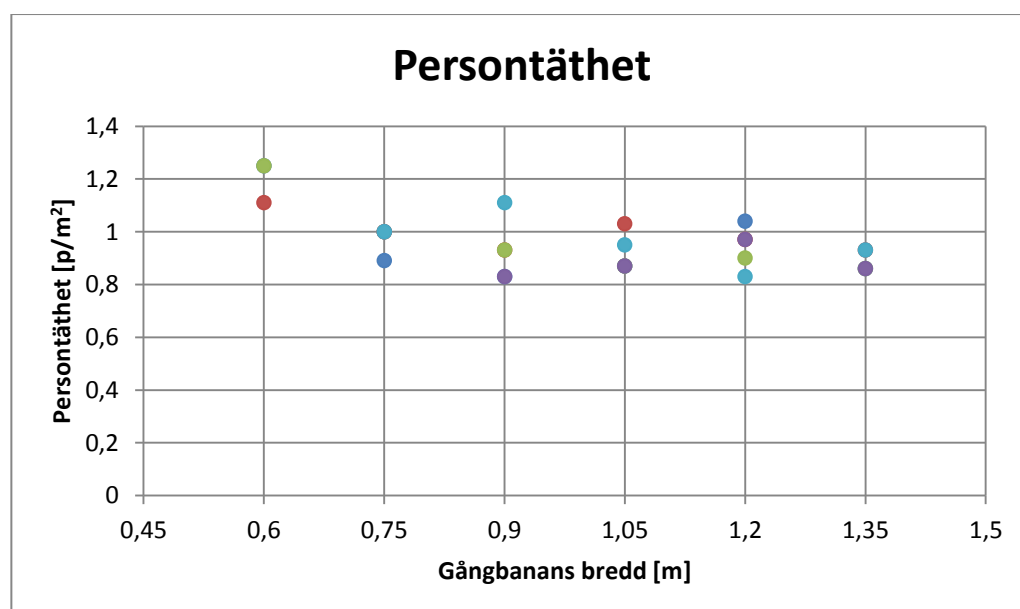
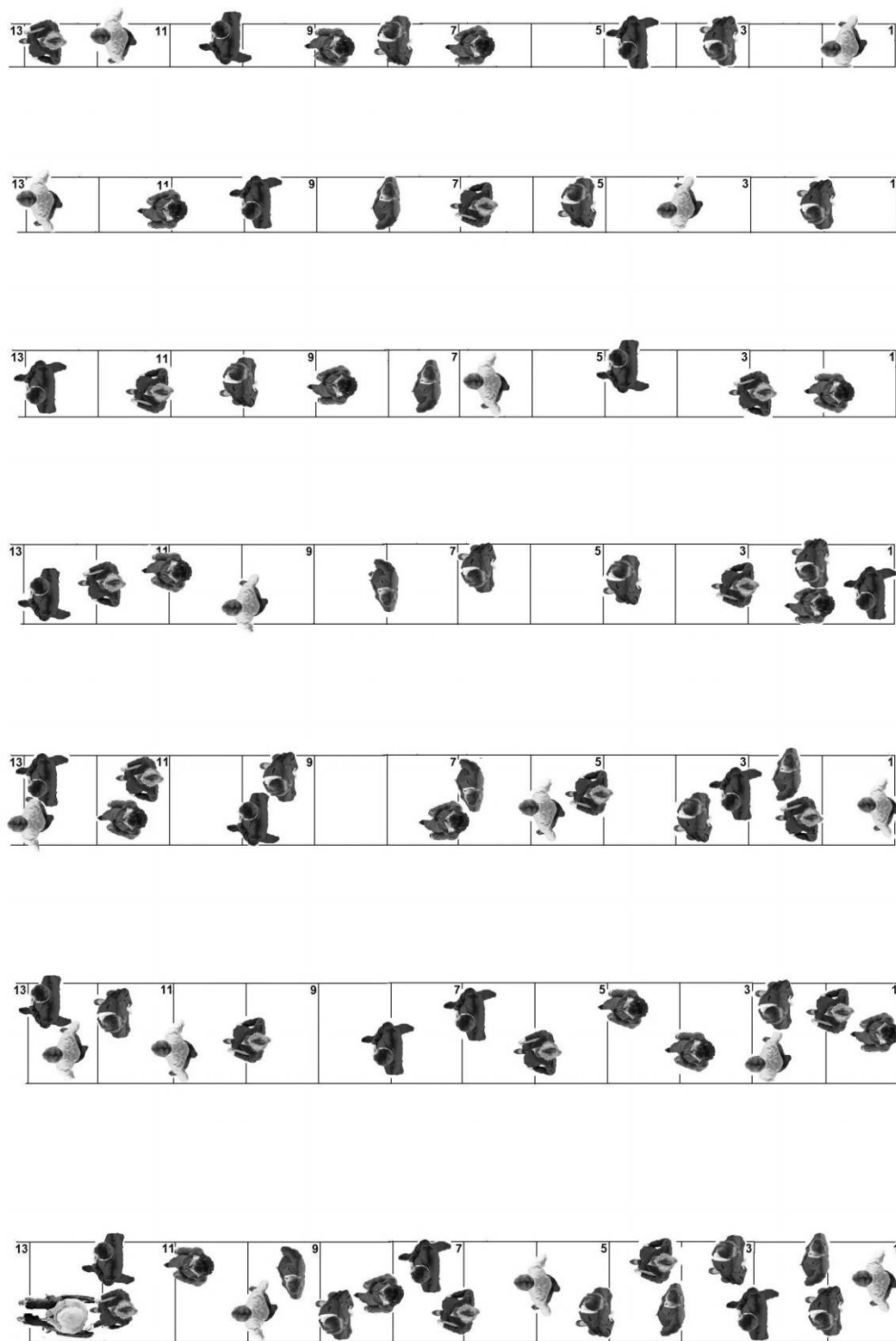


Diagram 7. Persontäthet i försök 1-6. Varje punkt motsvarar ett försöksvarv.



Figur 6. Gångformationer i försök 1-7. Smalaste bredden visas överst i bilden och bredare nedåt.

I figur 7-10 visas de gångformationer som iakttagits i försöken. I försök 1, med gångbanebredd 0,60 meter, går försökspersonerna efter varandra. I försök 2 ses ingen större skillnad i gångformationerna, förutom att personerna inte går lika nära varandra som i försök 1.



Figur 7. Till vänster: Försök 1. Till höger: Försök 2.

Vid gångbanebredden 0,90 meter (försök 3) syns en knappt märkbar skillnad. Vissa försökspersoner går betydligt närmare kanten än andra, men fortfarande går de bara en och en. När gångbanans bredd kommit upp i 1,05 meter (försök 4), ser gångformationen annorlunda ut. Försökspersonerna går inte på led, utan sprider ut sig över gångbanans bredd och ett par går bredvid varandra.



Figur 8. Till vänster: Försök 3. Till höger: Försök 4.

Vid bredden 1,20, såväl som 1,35 meter (försök 5 och 6), går flertalet försökspersoner i bredd. Persontätheten varierar mellan de olika varven men medeldensiteten är densamma för båda gångbanebredderna (se tabell 8).



Figur 9. Till vänster: Försök 5. Till höger: Försök 6.

I försök 7 är persontätheten högre än i försök 6, trots att bredden är densamma. I försök 7 passerar en del av de gående personerna rullstolen på gångbanans yttersida. I första varvet tar en gående tag i rullstolen i slutet av gångbanan för att assistera den rullstolsburne. I följande varv assisteras den rullstolsburne nästan omgående.



Figur 10. Till vänster: Försök 7, varv 1. Till höger: Försök 7, varv 2.

6.2.4 Validering av hastighet och flöde

Hur försökspersonernas gånghastighet beror av persontätheten visas som punkter i diagram 8. Dessa punkter illustrerar medelvärden för hastighet och persontäthet i varje varv i försök 1-6. I diagrammet är även resultat från tidigare forskning markerade med linjer, se avsnitt (2.1.1).

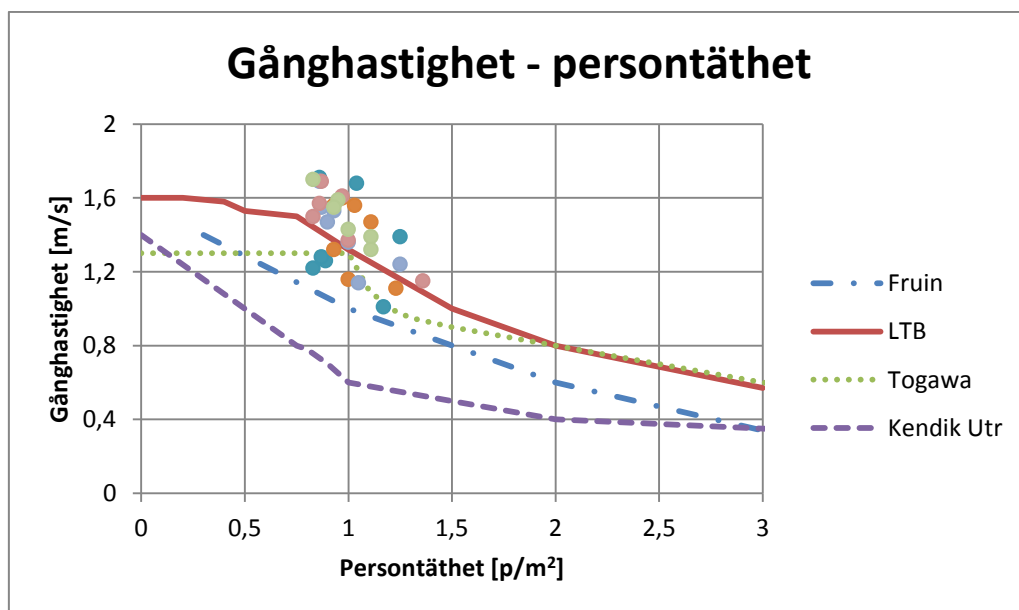


Diagram 8. Hur gånghastighet beror av persontäthet.

Hur det specifika flödet varierar med persontätheten i försöken presenteras i diagram 9. I diagrammet har det specifika flödet beräknats med gångbanans verkliga bredd, för att kunna validera resultatet med tidigare gjorda flödesstudier, se avsnitt 2.1.2. Punkterna i diagrammet markerar denna rapports värden. Linjerna illustrerar resultaten från tidigare gjorda flödesstudier. Av diagram 9 framgår, att resultaten i denna rapport bäst överensstämmer med LTB och Togawa. Fruins resultat är något lägre.

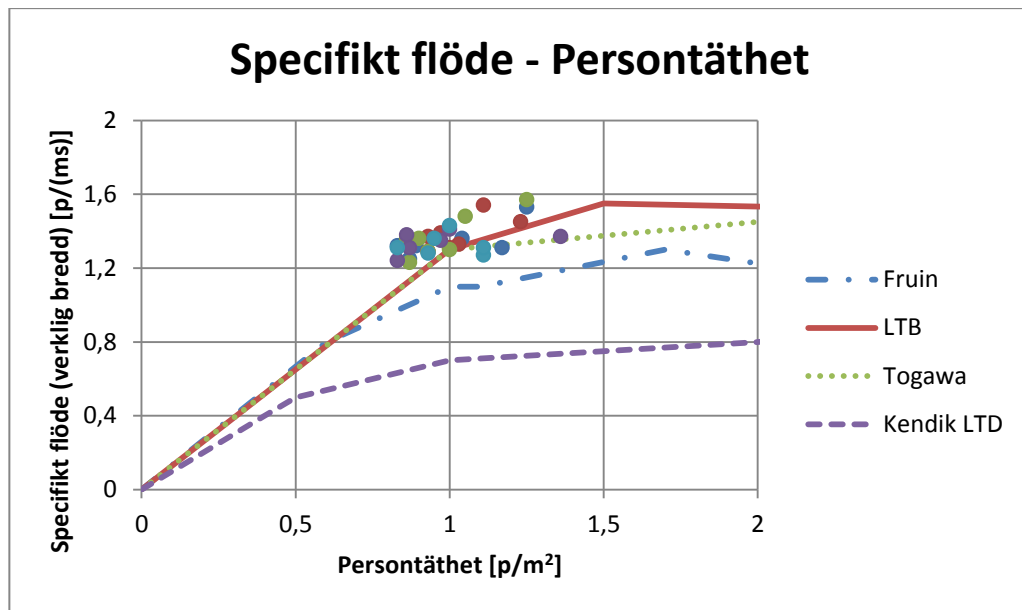


Diagram 9. Hur det specifika flödet varierar med persontätheten. Punkterna markerar denna rapportens värden. Linjerna illustrerar resultaten från tidigare gjorda flödesstudier.

6.2.5 Enkät svar

Totalt var det 39 påståendepar som besvarades motsägelsefullt i försöksomgång 2. Med tolv påståenden per försök, samt 7 försök och 49 försökspersoner blev det totalt 4116 frågor (2058 påståendepar). Detta ger att 1,9 % av påståendeparen besvarades motsägelsefullt.

Nedan redovisas en sammanställning av hur försökspersonerna svarade på frågorna i enkäten. En fullständig redovisning av enkät svaren i form av diagram och tabeller finns i bilaga K.

Påstående 1: Jag tyckte att höjden från plattformen ner till golvet kändes mycket obehaglig.

Svaren för påstående 1 visar att en ökande bredd på gångbanan minskar obehaget av höjden. Redan vid 0,75 meters bredd svarade 56 % att de inte tyckte höjden var obehaglig alls och vid 0,90 meters bredd var det 83 % som inte upplevde något obehag. Vid maxbredden 1,35 meters bredd upplevde 98 % att höjden inte kändes obehaglig alls.

Påstående 2: Jag kände mig osäker eftersom jag tyckte att plattformen var smal.

Svaren visar att för 0,60 meters bredd upplevde 63 % att de kände någon form av osäkerhet för bredden på gångbanan. Redan vid 0,90 meters bredd tyckte 94 % att de inte kände någon osäkerhet alls inför bredden.

Påstående 3: Jag upplevde att plattformens höjd inte påverkade mig nämnvärt.

Påstående 3 kan jämföras med påstående 1 som även den handlar om uppfattningen av plattformens höjd. Svaren visar att höjden på plattformen påverkade försökspersonerna i någon grad för alla försök. De visar även att när

bredden på plattformen ökar så minskar påverkan av höjden. För 1,20 meters bredd och 1,35 meters bredd påvisas dock ingen större skillnad (2 %) på påverkan av höjden.

Påstående 4: Jag anser att plattformens bredd var fullt tillräcklig att gå på.

Påstående 4 kan jämföras med påstående 2 som även den handlar om bredden på plattformen. Av försökspersonerna ansåg 85 % att plattformen var fullt tillräcklig att gå på vid 0,75 meters bredd.

För denna fråga fanns även en liten skillnad för försök 6 med 1,35 meters bredd jämfört med försök 7, vilken har samma bredd men med deltagande av de rullstolsburna. För försök 6 svarade 98 % att de instämmer helt med påståendet medan för försök 7 så har 91 % svarat att de instämmer helt med påståendet, alltså en minskning med 7 %.

Påstående 5: Höjden på plattformen gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Resultatet för påstående 5 visar att höjden gjorde att försökspersonerna gick försiktigare än vanligt i samtliga försök. Svaren visar även en tydlig koppling mellan höjden och bredden på plattformen, förhållandet mellan upplevd försiktighet är i det närmaste linjär med avseende på ökningen av gångbredden upp till 1,20 meters bredd.

Påstående 6: Plattformens bredd gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Resultatet för påstående 6 visar att för 0,60 meters bredd tyckte 90 % av försökspersonerna att de i någon grad gick försiktigare än vanligt. Redan för 0,75 meters bredd hade försökspersonernas upplevelse av att de gick försiktigare än vanligt sjunkit till 37,5 %.

Påstående 7: Jag tror jag hade gått försiktigare om försöket skett i en riktig tunnel.

Svaren för påstående 7 varierar mer kraftigt än för någon annan fråga innan. Det som går att utläsa från svaren är att från bredden 1,20 meter och bredare så anser en majoritet (55 %) att de inte hade gått försiktigare om försöket skett i en riktig tunnel.

Påstående 8: Jag var rädd att komma till skada under försöket.

Försökspersonerna var överlag, enligt påstående 8, inte rädda att komma till skada under försöket. Vid 0,60 meters bredd var det 75 % som svarade att de inte alls varit rädda och vid 1,05 meters bredd var det 98 %.

Påstående 9: Jag tror jag hade gått fortare om försöket varit i en riktig miljö.

Svaren för påstående 9 är de mest spridda. Det finns inget tydligt beroende av att frågan påverkas av den ökande bredden. Svaren kan även jämföras med påstående 7 där svaren också var mycket spridda.

Påstående 10: Jag kände mig säker på att jag inte skulle ramla ner från plattformen.

Svaren för påstående 10 visar att det endast var 46 % som kände sig helt säkra vid 0,60 meters bredd. Detta kan jämföras med påstående 8, där 75 % var säkra på att inte komma till skada vid 0,60 meters bredd. De flesta försökspersonerna kände sig dock säkrare på att inte ramla ner med en ökande bredd på plattformen.

Påstående 11: Plattformens höjd påverkade inte min gånghastighet.

Resultatet för påstående 11 visade att med en ökande bredd på plattformen så minskade påverkan på gånghastigheten med avseende på höjden. Sambandet mellan höjden och en ökande bredd på plattformen är i stort sett linjär. Vid jämförelse av resultaten med påstående 5 stämmer resultaten bra överens.

Påstående 12: Plattformens bredd påverkade inte min gånghastighet.

Svaren till påstående 12 visar att ju bredare plattformen blev desto mindre påverkade den gånghastigheten. Svaren visar att påverkan på gånghastigheten minskar nästan linjärt med en ökande bredd. Vid 0,75 meters bredd svarade 48 % av försökspersonerna att de inte tyckte bredden påverkade deras gånghastighet och vid 0,90 meters bredd var det 69 %.

Ett hypotestest utfördes på påståendepar 2 & 4 samt 6 & 12 för att se om det fanns någon signifikant skillnad mellan svaren för de olika bredderna. För frågorna 2 & 4 samt 6 & 12 visade testet att det fanns en signifikant skillnad mellan bredden 0,60 meter och de resterande bredderna, samt mellan 0,75 meter och de resterande bredderna. Fråga 6 & 12 hade även några ytterligare signifikanta skillnader. För samtliga signifikansnivåer presenterade i tabeller se bilaga B.

I slutet av enkäten fanns två fritextfrågor;

Fråga 1: Hur anser du att de rullstolsburna påverkade din gånghastighet i försök 7?

Fråga 2: Om du har några synpunkter kring försöken, eller om det är något i enkäten som du anser saknas, är du välkommen att lämna dina ytterligare kommentarer här:

En sammanställning av svaren för fråga 1 redovisas nedan, samtliga fritextsvar redovisas i bilaga K.

- Av de 37 som svarade på fråga 1 ansåg 27 stycken att hastigheten minskade. De flesta av dem tyckte att hastigheten minskade lite men en del tyckte det minskade väsentligt.
- 10 stycken svarade att de inte tyckte de påverkades alls av de rullstolsburnas medverkan. De flesta av dem yttrade även att de gick långt bak i ledet
- Det påpekades att rullstolen blev som en propp tills personer började våga gå förbi den eller putta på. Två stycken svarade att de blev nervösa av de

rullstolsburnas medverkan, att de inte riktigt visste hur de skulle agera. En person svarade dock; *"Jag ökade väsentligt, tror fokus hamnade på att komma förbi rullstolen då denna utgjorde ett hinder."*

En sammanställning av svaren för fråga 2 redovisas nedan, samtliga fritextsvar redovisas i bilaga K.

- På fråga 2 svarade 16 personer. Av dessa påpekade tre personer att de vande sig fort vid bredden och tyckte att bredden borde varierats fram och tillbaka för att på så sätt kanske motverka det.
- Två personer påpekade att de tyckte lamporna på väggen var i vägen vid de smala bredderna.
- Två personer tyckte att trappan bromsade hastigheten. Ytterligare två personer tyckte att personen som gick först borde ha bytts ut eller varierats då de tyckte att denne bromsade upp flödet.
- Två personer påpekade att de tyckte de större bredderna på plattformen upplevdes som farligare då folk försöker gå om fast det egentligen inte finns plats. De ansåg att det fanns risk att råka putta till varandra och ramla ner.
- Två personer tyckte det kändes som om det var ljusare än det skulle vara i en riktig tunnel. *"Tror inte jag hade vågat gå lika nära kanten i en riktig tunnel där det borde vara mörkare än här"*. Ytterligare en kommentar om plattformens utformning var: *"Om det t.ex. varit grus på plattformen hade jag gått långsammare"*.
- Några förslag som framlades var att kanske göra ytterligare ett försök med en smalare plattform eller att prova med räcken eller handtag i väggen.

6.3 Försök med gående personer, underlättande installationer

I detta avsnitt presenteras de resultat som rör försöksserie 3 – försöken där användandet av underlättande installationer analyserats.

6.3.1 Förflyttningshastighet

Gånghastigheten har mätts för varje person genom att dividera sträckan mellan kamera 1 och 5 (8 m) med den tid förflyttningen för varje enskild person tar. Av diagram 10 framgår, att medianvärdet av gånghastigheten i stort sett är konstant i försök I-III. I bilaga L anges varje persons hastighet. I diagrammet markerar punkterna medianhastigheten och strecken visar 5:e och 95:e percentilerna.

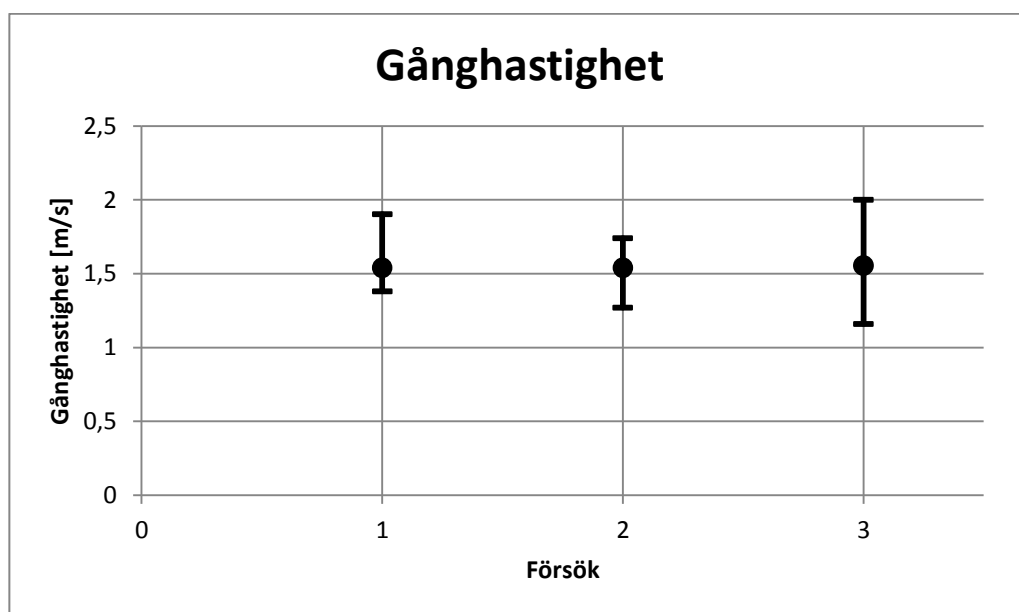


Diagram 10. Gånghastighet i försök I-III.

6.3.2 Personflöden

Flödesmätning har gjorts vid 5-metersstreck (kamera 3), då detta nästan är i mitten av plattformen och inga köbildningar stör utrymningsflödet. Kamera 4 slutade fungera efter några sekunder och har därför inte använts vid beräkningarna. I tabell 9 & 10 och diagram 11 & 12 illustreras de beräknade flödeshastigheterna i [p/s] och [p/(ms)].

Dynamiskt flöde [p/s]

I tabell 9 och diagram 11 presenteras värden för det dynamiska flödet. Medelflödet är i det närmaste konstant i de tre försöken.

Tabell 9. Dynamiskt flöde

Försök	Flöde [p/s]					
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5	Medel
I	1,17	1,16	1,20	1,08	1,17	1,16
II	1,20	1,16	1,18	1,18	1,14	1,17
III	1,20	1,16	1,16	1,14	1,14	1,16

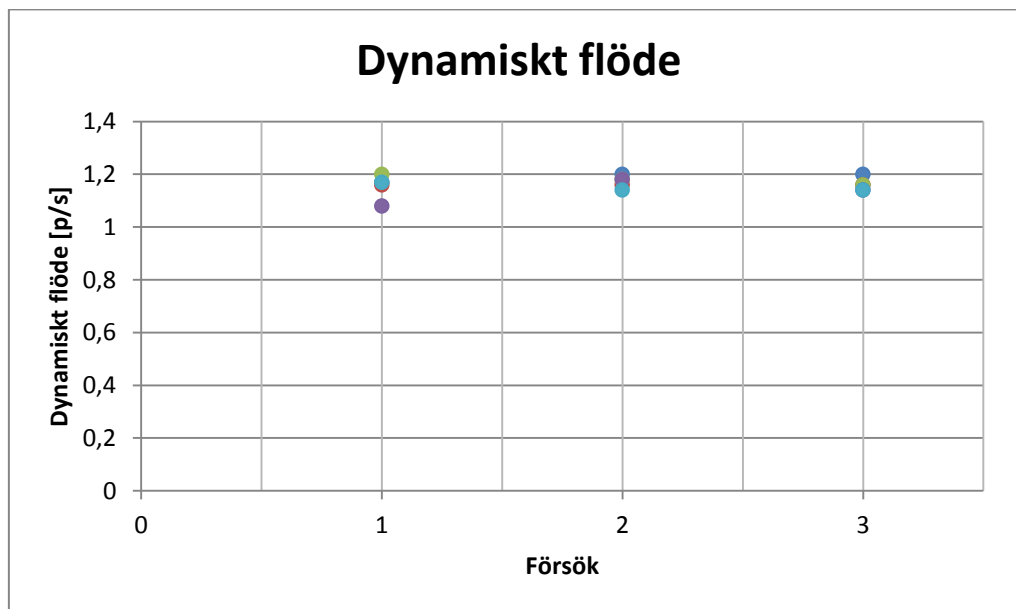


Diagram 11. Dynamiskt flöde i försök I-III. Punkterna markerar medelflöde för varje varv.

Specifikt flöde [p/(ms)]

Den effektiva bredden bedömdes vara 20 cm mindre än den verkliga, det vill säga 65 cm. Måttet mellan väggen och ledstångens ytterkant understeg 11 cm, vilket medförde att hänsyn ej togs till ledstången vid beräkningar (se avsnitt 2.1.2 och 4.1). Det specifika flödet presenteras i tabell 10 och diagram 12. Medelflödet är i det närmaste konstant i de tre försöken.

Tabell 10. Specifikt flöde

Försök	Flöde [p/(ms)]					
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5	Medel
I	1,80	1,78	1,85	1,67	1,80	1,78
II	1,84	1,79	1,82	1,81	1,75	1,80
III	1,85	1,78	1,78	1,76	1,75	1,78

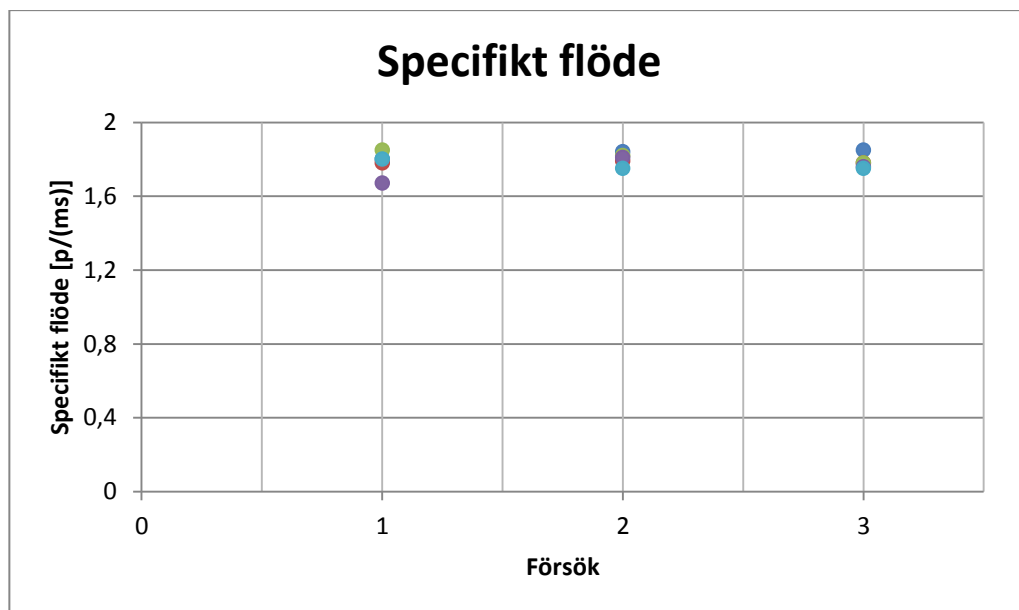


Diagram 12. Specifikt flöde i försök I-III. Punkterna markerar medelflöde för varje varv.

6.3.3 Persontäthet

För att kunna uppskatta persontätheten på gångbanan räknades antalet personer som befann sig på gångbanan vid den tidpunkt då första person gått 13 meter. Därefter dividerades antalet personer på gångbanan med gångbanans area. Persontätheten beräknades för varje varv. Videouppspelningarna har synkroniserats för att på så vis kunna räkna hur många personer som befinner sig mellan 1- och 13-metersstrecket samtidigt. Persontäthet presenteras i tabell 11 och diagram 13. Av tabell 11 framgår, att medelvärdet för persontätheten sjunker en aning för varje försök.

Tabell 11. Persontäthet i försök 1-7.

Försök	Persontäthet [p/m ²]					
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5	Medel
I	1,18	0,74	1,03	0,74	0,88	0,91
II	0,74	0,74	0,88	0,88	0,88	0,82
III	0,88	0,88	0,59	0,74	0,74	0,77

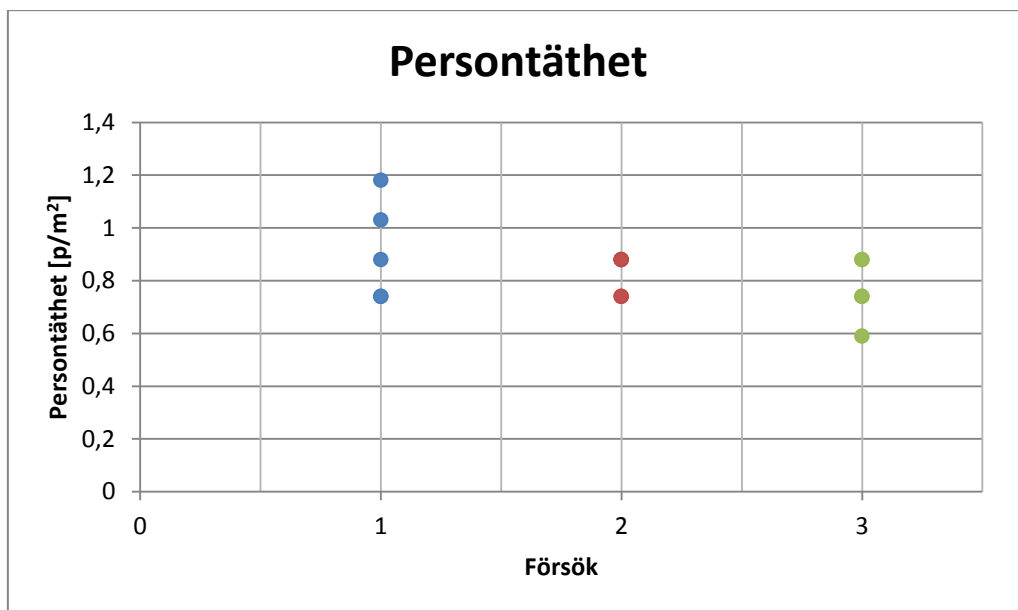


Diagram 13. Persontäthet i försök I-III. Punkterna anger värden för de olika varven.

6.3.4 Validering av hastighet och flöde

Hur försökspersonernas gånghastighet beror av persontätheten visas som punkter i diagram 11. Dessa punkter illustrerar medelvärden för hastighet och densitet i varje varv i försök I-III. I diagrammet är även resultat från tidigare forskning markerade med linjer, se avsnitt (2.1.1).

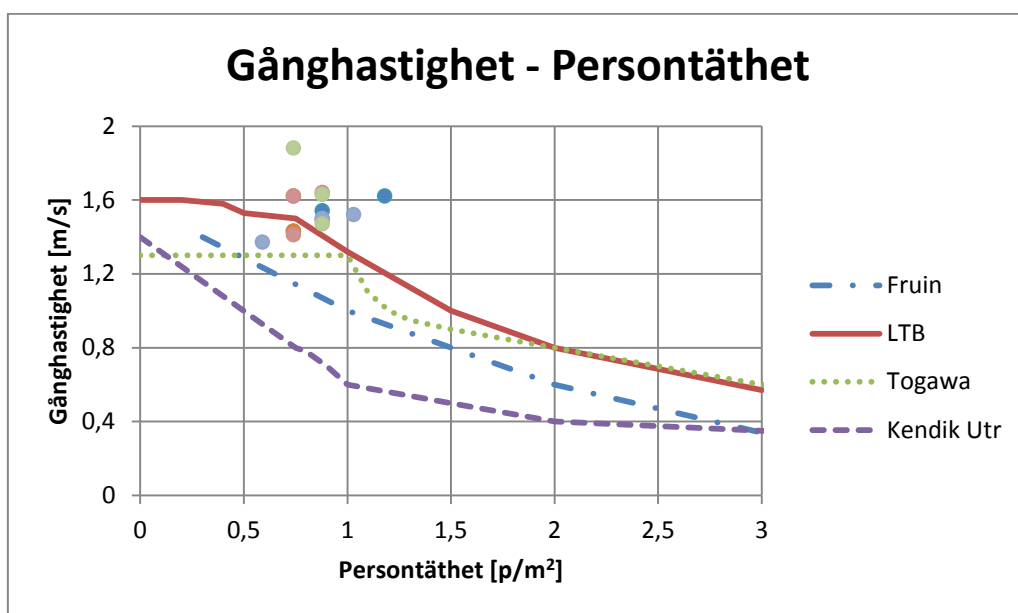


Diagram 14. Hur gånghastighet beror av persontäthet.

Hur det specifika flödet varierar med persontätheten i försöken presenteras i diagram 14. I diagrammet har det specifika flödet beräknats med gångbanans verkliga bredd, för att kunna validera resultatet med tidigare gjorda flödesstudier, se avsnitt 2.1.2. Punkterna i diagrammet markerar denna rapports värden. Linjerna

illustrerar resultaten från tidigare gjorda flödesstudier. Av diagram 14 framgår, att resultaten i denna rapport bäst överensstämmer med LTB och Togawa.

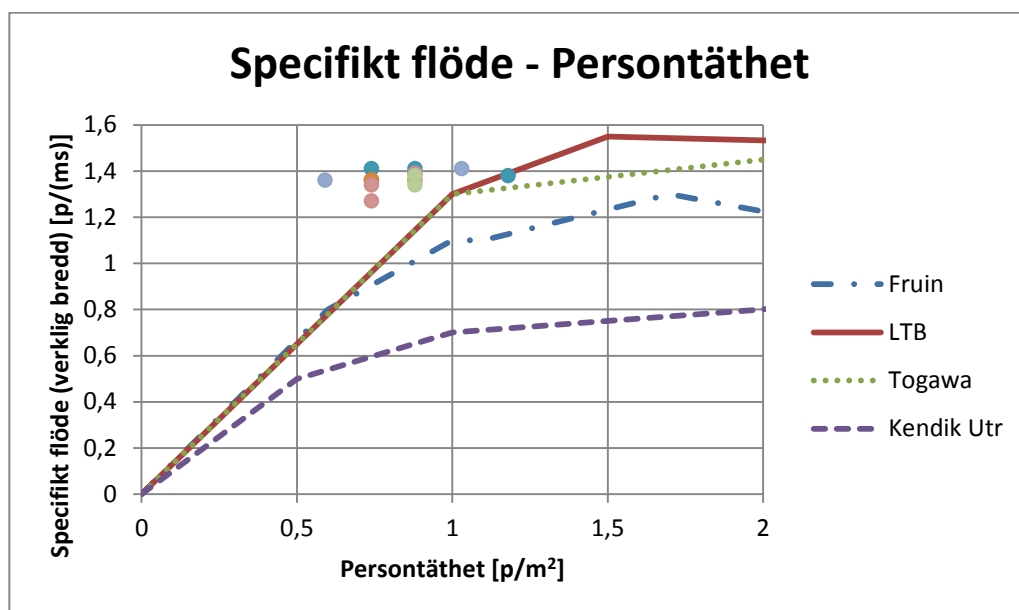


Diagram 15. Hur det specifika flödet varierar med persontätheten. Punkterna markerar denna rapportts värden. Linjerna illustrerar resultaten från tidigare gjorda flödesstudier.

6.3.5 Användande av underlättande installationer

För att undersöka huruvida ledstång och golvkantlist nyttjades under försöken, granskades användandet i inspelningen från kamera 1 och 3-7. Kamera 2 var ur funktion under försöksserien och har därför inte kunnat användas. Försökspersonerna fick även själva bedöma sina upplevelser i två öppna enkätfrågor.

Ledstång

I försök I användes ledstången av tre personer i varv 2, en person i varv 3 och två personer i varv 5. De försökspersoner som använde ledstången lät handen stryka lätt över den. En av försökspersonerna greppade hastigt tag i ledstången för att därefter genast släppa den.

Golvkantlist

Majoriteten av försökspersonerna valde att gå i mitten av gångbanan i alla tre försöken. Ett fåtal valde att gå på yttersidan av gångbanan. I försök I använde en försöksperson golvkantlisten. Efter kontakt med kantlisten placerade sig denne försöksperson lite längre in på gångbanan. Försökspersonen tittade rakt framåt.

I försök II snuddade flera försökspersoner upprepade gånger vid golvkantlisten, med utsidan av sina fötter. Personernas gångriktning förändrades dock inte. En av försökspersonerna, som tillfälligt kom i kontakt med golvkantlisten, svängde dock in mot mitten av gångbanan efter kontakt med kantlisten.

6.3.6 Enkät svar

I försöksomgång 3 var det tre försök med 12 frågor i varje samt 21 personer, detta blev totalt 756 frågor. I omgång 3 var det tre påståendepar som besvarades motsägelsefullt vilket ger att 0,80 % av påståendeparen besvarades felaktigt.

En sammanställning av hur försökspersonerna svarade på frågorna i enkäten redovisas nedan. Fullständig redovisning av enkät svaren i form av diagram och tabeller finns i bilaga M.

Överlag var det inga stora skillnader på svaren för de olika försöken. Det fanns ingen tydlig trend som visade att försökspersonerna upplevde någon större skillnad med eller utan de underlättande installationerna. Ett hypotestest utfördes på frågorna om upplevelsen av breddens inverkan, vilket visade att någon signifikans inte förelåg. Signifikansnivåer visas i bilaga B.

Hur försökspersonerna generellt upplevde höjden och bredden på plattformen stämde väl överens med svaren för försöksserie 2. Exempelvis kan det även i denna serie ses att de frågor som hade mest spridda svar var hur försökspersonerna trodde att de skulle agera i en riktig miljö.

I slutet på enkäten fanns två fritextfrågor angående de olika försöken;

Fråga 1: Hur upplevde du skillnaden mellan att ha tillgång till ledstång och att inte ha det?

Fråga 2: Hur upplevde du skillnaden mellan att ha en list längst ut på kanten och att inte ha det?

Nedan visas en sammanställning av svaren för fråga 1. Samtliga svar presenteras i bilaga M.

- Elva personer uppgav att de upplevde ledstången som något positivt. En del tyckte det kändes betydligt bättre och säkrare medan andra upplevde den som bra att ha även om de inte använde den själva.
- Åtta personer angav att de inte märkte någon skillnad med eller utan ledstång, men de flesta nämnde att den nog skulle vara bra att ha om det varit sämre sikt eller som hjälp för exempelvis äldre personer.
- Två personer tyckte det blev bättre utan ledstången då de tyckte att den inskränkte på bredden.

Nedan visas en sammanställning av svaren för fråga 2. Samtliga svar presenteras i bilaga M.

- Tretton personer angav att de tyckte golvlisten var bra att ha och att det kändes säkrare med den.
- Fem personer tyckte att det inte var någon skillnad med eller utan golvlisten.

- Tre personer tyckte plattformen kändes bredare att gå på utan listen.
- Två personer påpekade att det kanske inte var listen i sig som gjorde at det kändes bättre utan att det kanske bara var att kanten syntes bättre med golvlisten.
- Citat från en försöksperson angående golvlisten:
"Positivt. Osäker dock på om det var för att den var upphöjd eller om den mer gav en tydlig avgränsning. Hade kanske gett samma effekt om kanten hade målats i fluorescerande färg eller hade gul tejp?"

7 Diskussion

I denna rapport har en relativ studie av hastigheter utförts, med avseende på olika gångbanelängder. De relativa sambanden har uppförts i diagram och tabeller i resultatdelen. Förflyttningshastigheterna har inte undersökts som absoluta värden för en heterogen population. Resultaten kan ändå ge en god fingervisning om hastigheter i en verklig utrymningssituation, vilket framgår av valideringen i diagram 5 & 8 i avsnitt 6.2.1 och 6.2.2.

7.1 Försök med rullstolsburna

De rullstolsburnas förflyttningshastighet följer en nästan linjär kurva då gångbanans bredd varierar mellan 0,90 och 1,35 meter. Däremot är hastigheten markant lägre då bredden är 0,75 meter jämfört med de andra försöken. Detta beror framför allt på att rullstolarnas bredd i detta försök bara var 8 respektive 11 cm mindre än gångbanan. Försökspersonerna fick manövrera rullstolarna med större precision än i övriga försök. Därtill framgår av medföljarintervjuerna, att gångbanan upplevdes mycket smalare vid 0,75 meters bredd än vid 0,90 meters bredd. Både hastighetsresultat, medföljarintervjuer och enkätsvar påvisar att 0,75 meter ej är en lämplig gångbanelängd vid utrymning av rullstolsburna.

I försöksserie 1 användes två rullstolar lånade av Avdelningen för Trafikteknik, LTH. Dessa var inte de nyaste modellerna av rullstolar. Bredden på rullstolar har dock inte ändrats på senare år, så i det avseendet spelar inte rullstolarnas ålder in. Däremot läckte en ventil på ett av rullstolarnas däck, vilket kan påverka hastigheterna negativt. Inga elrullstolar eller rullstolar av andra slag användes.

De rullstolsburna försökspersonerna var studenter utan tidigare erfarenhet av att manövrera en rullstol. En jämförelse av hastigheter för försökspersonerna i denna rapport (0,7-1,8 m/s) med hastigheter för rullstolsburna enligt SFPE-handboken (0,69 m/s), visar att de rullstolsburna i dessa försök körde betydligt snabbare än medelhastigheten för en rullstolsburen person, speciellt då gångbanan var bred. En person vid god vigör, utan tidigare erfarenhet av att köra rullstol, har förmodligen en större förmåga att ge rullstolen fart framåt än vad till exempel en äldre rullstolsburen person har. Däremot kan det vara så, att en person utan rullstolsvana har sämre manövreringskontroll över rullstolen än en vad en van förare har.

I försöksserie 1 deltog enbart 2 personer. Med så få personer är det svårt att skatta hastigheten för Sveriges rullstolsburna population.

7.2 Försök med gående personer, plattformens bredd

Det dynamiska flödet korrelerar linjärt med gångbanans bredd. Överensstämmelsen mellan regressionslinje och mätvärden är hög, se bilaga J. Det starka samband ekvation 4 (i avsnitt 6.2.2) uppvisar, medför att ekvationen är fullt tillämpbar vid flödesberäkningar av alla gångbanebredder inom intervallet 0,60-1,35 meter.

Med bredare gångbana kan ett högre dynamiskt flöde påvisas (se bilaga J). Lämplig bredd på gångbana fås således genom att matcha flödet ut från tågets utgångar med gångbanans bredd.

Av enkätsvaren i bilaga K och hypotestestet i bilaga B påvisas en ökad trygghet med ökande gångbanebredd. Försökspersonernas upplevda trygghet (svaren i enkäten) varierar mest för gångbanebredderna 0,60-0,90 meter. Därefter är tryggheten nästintill konstant för de bredare bredderna. Enkätens svarsalternativ är en tydlig indikation på att bredden 0,90 meter är den smalaste gångbanebredd på vilken nästan alla personer känner sig trygga.

Resultaten för försöksserie 2 överensstämmer väl med studier gjorda av Togawa, LTB, Fruin och Frantzich (se avsnitt 6.2.4 och 2.1.1). Togawa och LTB är studier av tunnelbanependlare, Fruins undersökning är baserad på observation vid tåg- och busstationer och Frantzich har tagit fram gånghastighet vid utrymningsförsök i Stockholms tunnelbana.

De personer som deltog i denna studie höll höga gånghastigheter vid höga persontätheter. Sambandet mellan gånghastighet och persontäthet stämmer överens med förflyttningsmönstret för tunnelbanependlare. Det som skiljer pendlare i en utrymningssituation från då pendlaren går i en tunnelbanestation i vanliga fall, är att miljön i en utrymningssituation är okänd. Detta skulle kunna ge en lägre hastighet vid samma persontäthet. I försöken fanns bara en väg att välja och försökspersonerna hade på förhand instruerats i hur de skulle gå. Den reducerade hastigheten till följd av okänd miljö har därför inte kunnat observerats. Dessutom vill försökspersoner som känner till att de blir observerade ”vara duktiga”. Det kan vara en anledning till de höga hastigheterna. En annan anledning kan vara att försökspopulationen i dessa försök utgörs av unga individer och inte speglar en typisk samhällspopulation.

Jämförs medel-gånghastigheterna i försök 1-6 (1,32-1,62 m/s) med medel-gånghastigheten 1,4 m/s i Frantzichs utrymningsförsök, är skillnaden inte stor, trots att försökspersonerna i Frantzichs försök gick på makadambelagd yta (se avsnitt 2.1.1). En undersökning av Fridolf, et al visar dock att det inte finns någon signifikant skillnad mellan gånghastighet på plant underlag och på makadam (se avsnitt 2.1.5).

Medelvärde på förflyttningshastigheten då gångbanans bredd var 0,75 meter var lägre än den uppmätta medelhastigheten vid gångbanebredden 0,60 meter. Detta

kan bero på att försökspersonerna ville ”vara duktiga” och gå hastigt i första försöket, eller att de var ivriga att få göra försöket. Det kan också bero på att de var nervösa eller stressade för vad som skulle ske under försöket; att informationen inte varit tillräckligt tydlig. I det andra försöket hade försökspersonerna lärt sig hur försöket skulle utföras.

Det specifika flödet är i stort sett konstant för de större bredderna. Kurvan ökar en aning för bredden 0,75 meter jämfört med de större bredderna, för att därefter öka kraftigt för bredden 0,60 meter (se avsnitt 6.2.2). Att det specifika flödet inte är konstant kan bero på att Pauls modell ej är tillämpbar för de smala bredder som 0,75 respektive 0,60 meter utgör. Försökspersonerna kan ha tvingats gå närmare väggen än de annars skulle gjort och därmed utnyttjat en del av den bredd som beräknats vara outnyttjad.

Då kö bildas påverkas gånghastigheterna i försöken, se bilaga G. I de varv där kö bildats har hastigheter för köande personer tagits bort. Huruvida kö bildats eller ej har bestämts utifrån observationer av videofilmerna. Ökad persontäthet och sänkt gånghastighet vid kamera 5 har använts som kriterium för bedömning av köbildning. Detta innebär således en osäkerhet i resultaten, då bedömningen enbart bygger på observationer.

Persontätheten i försök 7 är högre än i försök 6, trots att bredden är densamma. Detta är en följd av att de rullstolsburna körde långsammare än vad försökspersonerna gick. Dessutom tog den rullstolsburne upp en del av gångbanan och lämnade en smalare gång på ytterkanten där de gående kunde ta sig förbi.

I försök 7 körde de rullstolsburna medvetet långsamt för att se hur de gående skulle reagera; om de gående till exempel skulle börja gå förbi rullstolen eller assistera den rullstolsburne. Det märktes att de gående försökspersonerna blev lite nervösa och osäkra på hur de skulle agera. Eftersom det bara var en rullstolsburen med per varv och denne startade först hade den ingen större påverkan på de personer som gick längre bak i ledet. I enkäten var det flera som svarade att de inte tyckte att de rullstolsburna påverkade dem så mycket på grund av deras placering långt bak i ledet.

7.3 Försök med gående personer, underlättande installationer

Varken gånghastighet, flöde eller persontäthet påverkades av de underlättande installationerna. Detta beror troligtvis på att den effektiva bredden inte förändrades mellan försöken.

Ledstång längs väggen anses vara ett bra komplement då tidigare försök visat att många valt att hålla en hand i väggen för att kunna orientera sig vid dålig sikt. Eftersom det dessutom finns en hög kant vid ena sidan gångbanan i en tunnel kan en ledstång ge både en extra säkerhet och trygghet för de evakuerande personerna. Av enkäten framgick att en klar majoritet av försökspersonerna tyckte att ledstången var ett bra hjälpmedel. Ledstången användes till största delen på samma vis som i Kvarnströms försök (se avsnitt 2.1.4 och 6.3.5), i vilka försökspersonerna strök med handen ovanpå ledstången som en extra säkerhet.

En majoritet av försökspersonerna var positiva till golvkantlisten. Några av försökspersonerna påpekade även att det kanske var att den syntes bättre som var en del av det positiva. Försöken utfördes med fri sikt (bortsett från att ljuset var dämpat). Golvlistens inverkan borde därför vara ännu större vid tät rök.

7.4 Övrigt

Gångbanelbredden 0,90 meter är den smalaste som kan rekommenderas för att uppnå en trygg utrymning för gående personer (se bilaga B). Ska rullstolsburna ha möjlighet att självutrymma bör bredden heller ej understiga 0,90 meter. Vidare rekommenderas att vid gångbanedimensionering matcha personflödet på gångbanan med flödet ut genom tågets utgångar, eftersom flödet på gångbanan beror av hur breda tågets utgångar är.

Urvalet av försökspersoner överensstämmer inte med en verklig population av tåg- och tunnelbaneresenärer, såtillvida att försökspersonernas genomsnittsalder var låg, ingen person hade någon märkbar funktionsnedsättning, inga barn eller äldre personer deltog och gruppen bestod av en majoritet män. Detta urvalsfel måste beaktas vid användande av resultaten, om hastigheter, flöden eller persontätheter används som absoluta värden. Används resultaten däremot som relativa värden (hur till exempel hastigheten varierar med ökande eller minskande gångbredd) kan urvalsfelen bortses från. Även en blandad försökspopulation kan antas ge linjära förhållanden för flöde och hastighet med avseende på gångbanans bredd. En mer blandad population hade kunnat uppnås om möjlighet till ersättning funnits. Trots att flera förbund för personer med funktionsnedsättning kontaktats, anmälde ingen rullstolsburen intresse för deltagande.

Försöken utfördes i en icke-autentisk miljö. Personerna i försöken såg att det inte fanns några faror längre fram i tunneln. Det kunde inte komma något tåg och det fanns ingen räls. Allt detta bidrog sannolikt till en minskad respekt för kanten. Den uppbyggda väggen på plattformen var av trä och någorlunda ren, vilket kan

ha bidragit till att personerna kanske gick närmre väggen än vad de skulle gjort om väggen varit mer ojämn och smutsig. Enligt Pauls är flödet 4 % mindre för en ojämn tunnelvägg än för en slät vägg som den i försöken (se avsnitt 2.1.2 och 4.1). För att använda rapportens flödesresultat i en tunnel med ojämna väggar, bör flödet således multipliceras med 0,96. Att försökspersonerna under försöken varken bar ytterkläder eller väskor, trots att utrymmande personer från ett tåg kan förväntas bära med sig detta, påverkar också resultaten såtillvida att rapportens flöden blivit ytterligare 6-10 % högre än vad som kan förväntas vid en riktig utrymning (se avsnitt 2.1.2).

Enkäten som försökspersonerna fick svara på utformades med 12 påståendefrågor för varje försök. Ett problem med dessa frågor är att de kan uppfattas som krångliga att svara på då det krävs lite eftertanke. En risk är att försökspersonerna svarade på frågorna för att de var tvungna och därmed kanske slarvade eller inte brydde sig så mycket om noggrannheten i svaren. En kontroll har gjorts av enkätsvaren där de motsägende frågornas svar har jämförts med varandra. Denna visade att förekomsten motsägelsefulla svar inte var så stor på någon av försöksserierna (0,8 – 1,9 %). De personer som endast hade svarat motsägelsefullt på en fråga har helt plötsligt svarat tvärt emot vad de har svarat på samma fråga i försöken innan och efter. Detta tyder på att det var rena slarvfel.

I en hypotesprövning av enkätfrågorna antogs svaren vara normalfördelade. Vidare antogs stegen mellan svarsalternativen vara lika stora och tilldelades ett värde på 1-4. Detta är en förenkling då stegen mellan frågorna kan uppfattas som olika stora för olika individer. Frågorna i testet slogs även ihop två och två för att öka antalet observationer och därmed få en bättre normalfördelning. Vid upprepade hypotestester ökar risken för att fel begås för varje test som utförs. Detta har tagits i beaktande genom att sänka signifikansnivån enligt en så kallad Bonferroni-korrektion.

Gångbanans bredd förändrades från smal till bredare under försöksserie 2. Detta medförde att ett systematiskt fel infördes då försökspersonerna vande sig mer och mer vid höjden och kanten på gångbanan. Då gångbanan för försöksserie 2 dessutom blev bredare för varje omgång bidrog även detta till att obehaget av höjden och kanten minskade, vilket kan ha påverkat gånghastigheten. I enkätsvaren kan en antydning till detta ses då 98 % av försökspersonerna angav att de inte alls upplevde höjden som besvärande på den bredaste gångbanan. Detta kunde ha motarbetats genom att variera bredden på gångbanan fram och tillbaka men på grund av säkerhetsskäl och tidsbrist valdes att flytta väggen från den smalaste bredden till bredare.

Förflyttningshastigheter, flöden och persontäthet har beräknats genom att analysera videofilmerna från försöken. Med stora mängder data att hantera kan ibland misstag uppkomma. Mätfel i hanteringen av videofilmerna har möjligtvis varit av både systematisk och stokastisk karaktär. Systematiska mätfel har kunnat uppstå vid synkroniseringen av videofilmerna. Slumpvisa mätfel har kunnat

uppstå vid hastighetsmätningarna av varje enskild person. Försökspersonernas upplevelse av försöken har analyserats med hjälp av enkäten. Även där har mängden data bidragit till möjliga fel på grund av den mänskliga faktorn. I både behandlingen av hastighetsdata och av enkätsvar har bearbetningsfel kunnat uppstå i processen, till följd av att uppgifter registrerats eller kodats fel.

8 Slutsats

Försöksgruppen i detta arbete bestod av en homogen population av unga studerande. De framtagna hastigheterna i arbetet stämmer ändå överens med tidigare framtagna gånghastigheter på plant underlag. Dock medför urvalet av försökspersoner att resultaten för hastigheter, flöde och persontäthet inte kan anses representera en blandad population och de bör därför användas med eftertanke.

Utifrån resultaten kunde konstateras att förflyttningshastigheten för gående personer ökar något med ökande bredd på gångbanan. Även det dynamiska flödet ökade med en ökande gångbanebredd, medan det specifika flödet och persontätheten var i det närmaste konstant för de olika gångbanebredderna.

De rullstolsburna försökspersonerna upplevde inte höjden på 1,3 meter som något problem över huvudtaget. Bredden på gångbanan innebar inte heller något större problem förrän bredden minskat till 0,75 meter. Hastigheten för de rullstolsburna ökade med en ökande bredd på gångbanan.

Då de rullstolsburna integrerades med de gående minskade förflyttningshastigheten för samma gångbanebredd. Både det dynamiska och specifika flödet var högre med rullstolsburna än utan. Även persontätheten ökade med de rullstolsburnas medverkan.

De underlättande installationerna i form av ledstång och golvkantlist påverkade varken gånghastighet, flöde eller persontäthet nämnvärt. Ledstången användes framför allt som en extra säkerhet; genom att användaren strök lät handen stryka lätt över den. Golvkantlisten kunde användas både genom att lutningen gav en känselsignal via försökspersonens fot och en visuell signal eftersom golvkantlisten hade ljusare färg än gångbanan. De flesta av försökspersonerna använde inte ledstången eller kantlisten men upplevde det ändå positivt att de fanns där ifall de skulle behövt dem.

Gångbanebredden 0,90 meter är den smalaste bredd som kan rekommenderas utifrån försökens resultat, med avseende både på de utrymmande personernas trygghetsupplevelse och på tillgänglighet för personer med funktionsnedsättning.

9 Framtida forskning

En del frågor och funderingar har under arbetets gång framträtt vilka anses vara av intresse att undersökas ytterligare.

En aspekt som inte har studerats i arbetet är hur höjden på gångbanan kan ha påverkat förflyttningshastigheten. Gångbanorna varierar i höjd beroende på vilken typ av tåg som går genom tunneln.

En annan fundering är hur möjligheten för utrymning ser ut för människor med andra typer av funktionsnedsättning än rullstolsburna.

Ytterligare en aspekt att studera är hur olika utformningar av underlättande installationer kan bidra till en säkrare utrymning. I enkäten anmärktes exempelvis att det kanske var färgen på golvkantlisten som gjorde att det blev en tydligare kant, mer än att den var upphöjd. Med en mer autentisk miljö eller med användande av rök skulle det lättare kunna avgöras om de underlättande installationerna används eller ej.

För att kunna validera resultaten från försöken skulle vidare försök kunna göras i en autentisk miljö. Dessutom skulle populationen kunna varieras och därmed bättre spegla en typisk samhällspopulation. Ytterligare en intressant undersökning är hur resultaten hade påverkats om bredden varierats mellan större och mindre bredder mellan försöken, snarare än om bredden enbart blir större.

En annan intressant aspekt att undersöka är bredden på gångbanan ur en kostnads-nytta synpunkt.

Referenser

- Beard A. & Cope T. (2007). *Assessment of the Safety of Tunnels*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/400995/IPOL-JOIN_ET%282007%29400995_EN.pdf> 2012-10-05
- Boye C. & Mølgaard T. (2002). *Copenhagen Metro Inauguration Seminar*. Vanløse, Danmark: Kailow Tryk A/S.
- DiNenno P. J. (red.) (2002). *SFPE handbook of fire protection engineering*. 3. ed. Quincy, Mass.: National Fire Protection Ass.
- Frantzich H. (1993). *Utrymningsvägars fysiska kapacitet: sammanställning och utvärdering av kunskapsläget*. Lund, LTH: Brandteknik och riskhantering.
- Frantzich H. (2000). *Utrymning av tunnelbanetåg: experimentell utvärdering av möjligheten att utrymma i spårtunnel: (FoU rapport)*. 2000 års utg. Karlstad: Räddningsverket
- Frantzich H. (2001). *Tid för utrymning vid brand: (FoU rapport)*. 2001 års utg. Karlstad: Räddningsverket
- Frantzich H. & Nilsson, D. (2003). *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund, LTH. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.brand.lth.se/bibl/3126.pdf>> 2012-10-09
- Fridolf K. (2010). *Fire Evacuation in Underground Transportation Systems: A Review of Accidents and Empirical Research*. Rapport: 3151. Lund, LTH: Brandteknik och Riskhantering.
- Fridolf K., Ronchi E., Nilsson D. & Frantzich H. (2012). *Movement speed and exit choice in smoke-filled rail tunnels*. Lund, LTH: Brandteknik och Riskhantering. Manuskriptet inlämnas för publikation i *Fire Safety Journal*. 2012.
- Frithiof E. (2007). *Mening, makt och utbildning: delaktighetens villkor för personer med utvecklingsstörning*. Diss. Växjö: Växjö universitet. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vxu:diva-1486>> 2012-10-09
- Fruin J. J. (1971). *Pedestrian planning and design*. Metropolitan association of urban designers and environmental inc. New York
- Girnau G., Blennemann F. (1989). Cost-benefits in underground urban public transportation, in; *Tunnelling and Underground Space Technology*. Volume 4, Issue 1, ss. 23-30.

Jong-Hoon, K. Woon-Hyung, K. Sam-Kew, R. Duck-Hee, L. & Kyung, H. (2011). Experiments on Egress of Persons with Mobile Disability in Train Car .|: Peacock, Richard D., Kuligowski, Erica D. & Averill, Jason D. (red.) (2011). *Pedestrian and Evacuation Dynamics*. (Elektronisk resurs). Boston, MA: Springer US

Kecklund L. Anderzén I., Häggström J. & Wahlström B. (2006). *Evakuering från tåg, Människan – Tekniken – Organisationen*. MTO Psykologi. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.mtop.se/Evakuering%20fran%20tag.pdf>> 2012-10-20

Kendik E. (1986). Designing escape routes in buildings, in *Fire Technology* Volyme 22, No 4.

Kvarnström L. (1977). *Trappor: en sammanställning av delrapporter rörande trappor och trappgående*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.

Körner S. & Wahlgren L. (2006). *Statistisk dataanalys*. Studentlitteratur, Lund.

Lag (2003:460) om etikprövning av forskning som avser människor. Utbildningsdepartementet, SFS 2003:460.

LTB. (1958). London Transport Board. *Second report of the operational research team on the capacity of footways*. Report 95. London 1958.

Melinek S. J. & Booth S. (1975). An analysis of evacuation times and the movement of crowds in buildings. BRE Current paper CP 96/75 FRS. Borehamwood.

Nelson H. & Mowrer F. (2002). Emergency Movement. |: DiNenno, Philip J. (red.) (2002). *SFPE handbook of fire protection engineering*. 3. ed. Quincy, Mass.: National Fire Protection Ass.

Olesen J. (2005). Emergency procedures in rail tunnels: current practice and future ideas, |: Carvel, Richard & Beard, Alan (red.) (2005). *The handbook of tunnel fire safety*. London: Thomas Telford Publ.

Pauls J. (1987). Calculating evacuation times for tall building, in *Fire safety journal*. Volume 12, nr 3&4.

Pauls J. (1980). Effective-width model for evacuation flow in buildings. *SFPE engineering application workshop* ss. 215-232. Boston.

PBF. (2011). Plan- och byggförordning, 3 kap 8§. Socialdepartementet, SFS 2011:338.

Proulx G. (2002). Movement of People: The Evacuation Timing. |: DiNenno, P. J. (red.) (2002). *SFPE handbook of fire protection engineering*. 3. ed. National Fire Protection Ass. Quincy

Semmens P. (1994). *Railway Disasters of the World*. Patrick Stephens Limited, Sparkford.

Thomas A. A. (1984). A recent fire incident on London underground. in; *Fire safety journal*. Volume 8, Issue 1, ss. 47–52.

Togawa K. (1955). *Study on fire escapes on the observation of multitude currents*. Tokyo. Building Research Institute, Ministry of Construction.

Tokley M. J. (2009). *Sleep inertia and alcohol impairment in young adults: Neurocognitive effects and interactions, Implications for fire escape behaviours*. Melbourne. Victoria University.

Transportstyrelsen. *Kommissionens beslut av den 20 december 2007 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende "Säkerhet i järnvägstunnlar" i det transeuropeiska järnvägssystemet för konventionella tåg och höghastighetståg*. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://www.transportstyrelsen.se/Global/Jarnvag/Foreskrifter/TSD/2008_163_eg_sakerhet_i_jarnvagstunnlar.pdf> 2012-10-06

Trafikverket. *Trafikverkets tekniska krav tunnel*. Publ nr 2011:087. (Elektronisk) Tillgänglig: <http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6502/2011_087_TRVK_Tunnel_11.pdf>2012-10-06

UIC-Codex (2002). *Safety in Railway Tunnels*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2002/ac9/UIC-Codex-779-9e.pdf>>(2012-10-05)

UN (2003). (United Nations). *Recommendations of the multidisciplinary group of experts on safety in tunnels (Rail)*. Economic commission for Europe inland transport committee. (Elektronisk) tillgänglig: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2003/ac9/TRANS-AC9-09e.pdf>>2012-10-06

U.S. Department of Transportation, (2012). Findings On Underground Transportation Systems. (Elektronisk) Tillgänglig:<http://international.fhwa.dot.gov/uts/uts_eu06_02.cfm> 2012-10-20

Winkens A., Klingsch W. & Seyfried A. (2011) New Data for Human Performance in Planar Corridors. |: Peacock, Richard D., Kuligowski, Erica D. & Averill, Jason D. (red.) (2011). *Pedestrian and Evacuation Dynamics* (Elektronisk resurs). Boston, MA: Springer US

BILAGA A.

ENKÄTFRÅGOR

Nedan presenteras de enkätfrågor som försökspersonerna besvarade efter varje genomfört försök.

1. **Jag tyckte att höjden från plattformen ner till golvet kändes mycket obehaglig.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
2. **Jag kände mig osäker eftersom jag tyckte att plattformen var smal.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
3. **Jag upplevde att plattformens höjd inte påverkade mig nämnvärt.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
4. **Jag anser att plattformens bredd var fullt tillräcklig att gå på.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
5. **Höjden på plattformen gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
6. **Plattformens bredd gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
7. **Jag tror att jag hade gått försiktigare om försöket skett i en riktig tunnel.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
8. **Jag var rädd att komma till skada under försöket.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
9. **Jag tror jag hade gått fortare om försöket varit i en riktig miljö.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
10. **Jag kände mig säker på att jag inte skulle ramla ner från plattformen.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
11. **Plattformens höjd påverkade inte min gånghastighet.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd
12. **Plattformens bredd påverkade inte min gånghastighet.**
☐ Instämmer helt ☐ Instämmer delvis ☐ Tar delvis avstånd ☐ Tar helt avstånd

Förutom de slutna frågorna förekom även öppna frågor för varje försöksserie. I försöksserie 2 ställdes frågan *"Hur anser du att de rullstolsburna påverkade din gånghastighet i försök 7?"*

I försöksserie 3 ställdes frågorna *"Hur upplevde du skillnaden mellan att ha tillgång till ledstång och att inte ha det?"* och *"Hur upplevde du skillnaden mellan att ha en list längst ut på kanten och att inte ha det?"*.

I samtliga försöksserier avslutades enkäten med *"Om du har några synpunkter kring försöken, eller om det är något i enkäten som du anser saknas, är du välkommen att lämna dina ytterligare kommentarer här"*.

BILAGA B.

HYPOTESTEST AV ENKÄTSVAR

En hypotesprövning utfördes på fyra olika påståenden ur enkäten för att se om det gick att säkerställa någon statistisk skillnad mellan svaren för de olika bredderna. Eftersom frågorna i enkäten var utformade parvis som varandras motsatser så sammanfördes de två och två för att kunna testas tillsammans. De olika bredderna testades sedan sinsemellan för påståendeparen. Differensen mellan svaren för de olika bredderna beräknades och prövades för att se om det förelåg någon signifikant skillnad i försökspersonernas upplevelse.

En förenkling gjordes där de fyra olika svarsalternativen tilldelades ett värde från 1-4 där det antogs att avstånden mellan svarsalternativen var lika stora. Svaren antogs även vara normalfördelade. De fyra påståendena handlade alla om hur försökspersonerna upplevde bredden på plattformen;

Påstående 2: Jag kände mig osäker eftersom jag tyckte att plattformen var smal.

Påstående 4: Jag anser att plattformens bredd var fullt tillräcklig att gå på.

Påstående 6: Plattformens bredd gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Påstående 12: Plattformens bredd påverkade inte min gånghastighet.

Konfidensintervallet för testet valdes till 95 % vilket medför att risken att förkasta nollhypotesen även om den är sann, är 5 %. Enligt en uppställd nollhypotes förväntades att det inte skulle vara någon skillnad mellan svaren för de olika försöken. Ett dubbelsidigt t-test utfördes på den beräknade differensen enligt ekvation 5.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{Ekvation 5 (Körner & Wahlgren, 2006)}$$

Där, $\bar{X}$ är medelvärdet av skillnaden mellan försöken, μ är det förväntade värdet, s är standardavvikelsen för skillnaden mellan försöken och n , är antalet observationer.

Vid upprepade tester med samma nollhypotes ökar risken att ett fel begås för varje test som utförs. För att undvika detta brukar signifikansnivån justeras genom att dividera signifikansnivån med antalet upprepade tester, en så kallad Bonferroni-korrektion.

För försöksserie 2 testas svaren för varje bredd med 5 olika bredder vilket ger en justerad signifikansnivå på 1 %, (0,05/5). Detta medför att då det beräknade värdet på t är mindre än 2,58 (dubbelsidigt) kan nollhypotesen inte förkastas, det finns alltså ingen signifikant skillnad mellan svaren på de frågorna.

Även försök 7 i försöksserie 2, vilken har samma bredd som försök 6 men med medverkan av rullstolsburna testades mot de andra bredderna.

De beräknade t-värdena för de olika försöken redovisas i tabellerna nedan.

Tabell B.1 visar resultatet för fråga 2 & 4 för försöksserie 2. De kursiverade svaren, (alla värden över 2,58) visar att det föreligger en signifikant skillnad mellan svaren för 0,60 meter samt 0,75 meter.

Tabell B.1. Signifikansnivåer för fråga 2 & 4, försöksserie 2.

Fråga 2 & 4	Försök 1 0,60 m	Försök 2 0,75 m	Försök 3 0,90 m	Försök 4 1,05 m	Försök 5 1,20 m	Försök 6 1,35 m	Försök 7 1,35 m
Försök 1 0,60 m	-	<i>5,97</i>	<i>7,06</i>	<i>6,58</i>	<i>8,10</i>	<i>8,24</i>	<i>6,97</i>
Försök 2 0,75 m		-	<i>3,32</i>	<i>2,95</i>	<i>4,08</i>	<i>3,93</i>	2,18
Försök 3 0,90 m			-	0	1,54	1,72	0
Försök 4 1,05 m				-	1,54	1,52	0
Försök 5 1,20 m					-	0,58	1,72
Försök 6 1,35 m						-	2,03
Försök 7 1,35 m							-

Tabell B.2 visar resultatet för fråga 6 & 12 för försöksserie 2. De kursiverade svaren, (alla värden över 2,58) visar att det föreligger en signifikant skillnad mellan svaren.

Tabell B.2. Signifikansnivåer för fråga 6 & 12, försöksserie 2.

Fråga 6 & 12	Försök 1 0,60 m	Försök 2 0,75 m	Försök 3 0,90 m	Försök 4 1,05 m	Försök 5 1,20 m	Försök 6 1,35 m	Försök 7 1,35 m
Försök 1 0,60 m	-	<i>9,44</i>	<i>11,26</i>	<i>11,54</i>	<i>13,97</i>	<i>14,29</i>	<i>11,15</i>
Försök 2 0,75 m		-	<i>3,60</i>	<i>3,72</i>	<i>5,69</i>	<i>6,02</i>	<i>3,94</i>
Försök 3 0,90 m			-	1,52	<i>3,83</i>	<i>3,91</i>	1,97
Försök 4 1,05 m				-	<i>2,95</i>	<i>3,02</i>	1,19
Försök 5 1,20 m					-	0	1,55
Försök 6 1,35 m						-	1,85
Försök 7 1,35 m							-

I tabell B.3 och B.4 visas resultatet av hypotesprövningen för försöksserie 3, för frågorna 2 & 4 samt 6 & 12. Det kan ses att det inte råder någon signifikans mellan frågorna i något av försöken.

Tabell B.3. Signifikansnivåer för fråga 2 & 4, försöksserie 3.

Fråga 2 & 4	Försök I	Försök II	Försök III
Försök I	-	0,20	0,19
Försök II		-	0
Försök III			-

Tabell B.4. Signifikansnivåer för fråga 6 & 12, försöksserie 3.

Fråga 6 & 12	Försök I	Försök II	Försök III
Försök I	-	0,65	0,26
Försök II		-	1,16
Försök III			-

BILAGA C.

”WHAT IF” -ANALYS

För att kunna identifiera och begränsa oplanerade händelser vid de praktiska försöken, genomfördes en ”what-if”-analys nedan.

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Möjlig händelse: | En gående person trillar ner från gångbanan. |
| Möjliga orsaker: | Gångbanan är för smal.
Trängsel.
För svag ljusstyrka. |
| Möjliga konsekvenser: | Personen tar skada.
Personen drar med sig andra i fallet. |
| Riskreducerande åtgärd: | Sjuksköterska med förbandslåda finns på plats.
Alkometer-test av försökspersoner. |
|
2. Möjlig händelse: |
En rullstolsburen person trillar ner från gångbanan. |
| Möjliga orsaker: | Gångbanan är för smal.
Trängsel.
För svag ljusstyrka. |
| Möjliga konsekvenser: | Personen tar skada.
Rullstolen tar skada.
Personen drar med sig andra i fallet.
Person gående nedanför skadas av fallande person/rullstol. |
| Riskreducerande åtgärd: | Sjuksköterska med förbandslåda finns på plats.
De rullstolsburna personerna tilldelas hjälmar. |
|
3. Möjlig händelse: |
Gångbanans konstruktion ger vika. |
| Möjliga orsaker: | Skruvarna har inte dragits åt tillräckligt i stålbalkarna.
Golvet är inte fastsatt ordentligt.
Den rörliga väggen är inte fastsatt ordentligt.
Väggens/golvets/fackverkets konstruktion är dålig. |
| Möjliga konsekvenser: | Flertalet personer tar skada.
Enstaka personer tar skada. |
| Riskreducerande åtgärder: | Kontrollera/efterdra skruvar i fackverk med en skruvdragare.
Testa konstruktionen: Provgå golvet, |

testa väggens stöttålighet mm.
Fäst golvet i träreglarna med skruvar
Fäst träreglarna i aluminiumbalkarna
med infästningar.

4. Möjlig händelse:

Möjliga orsaker:

Möjliga konsekvenser:

Riskreducerande åtgärd:

Trappan ger vika.

Trappans infästning i
aluminiumbalkarna är bristfällig.
En eller flera personer tar skada.
Rullstolsburen tar skada.
Kontrollera montering av trappan samt
test av dess hållbarhet.
Stötta upp trappan med extra balkar
mot golvet.
Sjuksköterska och förbandslåda finns på
plats.

5. Möjlig händelse:

Riskreducerande åtgärd:

**Person skadar sig på annat föremål i
lokalen, som ej har med
experimentet att göra.**

Sjuksköterska och förbandslåda finns på
plats.
Transportera bort så mycket övrigt
material som möjligt från försöks-
platsen.

6. Möjlig händelse:

Riskreducerande åtgärd:

**De flyttbara väggarna välter vid
förflyttning av dem.**

Sjuksköterska och förbandslåda finns på
plats.
I försöksserie 2, då tidsbrist råder, dras
väggarna bakåt mellan varje försök, dvs
att gångbanan blir bredare och bredare.
Detta på grund av att väggarna
lättare välter vid förflyttning framåt.

BILAGA D.

LJUSMÄTNINGAR

I bilagan ges mätvärden för infallande ljusstyrka mot gångbanans golv.

Försöksserie 1

I tabell D.1 presenteras det uppmätta infallande ljuset för försök A-E. Det infallande ljuset mättes rakt under de 7 kamerorna. Lägsta uppmätta ljusnivå var 45,9 lux och högsta 3400 lux. Den stigande ljusnivån från kamera 1-7 berodde på ljusinsläppet från laborationshallens fönster, se figur 2 i avsnitt 4.1.

Tabell D.1. Luxtabell1. Försök med rullstolsburna personer.

Försök	Mät punkt, infallande ljus [Lux]						
	1	2	3	4	5	6	7
A	72,4	98,3	102,5	126,5	171,7	1340	3400
B	87,1	104,7	103,8	116,1	143,9	1960	2970
C	87,7	102,8	95,2	114,7	142,2	2270	3710
D	77,6	94,9	92,2	107,3	159,3	2330	3420
E	45,9	71,8	61,9	77,9	106,9	1752	2260

Försöksserie 2

I tabell D.2 presenteras det uppmätta infallande ljuset för försök 1-7. Lägsta uppmätta ljusnivå var 0,2 lux och högsta 29,8 lux. Lägsta uppmätta värde är något lägre än vad regelverket tillåter (se avsnitt 3.1.2).

Tabell D.2. Försöksserie 2 - försök med gående.

Försök	Mät punkt, infallande ljus [Lux]						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2,5	23,5	1,3	0,7	2,9	29,8	1,3
2	2,6	23,3	1,5	0,6	2,8	25,3	0,9
3	2,2	18,0	1,4	0,5	1,3	20,5	1,2
4	2,6	15,6	1,3	0,2	2,5	17,2	1,3
5	2,0	4,3	1,0	0,2	2,7	13,8	1,3
6	2,0	9,7	1,5	0,5	2,4	11,6	1,3
7	1,9	9,4	1,5	0,7	2,4	2,1	1,4

Försöksserie 3

I tabell D.3 presenteras det uppmätta infallande ljuset för försök I-III. Det infallande ljuset mättes rakt under de 7 kamerorna. Lägsta uppmätta ljusnivå var 960 lux och högsta 2100 lux. Den något stigande ljusnivån från kamera 1-7 berodde på ljusinsläppet från laborationshallens fönster, se figur 2 i avsnitt 4.1.

Tabell D.3. Försöksserie 3 - försök med underlättande installationer.

Försök	Mät punkt, infallande ljus [Lux]						
	1	2	3	4	5	6	7
I	1060	1090	1150	1240	1250	1180	1600
II	1060	960	1040	1200	1160	1450	2100
III	1230	1000	1060	990	1070	1480	1840

BILAGA E.

MEDFÖLJARINTERVJUER

I försöksserie 1 intervjuades de två rullstolsburna försökspersonerna under försökens gång. Nedan följer citat av vad som uttrycktes.

Försök A – 1,35 meter

Försöksperson 1:

”Det känns bra. Lagom avstånd till kanten. Det är inte obehagligt.”

Försöksperson 2:

”Det känns jättebra det här. Det är inga problem. Ingen höjdskräck här inte.”

Försök B – 1,20 meter

Försöksperson 1

”Det är ett behagligt avstånd till kanten. Jag kör ganska centralt”

Försöksperson 2

”Det känns jättebra. Inget problem med varken bredd eller höjd.”

Försök C – 1,05 meter

Försöksperson 1

”Det känns smalare än innan men det känns fortfarande behagligt. Höjden märker jag inte av.”

Försöksperson 2

”Nu börjar det bli smalare men inte jobbigt än så länge.”

Försök D – 0,90 meter

Försöksperson 1

”Bredden känns väldigt mycket mindre men det är fortfarande ganska lugnt med höjden. Det börjar inte kännas obehagligt, det är mest att jag är nära väggen som påverkar litegrann. Jag söker mig mot väggen.”

Försöksperson 2

”Nu känns bredden rätt smal. Höjden känns som ingen fara. Bredden börjar bli lite smal.”

Försök E – 0,75 meter

Försöksperson 1

”Nu är det väldigt mycket tightare och jag känner att hastigheten måste sänkas avsevärt för att jag ska kunna hålla mig på rätt linje. Jag kör väldigt nära väggen. Min arm tar emot väggen hela tiden. Det är för att jag är rädd för kanten. Jag känner fortfarande inte av höjden utan det är just att det är en kant. Höjden spelar ingen som helst roll hittills utan det är mest det faktum att det är just en kant och att det är en smal plattform.”

Försöksperson 2

”Nu börjar det bli ordentligt smalt. Höjden är fortfarande inga problem men bredden är... lite marginal hade varit skönt. Jag försöker att hålla mig i mitten än så länge. Höjden spelar ingen roll känns det som.”

BILAGA F.

FÖRSÖKSPLAN

I bilagan beskrivs hur försöken utfördes i kronologisk ordning.

Personal

I tabell F.1 illustreras vilka uppgifter och ansvarsområden de olika funktionärerna har.

Tabell F.1. Funktionärernas uppgifter i försöken.

Befattning	Uppgift
Övningsledare 1	– Presenterar undersökningen för försökspersonerna – Ser till att försökspersonerna skriver under sina enkäter – Serverar fika till försökspersonerna och funktionärer
Övningsledare 2	– Samordnar alla funktionärer – Leder försökspersonerna under försöken – Samlar in tabeller, rekvisita och enkäter efter försöken
Sjukvårdsansvarig	– Ansvarar för personer som eventuellt skadas i försöken
Väggansvariga	– Flyttar väggarna mellan försöken, – sköter skyltarna
Alkometeransvarig /Övningsledare 3	– Kontrollerar att försökspersonernas alkoholhalt ej överstiger 0,3 promille – Hjälper övningsledare 1
Byggnadsansvarig /Kameraansvarig	– Lagar trasigheter i riggen. Hjälper till om det kärvar med mera. – Slår av och på kameror
Rullstolsförare 1	– försöksperson i första försöksserien
Rullstolsförare 2	– försöksperson i första försöksserien
Medföljarintervjuare	– Intervjuar försökspersonerna i första försöksserien
Ljusmätaransvarig	– Mäter infallande ljus på plattformsgolvet direkt efter varje försök

Körschema, försöksserie 1

I körschemat för försöksserie 1 visas ungefärliga tider för försök och aktiviteter.

15.00	Uppstart, Förberedelser.
17.00	Funktionärerna anländer.
	<u>Övningsledare 1:</u> Presenterar arbetet. Bjuder funktionärerna på fika.

Övningsledare 2: Informerar och instruerar funktionärerna i sina respektive uppgifter. Delar ut rekvisita. Placerar rullstolsburen 1 och 2 direkt i varsin rullstol för att de ska erhålla viss körvana innan försöken påbörjas.

18.20 Övningsledare 2: Blåser i visselpipan. Meddelar att det är 10 minuter till försöksstart. Ber kameraasvarig att sätta på kamerorna.

18.25 Övningsledare 2: Blåser i visselpipan. Meddelar att det är 5 minuter till försöksstart. Ber funktionärerna att ställa sig på sina startplaceringar.

18.30 **FÖRSÖKSSERIE 1**

Innan försök A: (Klockan 18.15)

Övningsledare 2: Ger de rullstolsburna personerna varsin enkät och ber dem fylla i ett samtycke till medverkan i försöken.

Försök A: 1,35 meters bredd.

Övningsledare 2: Sätter igång försök A genom att blåsa i en visselpipa.

Ljussmätaransvarig: Släcker lamporna i taket då övningsledare 2 ger signal om detta.

Rullstolsburen person 1: Sätter igång inspelningsutrustning (kontrollerar även att den börjar spela in) och talar in: "*Försök A, rullstolsburen person 1, plattformsbredd 1,35 meter*". Därefter placerar den rullstolsburne mikrofonen i knäet och påbörjar försöket. Under hela försöket ska den rullstolsburne försöka att högt formulera hur situationen på plattformen upplevs, dels med avseende på plattformens bredd men även på hur höjden på plattformen upplevs.

Medföljarintervjuare: Går bakom rullstolsburen person 1 utan att försöka påverka förflyttningshastigheten. Frågar följdfrågor på vad rullstolsburen person 1 uttrycker, för att få den rullstolsburne att hela tiden prata. Exempel på följdfrågor kan vara:

- Hur menar du?
- Kan du berätta mer?
- Är det något mer du vill tillägga?

I detta försök kan det exempelvis röra sig om att den rullstolsburne tycker att höjden eller bredden är obehaglig och säger "Detta känns läskigt". Fråga då VAD det är som är obehagligt och VARFÖR.

Rullstolsburen person 2: sätter igång inspelningsutrustning och talar in: "*Försök A, rullstolsburen person 2, plattformsbredd 1,35 meter*". Därefter följer samma förfarande som för rullstolsburen person 1.

Medföljarintervjuare: Se ovan.

Ljusmätaransvarig: Ställer in ljusmätaren på ”lux” och mäter ljuset på 7 mätpunkter på plattformens golv. Antecknar resultatet i luxtabell 1. Mätningarna sker direkt efter försök A.

Efter försök A:

Övningsledare 2: Ber ljusmätaransvarig tända lamporna i taket. Meddelar vilken bredd väggarna ska flyttas till.

Övningsledare 1: Ber RBP 1 och RBP 2 att fylla i första delen av enkäten.

Försök B: 1,20 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försök C: 1,05 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försök D: 0,90 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försök E: 0,75 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försöken pågår med minskad bredd till dess att de rullstolsburna säger stopp eller att rullstolen inte får plats på perrongen.

Efter försök E:

Övningsledare 2: Samlar in luxtabell 1, enkäterna och ljudinspelningsutrustningen. Ber kameraansvarig stänga av kamerorna. Beordrar väggflyttning till 0,60 meters bredd. Delar ut luxtabell 2.

Ljusmätaransvarig: Mäter efter sista försöket och lämnar därefter ifyllt luxtabell 1 till övningsledare 2.

Körschema försöksserie 2

I körschemat för försöksserie 2 visas ungefärliga tider för försök och aktiviteter.

20.00 Alkometeransvarig: Alkometrarna sätts igång 10 minuter innan mätning. För att kunna testa försökspersonernas berusningsgrad får de ej ha druckit alkohol inom den närmaste kvarten. Notera tidpunkt för mätning. Försökspersonerna ska ha en berusningsgrad <0,3 promille för att få delta i försöken.

20.30 Försökspersonerna anländer.

Övningsledare 1 och 2: presenterar sig.

Övningsledare 1: informerar kort om försöket. Delar ut enkäter

och pennor. Informerar om att försökspersonerna skall fylla i ett medgivande till medverkan och att de som ej samtycker till medverkan skall anmäla sig till den enkätansvarige.

Byggnadsansvarig: kontrollerar att försökslokalen är redo för försök 1.

21.00

FÖRSÖKSSERIE 2

Innan försök 1:

Övningsledare 2: Samlar försökspersoner vid trappan upp till plattformen. Meddelar ljusmätaransvarig att lamporna i taket ska släckas.

Ljusmätaransvarig: Släcker lamporna i taket.

Övningsledare 2: Sätter igång försök 1 genom att blåsa i en visselpipa.

Väggansvariga: Håller en lapp med försöksnummer och en med kameranummer till visselpipan ljuder. Då drar de undan lapparna samtidigt.

Försök 1: 0,60 meters bredd

Övningsledare 2: Samlar upp försökspersonerna mellan varje varv. Låter dem gå fem varv. Skickar därefter dem vidare till övningsledare 1.

Efter försök 1:

Ljusmätaransvarig: Tänder lamporna i taket.

Övningsledare 1 och 3: Samlar upp försökspersonerna och ber dem fylla i de första frågorna i enkäten.

Övningsledare 2: Meddelar vilken bredd som väggansvariga ska flytta väggen till.

Väggansvariga: Flyttar väggen till angiven bredd (0,75 meter).

Ljusmätaransvarig: Släcker lamporna i taket när väggen flyttats.

Ljusmätaransvarig: Mäter ljuset på cirka 10 olika ställen på riggens golv när lamporna i taket släckts. Antecknar resultatet i luxtabell 2.

Försök 2: 0,75 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försök 3: 0,90 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försök 4: 1,05 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i

försök 1.

Försök 5: 1,20 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Försök 6: 1,35 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1.

Innan försök 7:

Samma tillvägagångssätt som innan försök 1 men med ett tillägg:

Rullstolsburen person 1 och 2: gör sig redo.

Försök 7: 1,35 meters bredd. Samma tillvägagångssätt som i försök 1 men med rullstolsburna personer.

Rullstolsburen person 1: Placerar sig på plattformen. Väntar till alla gående försökspersoner kommit upp för trappan innan iväggkörning på rampen. Parkerar på vid rampens slut, för att inte vara i vägen för de gående personerna som tar sig ner för trappan. Bär ner sin rullstol efter att alla gått förbi och tar sig därefter med rullstol till startpunkten för att invänta de gående personernas varv nummer tre.

Rullstolsburen person 2: Inväntar nedanför trapporna till dess att alla gående personer kommit upp på plattformen innan personen placerar sig uppe på rampen för att invänta nästa varv.

22.30

Efter alla försök:

Enkätansvarig: Samlar in alla enkäter.

Kameraansvarig: Stänger av kamerorna och tar ur banden och kontrollerar att de är märkta med rätt kameranummer.

Ljusbildningsansvarig: Mäter ljuset när taklamporna är släckta, antecknar det och ger därefter luxtabell 2 och luxmätare till övningsledare 2.

Väggansvariga: Flyttar väggen till 0,85 meters bredd

Övningsledare 1: Ser till att alla försökspersoner har fått fika och att funktionärerna antecknas för att kunna belönas med biobiljetter.

Körschema, försöksserie 3

I körschemat för försöksserie 3 visas ungefärliga tider för försök och aktiviteter.

12.00 Övningsledare 1: Välkomnar försökspersonerna. Presenterar arbetet.

Byggnadsansvarig: Slår på kamerorna.

12.05 Övningsledare 2: Instruerar försökspersonerna hur de ska gå upp och nedför gång-banans trappor och hur många varv på varje försök.

- 12.10 **FÖRSÖKSSERIE 3**
- Försök I:**
Övningsledare 2: Samlar upp försökspersonerna inför varje nytt varv.
- 12.15 **Efter försök I:**
Övningsledare 1: Ser till att försökspersonerna fyller i sina enkäter.
- Övningsledare 2: Mäter infallande ljus.
- Byggnadsansvarig: Skruvar av ledstången.
- 12.20 **Försök II:**
Övningsledare 2: Samlar upp försökspersonerna inför varje nytt varv.
- 12.25 **Efter försök II:**
Övningsledare 1: Ser till att försökspersonerna fyller i sina enkäter.
- Övningsledare 2: Mäter infallande ljus.
- Byggnadsansvarig: Tar bort listen.
- 12.30 **FÖRSÖK III:**
Övningsledare 2: samlar upp försökspersonerna inför varje nytt varv.
- 12.35 **Efter försök III:**
Övningsledare 2: Mäter infallande ljus.
Övningsledare 1: Ser till att försökspersonerna fyller i sina enkäter. Samlar in enkäterna. Bjuder på lunch och tackar för medverkan.
Byggnadsansvarig: Stänger av kamerorna.

BILAGA G.

HUR KÖBILDNING PÅVERKAR GÅNGHASTIGHETEN

I avsnitt 3.4.1 beskrivs hur persontätheten påverkar gånghastigheten hos en försökspopulation. I en del av försöken i denna rapport har kö bildats vid kamera 6 och 7, på grund av köbildning vid trappan ner från gångbanan. Mätningar har gjorts för att se om den lokala ökningen i persontäthet vid kön påverkar den globala och därmed också resultaten för försökspersonernas gånghastighet. Mätningarna har utförts i försök 2, varv 5.

I diagram G.1 visas resultatet av mätningarna, som persontäthet som funktion av tiden. I den undre linjen har mätningar utförts mellan kamera 1 och 5, medan den övre linjen visar mätningar gjorda mellan kamera 1 och 7. Av diagram G.1 framgår, att den globala persontätheten på gångbanan ökar om köbildning räknas med i försöken. Den undre linjen medger en mer konstant persontäthet i tidsintervallet mellan 20 och 50 sekunder än vad den övre linjen gör. Även detta antas bero på skillnaden kö – icke-kö.

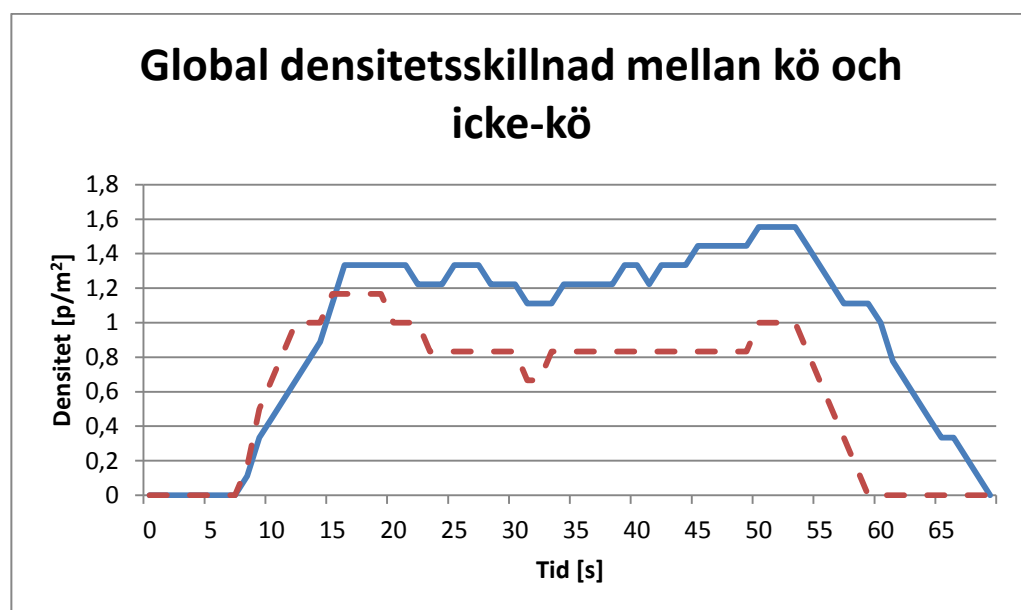


Diagram G.1. Persontäthet då det är köbildning (heldragen linje) och då det inte är det (streckad linje).

Slutsatsen av dessa mätningar är att köbildning påverkar resultaten för såväl persontäthet som gånghastighet. Därför väljer rapportens författare att utföra mätningar för persontäthet på varje varv vid tidpunkten då första person når 13-metersstrecket, innan kö bildats. Vidare mäts gånghastigheter mellan kamera 1 och 5. I de varv där kö bildas vid kamera 5, tas ej hastighetsmätningar för de köande personerna.

BILAGA H.

GÅNGHASTIGHETER I FÖRSÖKSSERIE 2

I bilagan presenteras varje enskild persons gånghastighet i försök 1-7. På en del bredder (vissa varv) har kö bildats även vid kamera 5. Då kö har bedömts uppkomma, har de köande personernas hastigheter ej tagits med i tabellerna.

Försök 1

I tabell H.1 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell H.2 presenteras varje försökspersons gånghastighet, utom i de fall där det bildats kö.

Tabell H.1. Sammanställning av gånghastigheter i försök 1.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,40
Median	1,33
Min	0,86
Max	2,86
Q1	1,25
Q3	1,465
5:e percentil	1,11
95:e percentil	1,886

Tabell H.2. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 1.

Försöksperson	Hastighet [m/s]		
	Varv 1	Varv 2	Varv 3
1	1,25	1,25	1,22
2	1,22	1,25	1,20
3	1,22	1,28	1,20
4	1,28	1,33	0,97
5	1,28	1,30	1,22
6	1,36	1,28	1,25
7	1,40	1,30	1,58
8	1,36	1,40	1,71
9	1,40	1,71	1,67
10	1,36	1,30	1,28
11	1,33	1,30	1,25
12	1,30	1,22	1,22
13	1,40	1,36	1,25
14	1,40	1,33	1,22
15	1,33	1,33	1,28

Tabell H.2 forts.			
Försöksperson	Hastighet [m/s]		
	Varv 1	Varv 2	Varv 3
16	1,40	1,58	1,28
17	1,33	1,46	1,25
18	1,36	1,71	1,22
19	1,36	1,40	1,22
20	1,36	1,50	1,22
21	1,43	1,36	1,18
22	1,36	1,43	1,15
23	1,36	1,33	kö
24	1,28	1,36	kö
25	1,20	1,25	kö
26	1,22	1,09	kö
27	1,18	1,28	kö
28	1,13	1,30	kö
29	1,25	1,33	kö
30	1,18	1,36	kö
31	1,15	1,22	kö
32	0,86	1,33	kö
33	1,11	1,43	kö
34	1,03	1,94	kö
35	1,11	1,76	kö
36	1,43	1,43	kö
37	1,88	1,50	kö
38	1,88	1,82	kö
39	1,88	1,58	kö
40	1,54	1,76	kö
41	1,94	1,88	kö
42	1,94	2,86	kö
43	2,14	1,94	kö
44	1,62	1,58	kö
45	1,67	1,76	kö
46	1,67	1,40	kö
47	1,43	1,40	kö
48	1,33	1,40	kö

Försök 2

I tabell H.3 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell H.4 presenteras varje försökspersons gånghastighet, utom i de fall där det bildats kö.

Tabell H.3. Sammanställning av gånghastigheter i försök 2.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,34
Median	1,33
Min	0,86
Max	1,82
Q1	1,23
Q3	1,43
5:e percentil	1,07
95:e percentil	1,74

Tabell H.4. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 2.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,33	1,19	1,29	1,33	1,31
2	1,33	1,21	1,29	1,38	1,31
3	1,38	1,23	1,38	1,36	1,29
4	1,27	1,21	1,43	1,45	1,40
5	1,29	1,27	1,45	1,43	1,40
6	1,29	1,25	1,48	1,40	1,38
7	1,29	1,25	1,51	1,40	1,36
8	1,25	1,25	1,54	1,45	1,33
9	1,25	1,19	1,45	1,40	1,31
10	1,27	1,19	1,45	1,40	1,31
11	1,25	1,18	1,43	1,40	1,36
12	1,19	1,18	1,40	1,31	1,25
13	1,18	1,18	1,38	1,36	1,25
14	1,19	1,13	1,36	1,33	1,25
15	1,23	1,11	1,29	1,33	1,29
16	1,23	1,10	1,14	1,38	1,27
17	1,23	1,13	1,23	1,36	1,33
18	1,19	1,05	1,16	1,40	1,21
19	1,25	1,04	1,11	1,38	1,25
20	1,21	1,07	kö	1,33	1,23
21	kö	1,07	kö	1,33	1,27
22	kö	1,11	kö	1,33	1,27
23	kö	1,11	kö	1,36	1,25
24	kö	kö	kö	1,38	1,23
25	kö	kö	kö	1,43	1,33
26	kö	kö	kö	1,36	1,31

Tabell H.4 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
27	kö	kö	kö	1,48	1,31
28	kö	kö	kö	1,57	1,45
29	kö	kö	kö	1,74	1,40
30	kö	kö	kö	1,27	1,33
31	kö	kö	kö	1,40	1,36
32	kö	kö	kö	1,51	1,38
33	kö	kö	kö	1,51	1,67
34	kö	kö	kö	1,54	1,60
35	kö	kö	kö	1,54	1,70
36	kö	kö	kö	1,63	1,54
37	kö	kö	kö	1,54	1,60
38	kö	kö	kö	1,60	1,63
39	kö	kö	kö	1,48	1,74
40	kö	kö	kö	1,48	1,60
41	kö	kö	kö	1,60	1,21
42	kö	kö	kö	1,05	1,82
43	kö	kö	kö	0,99	1,82
44	kö	kö	kö	1,04	1,78
45	kö	kö	kö	1,03	1,74
46	kö	kö	kö	0,86	1,82
47	kö	kö	kö	1,07	1,74
48	kö	kö	kö	1,08	1,78

Försök 3

I tabell H.5 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell H.6 presenteras varje försökspersons gånghastighet, utom i de fall där det bildats kö.

Tabell H.5. Sammanställning av gånghastigheter i försök 3.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,40
Median	1,38
Min	0,54
Max	2,42
Q1	1,25
Q3	1,48
5:e percentil	1,05
95:e percentil	1,778

Tabell H.6. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 3.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,31	1,40	1,67	1,82	1,38
2	1,31	1,43	1,74	1,82	1,40
3	1,23	1,38	1,57	1,82	1,40
4	1,25	1,38	1,70	1,90	1,31
5	1,27	1,45	1,70	1,90	1,43
6	1,25	1,45	1,57	1,78	1,40
7	1,33	1,38	1,60	1,70	1,60
8	1,31	1,43	1,63	1,86	1,60
9	1,36	1,38	1,43	1,57	1,54
10	1,27	1,40	1,45	1,54	1,67
11	1,27	1,40	1,40	1,57	1,60
12	1,27	1,33	1,45	1,57	1,60
13	1,25	1,36	1,45	1,51	1,60
14	1,33	1,38	1,45	1,57	1,60
15	1,23	1,38	1,43	1,54	1,67
16	1,25	1,38	1,45	1,63	1,60
17	1,27	1,29	1,51	1,57	1,63
18	1,21	1,31	1,57	1,51	1,60
19	1,23	1,21	1,40	1,70	1,60
20	1,23	1,25	1,45	1,67	1,67
21	1,19	1,29	1,40	1,38	1,70
22	1,19	1,43	1,48	1,51	1,67
23	1,19	1,40	1,43	1,63	1,45
24	1,23	1,23	1,48	1,45	1,48
25	1,23	1,45	1,45	1,48	1,48
26	1,14	1,48	1,45	1,43	1,54
27	1,21	1,33	1,43	1,31	1,25
28	1,19	1,45	1,40	1,45	1,48
29	1,23	1,38	1,33	1,45	1,43
30	1,19	1,43	1,29	1,43	1,40
31	1,19	1,45	1,86	1,40	1,19
32	1,16	1,33	1,95	1,36	1,21
33	1,19	1,43	1,67	1,36	1,16
34	1,40	1,23	1,82	1,36	1,19
35	1,05	1,23	2,29	1,36	1,43
36	1,03	1,13	1,38	1,40	0,54
37	1,05	1,21	2,42	1,27	1,14
38	1,05	1,23	1,48	1,33	1,19
39	1,05	1,23	1,36	1,25	1,18
40	kö	1,31	1,54	1,31	1,21
41	kö	1,21	1,31	1,23	1,14

Tabell H.6 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
42	kö	1,29	1,36	1,29	1,21
43	kö	1,14	1,43	1,40	1,19
44	kö	1,16	1,31	1,31	1,18
45	kö	1,07	1,38	1,29	1,18
46	kö	1,16	1,29	1,38	1,27
47	kö	1,18	1,40	1,45	1,25
48	kö	1,13	1,23	1,29	1,16

Försök 4

I tabell H.7 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell H.8 presenteras varje försökspersons gånghastighet.

Tabell H.7. Sammanställning av gånghastigheter i försök 4.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,53
Median	1,525
Min	1,01
Max	2,16
Q1	1,38
Q3	1,67
5:e percentil	1,209
95:e percentil	1,9025

Tabell H.8. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 4.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,54	1,57	1,48	1,86	1,67
2	1,51	1,48	1,48	2,00	1,74
3	1,48	1,54	1,43	1,74	1,67
4	1,51	1,57	1,48	2,16	1,63
5	1,51	1,57	1,51	1,6	1,70
6	1,36	1,63	1,43	1,78	1,67
7	1,40	1,43	1,43	1,95	1,70
8	1,25	1,63	1,57	2,00	1,74
9	1,23	1,67	1,78	1,82	1,60
10	1,31	1,95	1,82	2,05	1,63
11	1,25	1,60	1,70	1,63	1,60
12	1,21	1,60	1,70	1,78	1,57

Tabell H.8 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
13	1,23	1,82	1,70	1,78	1,67
14	1,21	1,60	1,74	1,86	1,60
15	1,21	1,78	1,63	1,78	1,60
16	1,23	1,45	1,78	1,86	1,60
17	1,19	1,51	1,78	2,00	1,74
18	1,25	1,51	1,45	1,95	1,54
19	1,16	1,57	1,45	2,05	1,74
20	1,27	1,43	1,48	1,90	1,70
21	1,27	1,57	1,57	2,11	1,78
22	1,19	1,57	1,48	2,00	1,63
23	1,25	1,45	1,29	1,82	1,74
24	1,23	1,63	1,43	1,90	1,86
25	1,25	1,48	1,40	1,57	1,60
26	1,31	1,74	1,82	1,63	1,70
27	1,31	1,43	1,90	1,60	1,54
28	1,14	1,57	1,74	1,57	1,57
29	1,27	1,31	1,67	1,60	1,63
30	1,21	1,48	1,86	1,60	1,57
31	1,19	1,45	1,78	1,48	1,67
32	1,31	1,54	1,95	1,48	1,48
33	1,33	1,40	1,90	1,48	1,54
34	1,29	1,33	1,54	1,51	1,67
35	1,40	1,45	1,54	1,43	1,54
36	1,38	1,33	1,54	1,45	1,36
37	1,29	1,38	1,48	1,48	1,60
38	1,33	1,48	1,57	1,48	1,60
39	1,29	1,36	1,48	1,45	1,54
40	1,36	1,51	1,57	1,43	1,43
41	1,18	1,67	1,43	1,43	1,40
42	1,25	1,60	1,23	1,43	1,38
43	1,19	1,67	1,27	1,43	1,31
44	1,10	1,54	1,21	1,51	1,31
45	1,16	1,60	1,36	1,40	1,38
46	1,23	1,78	1,23	1,40	1,40
47	1,18	1,67	1,18	1,38	1,51
48	1,01	1,78	1,23	1,40	1,38

Försök 5

I tabell H.9 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell H.10 presenteras varje försökspersons gånghastighet.

Tabell H.9. Sammanställning av gånghastigheter i försök 5.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,61
Median	1,60
Min	1,08
Max	2,50
Q1	1,48
Q3	1,70
5:e percentil	1,292
95:e percentil	1,95

Tabell H.10. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 5.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,63	1,67	1,45	1,38	1,54
2	1,67	1,70	1,51	1,43	1,63
3	1,57	1,67	1,45	1,43	1,57
4	1,67	1,63	1,43	1,33	1,51
5	1,6	1,70	1,51	1,36	1,57
6	1,63	1,63	1,51	1,36	1,54
7	1,63	1,67	1,63	1,45	1,54
8	1,60	1,60	1,54	1,78	1,67
9	1,82	1,40	1,57	1,74	2,29
10	1,82	1,40	1,38	1,82	2,35
11	1,74	1,38	1,82	1,67	2,05
12	1,82	1,43	1,48	1,86	2,29
13	1,74	1,40	1,60	1,95	2,50
14	1,74	1,43	1,48	1,74	2,22
15	2,00	1,40	1,63	1,90	2,29
16	1,78	1,48	1,14	1,78	2,16
17	1,57	1,57	1,33	1,90	1,48
18	1,63	1,48	1,08	1,74	1,51
19	1,74	1,67	1,19	1,67	1,51
20	1,43	1,51	1,10	1,78	1,45
21	1,54	1,54	1,08	1,74	1,48
22	1,57	1,60	1,23	1,74	1,51
23	2,00	1,54	1,18	2,00	1,54
24	1,63	1,63	1,63	1,54	1,40
25	1,74	1,70	1,63	1,60	1,82
26	1,74	1,70	1,67	1,60	1,78

Tabell H.10 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
27	1,63	1,48	1,63	1,63	1,78
28	1,78	1,70	1,78	1,51	1,78
29	1,70	1,70	1,57	1,57	1,90
30	1,74	1,70	1,54	1,48	1,67
31	1,86	1,86	1,70	1,48	1,78
32	1,74	1,67	1,54	1,43	1,74
33	1,95	1,74	1,60	1,36	1,54
34	1,60	1,54	1,40	1,29	1,60
35	1,40	1,60	1,40	1,40	1,45
36	1,63	1,60	1,57	1,40	1,60
37	1,57	1,78	1,60	1,67	1,45
38	1,60	1,70	1,51	1,40	1,51
39	1,60	1,57	1,63	1,48	1,54
40	1,63	1,57	1,40	1,33	1,57
41	1,67	1,63	1,38	1,74	1,57
42	1,70	1,63	1,43	1,82	1,57
43	1,63	1,60	1,48	1,67	1,60
44	1,60	1,43	1,48	1,70	1,54
45	1,67	1,86	1,40	1,70	1,51
46	1,67	1,43	1,45	1,82	1,67
47	1,63	1,90	1,33	1,70	1,48
48	1,63	-	-	-	-

Försök 6

I tabell H.11 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell H.12 presenteras varje försökspersons gånghastighet.

Tabell H.11. Sammanställning av gånghastigheter i försök 6.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,62
Median	1,63
Min	0,94
Max	2,42
Q1	1,51
Q3	1,72
5:e percentil	1,351
95:e percentil	1,86

Tabell H.12. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 6.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,60	1,51	1,67	1,57	1,57
2	1,63	1,54	1,78	1,63	1,54
3	1,67	1,60	1,57	1,54	1,63
4	1,63	1,48	1,70	1,60	1,45
5	1,54	1,45	1,67	1,60	1,63
6	1,67	1,57	1,74	1,57	1,51
7	1,54	1,45	1,63	1,57	1,60
8	1,54	1,51	1,74	1,45	1,54
9	1,82	1,51	1,78	1,70	1,51
10	1,86	1,70	1,78	1,54	1,48
11	1,82	1,67	1,74	1,78	1,51
12	1,82	1,70	1,86	1,67	1,51
13	1,90	1,74	1,67	1,74	1,48
14	1,67	1,70	1,67	1,74	1,45
15	1,82	1,67	1,74	1,60	1,54
16	0,94	1,78	1,82	1,67	1,57
17	1,78	1,74	1,63	1,48	1,45
18	1,78	1,67	1,60	1,51	1,51
19	1,78	1,70	1,60	1,40	1,38
20	1,90	1,63	1,60	1,43	1,48
21	1,74	1,70	1,57	1,45	1,43
22	1,78	1,63	1,78	1,54	1,40
23	1,78	1,54	1,67	1,51	1,57
24	1,86	1,67	1,60	1,43	1,43
25	1,67	1,67	1,78	1,60	1,86
26	1,86	1,54	1,78	1,67	1,86

Tabell H.12 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
27	1,67	1,60	1,74	1,60	1,45
28	1,57	1,51	1,74	1,57	1,90
29	1,54	1,54	1,78	1,60	1,86
30	1,74	1,57	1,95	1,54	1,90
31	1,60	1,48	1,74	1,67	1,86
32	1,60	1,63	1,7	1,54	1,95
33	1,74	1,48	1,74	1,67	1,45
34	1,86	1,31	1,67	1,63	1,45
35	1,57	1,31	1,74	1,57	1,43
36	1,67	1,33	1,67	1,63	1,38
37	1,90	1,29	1,74	1,63	1,36
38	1,63	1,29	1,70	1,78	1,43
39	2,42	1,23	1,74	1,67	1,63
40	1,67	1,33	1,78	1,70	1,48
41	1,74	1,43	1,63	1,45	1,51
42	1,70	1,63	1,57	1,51	1,51
43	1,95	1,54	1,70	1,48	1,63
44	1,70	1,54	1,54	1,29	1,43
45	1,90	1,67	1,33	1,48	1,23
46	1,54	1,67	1,60	1,54	1,63
47	1,31	1,63	1,60	1,40	1,48

Försök 7

I tabell H.13 har en sammanställning av hastigheterna gjorts och i tabell H.14 presenteras varje försökspersons hastighet. Den rullstolsburne framförde sin rullstol själv i första varvet. I de andra varven blev den rullstolsburne assisterad under största delen av utrymningssträckan.

Tabell H.13. Sammanställning av hastigheter i försök 7.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,16
Median	1,14
Min	0,61
Max	1,95
Q1	1,01
Q3	1,23
5:e percentil	0,92
95:e percentil	1,48

Tabell H.14. Gånghastigheter för varje enskild person i försök 7.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
Rullstolsburen	0,61	0,92	1,14	0,85	1,38
2	1,38	1,00	1,18	0,93	1,95
3	1,33	1,01	1,29	0,93	1,78
4	1,40	0,98	1,18	0,96	1,82
5	1,31	1,03	1,16	0,94	1,86
6	1,29	1,01	1,21	0,93	1,86
7	1,31	1,01	1,21	0,95	1,78
8	1,29	1,00	1,16	0,92	1,86
9	1,29	0,99	1,14	0,96	1,74
10	0,99	0,98	1,16	1,08	1,27
11	1,01	0,98	1,16	1,11	1,25
12	0,95	0,99	1,16	1,10	1,31
13	0,96	0,98	1,16	1,10	1,18
14	1,03	0,99	1,16	1,10	1,33
15	0,96	0,95	1,16	1,05	1,21
16	1,00	1,00	1,14	1,07	1,25
17	0,96	0,96	1,18	1,13	1,31
18	0,87	1,11	1,23	1,16	1,21
19	0,92	1,16	1,27	1,18	1,19
20	0,84	1,10	1,23	1,16	1,21
21	0,90	1,10	1,23	1,18	1,18
22	0,85	1,10	1,21	1,11	1,21
23	0,88	1,10	1,21	1,21	1,18
24	0,85	1,08	1,19	1,14	1,16
25	0,89	1,13	1,21	1,16	1,25
26	0,95	1,23	1,10	1,13	1,13
27	1,03	1,25	1,10	1,18	1,48
28	1,00	1,29	1,10	1,10	1,57
29	0,88	1,19	1,08	1,14	1,45
30	0,98	1,23	1,08	1,14	1,45
31	0,92	1,36	1,08	1,25	1,48
32	0,94	1,19	1,16	1,13	1,48
33	0,92	1,21	1,07	1,11	1,57
34	0,99	1,23	1,05	1,31	1,38
35	0,92	1,23	1,07	1,38	1,16
36	0,99	1,23	1,10	1,29	1,16
37	0,99	1,21	1,04	1,29	1,11
38	1,01	1,23	0,99	1,29	1,13
39	0,98	1,23	1,05	1,33	1,21
40	0,98	1,23	1,13	1,29	1,14
41	1,08	1,19	1,05	1,29	1,19

Tabell H.14 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
42	0,96	1,14	1,13	1,29	1,18
43	0,96	1,25	1,10	1,43	1,21
44	1,00	1,13	1,16	1,36	1,21
45	0,92	1,16	1,14	1,27	1,21
46	1,03	1,14	1,13	1,31	1,07
47	0,94	1,19	1,23	1,31	1,25
48	0,86	1,08	1,08	1,31	1,21

BILAGA I.

VARIANSANALYS AV HASTIGHET, FÖRSÖKSSERIE 2

En ensidig variansanalys har utförts i programmet Minitab för att testa om hastigheten ökar signifikant för varje bredd eller ej. Nollhypotesen är följande:

$$H_0: v_{0,60} = v_{0,75} = v_{0,90} = v_{1,05} = v_{1,20} = v_{1,35}$$

Mothypotesen består av ett flertal alternativ. Exempel ges nedan:

$$H_1: v_{0,60} < v_{0,75} = v_{0,90} = v_{1,05} = v_{1,20} = v_{1,35}$$

$$v_{0,60} < v_{0,75} < v_{0,90} = v_{1,05} = v_{1,20} = v_{1,35}$$

$$v_{0,60} < v_{0,75} < v_{0,90} < v_{1,05} = v_{1,20} = v_{1,35}$$

Två antaganden bör uppfyllas för en korrekt utförd variansanalys (Körner & Wahlgren, 2006):

1. Varje mätgrupp är normalfördelad.
2. Standardavvikelsen för varje grupp är ungefär lika stor.

I Minitab testas normalfördelningsöverensstämmelse och storleksskillnad på standardavvikelse. Vid normalfördelningstestet upptäcktes en del extremvärden, som tagits bort. Normalfördelning av hastigheten uppnås därefter för alla bredder utom 0,60 och 0,90 meter. I diagram I.1 presenteras resultatet av normalfördelningstestet. Som framgår av en jämförelse mellan normalfördelningskurvorna, är alla gruppernas mätvärden nära normalfördelningslinjen.

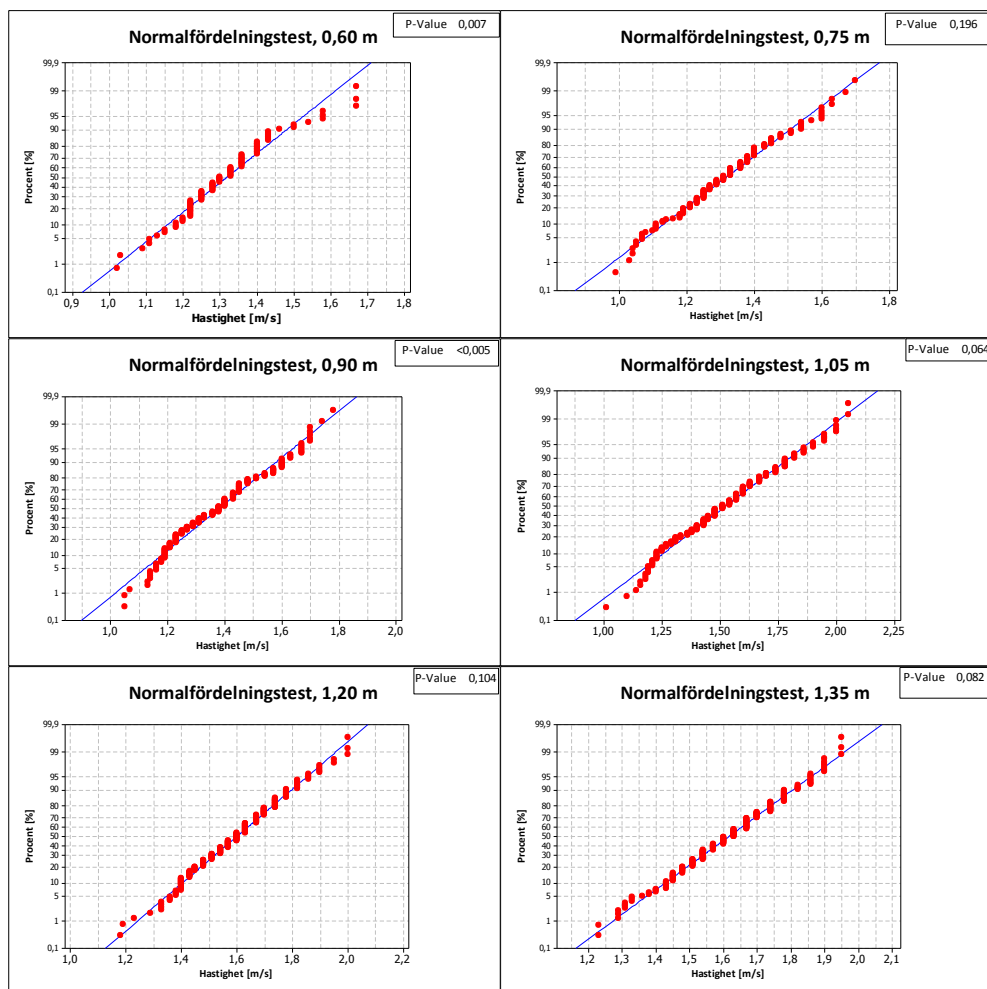


Diagram I.1. Normalfördelningstest.

I tabell I.1 presenteras alla p-värden från normalfördelningstestet. Ett p-värde över 5 % betyder att gruppens mätvärden är normalfördelade.

Tabell I.1. Normalfördelningsöverensstämmelse.

Mätgrupp (gångbanelbredd)	p-värde	Normalfördelning?
0,60 m	0,007	Nej
0,75 m	0,196	Ja
0,90 m	<0,005	Nej
1,05 m	0,064	Ja
1,20 m	0,104	Ja
1,35 m	0,082	Ja

ANOVA är ett robust test vad gäller icke-normalfördelade grupper om grupperna är stora. På grund av mätgruppernas storlek (den minsta gruppen består av $n = 98$ mätvärden, se tabell I.1) kan normalfördelning för alla grupper ändå antas.

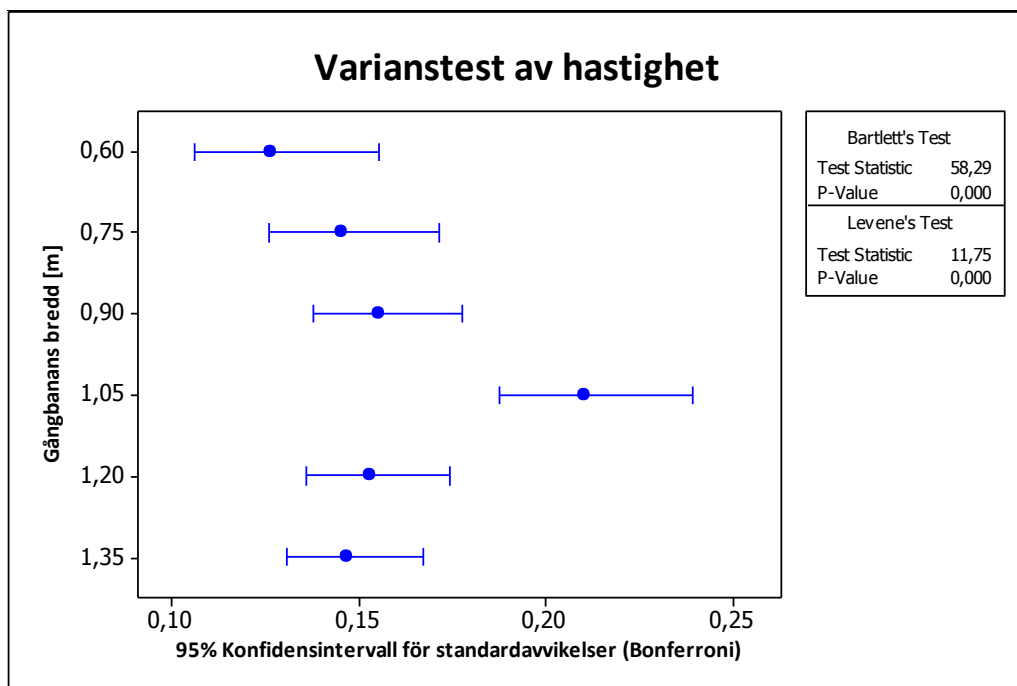


Diagram I.2. Test av homogena varianser.

Varianstestet i diagram I.2 visar att nollhypotesen om homogena varianser bör förkastas. Varianserna är signifikant olika stora. ANOVA är robust mot kravet på varianshomogenitet om mätgrupperna är lika stora. Därför används slumpvis utvalda stickprov á 98 st mätvärden i varje grupp. Normalfördelningsöverensstämmelse testas på stickproven, med samma utfall som tidigare. I tabell I.2 presenteras standardavvikelseernas storlek. En tumregel för att antagandet om lika varians ska uppfyllas, är att den största standardavvikelsen bör vara mindre än dubbelt så stor som den minsta. Av tabellen framgår att tumregeln uppfylls.

Tabell I.2. 95-procentiga konfidensintervall för förflyttningshastigheten, baserade på den sammanvägda variansen.

Bredd [m]	Antal personer [st]	Medelhastighet [m/s]	Standardavvikelse
0,60	98	1,32	0,13
0,75	98	1,31	0,13
0,90	98	1,32	0,14
1,05	98	1,42	0,19
1,20	98	1,64	0,13
1,35	98	1,64	0,15

Stickprovsstandardavvikelse (Pooled StDev): $\sqrt{MSE} = 0,147$

Då antagandena uppfylls tillräckligt väl, kan en variansanalys av medelvärden för hastigheter utföras. Resultaten från denna återfinns i tabell I.3.

Tabell I.3. Ensidig ANOVA för hastighet kontra bredd.

Variationsorsak	Kvadratsumma	Frihets- grader	Medel- kvadratsumma	F- kvot	P- värde
Bredd (B)	$SSR = 12,05$	5	$MSR = 2,41$	112,2	0,000
Residual (E)	$SSE = 12,49$	582	$MSE = 0,022$		
Totalt (T)	$SST = 24,54$	587			

P-värdet är mindre än 5 % och nollhypotesen om lika medelvärden kan förkastas. Minst ett av medelvärdena (för hastighet) skiljer sig från de övriga.

Post hoc-test

För att få reda på vilken eller vilka av gruppernas medelvärden som skiljer sig från de övriga genomförs ett *post-hoc*-test enligt Tukey. Denna metod används då den ger relativt väl överensstämmande α -värden trots att grupperna testas parvis. Tukey's test är inte konservativt i jämförelse med andra post hoc-tester. Ett konservativt test ökar risken att missa en signifikant skillnad där det i själva verket finns en.

Resultatet av de parvisa jämförelserna återfinns nedan i form av konfidensintervall. Nollhypotesen förkastas om siffran 0 inte finns med i konfidensintervallet.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Bredd

Individual confidence level = 99,55%

Bredd = 0,60 subtracted from:

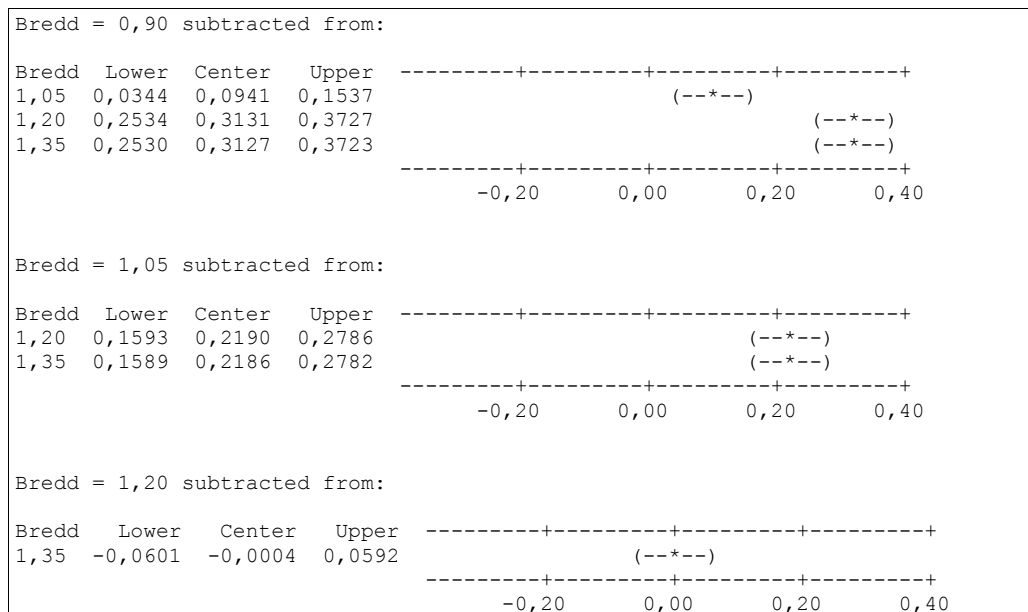
Bredd	Lower	Center	Upper	
0,75	-0,0674	-0,0078	0,0519	-----+-----+-----+-----+
0,90	-0,0541	0,0055	0,0652	(--*--)
1,05	0,0399	0,0996	0,1592	(--*--)
1,20	0,2589	0,3186	0,3782	(--*--)
1,35	0,2585	0,3182	0,3778	(--*--)

-----+-----+-----+-----+
-0,20 0,00 0,20 0,40

Bredd = 0,75 subtracted from:

Bredd	Lower	Center	Upper	
0,90	-0,0464	0,0133	0,0729	-----+-----+-----+-----+
1,05	0,0477	0,1073	0,1670	(--*--)
1,20	0,2667	0,3263	0,3860	(--*--)
1,35	0,2663	0,3259	0,3856	(--*--)

-----+-----+-----+-----+
-0,20 0,00 0,20 0,40



En signifikant skillnad mellan hastigheternas medelvärden visas mellan två av bredderna. Mellan tre av bredderna kan däremot inte nollhypotesen förkastas. Av post hoc-testet framgår, att den korrekta mothypotesen är:

$$H_1: v_{0,60} = v_{0,75} = v_{0,90} < v_{1,05} < v_{1,20} = v_{1,35}$$

Regressionsanalys

En kort regressionsanalys utförs i Minitab för att se hur väl mätvärdena korrelerar med en linjär regression, se diagram I.3.

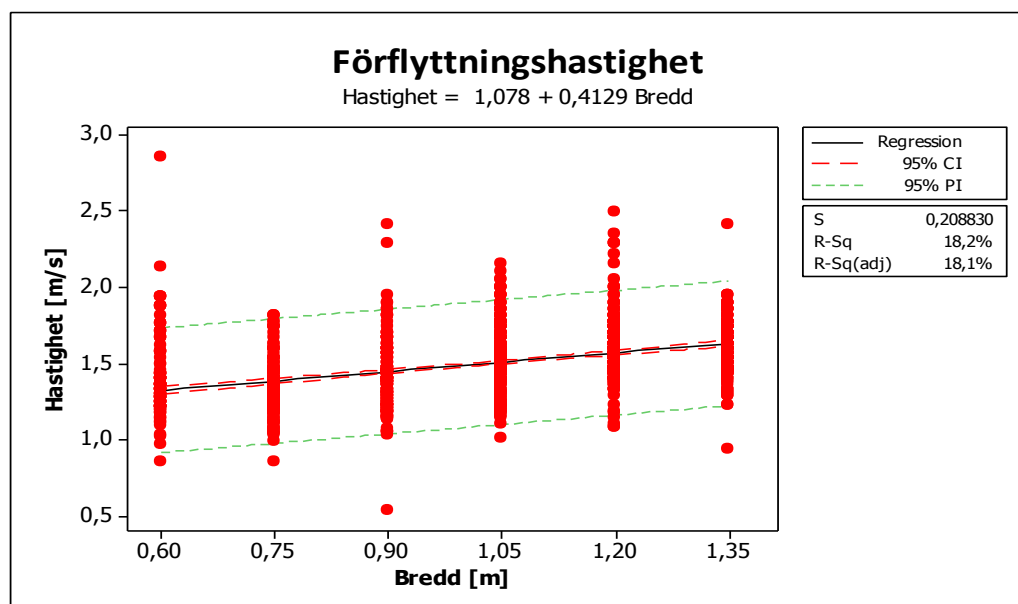


Diagram I.3. Regression av förflyttningshastighet.

Förklaringsgraden r^2 , är i detta fall 18 %. Korrelationskoefficienten r är 0,42. Båda koefficienternas värden är en indikation på att sambandet är svagt.

Slutsatsen är att förflyttningshastigheten ökar svagt med ökande bredd. Dock är hastighetsökningen inte signifikant för merparten av breddökningarna.

BILAGA J.

REGRESSIONSANALYS AV DYNAMISKT FLÖDE, FÖRSÖKSSERIE 2

Programmet Minitab har använts för att erhålla en regressionslinje (ekvation 4), en ANOVA-tablå (tabell J.1) och andra värden för sambandet mellan gångbanans bredd och flödet i försöksserie 2.

$$\text{Dynamiskt flöde} = 1,274 \cdot \text{Bredd} + 0,06948 \quad \text{Ekvation 4}$$

I ekvationen är 0,06948 (α) den punkt där regressionslinjen skär x-axeln och 1,274 (β) ger linjens lutning.

Tabell J.1. ANOVA-tablå.

Variationsorsak	Kvadratsumma	Frihetsgrader	Medelkvadratsumma
Regression (R)	$SSR = 2,71$	1	$MSR = 2,71$
Residual (E)	$SSE = 0,10$	26	$MSE = 0,0041$
Totalt (I)	$SST = 2,81$	27	

Av ANOVA-tablån framgår att den förklarade variationen SSR är stor i förhållande till den oförklarade variationen SSE . Det innebär att en stor del av den totala variationen SST kan förklaras genom regressionssambandet.

Tabell J.2. Statistiska koefficienter för sambandet.

Koefficienter	Värde
Korrelationskoefficient (r)	0,98
Determinationskoefficient (r^2)	0,96
Residualspredning (s_e)	0,064

I tabell J.2 presenteras statistiska koefficienter för sambandet. Förklaringsgraden r^2 , är i detta fall 96 %. Korrelationskoefficienten r är 0,98, alltså ett värde nära 1. Båda koefficienternas värden är en indikation på att sambandet är starkt. Residualspredningen s_e , det vill säga standardavvikelsen kring regressionslinjen, är 0,064.

Ekvation 4 kan göras om så att den blir en regressionslinje för en hel population av unga icke-funktionsnedsatta vuxna. Då antas koefficienterna i ekvationen istället vara konstanter, som kan uttryckas med hjälp av ett konfidensintervall. Ett konfidensintervall för konstanterna, med konfidensgraden 95 % erhålles från beräkningar i Minitab. För att kunna utföra detta, måste fem antaganden göras för modellen (Körner & Wahlgren, 2006):

- α - och β -värde är konstanter och varierar inte slumpmässigt.
- För varje gångbanebredd kan slumpvariabeln *flöde* anta flera olika värden. Residualen anger avvikelsen från väntevärdet för flödet. Residualerna är

alltså det som är kvar att förklara i modellen efter att det förklarade tagits bort.

- Residualerna är slumpmässigt fördelade.
- Residualernas standardavvikelse är lika stor oavsett vilket värde på bredden som åsyftas.
- Residualerna är normalfördelade för varje bredd.

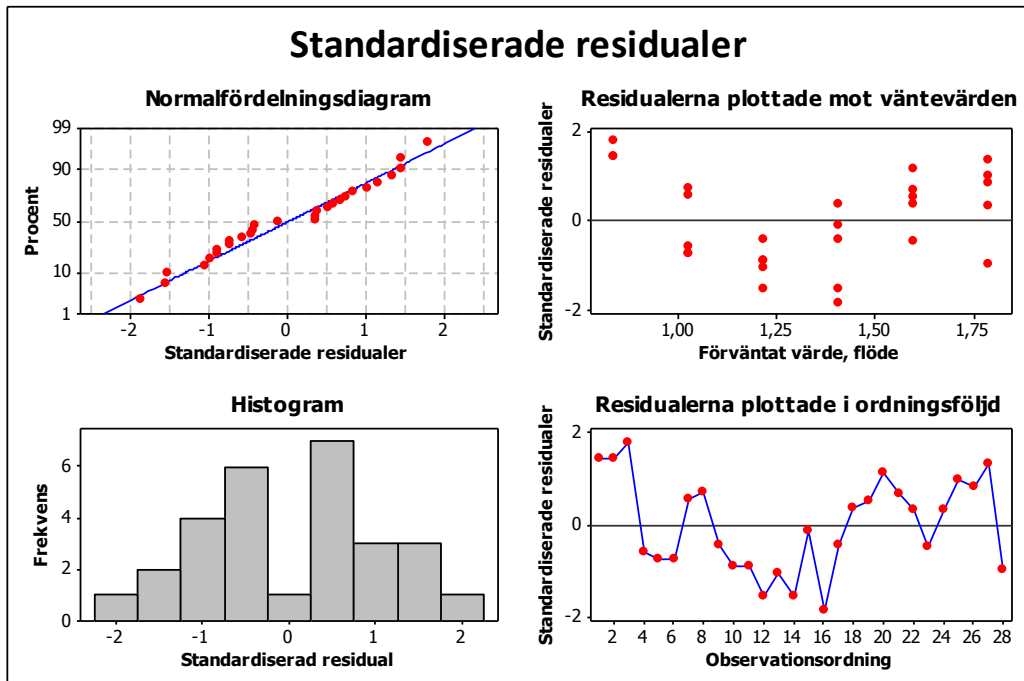


Diagram J.1. Standardiserade residualer.

I diagram J.1 presenteras hur rimliga de antaganden som gjorts för modellen är. Både normalfördelningsdiagrammet och histogrammet visar på en normalfördelningstrend hos residualerna, eftersom punkterna befinner sig i nära anslutning till linjen i normalfördelningsdiagrammet och histogrammet i stort sett har normalfördelningsform. Noterbart är dock att frekvensen av residualer vid noll är låg i histogrammet. Det kan bero på att antalet mätningar är för få. Antagandet om normalfördelning är ändå applicerbart eftersom plotten i normalfördelningsdiagrammet följer en så tydlig trend.

Diagrammet *residualerna plottade mot väntevärden* ger en inblick i hur väl antagandet om konstant standardavvikelse för residualerna stämmer. Alla residualer återfinns i intervallet mellan -2 och 2. Inget flödesvärde är således ett extremvärde. Ungefär hälften av residualerna är positiva och hälften är negativa, vilket tyder på att medelvärdet för residualerna är noll. Det framgår också av krökningen i diagrammet att det skulle kunna finnas ytterligare någon annan förklarande variabel för flödet än bredden. Krökningen kan även påvisa att väntevärdesekvationen skulle kunna förbättras genom att värden för gångbanans bredd eller flöde transformeras.

Residualerna i diagrammet *residualerna plottade i ordningsföljd* följer ett oregelbundet zick-zack-mönster. Residualerna är alltså slumpmässigt fördelade oberoende av varandra.

Då modellantaganden visat sig stämma relativt väl överens med verkligheten, beräknas med Minitab ett konfidensintervall för varje parameter i ekvation 4. Konfidensintervallet presenteras i tabell J.3 och diagram J.2.

Tabell J.3. Konstanternas konfidensintervall.

Konstanter	Konfidensintervall
α	$0,06948 \pm 0,105$
β	$1,274 \pm 0,102$

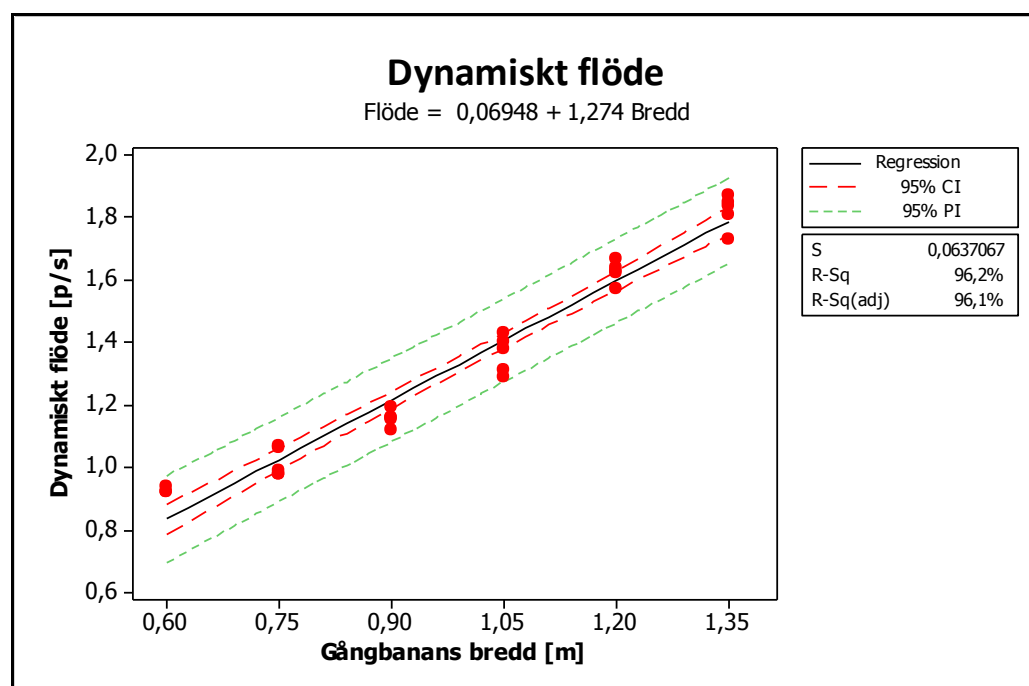


Diagram J.2. Konfidensintervall för det dynamiska flödet.

I diagram J.2 presenteras en heldragen regressionslinje, regressionens 95-procentiga konfidensintervall (95 % CI), samt ett 95-procentigt intervall för flödets faktiska värden (95 % PI). Linjerna för 95 % PI visar således inom vilket område nya flödesmätningar sannolikt hamnar.

En hypotesprövning utförs för att se om parametern β ger ett linjärt samband. Nollhypotesen i detta fall är att det inte finns något linjärt samband:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Med Minitab tas ett p-värde fram. P-värdet är sannolikheten för ett typ I-fel, det vill säga att sambandets styrka överskattats. Är p-värdet i tabell I.4 mindre än 0,05

finns ett signifikant linjärt samband mellan bredd och flöde. Även α -värdet hypotestestas på samma sätt, för att kontrollera om α är signifikant skild från noll.

Tabell J.4. P-värden.

Konstant	P-värde
$\beta = 1,274$	0,000
$\alpha = 0,069$	0,184

Av tabell J.4 framgår att det för β finns ett mycket stort stöd för mothypotesen, alltså att ett linjärt samband föreligger. Däremot är α inte signifikant skild från noll.

BILAGA K.

ENKÄTSVAR FÖRSÖKSSERIE 2

Nedan redovisas resultatet av enkätsvaren för försöksserie 2 för varje fråga/påstående. För varje påstående finns en tabell där antalet svar för de sju olika försöken, samt för respektive svarsalternativ, redovisas. Det redovisas även ett diagram för varje påstående där respektive svarsalternativ representeras med en linje. Kurvorna visar hur många procent respektive svarsalternativ representerar för försök 1-7. Ur dessa kan avläsas hur försökspersonerna ändrar sin uppfattning av påståendet med den ökande bredden på plattformen för respektive försök.

Påstående 1: Jag tyckte att höjden från plattformen ner till golvet kändes mycket obehaglig.

Tabell K.1. Enkät svar för påstående 1 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	0	0	0	0	0	0	0
Instämmer delvis	12	5	1	0	0	1	0
Tar delvis avstånd	16	16	7	4	2	0	3
Tar helt avstånd	20	27	40	44	45	46	44

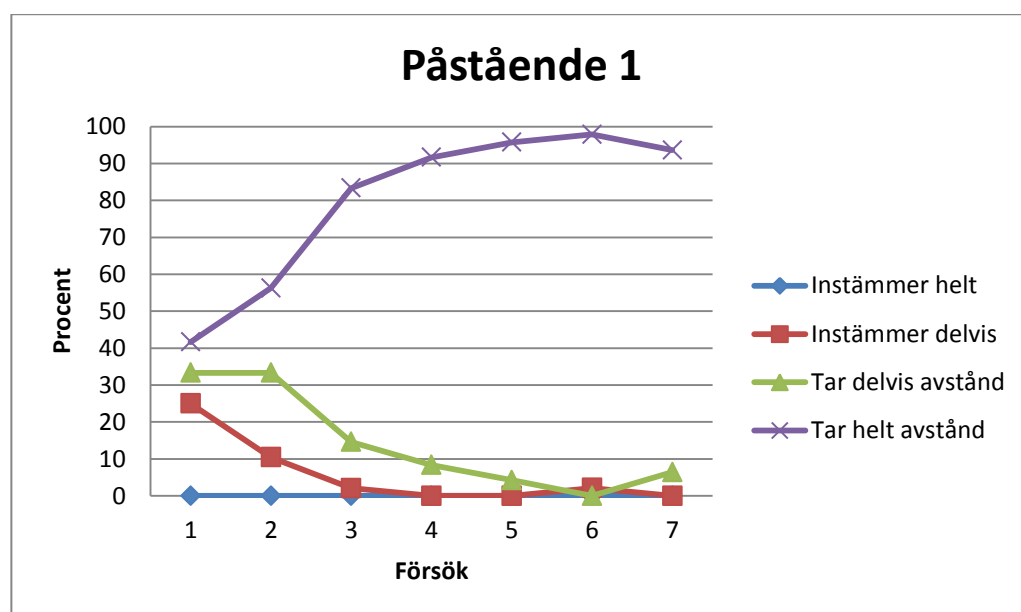


Diagram K.1. Enkät svar för påstående 1 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 2: Jag kände mig osäker eftersom jag tyckte att plattformen var smal.

Tabell K.2. Enkät svar för påstående 2 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	1	0	0	0	0	0	0
Instämmer delvis	11	0	0	0	0	0	2
Tar delvis avstånd	18	14	3	1	2	0	1
Tar helt avstånd	17	34	45	47	45	47	44

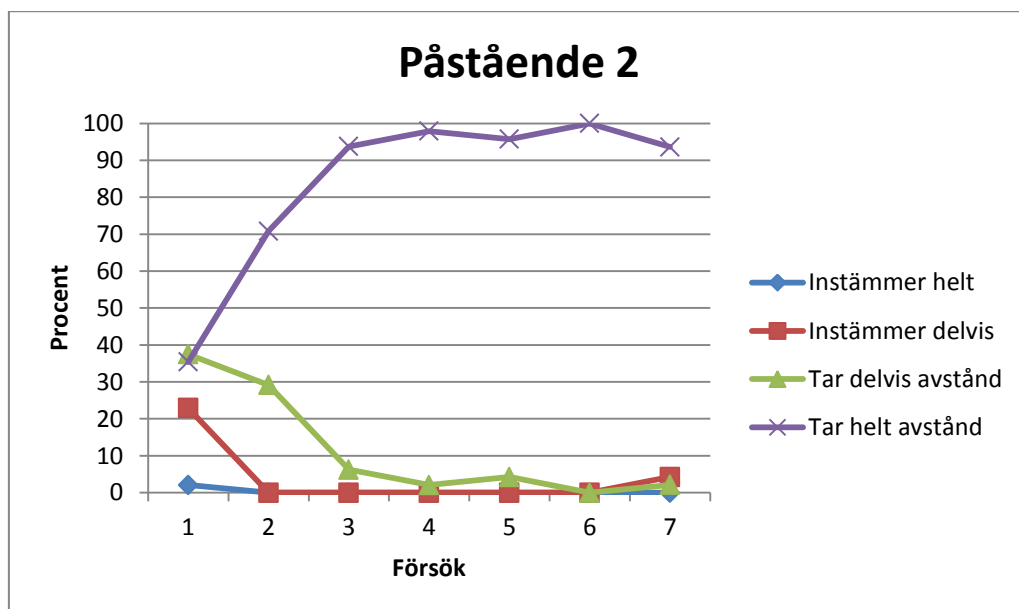


Diagram K.2. Enkät svar för påstående 2 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 3: Jag upplevde att plattformens höjd inte påverkade mig nämnvärt.

Tabell K.3. Enkät svar för påstående 3 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	16	21	30	37	41	42	42
Instämmer delvis	16	15	8	5	4	2	3
Tar delvis avstånd	10	9	7	3	0	2	0
Tar helt avstånd	6	2	3	3	2	1	2

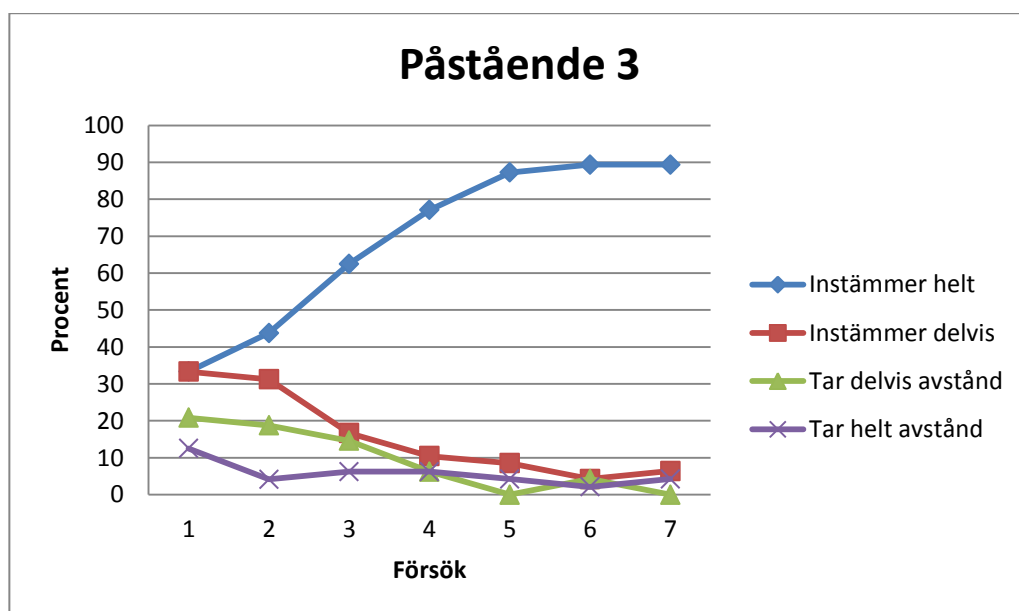


Diagram K.3. Enkät svar för påstående 3 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 4: Jag anser att plattformens bredd var fullt tillräcklig att gå på.

Tabell K.4. Enkät svar för påstående 4 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	25	41	44	44	46	46	43
Instämmer delvis	13	6	2	1	1	0	3
Tar delvis avstånd	8	0	1	1	0	1	1
Tar helt avstånd	1	1	1	2	0	0	0

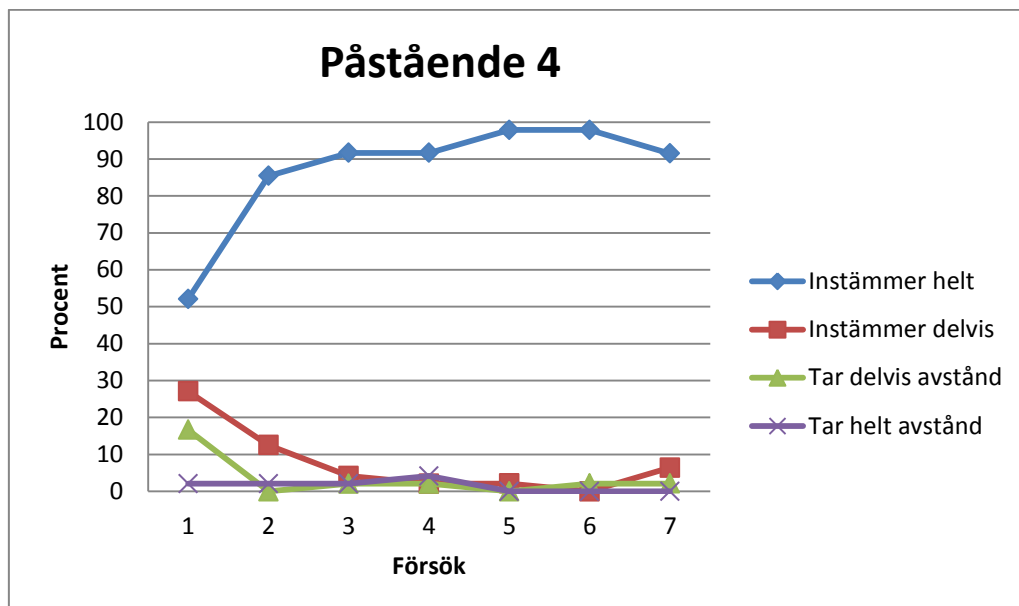


Diagram K.4. Enkät svar för påstående 4 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 5: Höjden på plattformen gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Tabell K.5. Enkät svar för påstående 5 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	7	0	1	0	0	0	1
Instämmer delvis	18	11	5	3	4	0	2
Tar delvis avstånd	13	15	10	9	2	5	3
Tar helt avstånd	10	22	32	36	41	42	41

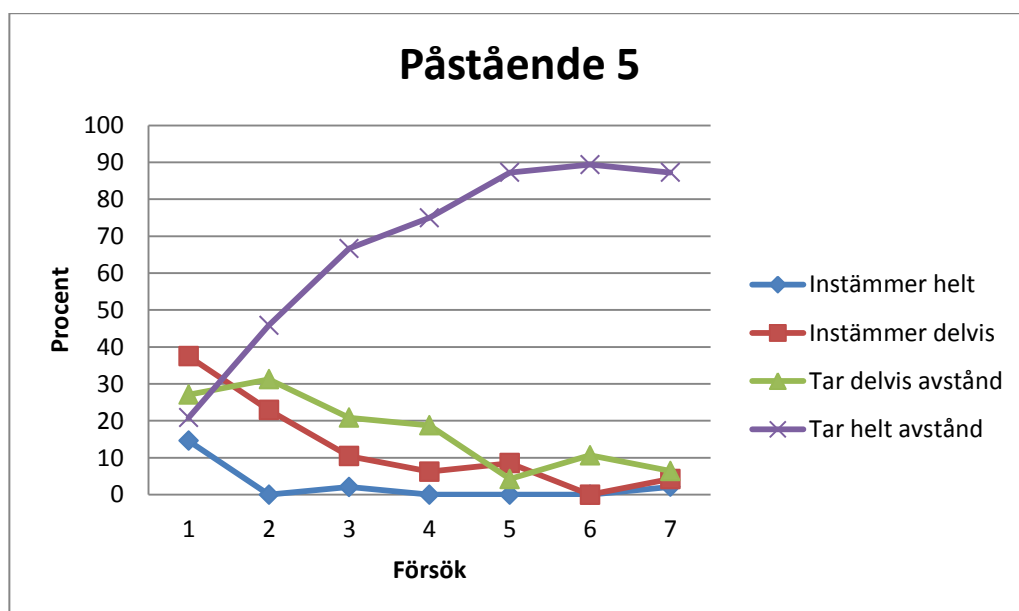


Diagram K.5. Enkät svar för påstående 5 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 6: Plattformens bredd gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Tabell K.6. Enkät svar för påstående 6 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	5	0	0	1	0	0	0
Instämmer delvis	22	4	4	2	0	1	2
Tar delvis avstånd	16	14	6	5	2	2	2
Tar helt avstånd	5	30	38	40	45	44	43

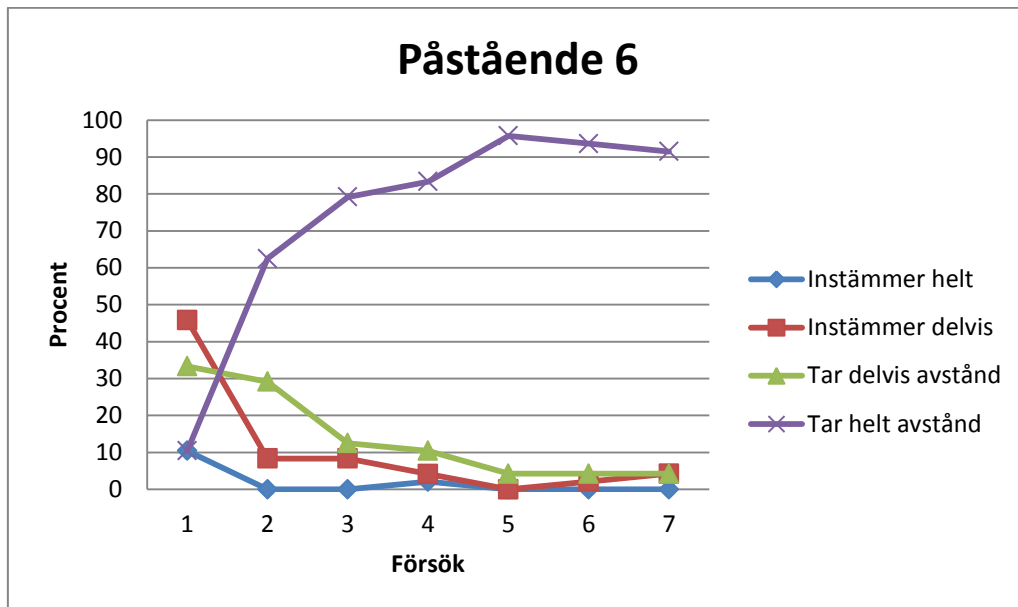


Diagram K.6. Enkät svar för påstående 6 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 7: Jag tror jag hade gått försiktigare om försöket skett i en riktig tunnel.

Tabell K.7. Enkät svar för påstående 7 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	16	6	3	5	3	4	4
Instämmer delvis	17	20	15	10	8	3	8
Tar delvis avstånd	12	15	20	13	10	12	10
Tar helt avstånd	3	7	10	20	26	28	25

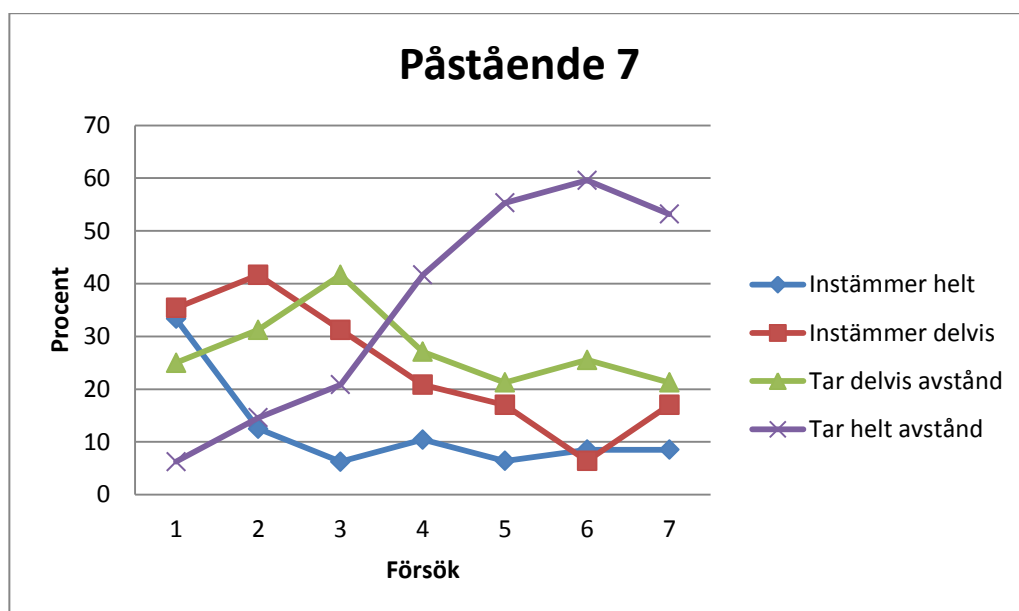


Diagram K.7. Enkät svar för påstående 7 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 8: Jag var rädd att komma till skada under försöket.

Tabell K.8. Enkät svar för påstående 8 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	0	0	0	0	1	0	2
Instämmer delvis	2	0	0	1	0	0	1
Tar delvis avstånd	10	8	1	2	1	2	1
Tar helt avstånd	36	40	47	45	45	45	43

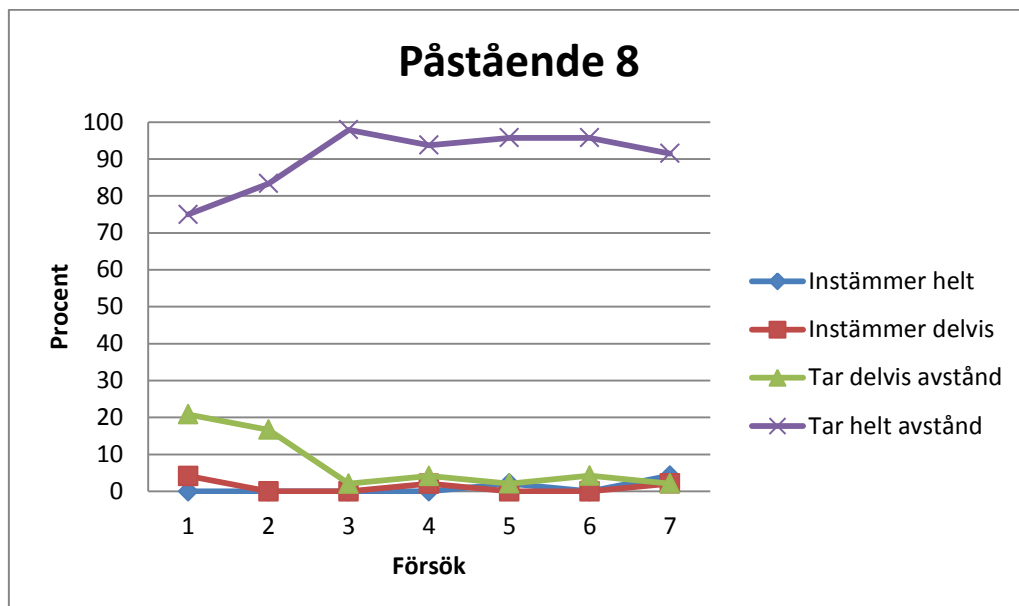


Diagram K.8. Enkät svar för påstående 8 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 9: Jag tror jag hade gått fortare om försöket varit i en riktig miljö.

Tabell K.9. Enkät svar för påstående 9 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	8	10	6	11	8	11	11
Instämmer delvis	11	15	18	9	11	9	6
Tar delvis avstånd	17	10	16	17	14	14	15
Tar helt avstånd	11	13	8	11	14	13	15

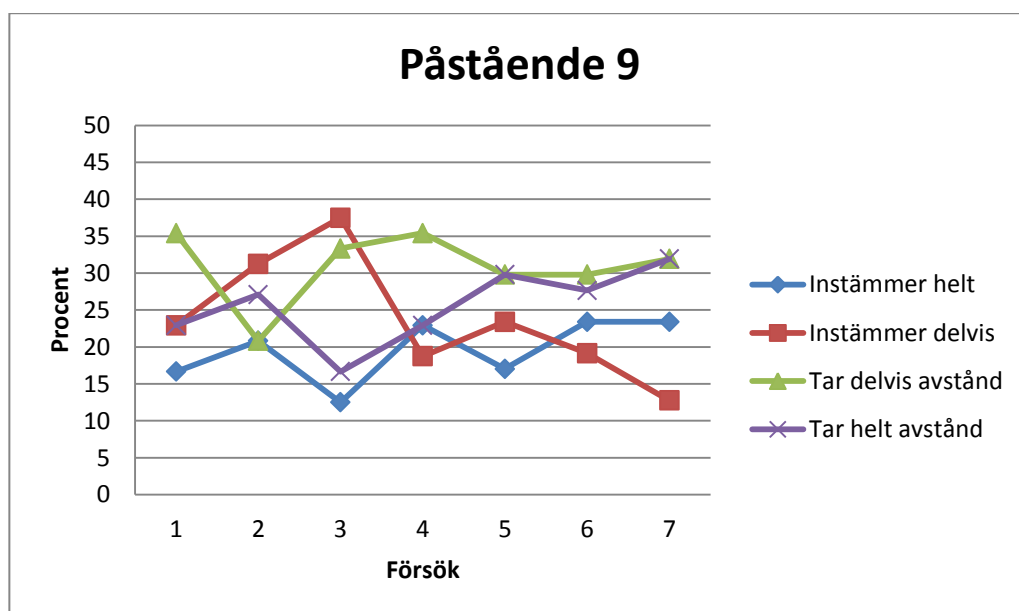


Diagram K.9. Enkät svar för påstående 9 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 10: Jag kände mig säker på att jag inte skulle ramla ner från plattformen.

Tabell K.10. Enkät svar för påstående 10 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	22	33	38	40	43	45	43
Instämmer delvis	20	12	4	5	1	1	1
Tar delvis avstånd	5	2	3	1	0	0	1
Tar helt avstånd	1	1	3	2	3	1	2

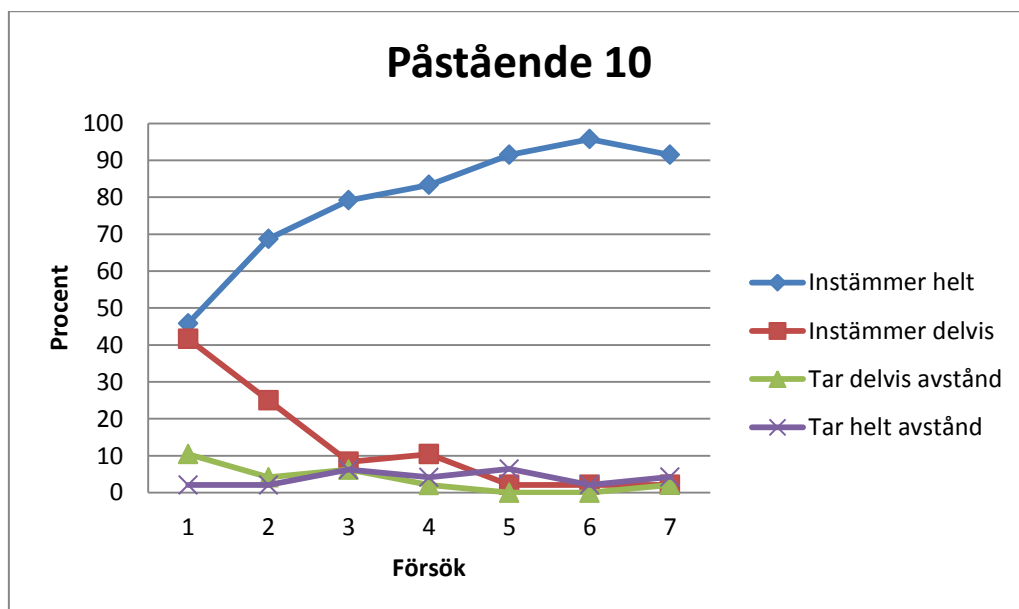


Diagram K.10. Enkät svar för påstående 10 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 11: Plattformens höjd påverkade inte min gånghastighet.

Tabell K.11. Enkät svar för påstående 11 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	13	21	29	39	39	43	43
Instämmer delvis	16	20	13	5	5	3	2
Tar delvis avstånd	12	7	6	3	1	1	1
Tar helt avstånd	7	0	0	1	2	0	1

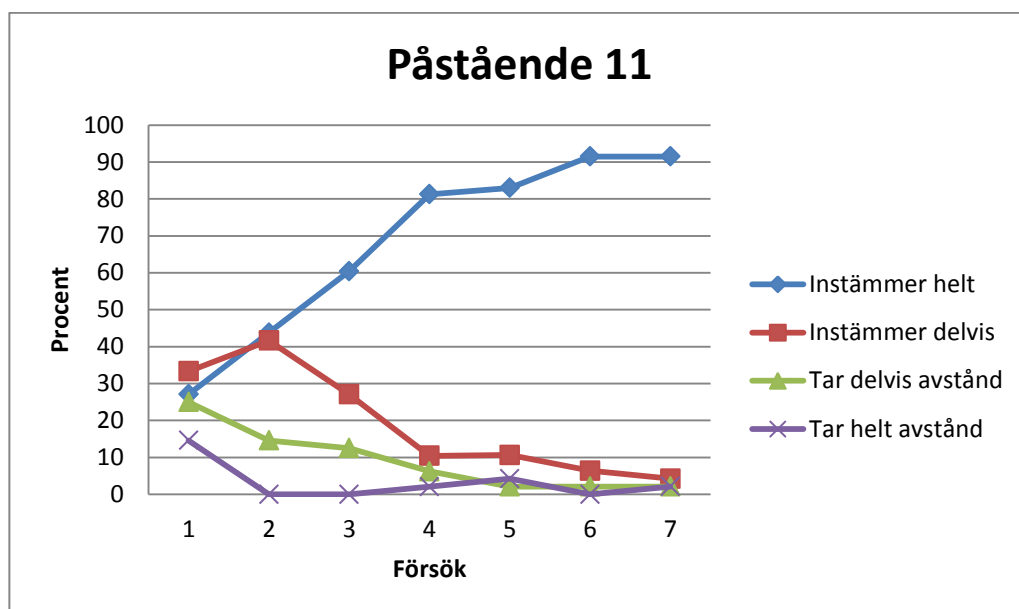


Diagram K.11. Enkät svar för påstående 11 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 12: Plattformens bredd påverkade inte min gånghastighet.

Tabell K.12. Enkät svar för påstående 12 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]						
	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6	Försök 7
Instämmer helt	9	23	33	36	44	44	42
Instämmer delvis	15	16	10	8	2	3	1
Tar delvis avstånd	17	7	5	3	0	0	2
Tar helt avstånd	7	2	0	1	1	0	2

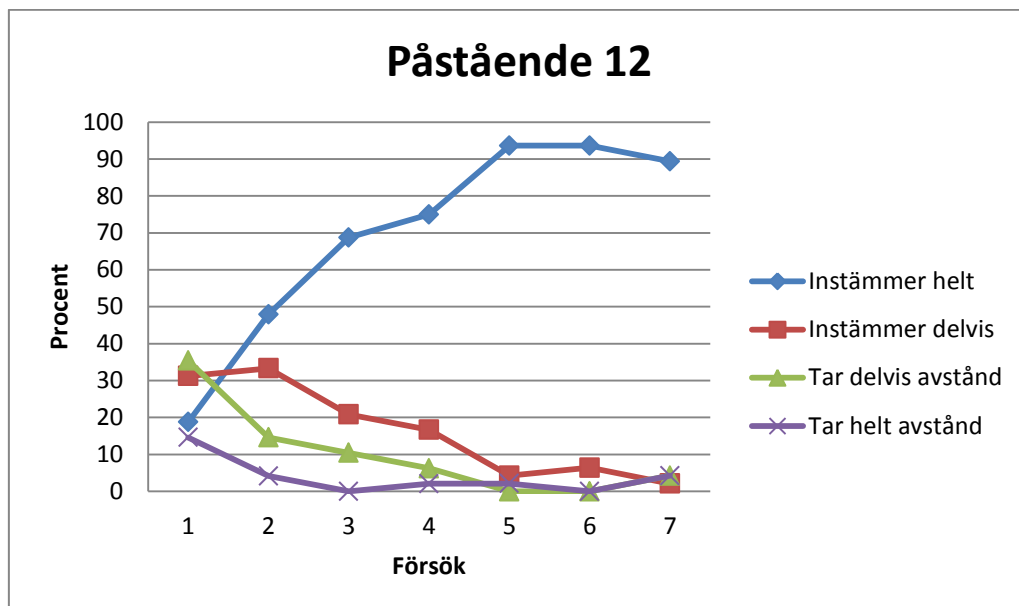


Diagram K.12. Enkät svar för påstående 12 i procent för respektive svarsalternativ.

Samtliga fritextsvar från enkäten för försöksomgång 2.

Fråga: Hur anser du att de rullstolsburna påverkade din gånghastighet i försök 7?

Svar

Inte nämnvärt, gick långt bak.
Inget. Långsammare för alla.
En flaskhals gjorde så att alla gick långsammare.
Lite långsammare.
Stoppade upp.
Saktade ner då plattformens bredd minskades, även om rullstolen blev påskjuten.
Rullstolen gjorde att jag gick långsammare.
Alla gick långsammare.
Det gick långsammare då rullstolen var långsammare än vad jag gick innan.
När de åkte själva gick de sakta men när någon puttade gick det snabbare.
För långt bak för att påverkas.
Den stannade upp folkmassan så det blev en propp.
Långsammare.
Saktade ner rätt rejält.
Något långsammare än vanligt men gick folk bara förbi när det gick så gick det ju bra.
Det innebar en markant minskning i hastighet tack vare dess bredd, antar att det gjorde folk nervösa att gå förbi.
Ska man gå förbi dem så saktar de flödet men tar man och kör dem så går det snabbare och säkrare.
Gick bra långsammare.
I början gick det långsammare.
Det blev ett lugnare tempo och det märktes att folk helst inte gick förbi rullstolen.
Bromsade upp ledet lite grann.
Långt bak och märkte ingen skillnad.
Den påverkades väldigt mycket. Drog ner hastigheten mycket.
Det sänkte hastigheten, hur mycket berodde på hur personerna bakom agerade till exempel om de hjälpte till eller om de gick bredvid.
Gick lite långsammare men det var ingen stor skillnad.
Det blev självklart trängre, ibland var man rädd för att man inte skulle komma förbi. Det gick bra när folk pötte på.
Påverkade ej då jag gick långt bak.
Inte alls, gick långt bak.
Påverkade inte, gick långt bak.
Lite långsammare.
Möjligtvis något långsammare då det blev ganska svårt att gå förbi.
Man blev osäker om man skulle hjälpa till eller bara gå om.
Ju längre bak man gick desto mindre påverkades man.
Var långt bak, tänkte inte på det.
Långsammare, hetsigare, osäkrare.
Inget alls, hade velat ha fler rullstolar, till exempel en i mitten.
Märkte ingen skillnad, långt bak.

De blockerade lite först. Folk puttade den dock fortare och fortare.

Jag ökade väsentligt, tror fokus hamnade på att komma förbi rullstolen då denna utgjorde ett hinder.

Fråga: Om du har några synpunkter kring försöken, eller om det är något i enkäten som du anser saknas, är du välkommen att lämna dina ytterligare kommentarer här:

Svar

Såg att inga okända faror fanns längs tunneln.

Vill veta hur bråttom det är.

Vande sig vid höjden, kanske varit bättre att alternera bredden så att man inte blev säkrare och säkrare.

Det kändes ljust för att det skulle vara en tunnel.

Samma person gick först varje gång och jag tror han saktade ner det lite.

Den farligaste bredden känns som den då man går två i bredd. Om man i panik försöker komma före finns det stor risk att man ramlar av.

Första person som gick kunde bytas ut för det blev lite blockering.

Kanske ett försök med smalare plattform. De sista tre kändes likadana.

Trappan bromsade väldigt mycket.

Kanske göra test med räcken och eller handtag i väggen?

Tror inte jag vågat gå lika nära kanten i en riktig tunnel där det borde vara mörkare än här. Tyckte bredden kändes helt ok redan efter andra försöket.

Variera bredden fram och tillbaka.

Om det till exempel varit grus på plattformen hade jag gått långsammare. Lamporna på väggen kändes som de satt i vägen i försök 1 då man ville gå så nära väggen som möjligt.

Lamporna var i vägen vid de smalare bredderna.

Man vande sig vid höjden. Hade velat variera bredden mellan smalt och brett, tror det hade blivit värre att gå då.

Jag tror det är farligare att ha en mellanbredd på plattformen då folk försöker gå om fast det egentligen inte rymmer.

BILAGA L.

GÅNGHASTIGHETER FÖRSÖKSSERIE 3

I bilagan presenteras varje individs gånghastighet i försök I-III.

Försök I

I tabell L.1 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell L.2 presenteras varje försökspersons gånghastighet.

Tabell L.1. Sammanställning av gånghastigheter i försök I.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,57
Median	1,54
Min	1,31
Max	2,00
Q1	1,45
Q3	1,63
5:e percentil	1,38
95:e percentil	1,9025

Tabell L.2. Gånghastigheter för varje enskild person i försök I.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,70	2,00	1,63	1,95	1,57
2	1,60	1,86	1,63	1,78	1,54
3	1,67	1,82	1,78	1,90	1,70
4	1,74	1,95	1,54	1,90	1,57
5	1,74	1,95	1,63	1,95	1,57
6	1,63	1,90	1,57	1,95	1,51
7	1,63	1,86	1,60	1,90	1,54
8	1,63	1,90	1,48	1,86	1,38
9	1,54	1,45	1,51	1,45	1,40
10	1,48	1,48	1,48	1,43	1,36
11	1,54	1,40	1,48	1,38	1,45
12	1,54	1,38	1,45	1,43	1,38
13	1,54	1,43	1,48	1,54	1,31
14	1,57	1,48	1,51	1,48	1,40
15	1,74	1,48	1,63	1,54	1,54
16	1,54	1,43	1,45	1,43	1,38
17	1,67	1,54	1,45	1,54	1,45
18	1,67	1,51	1,45	1,57	1,48
19	1,57	1,45	1,43	1,43	1,38

Tabell L.2 forts					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
20	1,57	1,70	1,45	1,38	1,43
21	1,70	1,40	1,45	1,63	1,57
22	1,54	1,60	1,45	1,48	1,38
23	1,67	1,48	1,57	1,54	1,51
24	1,67	1,45	1,38	1,54	1,40

Försök II

I tabell L.3 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell L.4 presenteras varje försökspersons gånghastighet.

Tabell L.3. Sammanställning av gånghastigheter i försök II.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,53
Median	1,54
Min	1,19
Max	1,90
Q1	1,43
Q3	1,63
5:e percentil	1,27
95:e percentil	1,74

Tabell L.4. Gånghastigheter för varje enskild person i försök II.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,54	1,60	1,43	1,78	1,70
2	1,45	1,60	1,40	1,70	1,67
3	1,54	1,60	1,43	1,74	1,67
4	1,57	1,60	1,43	1,70	1,78
5	1,45	1,63	1,38	1,70	1,70
6	1,57	1,45	1,51	1,86	1,63
7	1,51	1,67	1,43	1,74	1,78
8	1,54	1,60	1,36	1,74	1,67
9	1,54	1,45	1,63	1,63	1,67
10	1,54	1,36	1,60	1,57	1,63
11	1,45	1,40	1,57	1,60	1,67
12	1,54	1,38	1,57	1,57	1,60
13	1,43	1,43	1,57	1,63	1,70
14	1,36	1,38	1,57	1,63	1,63

Tabell L.4 forts.					
Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
15	1,33	1,43	1,67	1,60	1,67
16	1,40	1,54	1,63	1,60	1,67
17	1,43	1,27	1,48	1,90	1,54
18	1,27	1,25	1,51	1,51	1,74
19	1,38	1,25	1,48	1,57	1,54
20	1,38	1,45	1,51	1,60	1,48
21	1,36	1,29	1,45	1,48	1,51
22	1,29	1,19	1,48	1,43	1,51
23	1,27	1,27	1,51	1,54	1,51
24	1,27	1,27	1,43	1,48	1,38

Försök III

I tabell L.5 har en sammanställning av gånghastigheterna gjorts och i tabell L.6 presenteras varje försökspersons gånghastighet.

Tabell L.5. Sammanställning av gånghastigheter i försök III.

Värde	Hastighet [m/s]
Medel	1,54
Median	1,56
Min	1,10
Max	2,11
Q1	1,31
Q3	1,74
5:e percentil	1,16
95:e percentil	2,00

Tabell L.6. Gånghastigheter för varje enskild person i försök III.

Försöksperson	Hastighet [m/s]				
	Varv 1	Varv 2	Varv 3	Varv 4	Varv 5
1	1,70	1,82	1,60	1,74	1,95
2	1,78	1,82	1,57	1,70	1,86
3	1,63	1,82	1,57	1,63	2,00
4	1,63	1,74	1,54	1,70	1,90
5	1,67	1,74	1,60	1,70	1,78
6	1,67	1,86	1,51	1,70	1,90
7	1,67	1,82	1,60	1,78	1,86
8	1,63	1,70	1,57	1,48	1,86
9	1,63	1,45	1,33	1,43	2,05
10	1,70	1,40	1,33	1,48	1,90
11	1,63	1,40	1,33	1,45	2,11
12	1,54	1,45	1,21	1,45	1,95
13	1,63	1,40	1,33	1,45	2,00
14	1,60	1,38	1,29	1,45	2,05
15	1,67	1,45	1,36	1,38	2,00
16	1,60	1,45	1,31	1,14	2,00
17	1,33	1,27	1,21	1,14	1,78
18	1,31	1,25	1,23	1,21	1,86
19	1,31	1,31	1,25	1,14	1,82
20	1,33	1,27	1,25	1,14	1,60
21	1,23	1,33	1,18	1,16	1,78
22	1,36	1,23	1,25	1,16	1,78
23	1,33	1,23	1,18	1,13	1,70
24	1,27	1,25	1,21	1,10	1,67

BILAGA M.

ENKÄTSVAR FÖRSÖKSSERIE 3

I bilagan presenteras försökspersonernas enkätsvar i försöksserie 3.

Påstående 1: Jag tyckte att höjden från plattformen ner till golvet kändes mycket obehaglig.

Tabell M.1. Enkätsvar för påstående 1, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	0	0	0
Instämmer delvis	5	3	2
Tar delvis avstånd	2	5	5
Tar helt avstånd	14	13	14

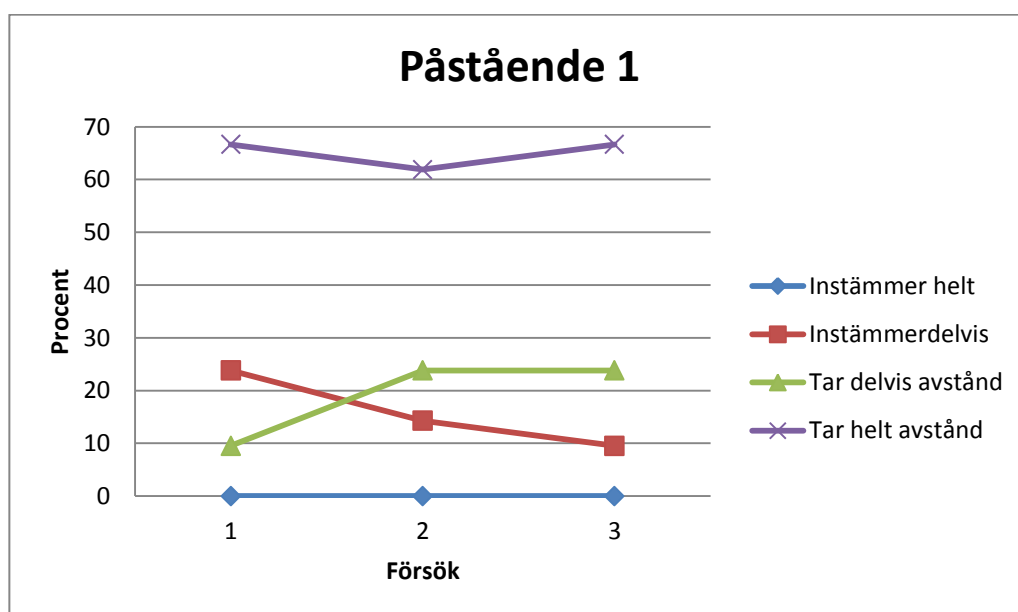


Diagram M.1. Enkätsvar för påstående 1, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 2: Jag kände mig osäker eftersom jag tyckte att plattformen var smal.

Tabell M.2. Enkät svar för påstående 2, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	1	0	0
Instämmer delvis	2	2	2
Tar delvis avstånd	7	6	7
Tar helt avstånd	11	13	12

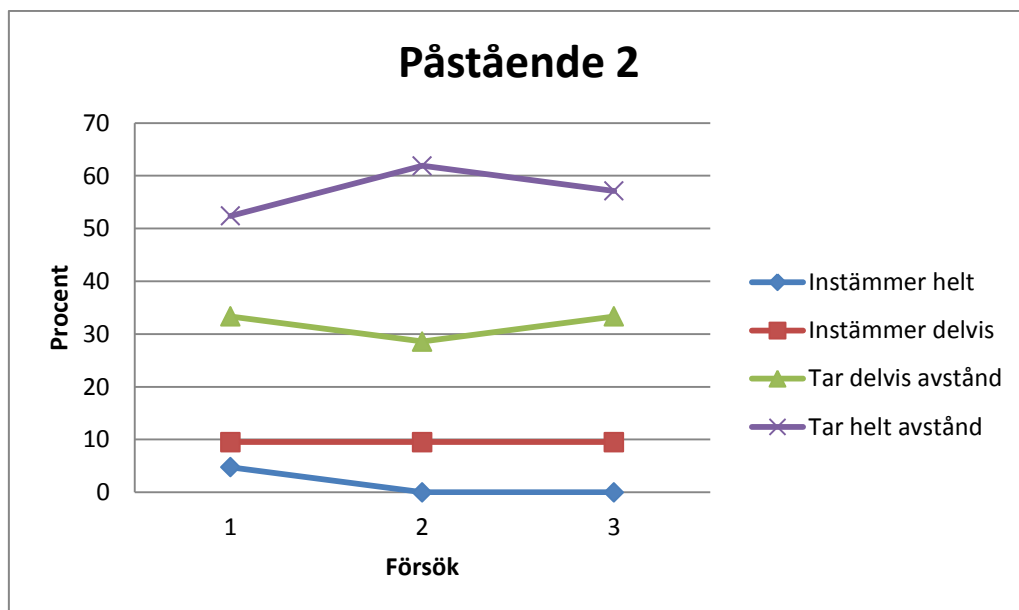


Diagram M.2. Enkät svar för påstående 2, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 3: Jag upplevde att plattformens höjd inte påverkade mig nämnvärt.

Tabell M.3. Enkät svar för påstående 3, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	12	12	12
Instämmer delvis	6	5	3
Tar delvis avstånd	2	4	4
Tar helt avstånd	1	0	2

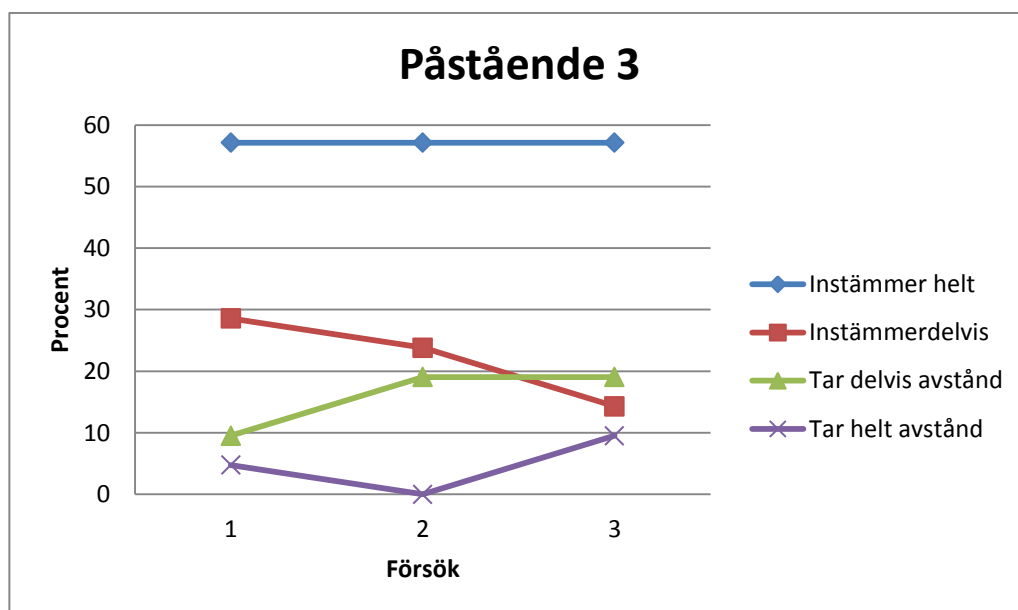


Diagram M.3. Enkät svar för påstående 3, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 4: Jag anser att plattformens bredd var fullt tillräcklig att gå på.

Tabell M.4. Enkät svar för påstående 4, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	17	13	15
Instämmer delvis	4	7	5
Tar delvis avstånd	0	1	0
Tar helt avstånd	0	0	1

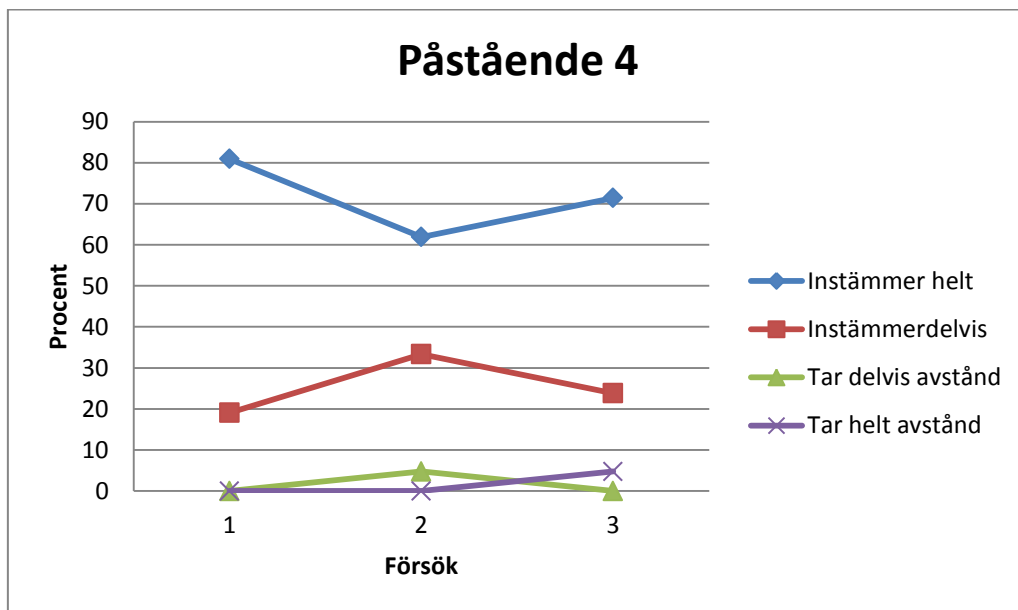


Diagram M.4. Enkät svar för påstående 4, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 5: Höjden på plattformen gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Tabell M.5. Enkät svar för påstående 5, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	0	1	1
Instämmer delvis	2	2	4
Tar delvis avstånd	7	8	6
Tar helt avstånd	12	10	10

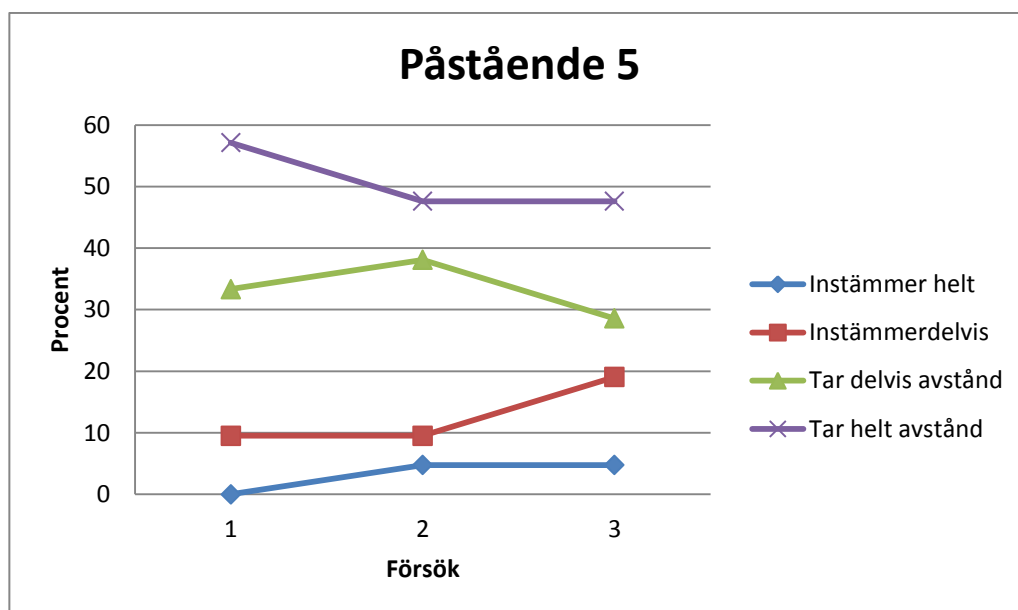


Diagram M.5. Enkät svar för påstående 5, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 6: Plattformens bredd gjorde att jag gick försiktigare än vanligt.

Tabell M.6. Enkät svar för påstående 6, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	0	1	1
Instämmer delvis	4	4	1
Tar delvis avstånd	5	6	8
Tar helt avstånd	12	10	11

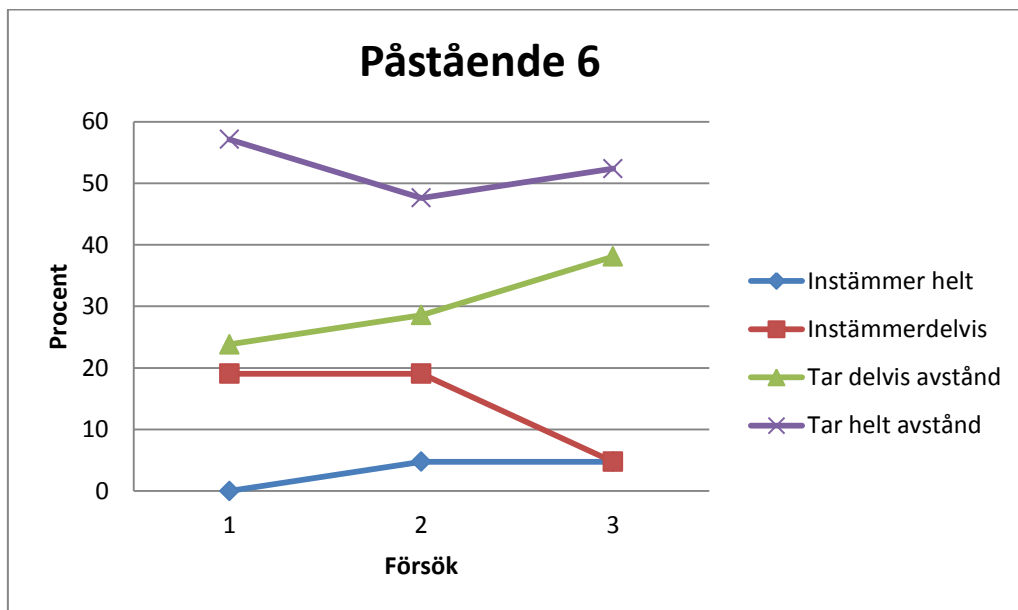


Diagram M.6. Enkät svar för påstående 6, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 7: Jag tror jag hade gått försiktigare om försöket skett i en riktig tunnel.

Tabell M.7. Enkät svar för påstående 7 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	1	2	2
Instämmer delvis	10	9	8
Tar delvis avstånd	4	4	3
Tar helt avstånd	6	6	8

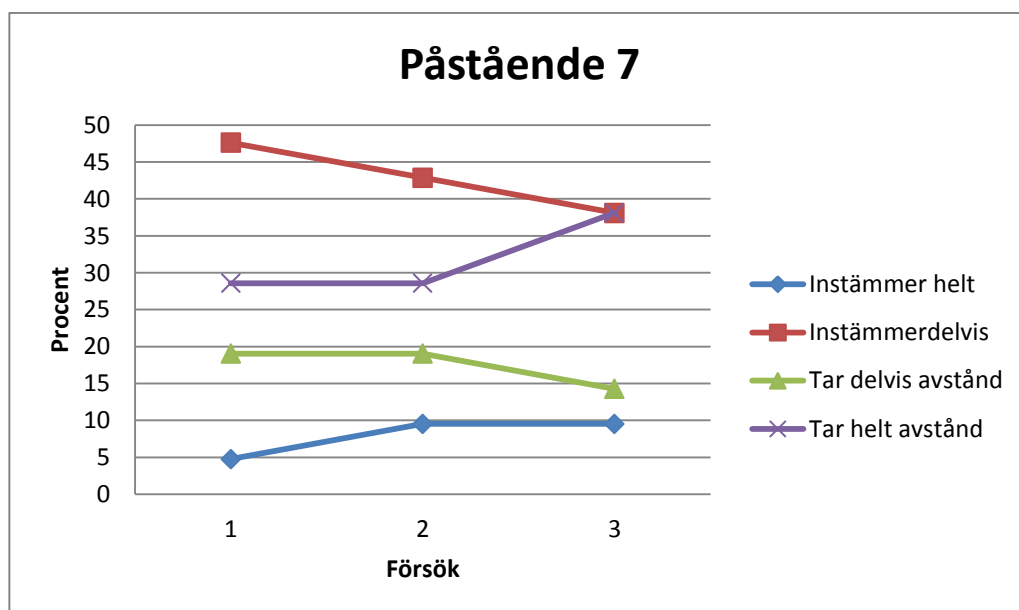


Diagram M.7. Enkät svar för påstående 7 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 8: Jag var rädd att komma till skada under försöket.

Tabell M.8. Enkät svar för påstående 8 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	0	0	0
Instämmer delvis	0	0	0
Tar delvis avstånd	1	1	1
Tar helt avstånd	20	20	20

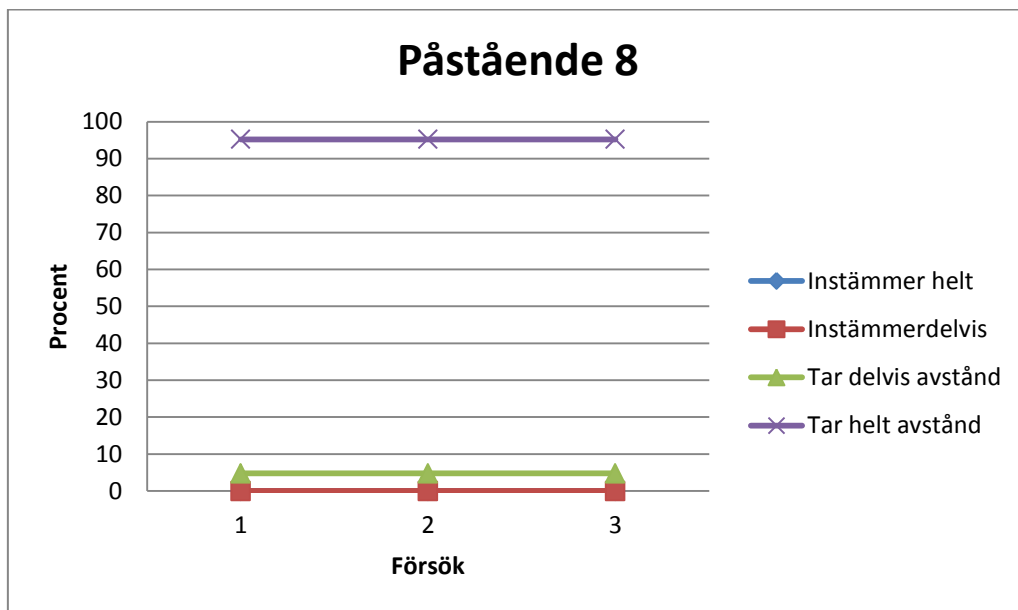


Diagram M.8. Enkät svar för påstående 8 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 9: Jag tror jag hade gått fortare om försöket varit i en riktig miljö.

Tabell M.9. Enkät svar för påstående 9 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	2	1	0
Instämmer delvis	6	7	8
Tar delvis avstånd	8	9	6
Tar helt avstånd	5	4	7

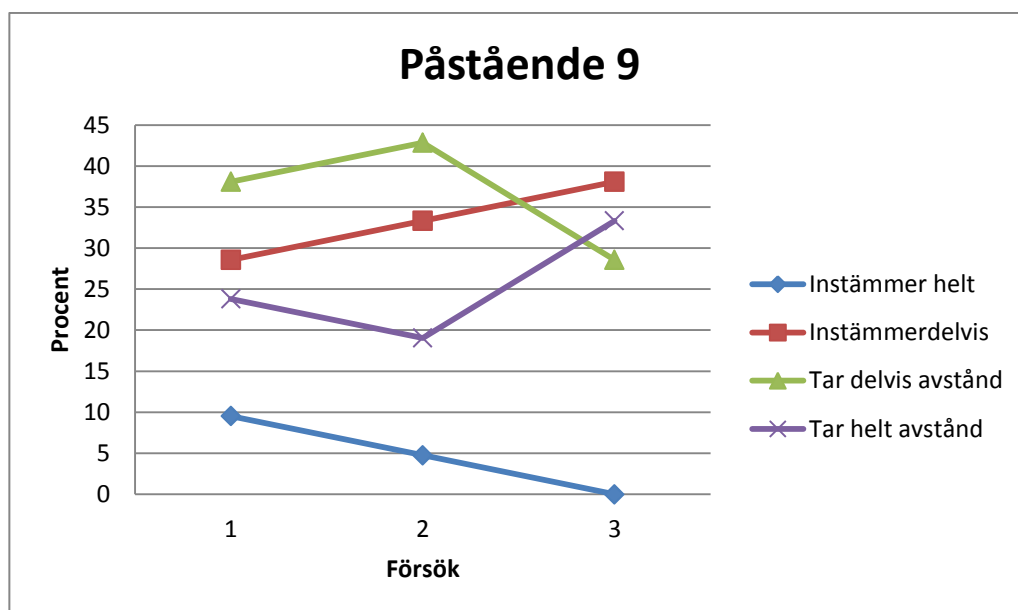


Diagram M.9. Enkät svar för påstående 9 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 10: Jag kände mig säker på att jag inte skulle ramla ner från plattformen.

Tabell M.10. Enkät svar för påstående 10 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	16	16	17
Instämmer delvis	4	1	3
Tar delvis avstånd	1	4	1
Tar helt avstånd	0	0	0

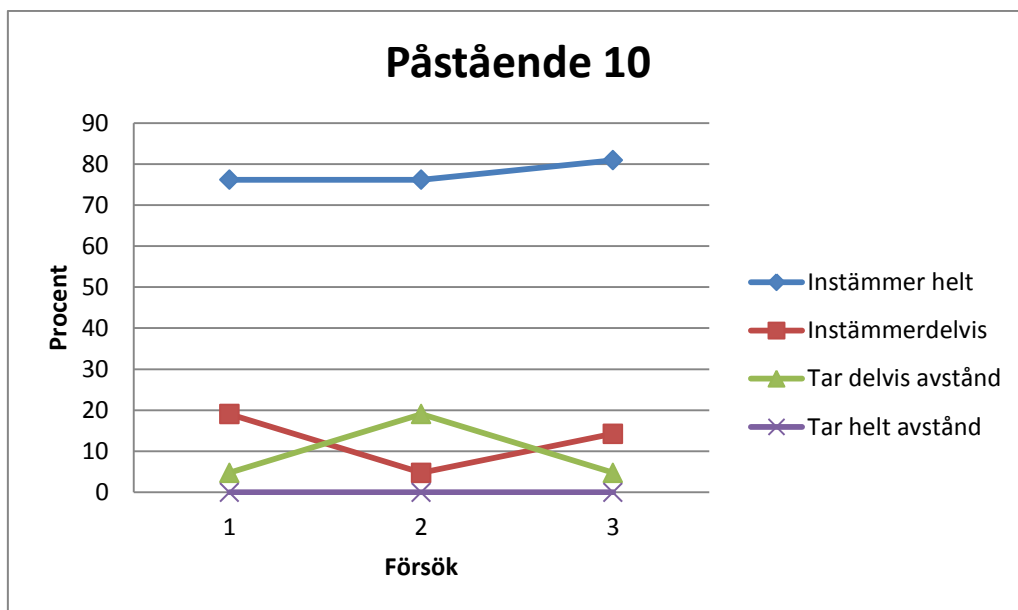


Diagram M.10. Enkät svar för påstående 10 i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 11: Plattformens höjd påverkade inte min gånghastighet.

Tabell M.11. Enkät svar för påstående 11 för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	13	13	11
Instämmer delvis	5	4	5
Tar delvis avstånd	3	4	4
Tar helt avstånd	0	0	1

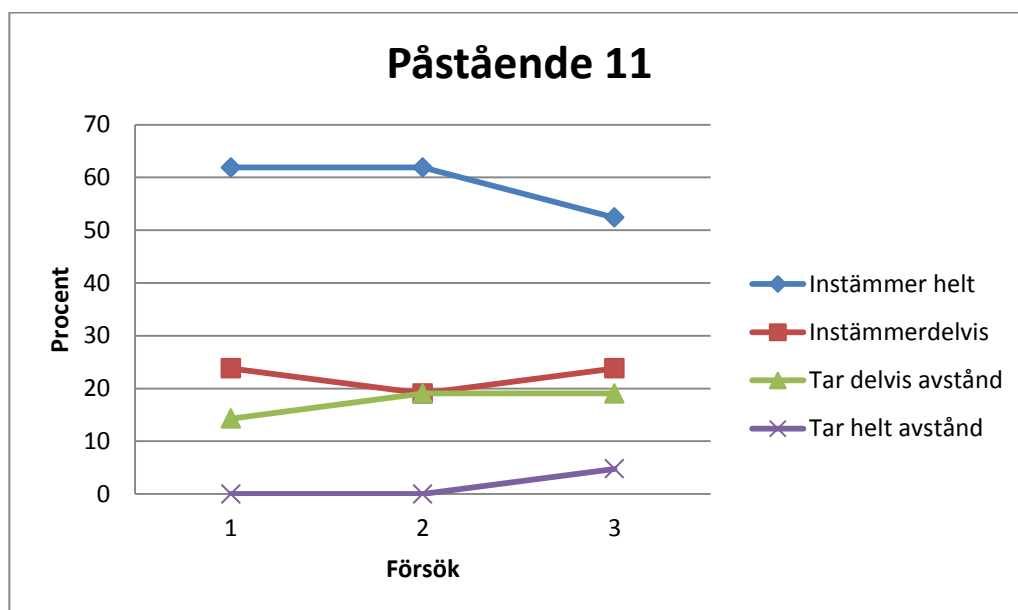


Diagram M.11. Enkät svar för påstående 11, i procent för respektive svarsalternativ.

Påstående 12: Plattformens bredd påverkade inte min gånghastighet.

Tabell M.12. Enkät svar för påstående 12, för respektive svarsalternativ.

Svarsalternativ	Antal personer som svarat [st]		
	Försök I	Försök II	Försök III
Instämmer helt	9	11	11
Instämmer delvis	8	5	5
Tar delvis avstånd	4	5	5
Tar helt avstånd	0	0	0

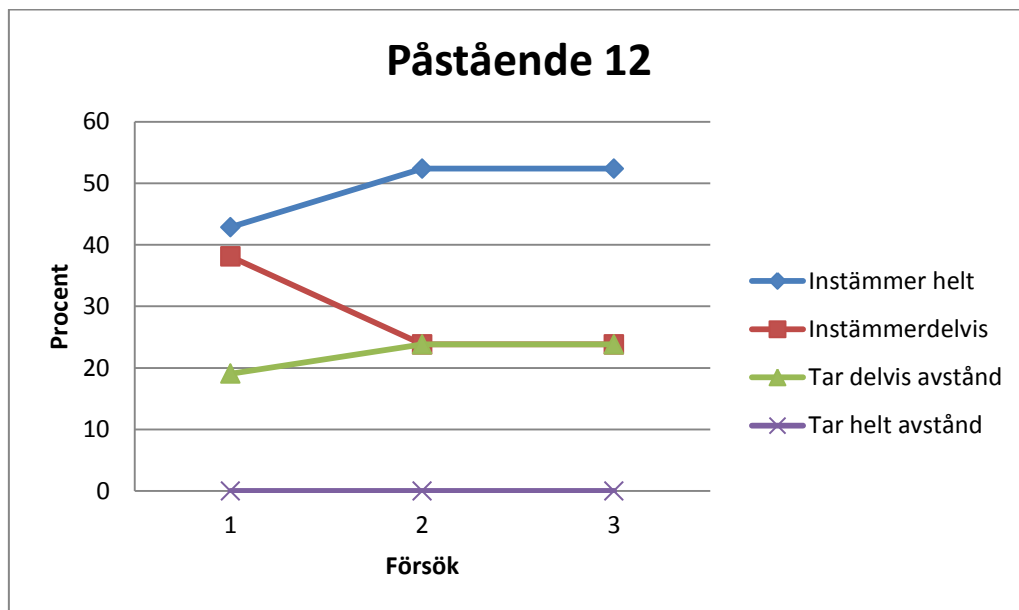


Diagram M.12. Enkät svar för påstående 12, i procent för respektive svarsalternativ.

Samtliga fritextsvar från enkäten för försöksomgång 3 redovisas i nedan.

Fråga: Hur upplevde du skillnaden mellan att ha tillgång till ledstång och att inte ha det?

Svar

Det kändes snarare som att ledstången minskade bredden och bidrog negativt än den var ett stöd och skapade trygghet.

Tyckte att ledstången var ett bra stöd(väglledning) dock kändes det mer instängt med ledstången.

Bättre med. Speciellt om det är mörkt, som referenspunkt.

Bättre med ledstång då det blev en jämn sida och inga utstickande lampor. Mer säkert att ha någonting att ta tag i.

Jag använde inte ledstången men jag kan tänka mig att det är skönt att ha den om det är lite halare. Ledstången gjorde även att lamporna inte stack ut så mkt.

Upplevde ingen märkbar skillnad. Det hade varit en annan sak om det hade varit mörkt.

Inte så stor. Det var för brett och plant för att jag skulle behöva den.

Jag använde den inte och märkte inte av när de tog bort den första gången.

Ledstången kändes som en bra extra hjälp att ha om man skulle ta ett snedsteg, och gjorde att man kände sig helt klart säkrare.

Ledstången var bra för då hade man något att följa, dessutom fungerade den som skydd mot lamporna.

Ingen skillnad alls, förmodligen annorlunda om man är gammal och vinglig.

Ingen större skillnad. Det blev ju mer plats att gå på utan ledstången men å andra sidan hade stången nog varit bra om det varit en mer stressad situation och sämre belysning.

Ingen skillnad men om det varit smalare hade stången uppskattats.

Jag använde inte den men det kändes säkrare att se att det finns en om man skulle behövt den.

Kändes mycket säkrare med räcke, dels kan folk som har problem att gå få stöd samt att lamporna dök inte upp helt plötsligt.

Räcket gjorde att det kändes lite säkrare.

Ingen skillnad.

Jag använde mig inte av ledstången men det kändes ändå betydligt tryggare när den var där.

Även om jag själv inte gick och höll i ledstången märktes skillnad när den var borta, lite läskigare.

Det var en liten skillnad då det blev bredare utan. Var lättare att gå snabbare utan ledstången.

Kändes säkrare att ha ledstång. Tyckte också att bredden kändes bredare med ledstång än utan.

Fråga: Hur upplevde du skillnaden mellan att ha en list längst ut på kanten och att inte ha det?

Svar

Positivt. Osäker dock på om det var för att den var upphöjd eller om den mer gav en tydlig avgränsning. Hade kanske gett samma effekt om kanten hade målats i fluorescerande färg eller hade gul tejp?

Listen är bra att ha som markering eftersom man vågar gå närmare spåret med listen på, men kändes mer öppet utan den.

Bättre med, speciellt om det är mörkt som referenspunkt.

Föredrar kant då du känner med foten om du är nära kanten vilket gör att man känner sig säkrare och kan hålla blicken framåt.

Det var skönare att ha en list så man kände att man närmade sig kanten.

Plattformen kändes smalare utan list, en ganska markant skillnad.

Listen gav en större säkerhetskänsla.

Den påverkade inte gånghastigheten något särskilt tyckte jag men det kändes bättre när den fanns.

Även om listen inte gjorde lika stor skillnad som ledstången så kändes det ändå bättre att ha den där.

Märkte inte av den så mycket men den är säkert bra om man drar sig utåt.

Ingen alls. Hade gången varit smalare hade det säkert känts tryggare.

Tyckte att listen var bra. Man såg tydligare var kanten var eftersom listen hade en annan färg. Men tror inte den har någon större betydelse om inte plattformen är smalare.

Bättre utan, den gav en känsla av att gången var smalare.

Listen gjorde att det kändes säkrare att gå, man märkte tydligt om man kom för nära kanten.

Även det kändes bra, tryggt att veta att man känner kanten lite i alla fall.

Ingen skillnad.

Ingen skillnad.

Ingen skillnad.

Med den märkte jag inte en lika stor skillnad. Den kändes nästan lite bredare utan list.

Det var ingen skillnad alls då man inte gick så långt ut på kanten.

Upplevde bredden vara kortare med kant än utan.

Fråga: Om du har några synpunkter kring försöken, eller om det är något i enkäten som du anser saknas, är du välkommen att lämna dina ytterligare kommentarer här:

Svar

Jag upplevde att jag tittade mer på var jag satte stegen och tittade mer i golvet än vad jag brukar göra. Hade ngn långsam person stoppat upp flödet så tror jag att jag hade blivit mer frustrerad/stressad än vad jag blev nu när allt flöt på finfint.

Undersöka hur om gånghastigheten påverkas eller om avståndet till kanten påverkas med fler ljus eller bredare list.

Allt mkt bra, hade varit trevligt med musik.

Mycket fint ordnat.

Saknar tillgänglighetsperspektivet. Hur reagerar folk ifall en rullstol, permobil etc. är i vägen och bromsar hastigheten?
